UNIVERSITÉ DES ANTILLES ET DE LA GUYANE
FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES

MASTER EN SCIENCES – TECHNOLOGIES -SANTE

Mention : ECOLOGIE

Spécialité : Écosystèmes Tropicaux Naturels et Exploités

La Prise d'eau de Bras-David : Continuité écologique de la rivière, diagnostic sur la perméabilité de l'ouvrage et propositions d'aménagements

SIDAINE Lucie



Photographie SIDAINE Lucie : la prise d'eau de Bras David côte 130

Directeur (s) de stage :
Dominique MONTI
Marie ROBERT

Parc National de la Guadeloupe Parnasse 97120 Saint Claude

Mémoire soutenu le : 27 Juin 2012

N° 2012 - XX

REMERCIEMENTS

Je remercie particulièrement Madame Dominique MONTI et Madame Marie ROBERT, mes maîtres de stage. Merci de leur soutien.

Je remercie l'organisme de la Nantaise des eaux et particulièrement Monsieur Sylvain DUPUIS, ainsi que le Conseil Général de la Guadeloupe à travers Monsieur Pierre ARRICOT sans qui ce stage ne serait pas concrétisé.

Merci à Monsieur Philipe BARAN, qui a été de bon conseil. Nos diverses conversations étaient les bienvenues.

Les échanges avec Madame Caroline QUERE et Eric JULAN (agents de la DEAL) étaient très enrichissants.

Un grand merci à toutes les personnes qui m'ont accompagnée et aidée au cours des nombreuses pêches que je n'aurais guère pu faire sans eux : agents du parc, agents de la Nantaise des eaux, les étudiants de M1 et les agents du conseil général.

Je remercie Monsieur Hervé MAGNIN et les agents du Parc National de la Guadeloupe de m'avoir accueillie au sein du Service Biodiversité.

Merci à Monsieur Teddy MARIE pour sa recommandation.

UNIVERSITÉ DES ANTILLES ET DE LA GUYANE
MASTER ECOTOP

Résumé :

Nombreuses sont les structures tels que les prises d'eau qui amplifient la fragilité de la continuité écologique. En effet les ouvrages constituent une barrière physique au moment de la migration, et en diminuant les niches écologiques disponibles. De plus, la quasi-totalité des espèces de crustacés et de poissons effectuent leurs cycles de vie entre eau douce et eau salée (diadromies). Dans ce contexte, notre étude a pour but de caractériser les ouvrages en tant qu'obstacle possible à la migration des espèces ainsi que d'améliorer les connaissances sur celles-ci. Des pêches électriques de poissons et de crustacés ont été réalisées en aval et amont de l'ouvrage. Ainsi on quantifie la porosité de l'ouvrage grâce à une analyse statistique sur le peuplement de la rivière. Mais également on démontre les conséquences de la structure sur la physique du milieu ce qui implique un changement dans les habitats préférentiels des espèces. Nous choisirons de travailler sur les espèces le plus représentatives du milieu. Ces espèces index sont sélectionnées selon leur densité, leur taille, leur cycle de vie diadrome et leur mode de locomotion. Ces pistes présupposent des changements hydrologiques du milieu autour de la prise d'eau, confirmé par des descriptions du milieu. Cette étude est nécessaire pour définir le réel impact de la prise d'eau et déterminer des solutions pour améliorer la continuité écologique de la rivière.

Mots clés : Guadeloupe, continuité écologique, prise d'eau, porosité, habitat préférentiel, passe à poissons.

Abstract :

Weakness shellfish and freshwater fish by creating physical barrier during their migration and their decadence diversity on habitat would disappear if we understand the preferences of habitat in terms of speed and depth of these species. Moreover, almost all species of crustaceans and fish make their life cycles between freshwater and saltwater. In this context, our study aims to characterize the works as a barrier as possible to the migration of species and to improve knowledge on them. Fisheries electric fish and shellfish were carried downstream and upstream of the structure. So quantifying the porosity of the structure through a statistical analysis on the population of the river. But it also demonstrates the consequences of the structure on the physical environment which involves a change in the preferred habitats of species. We will choose to work on the species most representative of the sector. These species index are selected according to their density, size, migration life and mode of locomotion. These tracks assume hydrological changes of the medium around the water intake, confirmed by descriptions of the environment. This study is required to define the real impact of water intake and determine ways to improve the ecological continuity of the river.

Keywords : Guadeloupe, ecological continuity, freshwater, porosity, preferential habitat, bypass.

Sommaire

I- Introduction p.1

II- Etat de l'art p.2

A- La notion de continuité écologique p.2

1- Définition p.2

2- Réglementation p.2

B- La ressource en eau en Guadeloupe p.3

1- Inégalité dans l'espace p.3

2- Inégalité dans le temps p.4

3- Les conséquences des inégalités p.5

4- les structures de captation et d'acheminement de l'eau p.5

C- La faune des rivières en Guadeloupe p.7

1- La richesse spécifique p.7

2- Cycle de vie p.7

III- Lieu de l'étude p.8

A- Description du bassin versant p.8

B- Description de l'ouvrage p.9

C- Les faciès hydromorphologiques p.12

IV- Matériels et Méthodes p.12

A- Plan d'échantillonnage p.12

B- Les données physiques p.13

1- Le jaugeage au moulinet p.13

2- Le jaugeage au sel p.14

C- Les données biologiques p.14

1- Description du peuplement p.15

2- Etude des populations index p.16

3- Calcul de la porosité p.18

4- Calcul des paramètres populationnels p.20

5- Choix du microhabitat p.21

V- Résultats et Discussion p.22

A- Les jaugeages p.22

1- Au moulinet p.22

2- Au sel p.22
B- Description du peuplement p.22
1- Indices écologiques p.23
a- La richesse spécifique p.23
b- Les effectifs p.23
c- L'indice de diversité p.24
d- L'indice de similarité p.24
e- Le diagramme rang-fréquence p.24
2- Calcul de la porosité p.25
3- Calcul des paramètres populationnels p.28
4- Choix du microhabitat p.30
VI- Discussion p.33
VII- Conclusion p.35
VIII- Passe à poissons p.36
A- Les espèces ciblées p.36
B- Conditions hydrauliques dans la passe à poisson p.37
C- Lieu de la passe à poisson p.38
D- Structure de la passe à poisson p.39
E- Pérennité de la passe p.39
F- Forme de la passe p. 39
G- Photos et schémas prévisionnels de la passe à poisson p.40
H- Efficacité de la passe p.40
IX- Bibliographie p.40
X- Annexes p.43

Liste des illustrations

1. Carte pluviométrique de la Guadeloupe
2. Répartition pluviométrique au Raizet en 2011
3. Précipitations sur l'île le 10 avril 2012
4. Photos de différentes prises d'eau en Guadeloupe
5. Cycle biologique des espèces de crustacés et de poissons amphidromes
6. Délimitation du bassin versant de la rivière avant le captage de Bras David
7. La prise d'eau
8. Les grilles
9. Dimensions de la prise vue de haut
10. Dimensions du plan incliné
11. Le Déversoir et la Vanne
12. Murs sur la rive gauche

13. Un *sicydium* sur un mur
14. La dalle en béton
15. Schéma de la dalle en béton érodée
16. Représentation schématique de trois échelles d'observation
17. Représentation des deux stations étudiées
18. Travail effectué pour chaque station
19. Travail effectué sur chaque station
20. Macrobracium faustinum
21. *Micratya Poeyi*
22. Nageoires ventrales soudées et forme une ventouse
23. Sicydium sp
24. *Agonostomus monticola*
25. Anatomie des crustacés et des poissons des rivières
26. Lecture de la perméabilité biologique et de la taille de franchissement
27. Exemple de graphique obtenu avec le logiciel MIXDIST.
28. Tableau des espèces péchées
29. Pourcentage de chaque espèce dans les deux stations
30. Diversité (H') aux différentes stations
31. Diagramme rang-fréquence
32. Résultats de porosité de *M.faustinum*
33. Résultats de porosité chez *M.poeyi*
34. Résultats de porosité chez *sicydium sp*
35. Photos vidéo d'*Agonostomus monticola* essayant de franchir l'obstacle
36. Tableau des tailles maximales chez *M. faustinum*
37. Tableau des tailles maximales chez *M. poeyi*
38. Tableau des coefficients K chez
39. Tableau des coefficients K chez *M. poeyi*
40. Tableau des mortalités chez *M. faustinum*
41. Tableau des mortalités chez *M. poeyi*
42. Courbe de préférence en terme de profondeur chez *M. faustinum*
43. Courbe de préférence en terme de vitesse chez *M. faustinum*
44. Courbe de préférence en terme de profondeur chez *Micratya poeyi*
45. Courbe de préférence en terme de vitesse chez *Micratya poeyi*
46. Courbe de préférence en terme de profondeur chez *Sicydium sp.*
47. Courbe de préférence en terme de vitesse chez *Sicydium sp.*
48. Courbe de préférence en terme de profondeur chez *Agonostomus monticola*
49. Courbe de préférence en terme de vitesse chez *Agonostomus monticola*
50. Tableau des caractéristiques des espèces ciblées
51. Conditions de franchissement
52. Tableau conditions hydrauliques dans la passe
53. Conditions morphologiques de la passe
54. Tableau des saisons climatiques
55. Photos et Schémas de la passe à poissons de la rivière de Bras David (cote 130)

I- Introduction

Suite à de nombreux rapports scientifiques alarmistes sur la pollution de l'air, des cours d'eau, et sur l'appauvrissement des richesses naturelles de la planète, les gouvernements ont décidé de prendre des mesures afin de réglementer la gestion des ressources et de limiter les conséquences néfastes de leur exploitation. C'est dans ce contexte que l'Union européenne a mis en place la Directive Cadre sur l'Eau de 2000 (DCE). Cette directive œuvre pour la protection à long terme de l'environnement aquatique et des ressources en eau.

Le présent rapport constitue l'analyse environnementale de l'impact de la prise d'eau sur la continuité écologique de la rivière de Bras David.

Ce projet a été possible grâce aux différents partenaires :

- L'université des Antilles et de la Guyane
- Le Parc National de la Guadeloupe
- La Nantaise des eaux
- Le Conseil général de la Guadeloupe

Dans le contexte guadeloupéen, la notion de continuité écologique est très importante mais relativement peu renseignée. L'eau aux Antilles est une ressource limitée dans l'espace et le temps. Les besoins de la population et son exploitation a poussé à la construction de nombreuses structures qui modifient la circulation des espèces d'eau douce et les conditions hydrauliques générales des cours d'eau.

La problématique à laquelle s'intéresse ce travail est la suivante :

La prise d'eau de Bras David serait-elle un obstacle à la montaison des espèces diadromes ? Cet ouvrage modifierait-il l'abondance et la structure démographique des espèces lors de leur remontée vers l'amont ? Si oui existe-t-il des solutions pour remédier à cet effet-obstacle.

Ce travail débute par un aperçu de la disparité de l'eau sur le territoire de la Guadeloupe. Cette partie de présentation du contexte guadeloupéen est suivie par un descriptif des matériels et méthodes employés ainsi qu'une analyse des données obtenues. Une synthèse-conclusion présente les différentes acquisitions de ce travail et ses perspectives en termes de gestion de l'ouvrage.

- En premier lieu une description du bassin versant, de l'ouvrage et des différents faciès hydromorphologiques rencontrées atour de la prise d'eau sera réalisé afin d'apprécier l'impact de l'ouvrage sur le biotope du milieu.

- Le peuplement de la rivière sera étudié au moyen d'indices écologiques permettant d'évaluer l'état global et de rechercher d'éventuelles incidences structurales parallèles à la présence de la prise d'eau.
- Une approche écologique plus fine sera réalisée sur des populations sélectionnées : les crevettes *Micratya poeyi* et *Macrobracium faustinum*, ainsi que les poissons *Sicydium sp.*et *Agonostomus monticola*. Les paramètres de la dynamique populationnelle seront étudiés.
- Enfin le changement des habitats des espèces index sera utilisé comme indicateur de la variabilité des conditions hydrauliques autour de la prise d'eau.

II- Etat de l'art

A- La notion de continuité écologique

1- Définition

La continuité écologique dans un cours d'eau est définie comme la libre circulation des espèces et des sédiments au sein de la totalité du milieu. Les besoins en termes de continuité, dans un peuplement sont obligatoires pour la réalisation du cycle biologique des espèces diadromes. Cette notion de continuité est liée à celle du maintien d'un espace vital afin de garantir des tailles minimales de populations permettant un brassage génétique suffisant (Meffe, 1990 ; Vrijenhoek, 1998).

Tout aménagement transversal impacte la continuité écologique des cours d'eau et modifient les conditions hydrauliques du flux liquide en amont et en aval de l'aménagement, ce qui entraîne un changement dans la qualité des habitats. De plus, ces obstacles bloquent l'accès aux habitats favorables pour les espèces situées en aval de l'aménagement.

De par leurs dimensions, certains aménagements ont profondément modifié les processus physiques et écologiques et peuvent même aller jusqu'à une rupture totale de la continuité écologique.

2- Réglementation

La notion de « continuité écologique » a été introduite par la directive cadre sur l'eau de 2000/60/CE du 23 octobre 2000 au sein de l'annexe V. Le terme «continuité» apparaît dans le volet « Éléments de qualité hydromorphologique » de la définition normative des états écologiques. Cette notion a été reprise par la circulaire DCE 2005/12 relative à la définition du « bon état » et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau, plans d'eau). Il est indiqué que « *Cette continuité se définit par* ***la libre circulation des***

espèces biologiques, dont les poissons migrateurs, et par le bon déroulement du transport naturel des sédiments. ».

Pour mettre en œuvre cet objectif, la notion de continuité écologique a été incorporée aux outils réglementaires. Ainsi :

- le code de l'environnement prévoit que la continuité écologique « *ne doit pas être altérée dans les masses d'eau en très bon état et les tronçons de cours d'eau classés au 1° du L214-17* » et « *doit faire l'objet de solutions techniques assurant la libre circulation des espèces et un transport suffisant de sédiments* » au sein des tronçons de cours d'eau classés au titre de l'article L214-17 2°.
- la construction ou réhabilitation d'ouvrages faisant obstacles à la continuité est encadrée par des procédures au titre de la loi sur l'eau (Décret n° 2006-881 du 17 juillet 2006 - rubrique 3.1.1.0. Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau). La loi prévoit également la possibilité de retirer ou modifier des autorisations existantes pour des ouvrages représentant un risque pour la sécurité ou la salubrité publiques, mais aussi en cas de menace majeure pour le milieu aquatique (article L. 214-4).
- Le Grenelle de l'environnement a vu émerger le concept de « Trame verte et bleue », qui devra se décliner dans le « schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux » SDAGE, établi au niveau régional.
- Enfin, la secrétaire d'Etat a fait l'annonce officielle de la mise en œuvre du « plan de restauration de la continuité écologique des cours d'eau » lors de la signature du contrat d'objectif de l'ONEMA le 13 novembre 2009.

B- La ressource en eau, en Guadeloupe

1- Inégalité dans l'espace

La géographie de la Guadeloupe Influence fortement la distribution de la ressource. La Basse-Terre se caractérise par une ressource en eau globalement abondante, même si sa répartition dans le temps et dans l'espace est inégale. Cette eau provient principalement du massif montagneux de la Basse-Terre,

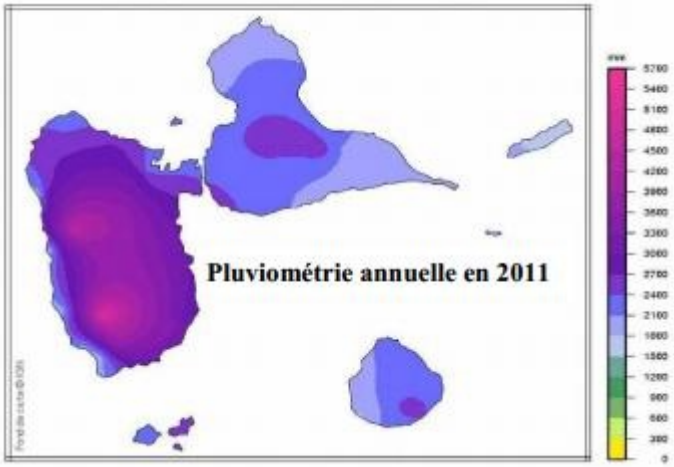


Fig 1. Carte pluviométrique de la Guadeloupe (source : Météo France)

où la plupart des cours d'eau de l'île naissent. La Grande-Terre est déficitaire pour la ressource à cause de son sol calcaire et de l'influence maritime.

En raison d'un dénivelé supérieur à 1000 mètres intervenant sur 10 à 15 km, les pentes de la Basse-Terre sont fortes, les temps de réponse rapides après une pluie. C'est pour cela que le massif montagneux de la Basse-Terre est souvent présenté comme « château d'eau » de la Guadeloupe. Le climat conditionne le régime hydrométrique des cours d'eau. Les alizés, stoppés par le relief, expliquent la différence hydrométrique entre Côte-au-vent très arrosée, et Côte-sous-le-vent plus sèche.

2- Inégalité dans le temps :

Le climat guadeloupéen provoque des inégalités dans le temps et à différentes échelles. Durant l'année deux saisons font varier la quantité de pluies : la saison sèche ou carême et la saison des pluies ou hivernage. Ainsi durant le carême les débits moyens mensuels sont très faibles et inversement durant les mois de juillet à octobre.

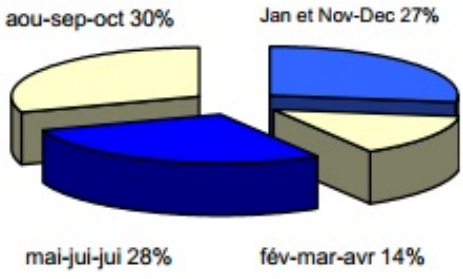


Fig 2. Répartition pluviométrique au Raizet en 2011 (source : Météo France)

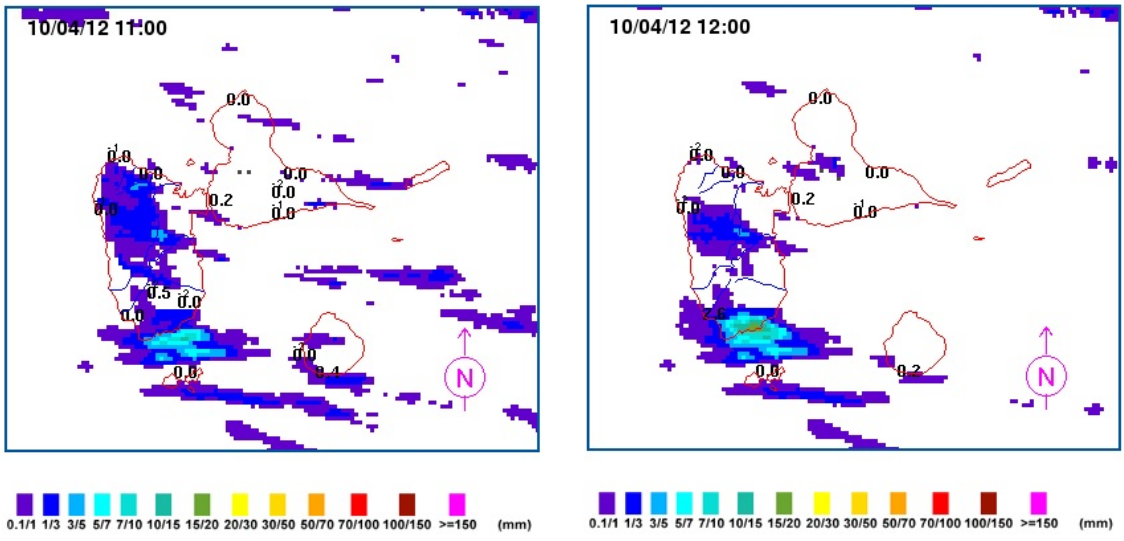


Fig 3. Précipitations sur l'île le 10 avril 2012 (source : Météo France)

De plus le climat est instable à une plus petite échelle comme l'indique la figure 3. Les variations topographiques de l'île provoquent à une échelle locale des modifications de masses d'air et donc de précipitations.

3- Les conséquences de ces inégalités

En Guadeloupe, le niveau de la ressource est très variable suivant les périodes de l'année. Le territoire connaît régulièrement des étiages sévères en période de carême mais également des périodes de hautes eaux avec des épisodes pluvieux et des crues qui peuvent être très violents.

Le captage de l'eau douce provient essentiellement des rivières de Basse-Terre. Ceci s'expliquant notamment par le fort contraste topographique, et donc pluviométrique, existant avec la Grande-Terre. La Grande Terre est dépourvue de rivières et ne peut fournir un apport permanent en eau douce. Ainsi, les données fournies par le SDAGE indiquent que 85 % du volume total d'eau douce et 71 % du volume destiné à l'eau potable, sont prélevés en rivières par des prises d'eau dites « au fil de l'eau ».

4- Les structures de captation et d'acheminement de l'eau

Prélever l'eau des rivières implique inévitablement d'y aménager des structures adéquates. Nous pouvons distinguer les structures récupérant l'eau au niveau des sources de celles puisant l'eau en rivière. Parmi ces dernières, nous distinguons les ouvrages « au fil de l'eau » qui sont, pour la plupart, équipés d'une prise d'eau du type « par dessous » : un seuil de béton sur toute la largeur de la rivière, barré d'une grille sur laquelle s'écoule l'eau. Le prélèvement en rivière peut être aussi assuré par de simples canalisations plongées dans le cours d'eau. Cette structure est nommée crépine. La Grande-Terre a du faire appel, dès les années 70, aux eaux de la Basse-Terre. Des systèmes complexes de transfert d'eau ont été imaginés pour couvrir l'ensemble des besoins du territoire (cf Annexe 1). Les deux seules retenues de soutien, situées sur Grande-Terre, sont activées en période de sécheresse.

Le caractère imprévisible des précipitations cause de grandes variations dans le débit de la ressource et tout ouvrage doit conduire au respect de conditions d'écoulement minimal en aval de l'obstacle.



Fig 4. Photos de différentes prises d'eau en Guadeloupe (source : SIDAINE L 2012)

La législation française oblige au maintien d'un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces aquatiques dans le cours d'eau à l'aval des ouvrages. En milieu tropical insulaire, où l'écoulement des rivières se caractérise par des conditions torrentielles, il a été montré que la valeur du débit minimum biologique qui correspond à 1/10ème du module est inférieure au débit d'étiage d'une année moyenne (Monti et Gouezec, 2006) donc une valeur limite peu applicable localement car peu adaptée au maintien des équilibres biologiques. Lors de période de sécheresse, le captage de l'eau provoque un manque d'eau au niveau des rivières et augmente ainsi la mortalité de la faune des rivières (Monti, 2006). La gestion des prélèvements doit donc être étudiée de manière à maintenir un débit suffisant sur le linéaire et ce jusqu'à l'embouchure afin de préserver l'habitat et permettre aux œufs d'atteindre l'océan puis aux larves de recoloniser les rivières.

Les ouvrages peuvent constituer des entraves à la libre circulation des espèces. Des passes à poissons sont ainsi mis en place pour atténuer ce phénomène et permettre aux espèces migratrices de passer. L'atténuation des impacts repose sur des mesures correctives telles que la construction d'ouvrages de franchissement pour la montaison et la dévalaison de certaines espèces. Le principe consiste à attirer les migrateurs en un point déterminé du cours d'eau, à l'aval de l'obstacle, et à les inciter et même les obliger à passer en amont, en leur ouvrant une voie d'eau ou en les piégeant dans une cuve et en déversant celle-ci en amont. Vitesse et hauteur de chute dans les dispositifs doivent être compatibles avec les capacités de nage des espèces concernées. Pour qu'une passe à poissons soit efficace, il faut que l'espèce la franchisse sans risque de blessure ou de stress. L'équipement d'un ouvrage avec une passe à

poissons ne compense jamais en totalité les dommages causés aux migrateurs. De plus, ces aménagements doivent être entretenus régulièrement.

C- La faune des rivières en Guadeloupe

1- La richesse spécifique

L'Atlas des poissons et crustacés d'eau douce de la Guadeloupe recense 16 espèces de poissons et 15 espèces de macro-crustacés décapodes appartenant à 4 familles dont 1 espèce de crabe. Les crustacés et les poissons constituent souvent l'essentiel de la biodiversité des eaux douces antillaises, le nombre de taxons d'insectes, d'algues et de mollusques étant en général faible dans les eaux turbulentes des rivières de Guadeloupe (cf Annexe 2).

2- Cycle de vie

En raison du caractère insulaire de la Guadeloupe, toutes les espèces de poissons et de crustacés présentes dans les cours d'eau sont obligées de vivre une partie de leur vie en eaux saumâtres ou salées pour effectuer leur transformation. La majorité se caractérise par un cycle de vie diadrome, c'est-à-dire que l'espèce va coloniser à un moment de sa vie le milieu estuarien ou marin.

Les crevettes portent leurs œufs jusqu'à l'éclosion qui a lieu en eau douce. Les éclosions sont étalées pour chaque femelle sur plusieurs heures et commencent généralement peu après la tombée de la nuit (Hostache 1992). La dérive de nuit des larves vers l'aval permettrait d'éviter la prédation par les poissons diurnes de la zone d'embouchure (March *et al.*1998).

Les cycles larvaires s'effectuent le plus souvent en zone estuarienne durant une période variable. Les juvéniles entament une migration vers l'amont notamment à l'occasion des périodes de crues qui créent un débit d'attrait favorable. Cela correspond à une quantité d'eau douce qui attire les espèces sensibles à l'embouchure des rivières. C'est donc en période de pluies qu'on observe le maximum de post-larves en montaison. La colonisation des cours d'eau se fait ensuite à la faveur de la disponibilité d'habitat, de l'adaptation physiologique au type de milieu (faciès lents ou rapides et capacités de franchissement) et de la concurrence ou prédation inter ou intra-espèces.

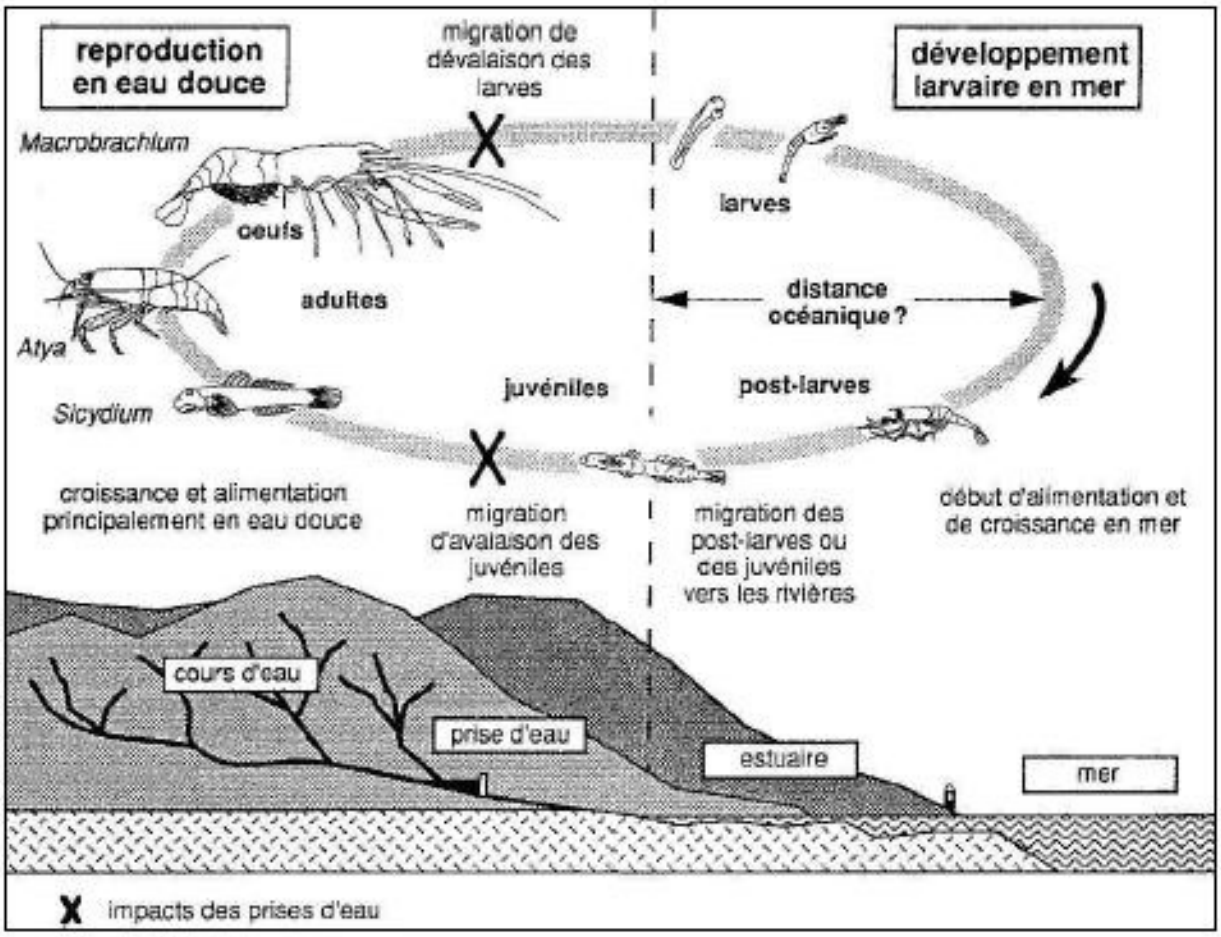


Fig 5. Cycle biologique des espèces de crustacés et de poissons amphidromes (Fiévet et al., 2001)

La reproduction des Gobiidae est la seule à avoir été bien étudiée aux Antilles. La saison de reproduction s'étale sur toute l'année (Bell et Brown 1995) avec un pic en mai et se prolongeant jusqu'en octobre. Les œufs sont collés sur les substrats grossiers (*ibid*). Dès l'éclosion les larves entreprennent une migration de dévalaison jusqu'à l'embouchure qui peut durer 5 à 8 jours. Toutes fois les larves ont 2 à 3 jours de délai seulement pour trouver de quoi s'alimenter dans les zones d'aval. Elles se développent ensuite en milieu marin pendant 50 à 150 jours, jusqu'à atteindre le stade juvénile.

III- Lieu de l'étude

A- Description du Bassin Versant

La rivière de Bras David est le principal affluent de la Grande Rivière à Goyave. La surface du bassin versant en amont de la prise d'eau, située à la cote 134m NGG, est estimée à 19km². La rivière de Bras David prend sa source sur les flancs des Pitons de Bouillante.

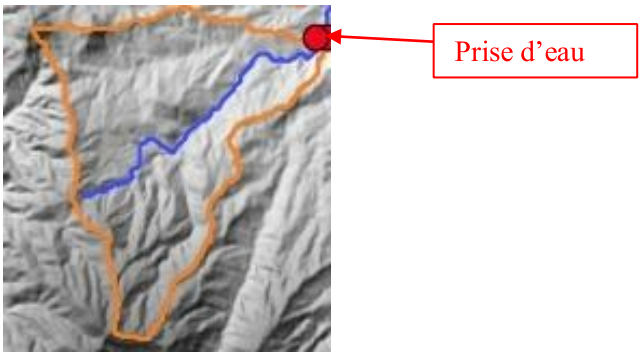


Fig 6. Délimitation du bassin versant de la rivière avant le captage de Bras David (Données du Conseil Général)

La description du bassin versant est importante car elle permet de mieux comprendre le comportement hydrologique de la rivière.

La forme du bassin versant est compacte, de forme quasi circulaire (figure 7). Il a une réponse hydrologique rapide du à la forme de l'exutoire. La pente moyenne du cours d'eau varie en fonction de l'altitude. Dans la partie amont du bassin versant, au-delà de 400m d'altitude, les pentes sont plus fortes avec des valeurs pouvant dépasser les 10%. En dessous, jusqu'à la confluence avec la Grande Rivière à Goyave, la pente varie entre 0,5 et 1%.

B- Description de l'ouvrage

Les coordonnées géographiques du captage de Bras David sont les suivantes :

X= 641 880 m MUT

Y= 1 790 800 m MUT

Z= 134 m NGG

L'accès au captage se fait en rive gauche par la route forestière de Gueppois accessible depuis le domaine de Duclos (site de l'INRA). L'ouvrage est décrit à travers une fiche technique située en annexe 3. Elle présente une description et des photos explicatives ainsi que des schémas qui montrent les différentes caractéristiques relevées sur le terrain et des observations diverses.

Le captage est constitué d'une prise d'eau transversale de type par-dessus traversant toute la largeur du cours d'eau, soit 21m. La prise d'eau est constituée d'un seuil et d'un coursier. Les grilles permettant de capter l'eau sont positionnées en tête du coursier et sont disposées sur toute la largeur du seuil (cf photographies et schémas de L. Sidaine, 2012).



Fig 7. La Prise d'eau



Fig 8. Les Grilles

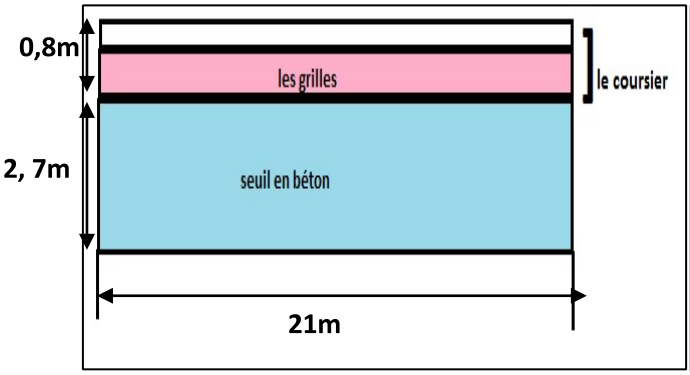


Fig 9. Dimensions de la prise vue de haut

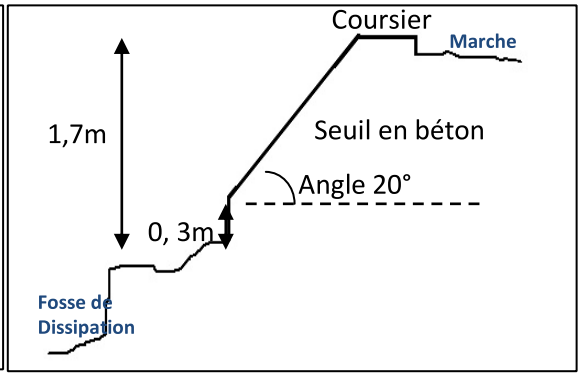


Fig 10. Dimensions du plan incliné

L'ouvrage se prolonge en rive gauche par un seuil déversant en béton sur une distance de 12m, protégeant la canalisation d'adduction lors des crues. Une vanne de sectionnement situé à la sortie du canal de captage permet de stopper le captage d'eau est ainsi d'arrêter l'alimentation des installations de traitements desservies par la prise d'eau en cas de pollution.



Fig 11. Le Déversoir et la Vanne

Les rives au niveau de l'ouvrage ont été stabilisées par des murs en béton et par des enrochements bétonnés à l'aval de l'ouvrage, uniquement en la rive gauche.



Fig 12. Murs sur la rive gauche

L'ouvrage de Bras David barre le lit de la rivière sur toute sa largeur. Sa structure est susceptible de ralentir ou d'empêcher les déplacements de la macrofaune, et de modifier significativement les conditions abiotiques originelles du milieu aquatique (température, courants, oxygénation, granulométrie). Dans la conception actuelle de la prise, il n'existe pas de système permettant de maintenir dans la rivière un débit réservé ni d'aménagement spécifique pour permettre le déplacement des espèces.

Après observation, on évalue les zones de franchissements susceptibles de permettre aux espèces de migrer en amont de l'ouvrage :

- Le socle en béton de la prise d'eau,
- La végétation et les berges autour de l'ouvrage,
- Les murs humidifiés de la prise,
- Un saut par-dessus la structure.



Fig 13. Un *sicydium* sur un mur

Ces zones ne sont pas adéquates pour la montaison des espèces.

Les mouvements de la ressource ont créés des hétérogénéités autour de l'ouvrage. La dalle en aval est érodée et forme une chute.

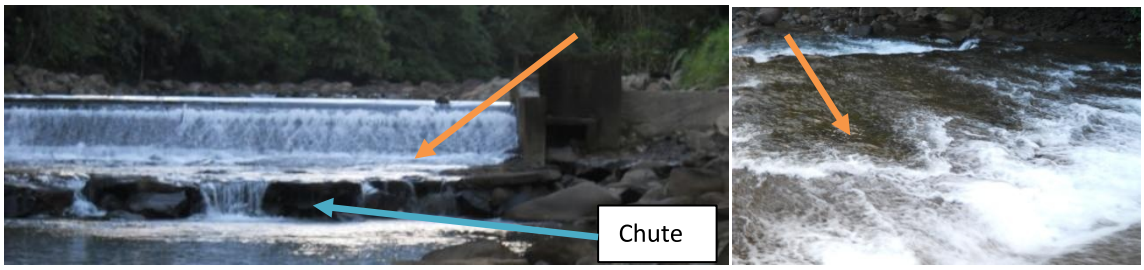


Fig 14. La dalle en béton

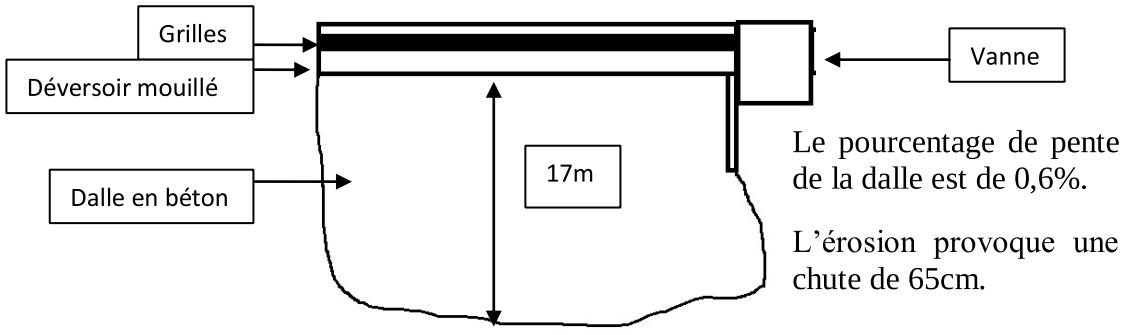


Fig 15. Schéma de la dalle en béton érodée

L'eau prélevée à la prise d'eau de Bras David alimente principalement la Grande Terre de façon gravitaire. La ressource fait partie du réseau d'irrigation et de l'eau potable du département et aide au remplissage des deux barrages (Letaye et Gachet) indispensable pendant la période de carême. Le Conseil Général autorise un prélèvement de 900l/s et que 600l/s en période de sécheresse.

C- Les faciès hydromorphologiques

Chacune des stations étudiées comportent plusieurs types de faciès d'écoulement et figure dans l'annexe 4. Cette description montre la différence entre l'amont et l'aval direct de la prise d'eau.

IV- Matériels et Méthodes

A- Plan d'échantillonnage

Durant l'étude, nous travaillons dans un espace limité autour de la prise d'eau que l'on nomme : une station hydrologique. Elle est composée d'un ensemble de faciès hydromorphologiques. Chaque faciès est constitué lui-même de variations très locales de la profondeur et de la vitesse, que l'on appelle « microhabitat ». Les trois échelles d'observations sont schématisées dans la Figure suivante.

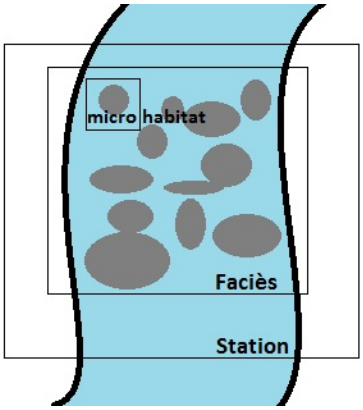
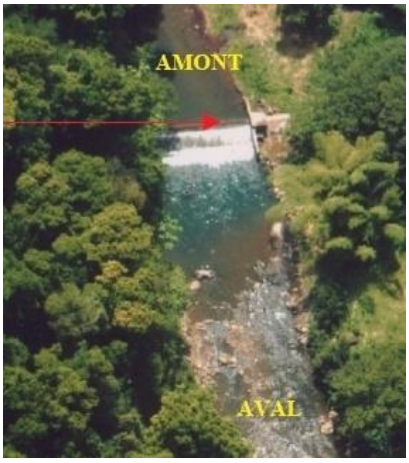


Fig 16. Représentation schématique des trois échelles d'observation.

Le nombre de stations étudiées est de deux. La première est située en aval de l'ouvrage et la seconde en amont direct de la prise d'eau.



Prise d'eau

Fig 17. Représentation des deux stations étudiées (source : Conseil Général)

La comparaison des deux stations va mettre en évidence l'impact de l'ouvrage sur le milieu.
Chaque station mesure 80m de longueur.
Les pêches amont et aval ont duré 2 heures chacune. La méthode de pêche utilisée est la méthode d'échantillonnage stratifiée. Deux équipes ont péché simultanément le matin en aval

sur une distance de 80m puis l'après midi en amont sur la même distance. Le pêcheur et ses suiveurs avancent de l'aval vers l'amont. Tous les individus prélevés sont déterminés et comptés sur site avant d'être relâchés vivants.

Pour l'étude des microhabitats, on utilise la méthode d'échantillonnage systématique. Des quadras de 4 m² sont disposés sur toute la surface de la station.

On mesure trois profondeurs et une mesure deux vitesses dans chaque quadra pour estimer au mieux la moyenne de ces deux variables physiques. Ces mesures seront ensuite mises en relation avec les espèces pêchées dans la surface donnée, pour contribuer à la mise en œuvre des courbes de préférences d'habitats.

B- Les données physiques

Sur chacune des stations, plusieurs collectes de données physiques ont été réalisées avec des techniques et des objectifs différents, récapitulés dans la figure suivante.

Station	Jaugeage d'une section à l'aide d'un moulinet pour explorer les champs de vitesse et pour déterminer le débit
	Jaugeage au sel pour estimer le débit.
	Description des faciès pour mettre en évidence les microhabitats offerts par le milieu.

Fig 18. Travail effectué pour chaque station

1- Jaugeage au moulinet :

Sur une section mouillée, on mesure, sur différentes verticales, des vitesses pour quantifier le débit de la station.

Une section de la rivière est choisie en amont et en aval de la prise d'eau. Le long de la section, on compte le nombre de tours que réalise l'hélice, sur trente secondes, à différentes profondeurs sur les verticales qui caractérisent la section mouillée (cf Annexe 5).

Les vitesses sont déterminées grâce au nombre de tours que fait l'hélice face au courant à partir de la formule suivante :

$$V\ (cm/s) = a \times Nb\ (tours)/s$$

Avec a=0,2542 un coefficient de résistance de l'hélice. L'intégration des vitesses sur chaque verticale donne le débit unitaire en m2/s, l'intégration des débits unitaires donne le débit sur la section en m3/s.

On peut aussi calculer une vitesse moyenne en m/s sur la section totale.

2- Le jaugeage au sel

Un jaugeage au sel est réalisé dans les deux stations pour calculer le débit de la rivière. Cette méthode est plus précise dans les écoulements turbulents et les résultats seront comparés avec ceux obtenus par exploration des champs de vitesse.

Le jaugeage est réalisé en amont et en aval de l'ouvrage (cf Annexe 6a).

Sur le terrain on détermine a vu d'œil le débit de la rivière. Grâce au tableau (cf Annexe 7a), on choisie la quantité de sel nécessaire pour augmenter transitoirement la conductivité de plus de 10%.

On dispose les sondes dans la rivière. On choisi plus haut un lieu pour déverser la quantité de sel préalablement diluée. Le lieu de déversement doit soit être très éloigné si la rivière est calme, soit plus rapproché des sondes si la rivière possède des zones agitées qui accélèrent le mélange du sel sur toute la largeur du lit comme des cascades ou radiers (cf Annexe 6b).

Grâce au logiciel salinomadd^{TM} la concentration de sel est intégrée sur le temps de passage du nuage et donne un débit précis de la rivière.

La quantité de sel M, la concentration de sel dans la solution à injecter C1 et la concentration de sel dans la section de mesure C2, sont reliées par les équations suivantes :

$$M = V \times C1$$

$$Q = (V \times C1)/(T \times C2)$$

Avec Q : le débit à déterminer ; V : le volume de la solution mère injectée dans le cours d'eau ; C1 : concentration de la solution mère ; C2 : concentration du lieu de prélèvement ; T : durée de prélèvement.

C- Les données Biologiques

Lors de l'étude, la technique de pêche employée est la pêche électrique. Le but de cette technique est de générer un courant électrique d'une vingtaine de secondes dans l'eau. Ce courant électrique influence alors le comportement des espèces aquatiques en les immobilisant momentanément ; c'est l'électronarcose. Le matériel utilisé est un appareil de pêche qui comporte une batterie reliée à deux bornes : la cathode et l'anode. L'anode est une épuisette électrique, tandis que la cathode est une tige métallique que l'on laisse pendre dans l'eau. (cf Annexe 6b). Les poissons et les crevettes électronarcosés ont été collectés à l'aide d'épuisettes à maille fine de façon à récupérer les juvéniles. La reconnaissance des espèces a été réalisée à partir de la clé systématique de Carvacho, ainsi que l'atlas des poissons et

crustacés des rivières de la Guadeloupe qui a fourni de nombreuses informations sur la faune aquatiques des rivières antillaises. Sur chacune des stations, plusieurs pêches ont été effectuées avec des techniques et des objectifs différents, récapitulés dans la figure suivante. Les campagnes de pêches se sont déroulées de fin février à mai 2012.

Station	Détermination de tous les individus présents pour visualiser le peuplement du milieu et calculer des indicateurs écologiques de peuplement.
	Biométrie sur les populations-index pour établir des comparaisons démographiques entre les stations.
	Dénombrement des populations-index en relation avec les variables du milieu pour calculer l'électivité des espèces et déterminer les habitats préférentiels.

Fig 19. Travail effectué sur chaque station

1- Description du peuplement de la rivière

Le but de cette étape est de cerner les équilibres biologiques existants en calculant des indicateurs écologiques usuels et de permettre ainsi le choix des espèces-index indispensables à l'étude.

Les relevés quantitatifs de cette première pêche vont fournir des données globales sur le peuplement de la rivière et les équilibres entre espèces. Afin d'étudier l'état général du peuplement, trois indices écologiques synthétiques ont été calculés sur chacune des stations :

- Le nombre d'espèces présentes est une information sur la richesse spécifique du milieu.

$$RS = \text{nombre d'espèces présentes}$$

Cette valeur traduit le nombre d'espèces coexistantes et est une première approximation de la diversité.

- L'indice de diversité de Shannon (H') qui combine le nombre d'espèces et leurs abondances relatives. Il reflète la qualité du milieu en exprimant son aptitude à accueillir un ensemble d'espèces de manière équilibrée.

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$$

- Les effectifs globaux en amont et en aval de l'ouvrage permettent la comparaison des niveaux d'abondance entre ces deux sites. Pour plus de précision, un calcul simple de similarité permet de quantifier la ressemblance entre les deux sites.

- La transformation logarithmique de l'effectif relative de l'espèce et de son rang donne le diagramme qui caractérise le milieu selon l'abondance des espèces présentes.

L'allure de la courbe indique si le milieu est stressé par une pollution ou par un facteur abiotique (données personnelles D Monti).

2- Etude des Populations-index

Pour compléter notre argumentation sur l'hypothèse que la prise d'eau est un obstacle à la montaison des espèces vivant dans la rivière, nous avons décidé de travailler principalement sur quatre espèces index. Ces espèces ont été choisies selon des critères biologiques spécifiques :

- Leur diadromie : il fallait que ces espèces aient un transit obligé entre amont et aval.

- Leur taille est une indication sur la sélectivité de l'ouvrage.

- Leur mode de locomotion est une indication sur le franchissement mécanique de l'ouvrage.

Les espèces choisies ont été les familles des *Palaemonidae* et les *Atyidae* pour les crevettes, et les familles de *Mugilidae* et de *Gobiesocidae* pour les poissons. Les crevettes constituent des populations abondantes dans les rivières et ces espèces permettent l'emploi d'outils statistiques nécessaires à toute étude démographique. Les espèces retenues sont présentées ci-dessous.

- *Macrobrachium faustinum* (De Saussure 1837)

Il s'agit d'une espèce omnivore qui se nourrit d'animaux morts, de fruits et de déchets végétaux. La période de reproduction varie et s'étend principalement d'avril à septembre avec parfois un pic en janvier (Monti, 2004). Dès l'éclosion, les larves de stade I dévalent la rivière, entraînées par la vitesse de l'eau. Sans s'alimenter, elles rejoignent les eaux saumâtres où elles trouvent une nourriture vivante à leur taille. Elles se développent alors et passent treize stades larvaires avant de devenir juvénile (Hunte, 1980). Les juvéniles remontent ensuite les cours d'eau et participent à la reconstitution de la population. Grâce à leurs

péréiopodes ces crevettes marchent et nagent. De plus, des cavités branchiales emprisonnent de l'humidité, ce qui leurs permettent de séjourner hors de l'eau un certain temps. On distingue *Macrobrachium faustinum* par la forme de son rostre et la longueur du carpus de deuxième péréiopode (cf figure 21).



Description

- Taille 4 à 6 cm, jusqu'à 9,5cm
- P2 est une large pince
- Rostre droit vers le haut et denté
- Couleur brun-gris à rosé

Fig 20. *Macrobrachium faustinum* (photographie E. Vigneux)

- *Micratya poeyi* (Guérin-Méneville 1885)

Elle se nourrit en filtrant l'eau à l'aide de ces pinceaux de soies. Sa reproduction dure toute l'année avec un pic en septembre. La ponte s'effectue en eau douce et les larves sont entraînées par le courant jusqu'aux confluences (en eaux saumâtres à salées) ou ont lieu les différentes phases larvaires. Grâce à leurs péréiopodes et leurs griffes, ces crevettes sont marcheuses benthiques et sont souvent posées sur le substrat végétal (Monti, 2002).



Description

- Taille 31mm
- Couleur du brun au pourpre
- Pinceaux de soie sur P1 et P2

Rostre à l'avant avec des dents

Fig 21. *Micratya Poeyi* (photographie E. Vigneux)

- *Sicydium punctatum* (Perugia, 1896) et *Sicydium plumieri* (Bloch, 1786)

Ce poisson broute les algues fixées sur le substrat. Il se déplace par bonds successifs et se colle aux rochers humides grâce à sa ventouse.



Fig 22. Nageoires ventrales soudées et forme une ventouse (source atlas)

Il se reproduit de juin à novembre. La ponte est réalisée en eau douce. Les œufs sont collés au substrat. A l'éclosion les larves sont entraînées par le courant jusqu'à la mer ou elles se développent durant deux à trois mois. On observe ensuite une remontée de juvéniles dans les estuaires entre août et mars (Monti, 2003).



Description

- Taille 5 à 9 cm, jusqu'à 12cm
- Corps allongé
- Bouche infère arqué

Couleur brun-vert et la mâle est bleu en reproduction

Fig 23. *Sicydium sp* (photographie E. Vigneux)

- *Agonostomus monticola* (Bancroft, 1834)

Ce poisson se déplace en nageant et en sautant. Cette espèce est omnivore à tendance carnivore. Son développement larvaire se déroule en mer. Grâce à une période de migration les juvéniles recolonisent les rivières.



Description

- Taille 8 à 20 cm, jusqu'à 30cm.
- Corps allongé et fusiforme
- Bouche munie de 6-10 séries de petites dents
- Lèvres développées.
- 2 nageoires dorsales séparées
- Dos brun-verdâtre avec des écailles bordées de noir
- Ventre blanc

Fig 24. *Agonostomus monticola* (photographie E. Vigneux)

3- Calcul de la porosité

Les individus pêchés sont mesurés vivants de la pointe du rostre à la pointe du telson pour les crustacés et de la bouche à la nageoire caudale pour les poissons (cf Figure 26). Les individus sont remis à l'eau après la mesure.

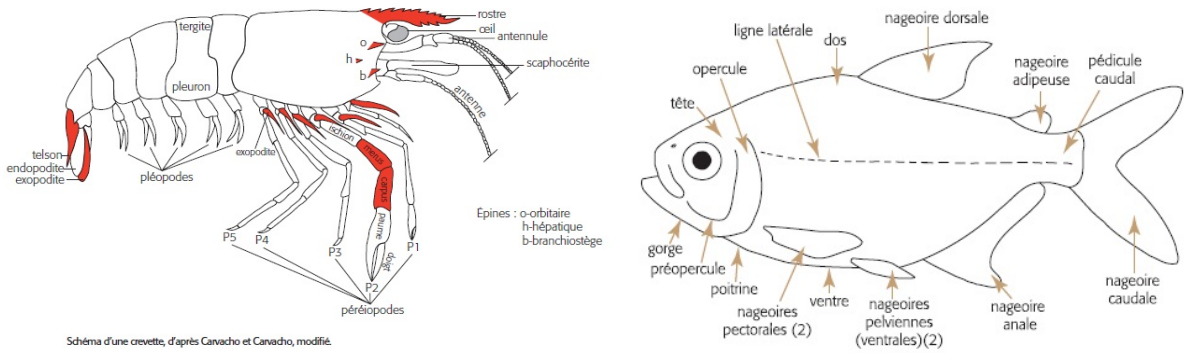


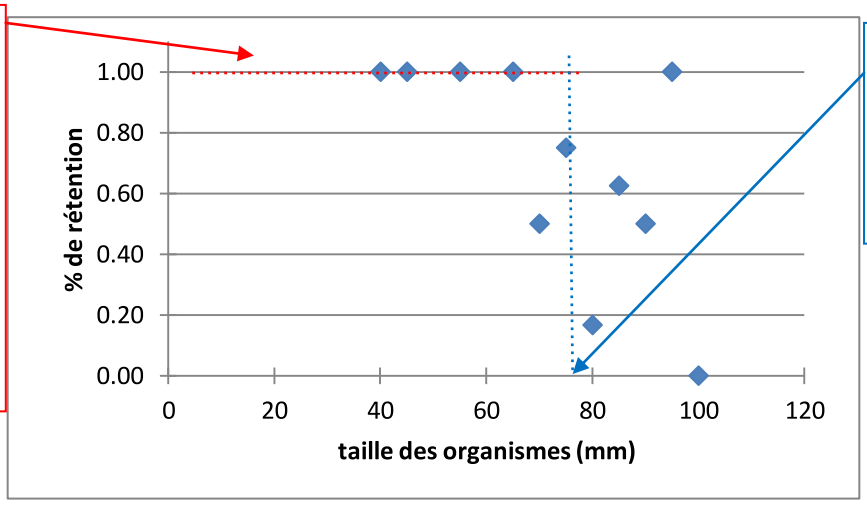
Fig 25. Anatomie des crustacés et des poissons des rivières (source Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de la Guadeloupe)

Les mesures de longueur sont ordonnées par classe d'intervalle. On obtient alors un histogramme de fréquence des tailles, permettant l'analyse de la distribution des tailles individuelles au sein de chaque population.

L'impact de la prise d'eau peut ensuite être visualisé en comparant la structure démographique des mêmes populations étudiées en amont et en aval de l'ouvrage. La comparaison de ces histogrammes amène à la notion de porosité biologique. Comparés classe de taille par classe de taille pour une même espèce permet de quantifier la rétention d'individus sous l'ouvrage. La porosité est d'autant moins bonne que la fraction retenue en aval est importante. La taille minimale au franchissement est aussi facilement identifiable et visualisable par la diminution de la fraction retenue sur le graphique (cf Figure 18).

Evaluation quantitative de la fraction retenue, qui définit la « perméabilité biologique de l'ouvrage »

Cette porosité est mauvaise, 100% des individus sont retenues en aval.



Identification de la « Taille de franchissement ». Ici cette taille est évaluée à 75 mm.

Fig 26. Lecture de la perméabilité biologique et de la taille de franchissement

Après une observation, nous avons constaté que l'espèce *Agonostomus monticola* est une espèce qui préfère les faciès profonds. La technique de pêche utilisée ne permet pas de capturer des individus dans les zones profondes.

Pour analyser le franchissement de la prise d'eau par cette espèce on évalue ses capacités de saut. En fin de journée (17H30), les individus essaient de franchir la prise d'eau pour continuer leur migration en amont. Ces observations sont analysées pour déterminer les capacités de saut d'*Agonostomus monticola.*

4- Calcul des paramètres populationnels

L'analyse statistique n'est pas possible pour les espèces *Sicydium sp* et *Agonostomus monticola*. Le nombre d'individus présents à cette altitude n'est pas assez important pour réaliser une analyse démographique.

Les histogrammes de fréquence des tailles de chaque espèce permettent l'analyse fine de la distribution des tailles individuelles au sein de chaque population. Un traitement avec le logiciel R et le package Mixdist est ensuite appliqué sur ces classes de tailles pour décomposer chaque structure de taille en cohortes. Une cohorte est un ensemble d'individus ayant la même taille donc le même âge. Les cohortes sont identifiées par les courbes, qui doivent suivre au plus près l'histogramme des données brutes en arrière plan. On obtient le type de graphique suivant.

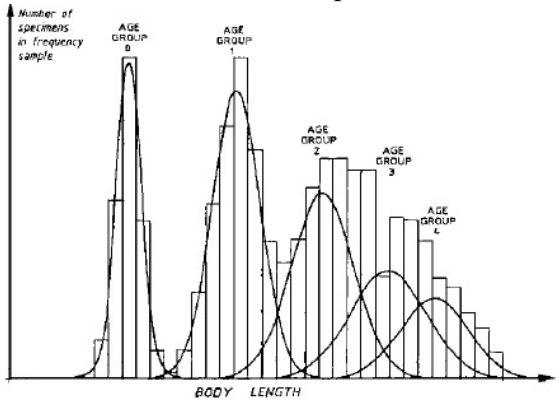


Fig 27. Exemple de graphique obtenu avec le logiciel MIXDIST (source : FAO)

On obtient différentes classes d'âge, chacune représentée par un nombre d'individus. Grâce au logiciel FISAT II on calcule pour chaque cohorte la mortalité, notée Z, la taille maximale théorique, notée L∞, et le coefficient de croissance K. La taille maximale théorique est la valeur qu'auraient les individus en amont dans des conditions optimales de croissance. Le coefficient de croissance K est une approximation du temps nécessaire à un doublement d'effectif de l'espèce.

La méthode de Powell (1986) permet l'estimation graphique de la taille moyenne maximale atteinte par une espèce, L∞ et le rapport Z/K, à partir des fréquences de longueur

représentatives d'une population à l'équilibre. Elle est basée sur l'équation de Beverton et Holt (1956) :

$$Z = K[(L\infty - L)/(\bar{L} - L')]$$

Avec : $(\bar{L} - L') = a + b \cdot L'$ $\qquad \bar{L} = \left(\frac{L_\infty + L'}{1 + (Z/K)}\right)$

Ainsi, en portant sur un graphique $\bar{L}$-L', correspondant à la différence entre la somme des différentes longueurs calculées et la moyenne des longueurs calculées, en fonction de L' ; on obtient une régression linéaire à partir de laquelle on peut estimer a et b et par conséquent $L\infty$ et Z /K (Sparre et Venema, 1996).

Le programme informatique FISAT II permet directement l'application de la méthode.

K est une valeur qui estime la rapidité d'une espèce à doubler son effectif. Le logiciel produit grâce à une fonction non-paramétrique de Shepherd des valeurs de K. On choisit la plus importante.

La mortalité Z est déduite des résultats précédents.

5- Choix du microhabitat

On détermine l'occurrence d'une espèce c'est-à-dire que l'on comptera le nombre de fois où une espèce a été retrouvée dans un quadra. Le nombre total d'individus constituera une information supplémentaire mais ne sera pas pris en compte dans l'élaboration des courbes de préférences d'habitats. On cherche en effet à définir quel habitat une espèce pourrait potentiellement occuper. Une courbe de préférences d'habitats représente la variation d'un indice d'électivité en fonction de l'une des deux variables physiques comme la profondeur ou la vitesse. Elle est définie par la formule suivante :

$$E^* = [Wi - (1/n)] / [Wi + (1/n)]$$

$$\text{Avec } Wi = (ri/pi) / \sum_{i=1}^{n} (ri/pi)$$

E^* est l'indice d'électivité de Vanderploeg et Scavia (1978). Il permet de savoir si une espèce réalise un choix ou une préférence, ou au contraire si elle évite certaines classes pour une variable physique considérée. Les valeurs de profondeur et de vitesses sont regroupées par classe dont le nombre est noté « *n* ». *Wi* est un intermédiaire de calcul qui met en relation le nombre de pêche (p) avec le nombre d'individus (r) que l'on retrouve dans chacune des classes.

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

La comparaison des courbes de préférences d'habitats en amont et en aval de l'obstacle, nous renseigne sur le choix des espèces. La comparaison entre la station amont et la station aval va mettre en évidence si les espèces sont contraintes de modifier leur choix d'habitat. Cela montrerait que les espèces adaptent leur présence dans les microhabitats après la montaison, avec un comportement impacté par l'ouvrage.

V- Résultats

A- Les jaugeages

1- Au moulinet

- En amont (cf Annexe 8a), sur une section mouillée de 11,7m², la vitesse moyenne de l'eau est de 0,15m/s. La rivière a un débit de 1,76m^3/s.
- En aval (cf Annexe 8b), sur une section mouillée de 6,01m², la vitesse moyenne est de 0,23m/s. le débit de la rivière est de 1,38m^3/s.

2- Au sel

- En amont (cf Annexe 9), l'écoulement est rapide, car le nuage de sel passe en dix minutes. Le débit est de 1,3m^3/s.
- En aval (cf Annexe 10), l'écoulement est lent, car le nuage de sel passe en vingt deux minutes. Le débit est de 1,1m^3/s.

B- Description du peuplement de la rivière

Noms des espèces	Aval	Amont
Agonostomus monticola	x	x
Awaous banana	x	abs
Sicydium sp	x	x
Atya innocous	x	abs
Atya scabra	x	abs
Micratya poeyi	x	x
Xiphocaris elongata	x	x
Macrobrachium crenulatum	x	abs
Macrobrachium faustinum	x	x
Macrobrachium heterochirus	x	x
Macrobrachium carcinus	x	abs

Fig 28. Tableau des espèces péchées

L'intérêt de cette première partie de l'étude est de décrire l'organisation des espèces présentes dans le milieu.

Dans la station Aval, on dénombre onze espèces, trois espèces de poissons et huit espèces de crustacés, alors que dans

la station Amont, on dénombre six espèces, dont deux espèces de poissons et quatre espèces de crustacés. Les chiffres obtenus révèlent une dominance des populations de crustacés sur celles des poissons en amont et en aval de l'obstacle. Cette dominance est caractéristique des zones de moyenne et haute altitude en Guadeloupe.

1- Les indices écologiques

a- La richesse spécifique

La richesse spécifique en aval, noté RSl et en amont, noté RSm :

RSl=11
RSm=6

La présence très rare de quelques individus de certaines espèces (un *Awaous banana*, un *Macrobrachium crenulatum* et un *Macrobrachium carcinus* dans la station aval) traduit la fragilité des équilibres en place. On note une différence sensible de la richesse spécifique avec davantage d'espèces trouvées en aval de l'obstacle.

b- Les effectifs

La répartition des espèces en fonction de leur effectif révèle une hétérogénéité du peuplement. Certaines espèces sont dominantes dans le milieu.

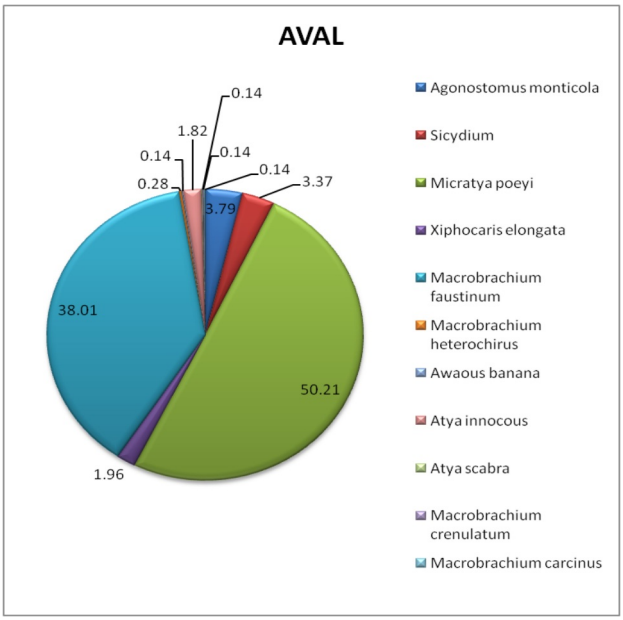
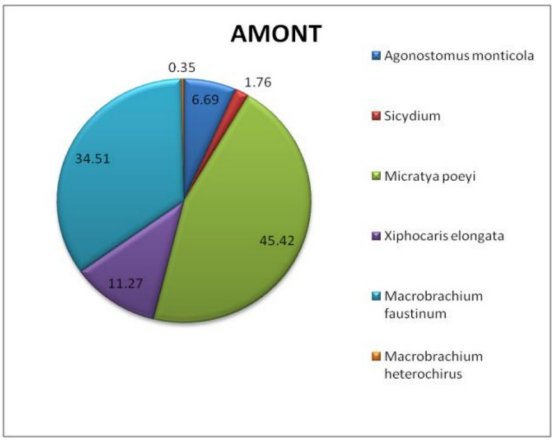
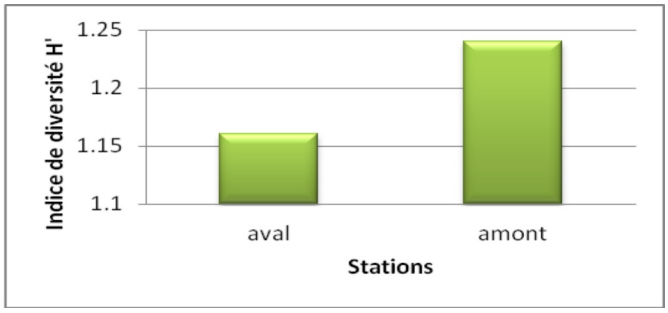


Fig 29. Pourcentage de chaque espèce dans les deux stations



Le peuplement est dominé par les crustacés *Micratya poeyi* et *Macrobrachium faustinum* présentes en grand nombre en amont et en aval de l'obstacle.

c- L'indice de Diversité



Le plus fort indice de diversité est rencontré pour le peuplement situé en amont de l'obstacle. Il est estimé à 1,24.

Fig 30. Diversité (H') en amont et aval de l'obstacle

d- L'indice de similarité

L'indice sur la similarité est communément utilisé pour comparer deux peuplements distincts. On peut en déduire que les deux stations de pêches sont identiques à 87%.

PS (pourcentage de similarité)= ∑ (plus petits pourcentages pour chaque espèce)

$$PS=87,72\ \%$$

e- Le diagramme rang-fréquence

Le diagramme rang-fréquence sur le peuplement traduit l'impact d'un facteur abiotique sur le peuplement. On constate que les deux courbes n'ont pas la même forme.

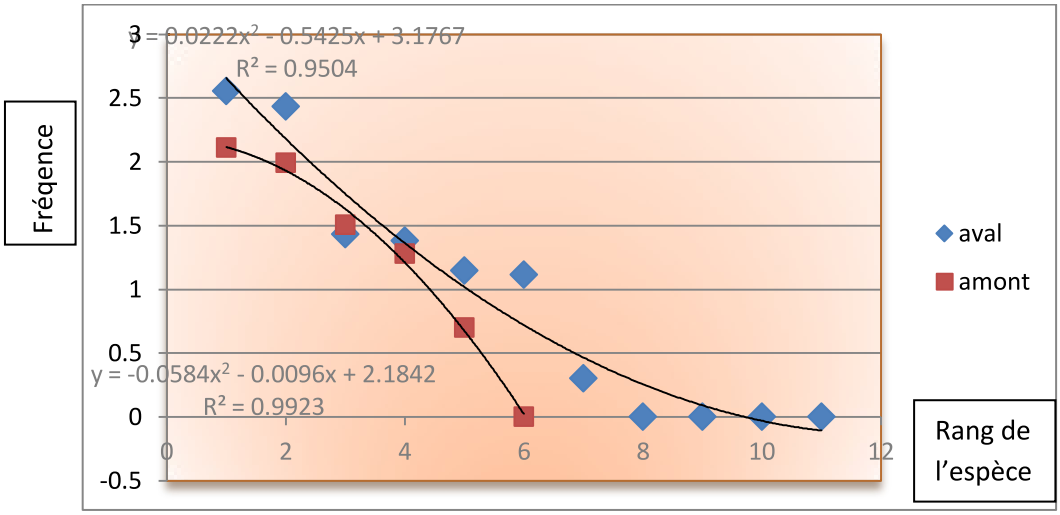


Fig 31. Diagramme rang fréquence :

On peut en déduire que la station en amont est peu stressé. Contrairement à la courbe de l'aval qui indique une déstructuration.

2- Calcul de la porosité

La mesure des individus de chaque population-index nous permet d'obtenir une image de la composition démographique de la population en amont et en aval de l'obstacle, et ce sur les différentes campagnes de pêches. Ces résultats révèlent la porosité et la taille de franchissement des individus pour la prise d'eau de Bras David.

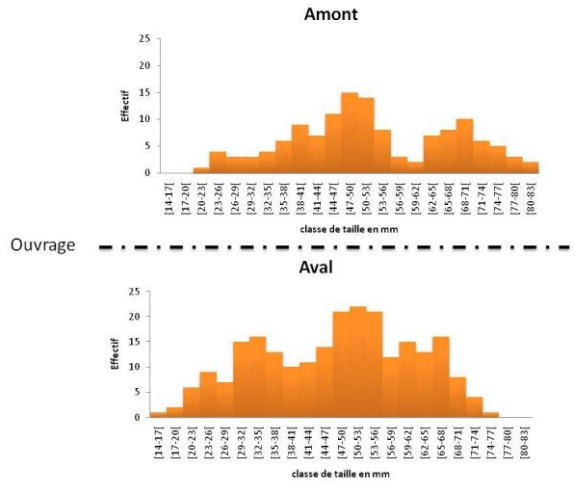
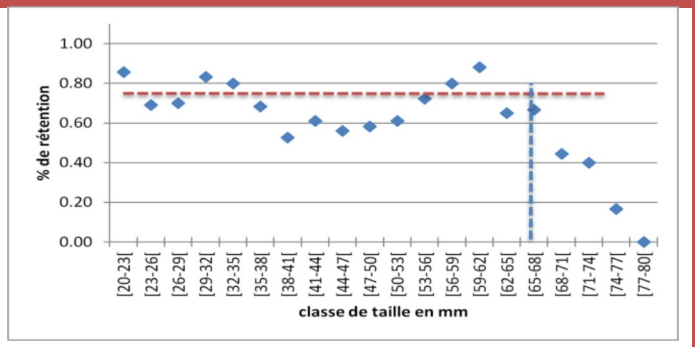
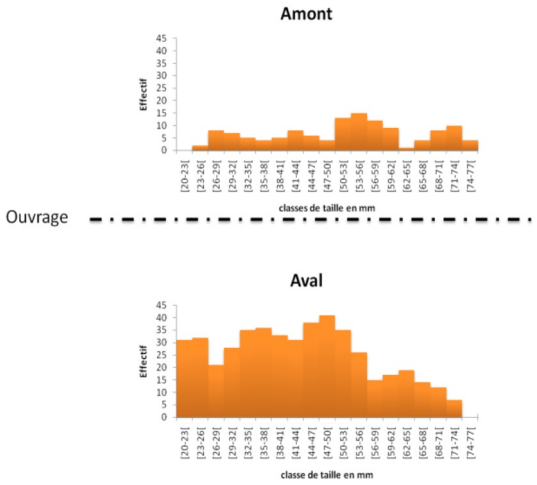
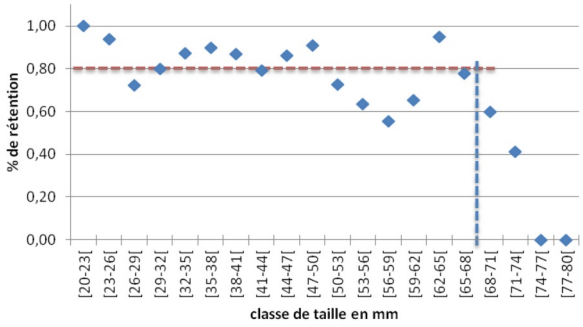
Composition démographique	Porosité de l'obstacle et taille au franchissement
1 	 L'effectif de la population en amont de l'obstacle est moins important que sous l'obstacle. L'ouvrage retient en moyenne 75% des individus qui ont une taille inférieure à 65mm.
2 	 L'effectif de la population en amont de l'obstacle est moins important que sous l'obstacle. L'ouvrage retient en moyenne 80% des individus qui ont une taille inférieure à 68mm.

Fig 32. Résultats de porosité chez *M.faustinum* sur deux campagnes de pêches différentes

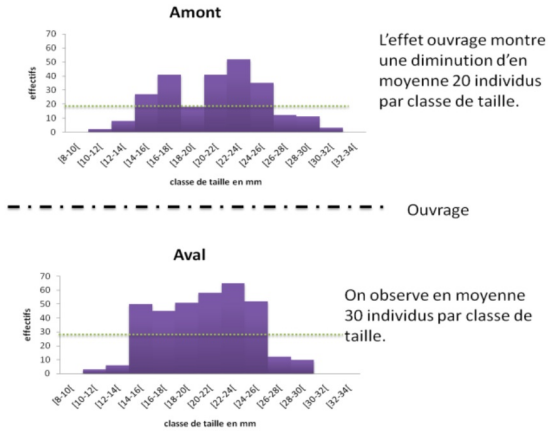
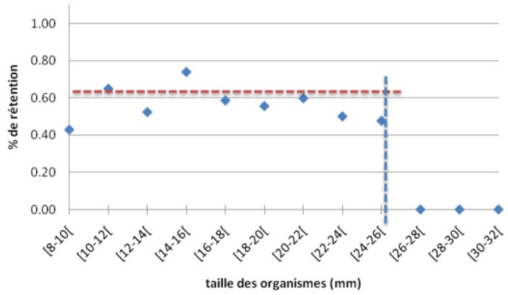
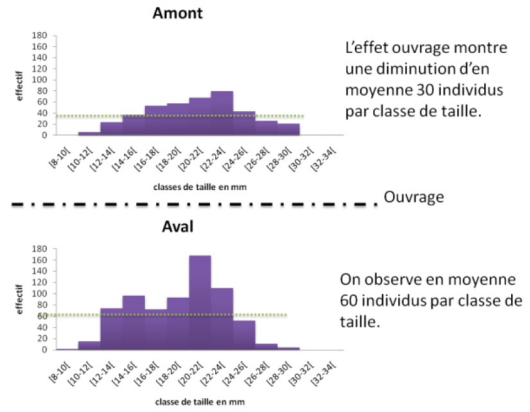
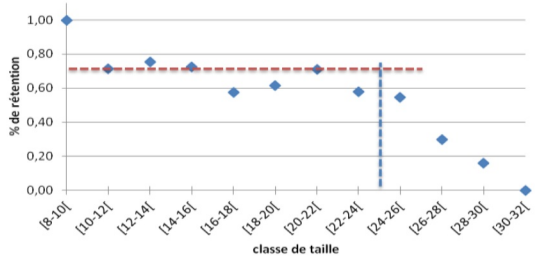
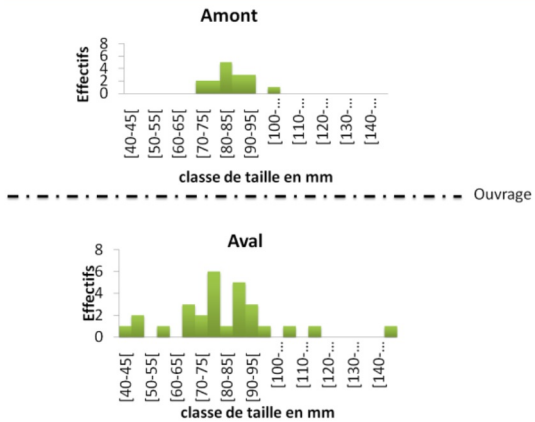
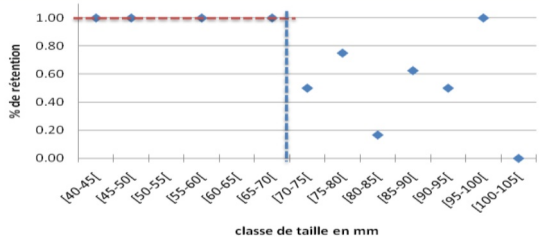
Composition démographique	Porosité de l'obstacle et taille au franchissement
1 	 L'effectif de la population en amont de l'obstacle est moins important que sous l'obstacle. L'ouvrage retient en moyenne 60% des individus qui ont une taille inférieure à 26mm.
2 	 L'effectif de la population en amont de l'obstacle est moins important que sous l'obstacle. L'ouvrage retient en moyenne 70% des individus qui ont une taille inférieure à 25mm.

Fig 33. Résultats de porosité de *M.poeyi* sur deux campagnes de pêches différentes

Composition démographique	Porosité de l'obstacle et taille au franchissement
1 	 L'effectif de la population en amont de l'obstacle est moins important que sous l'obstacle. L'ouvrage retient en moyenne 100% des individus qui ont une taille inférieure à 70mm. Ces résultats restent indicatifs dus à un faible effectif.

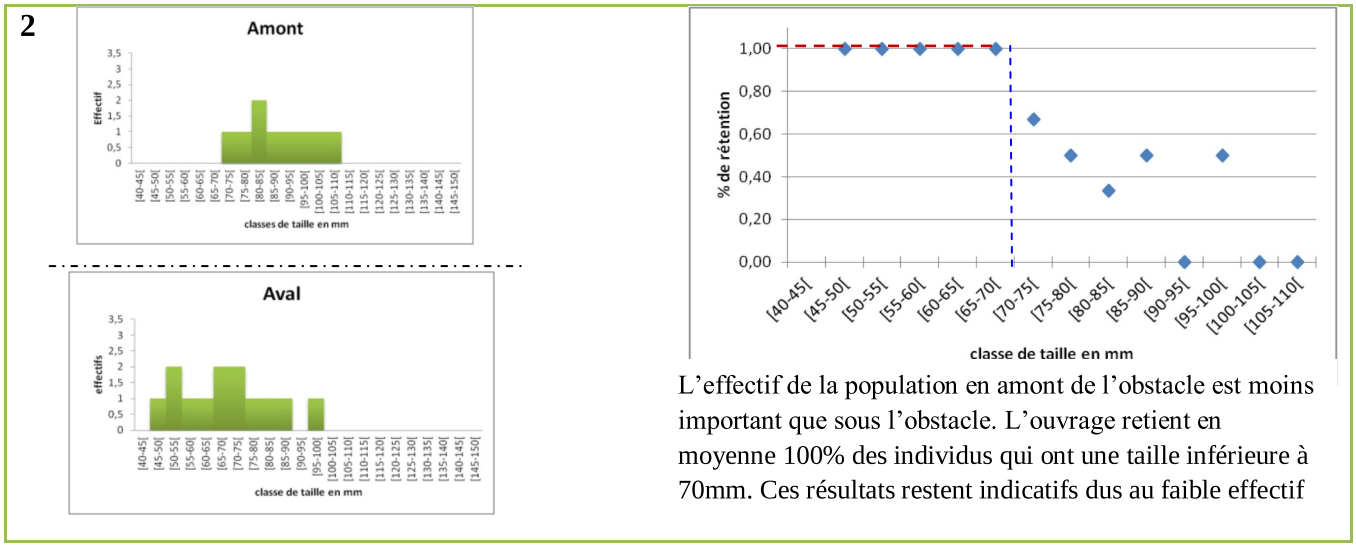


Fig 34. Figure de résultats de porosité chez *sicydium sp* sur deux campagnes de pêche

L'impact de l'ouvrage sur les espèces-index est important. La prise d'eau crée un obstacle dans l'accomplissement du cycle de vie de l'espèce qui est évalué grâce à la porosité biologique.

Pour l'espèce *Macrobrachium faustinum* la prise d'eau montre une sélectivité moyenne comprise entre 75% au mois de d'avril et 80% à la fin du moi de mai.

Les individus ayant une taille supérieure à 65mm ont plus de facilité à franchir l'obstacle au mois d'avril. A la fin du mois de mai, les individus doivent avoir une taille supérieure à 68mm pour franchir l'ouvrage. A partir de cette taille les individus semblent capables de dépasser les conditions hydrauliques et de passer en amont de l'ouvrage.

Pour l'espèce *Micratya poeyi* la prise d'eau montre une sélectivité à environ 60 % au mois d'avril et 70% au mois de mai. Les individus ayant une taille supérieure à 26 mm au mois d'avril et 25mm au mois de mai ont plus de facilité à franchir l'obstacle. A partir de cette taille les individus semblent capables de franchir les conditions hydrauliques de l'ouvrage.

La prise d'eau montre une sélectivité de 100 % pour l'espèce *Sicydium*. Les individus ayant une taille supérieure à 70mm ont plus de facilité à franchir l'obstacle. A partir de cette taille les individus semblent capables de franchir les conditions hydrauliques de l'ouvrage. Ce résultat reste indicatif dû au faible effectif d'individus pêchés lors des deux campagnes de pêche.

Capacité de franchissement d'Agonostomus monticola

Après observation de la volonté de l'espèce de franchir la prise d'eau, nous en avons déduit ses capacités de saut.



Fig 35. Photos vidéo d'*Agonostomus monticola* essayant de franchir l'obstacle (source L. Sidaine 2012).

Les poissons sautent une hauteur entre 30 et 50 cm.

Durant l'observation aucun n'a réussi à franchir le déversoir.

Les paramètres physiques du poisson ne lui permettent pas de franchir l'obstacle dans les conditions de débits observées. La hauteur de l'obstacle est supérieure à sa capacité de saut.

3- Calcul des paramètres populationnels

La composition démographique permet l'extraction des différents groupes d'âges correspondants et leur exploitation statistique.

La population de *M. faustinum* recensée présente 4 cohortes très imbriquées. Leur proportion décroît progressivement, traduisant un amenuisement de la taille des groupes d'individus les plus âgés. On distingue trois étapes dans le développement de cette population (cf Annexe 11, 12, 13 et 14).

La population de *M. Poeyi* recensée présente 3 à 4 cohortes. Leur proportion décroît progressivement, traduisant un amenuisement de la taille des groupes d'individus les plus âgés. On distingue trois étapes dans le développement de cette population (cf Annexe 15, 16, 17 et 18).

- La croissance de la population :

Nous allons corréler cette étape de développement à la taille maximale. Ainsi, plus la valeur de $L\infty$ est grande, plus le milieu offre des caractéristiques pour une croissance idéale de l'espèce.

Fig 36. Tableau des tailles maximales chez *M. faustinum*

Campagne	Amont	Aval
1	$L\infty_{1M}$=77,41	$L\infty_{1V}$=79,07
Intervalle de confiance	[74,55-78,28]	[77,7-80,03]
2	$L\infty_{2M}$=72,15	$L\infty_{2V}$=81
Intervalle de confiance	[70,51-74,79]	[79,4-83,11]

Fig 37. Tableau des tailles maximales chez *M. poeyi*

Campagne	Amont	Aval
1	$L\infty_{1M}$=40,82	$L\infty_{1V}$=48,03
Intervalle de confiance	[38,97-42,67]	[46,24-49,78]
2	$L\infty_{2M}$=43,45	$L\infty_{2V}$=45,76
Intervalle de confiance	[41,08-45,26]	[43,71-47,19]

La valeur de L∞ est supérieure en aval de l'ouvrage. Il faut donc moins de temps à la population pour doubler son effectif en aval de la prise d'eau.

- Le coefficient de croissance K est une approximation du temps nécessaire à un doublement d'effectif de l'espèce :

Fig 38. Tableau des coefficients K chez *M. faustinum*

Campagne	Amont	Aval
1	K_{1M}=0,55	K_{1V}=0,52
Intervalle de confiance	[0,34-1,07]	[0,41-1,01]
2	K_{2M}=0,69	K_{2V}=0,50
Intervalle de confiance	[0,49-0,91]	[0,37-0,73]

Il n'y a pas de différence significative entre les résultats des coefficients de croissance en aval et en amont. Les intervalles de confiance sont relativement proches.

Fig 39. Tableau des coefficients K chez *M. poeyi*

Campagne	Amont	Aval
1	K_{1M}=0,72	K_{1V}=0,35
Intervalle de confiance	[0,58-0,84]	[0,18-0,42]
2	K_{2M}=0,66	K_{2V}=0,34
Intervalle de confiance	[0,59-0,69]	[0,26-0,39]

On observe des valeurs plus faibles du coefficient en aval de la prise d'eau.

- La mortalité :

La mortalité Z est la résultante de la mortalité naturelle mais peut être influencé par un facteur externe. Plus la valeur de Z dans une cohorte est élevée, plus la mortalité au sein de celle-ci est grande.

Fig 40. Tableau des mortalités chez *M. faustinum*

Campagne	Amont		Aval	
1	Z_{IV}=4,20	[3,97-4,38]	Z_{IV}=1,87	[1,75-1,91]
Intervalle de confiance	Z_{III}=1,26	[1,17-1,38]	Z_{III}=1,08	[0,96-1,13]
	Z_{II}=0,61	[0,52-0,69]	Z_{II}=0,42	[0,38-0,51]
	Z_{I}=2,13	[2,04-2,19]	Z_{I}=2,01	[1,92-2,14]
2	Z_{IV}=4,11	[3,99-4,25]	Z_{IV}=2,40	[2,27-2,61]
Intervalle de confiance	Z_{III}=1,23	[1,08-1,37]	Z_{III}=0,85	[0,72-0,94]
	Z_{II}=1,33	[1,26-1,41]	Z_{II}=1,70	[1,56-1,83]
	Z_{I}=1,86	[1,55-2,0]	Z_{I}=2,02	[1,88-2,19]

Fig 41. Tableau des mortalités chez *M. poeyi*

Campagne	Amont		Aval	
1	Z_{IV}=/		Z_{IV}=0,14	[0,05-0,29]
Intervalle de confiance	Z_{III}=0,63	[0,47-0,68]	Z_{III}=0,21	[0,07-0,34]
	Z_{II}=0,91	[0,78-1,04]	Z_{II}=0,41	[0,33-0,51]
	Z_{I}=1,53	[1,36-1,77]	Z_{I}=1,74	[1,54-1,88]
2	Z_{IV}=/		Z_{IV}=0,21	[0,11-0,36]
Intervalle de confiance	Z_{III}=0,13	[0,02-0,27]	Z_{III}=0,37	[0,18-0,41]
	Z_{II}=1,45	[1,29-1,52]	Z_{II}=1,51	[1,38-1,72]
	Z_{I}=1,74	[1,56-1,9]	Z_{I}=2,33	[2,24-2,45]

De façon générale la mortalité est plus élevée en amont qu'en aval. La mortalité est supérieure au sein de la cohorte IV qui est celle des juvéniles. Ils subissent une forte mortalité précoce à leur installation. La survie de la population se stabilise avec des mortalités Z_{III} faibles.

4- Choix du microhabitat

M. faustinum se retrouve dans de larges gammes de profondeurs et de vitesses, on remarque cependant une tendance de préférences pour les profondeurs comprises entre 10 et 30 cm et vitesses comprises entre 0 et 30 cm/s.

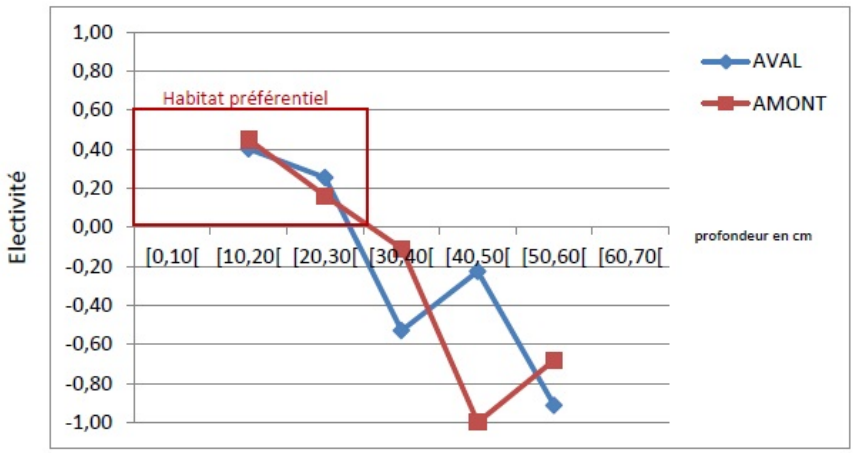


Fig 42. Courbe de préférence en terme de profondeur chez *Macrobrachium faustinum*

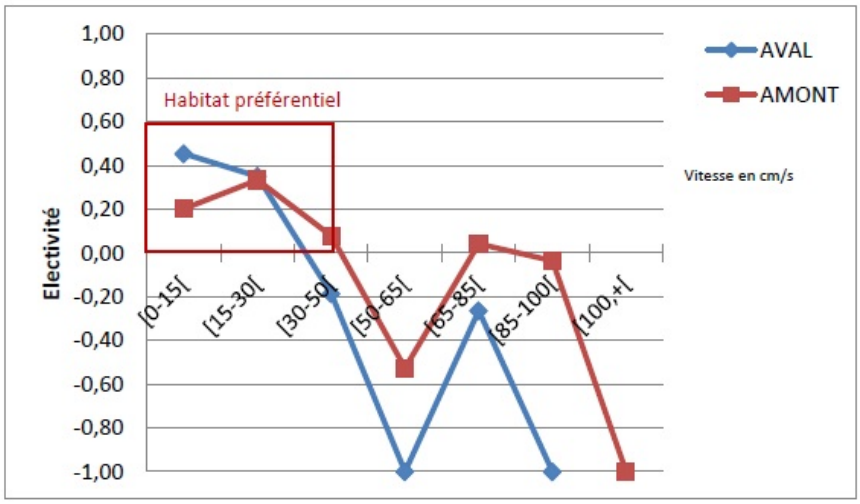


Fig 43. Courbe de préférence en terme de vitesse chez *Macrobrachium faustinum*

Les faciès sont nombreux à être occupés par cette espèce. Elle semble apprécier indifféremment les mouilles jusqu'aux radiers.

Il n'y a pas de différence entre les stations. L'espèce garde les mêmes conditions préférentielles d'habitats en amont et en aval. *M. faustinum* aurait la capacité d'occuper les niches laissées vacantes par les autres espèces, relativement contraignants, tels que les petites profondeurs et vitesses (D. Monti com. pers.).

Dans la bibliographie, *M. poeyi* ne semble pas être élective, quelque soit la variable physique.

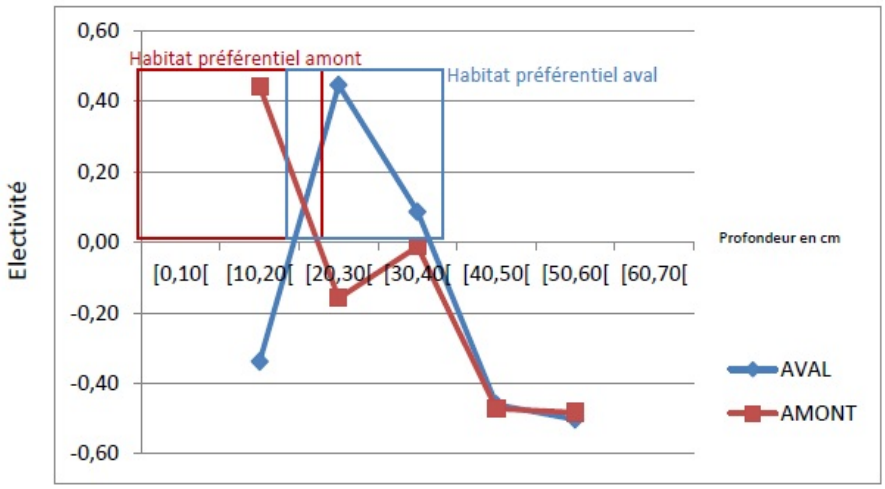
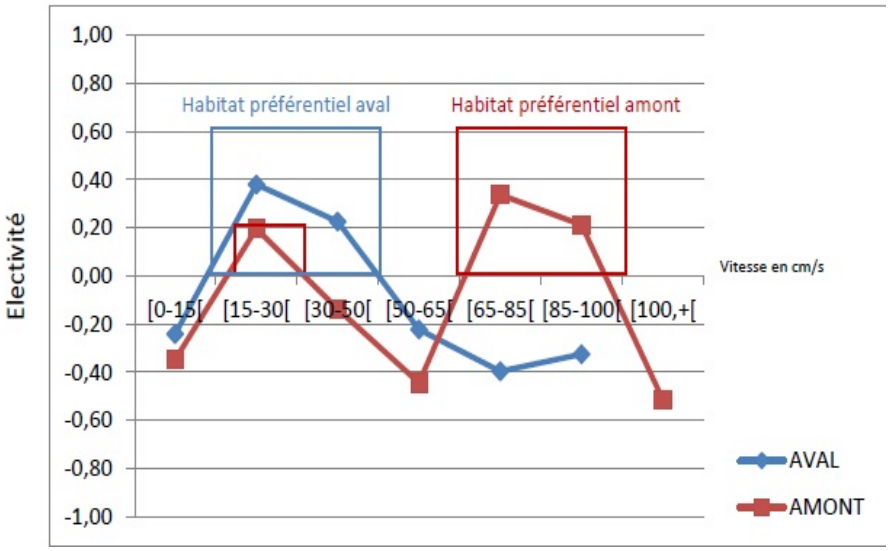


Fig 44. Courbe de préférence en terme de profondeur chez *Micratya poeyi*



Cependant apparaît dans les résultats des figures précédentes une très légère préférence de profondeurs inférieures à 20 cm et de vitesses supérieures à 65 cm/s en amont de la prise d'eau.

Fig 45. Courbe de préférence

en terme de vitesse chez *Micratya poeyi*

Les individus vivant en aval de la structure préfèrent des profondeurs comprises entre 20 et 40 cm et des vitesses comprises entre 15 et 50 cm/s.

Sicydium sp. vit préférentiellement à des profondeurs comprises entre 20 et 40 cm et des vitesses supérieures à 100 cm/s, pour l'amont. En aval l'espèce semble moins sélective sur son choix d'habitat. Ainsi elle vit dans des profondeurs comprises entre 30 et 40 cm et des vitesses supérieures comprises entre 20 et 60 cm/s (cf figures suivantes). Cette espèce est le plus souvent retrouvée dans les radiers. Elle occuperait à la fois les gros graviers, blocs et rochers. Contrairement à la bibliographie exposant une préférence pour les faciès lentiques, les *Sicydium sp.* marquent des préférences nettes pour les grandes vitesses, correspondant aux faciès lotiques ; les radiers, rapides, et cascades.

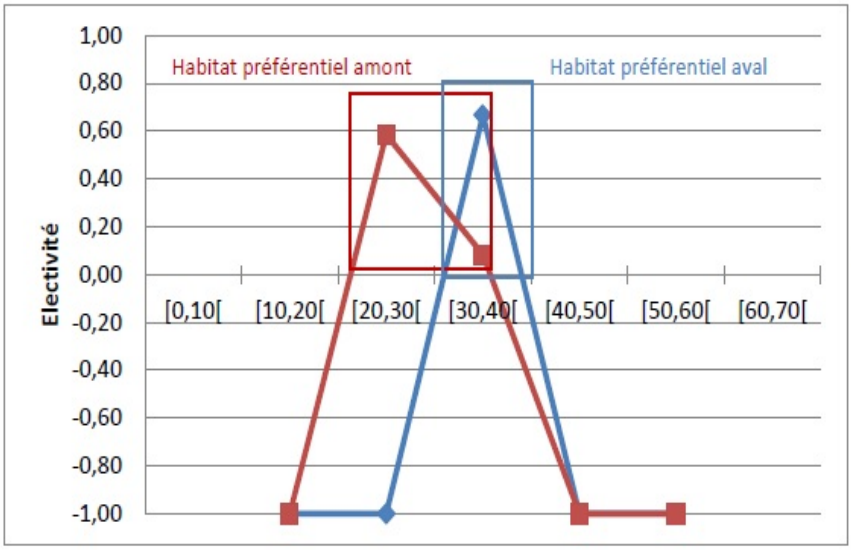


Fig 46. Courbe de préférence en terme de profondeur chez *Sicydium sp.*

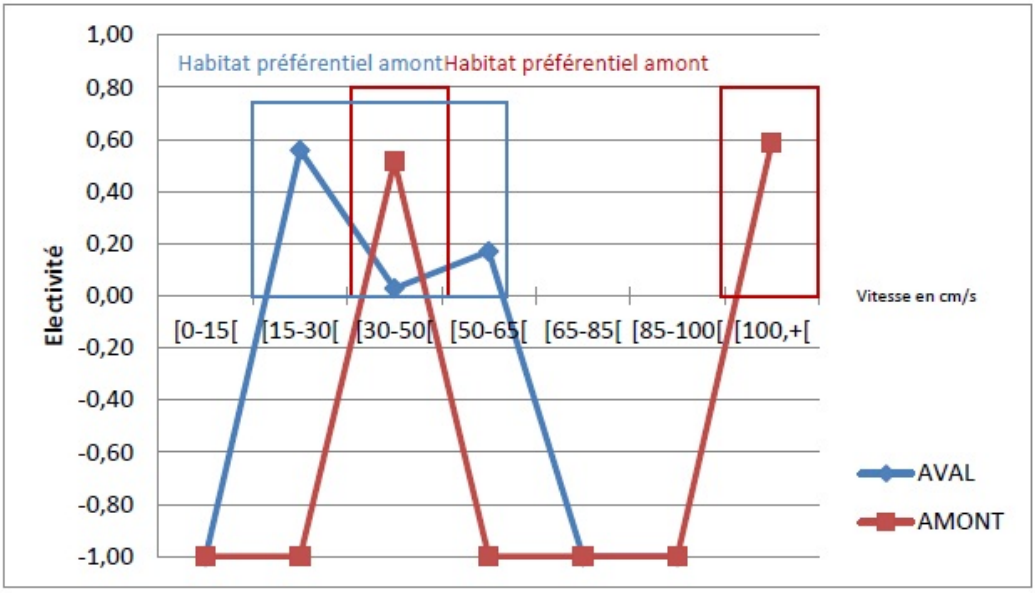


Fig 47. Courbe de préférence en terme de vitesse chez *Sicydium sp.*

Agonostomus monticola semblerait avoir des choix de vie précis. Les profondeurs seraient comprises entre 30 et 50 cm. Elle montrerait une forte éviction des vitesses inférieures à 80 cm/s (cf figures suivantes). Les électivités pour cette variable concernent les vitesses supérieures à 85 cm/s. Le choix de radier et de fosse confirmerait ces caractéristiques.

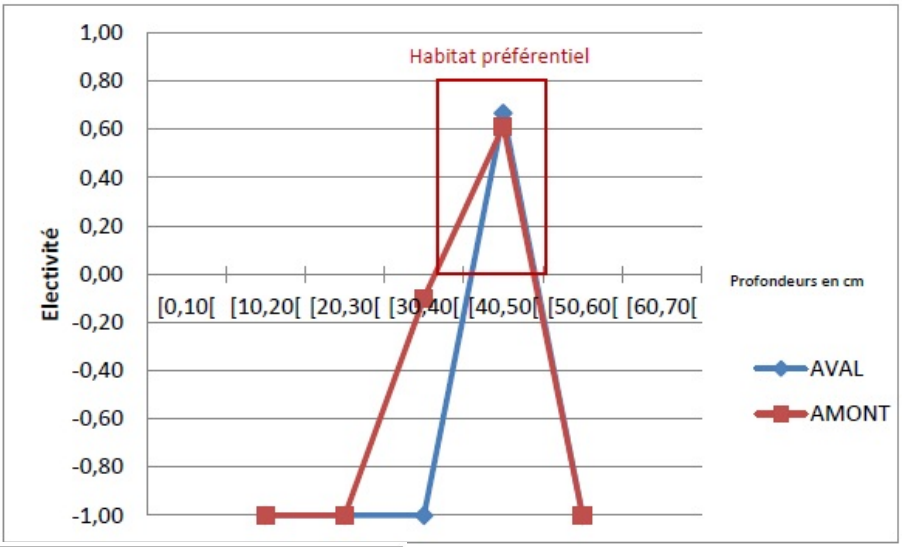


Fig 48. Courbe de préférence en terme de profondeur chez *Agonostomus monticola*

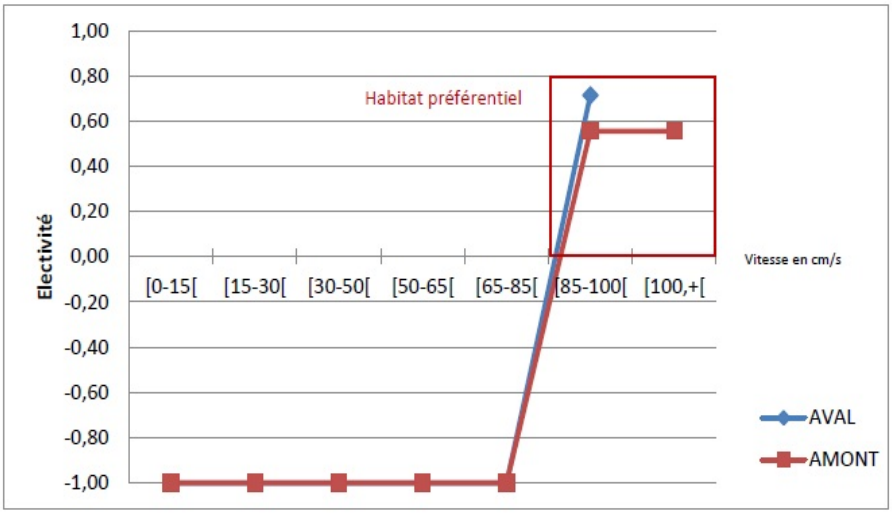


Fig 49. Courbe de préférence en terme de vitesse chez *Agonostomus monticola*

VI- Discussion

L'hypothèse des impacts de l'ouvrage sur la continuité écologique de la rivière de Bras David à la côte 130 est vérifiée. Les résultats sur la porosité montrent la sélectivité de l'ouvrage.

- Sur les conditions hydrauliques

Les jaugeages réalisés en amont et en aval direct de l'ouvrage montrent une modification de la ressource. Une partie du débit est absorbé par les grilles.

La ressource est altérée par la structure de la prise d'eau. Elle ralentie l'écoulement de l'eau en aval et provoque un changement des conditions hydrologiques du milieu. La surface de la rivière en amont est plus importante que la surface en aval. La station amont est plus

profonde que la station aval. La fosse de dissipation ralentie le flux et provoque un ralentissement de l'eau. La structure diminue donc la vitesse de l'eau. Le lit de la rivière en amont est plus accidenté et crée de nombreux micro-habitats. En aval, le lit de la rivière est plus lisse ce qui montre un manque de micro-habitats. Les conditions hydraulique ne sont pas les mêmes autour de l'ouvrage.

Le jaugeage au sel révèle une dynamique différente entre les deux stations. Grâce à l'allure des courbes on remarque que les conditions d'écoulement sont différentes entre les deux emplacements de prélèvements. Ainsi en créant une chute, l'ouvrage modifie les hauteurs d'eau. La chute augmente l'énergie de l'eau et provoque une érosion importante (fosse de dissipation). En amont, pour avoir un prélèvement régulier une zone de calme (plat courant) est constituée pour jouer un rôle de barrage. Cette zone non-naturelle perturbe les conditions hydrauliques en artificialisant les profondeurs.

- Sur la faune de la rivière

La diversité est faible pour ce milieu. Les indices de richesse spécifique et de diversité, basés sur l'abondance des espèces échantillonnées, ne sont pas des indicateurs suffisamment sensibles pour diagnostiquer les milieux dulcicoles tropicaux car le nombre d'espèces est faible.

On note une diminution des effectifs pour chaque espèce en amont de la prise d'eau. En amont de l'ouvrage la richesse spécifique est plus importante. En aval de l'obstacle, on observe une richesse spécifique plus faible. Le diagramme rang-fréquence permet de visualiser les équilibres et mettre en évidence une perturbation en aval. Une pollution ou un facteur abiotique empêche le milieu de se stabiliser. L'aval de la prise d'eau est sujet à une modification du milieu ce qui perturbe les espèces.

La chute créée par l'ouvrage oxygène le milieu. En amont le plat courant ne permet pas l'oxygénation de la ressource. L'ouvrage est un obstacle au transport des sédiments. La station amont doit être saturée en sédiments ce qui provoque une asphyxie des individus. Les particules pénètrent dans les branchies et les colmatent. Ce qui signifie que le milieu en aval offre de meilleurs critères pour la croissance de l'espèce. Ce résultat est confirmer par les mortalités des cohortes de reproducteurs.

Les résultats sur la mortalité confirment la saturation du milieu en sédiments et un appauvrissement en oxygène, qui impactent les juvéniles. On peut donc considérer qu'une

fois installée, la population adulte résiste bien. Ce phénomène est expliqué par les conditions du milieu mais aussi par le phénomène de prédation. Les juvéniles sont sujets aux prédateurs. De plus, un nombre important de juvéniles est aspiré par la prise d'eau. La dernière phase de sénescence intervient au même rythme dans toutes les stations, qui traduit la mortalité naturelle des individus. Les juvéniles intègrent la population mais avec plus de difficulté en amont de la prise d'eau. Cela explique l'existence en aval de 4 cohortes contre 3 cohortes en amont pour la population de *M. poeyi*. Le manque d'une cohorte de juvéniles montre une sélection maximale des jeunes individus par la prise d'eau.

N'ayant pas de préférence *M. poeyi* modifie son choix d'habitats selon la disponibilité du milieu. En amont et en aval de la prise d'eau les conditions hydrauliques ne sont pas les mêmes, ce qui explique la différence des résultats.

Suivant les conditions hydrauliques, les *Sicydium sp*. sont capables de modifier leur choix d'habitat. La prise d'eau à modifier les paramètres physiques du milieu, plus particulièrement les vitesses. Ainsi on retrouve les colles roches dans les vitesses inférieures.

VII- Conclusion

L'objectif de cette étude était de déterminer l'impact du barrage sur l'écosystème de la rivière plus particulièrement sur la faune aquatique.

Les espèces seraient soumises à des forces d'organisation d'origine biologique dans la rivière, en raison d'une densité écrasante de *Micratya poeyi* et d'origine hydrologique. La prise d'eau de Bras David (cote 130) impacte la continuité écologique de la rivière. L'ouvrage modifie les conditions hydrauliques du flux liquide ce qui entraîne un changement dans la qualité des habitats. De plus, il bloque l'accès aux habitats favorables pour les espèces.

Cette rupture de continuité dans le sens amont/aval est induite par l'obstacle transversal lui même, mais aussi par les faciès artificiels qu'il crée (retenue, fosse). Ainsi il détériore des conditions physico-chimiques en aval et en amont de l'obstacle (sédimentation, oxygénation).

L'ensemble de ces espèces forme un peuplement très peu diversifié que l'on ne s'attend pas à retrouver dans les eaux de cette zone de haute protection, et qui serait davantage caractéristique de zones situées beaucoup plus en aval ou dégradées.

Lorsqu'une perturbation survient, elle entraîne un changement des espèces au niveau des effectifs et sur ses traits de vie. Donc les indices de bien portance sur le peuplement montrent

un changement qui perturbe les espèces. Le barrage crée des effets négatifs, l'étude montre que les conséquences de ces effets sont plus importantes et créent un disfonctionnement de cet écosystème.

La continuité écologique est devenue un enjeu important pour la gestion et la restauration des écosystèmes aquatiques d'eau courante. On doit à la fois s'organiser pour limiter les impacts des ouvrages sur la continuité écologique mais surtout la restaurer. Ceci passe par l'évaluation des perturbations qui l'affectent.

La franchissabilité d'un obstacle par une espèce dépend :

- de la porosité de l'obstacle tant en terme de hauteur, de forme et de rugosité des parements et des radiers, de formes des berges,

- des capacités de locomotion qui sont propres à chaque espèce, à une taille donnée,

- des besoins écologiques motivant l'accès à un habitat donné.

Seul l'effacement des ouvrages transversaux constitue une mesure de restauration complète de la continuité écologique en supprimant l'ensemble des impacts.

VIII- Passe à poisson

Depuis 30 ans, les différents organismes de recherche ont permis de développer des solutions technologiques permettant de limiter les impacts des ouvrages transversaux sur les déplacements des poissons (Larinier, 2008). Les critères de conception sont issus de l'étude biologique réalisée. La solution proposée est donc spécifique au barrage de Bras David (cote 130).

Une passe à poissons doit répondre à deux impératifs d'égale importance. Elle doit être adaptée à l'espèce (ou aux espèces) à laquelle elle est destinée mais aussi au site sur lequel elle est installée.

A- Les espèces ciblées

Les espèces vivant à l'altitude de l'ouvrage de Bras David, sont déterminées grâce à l'Atlas des poissons et des crustacés des rivières de la Guadeloupe.

Pour déterminer les espèces cibles pour créer la passe à poissons spécifique, plusieurs conditions sont requises :

- Abondance de l'espèce dans le milieu
- Panel de mode de locomotion restreint
- Espèce très impactée par l'ouvrage

On retrouve deux des espèces index choisies dans l'étude. Elles caractérisent au mieux le peuplement de la rivière à cette altitude. On suppose que si ces espèces franchissent l'obstacle, d'autres espèces moins abondantes pourraient passer en amont de l'ouvrage.

Fig 50. Tableau des caractéristiques des espèces ciblées

Espèce	Taille maximale	Mode de locomotion	Période de reproduction	Impact de l'ouvrage
Sicydium sp	120mm	ventouse	Septembre à janvier	Porosité 100% pour les individus de taille inférieure à 70 mm.
Macrobrachium faustinum	80mm	marcheur sauteur	Juillet à novembre	Porosité 75% pour les individus de taille inférieure à 71 mm.

B- Conditions hydrauliques dans la passe à poissons

Le principe général des dispositifs de franchissement consiste à attirer les espèces en un point déterminé du cours d'eau à l'aval de l'obstacle et à les inciter, voire à les obliger à passer en amont, en leur ouvrant une voie d'eau.

Pour qu'une passe puisse être considérée comme efficace, l'espèce doit :

- trouver l'entrée,
- franchir sans stress ou blessures préjudiciables.

La conception d'un dispositif de franchissement doit prendre en compte certains aspects du comportement des espèces migratrices. En particulier, son efficacité est fortement liée aux conditions hydrodynamiques et au respect de vitesses appropriées dans l'ouvrage. Les vitesses doivent rester compatibles avec les capacités de déplacement des espèces concernées.

Les conditions hydrauliques dans la passe doivent être proche des conditions d'habitats des espèces. Toutes fois elles doivent être plus extrêmes pour éviter que les espèces stagnent dans l'aménagement. On suppose que 20% au dessus des conditions d'habitat permet d'atteindre les bonnes conditions de franchissement [Baran (com. pers)].

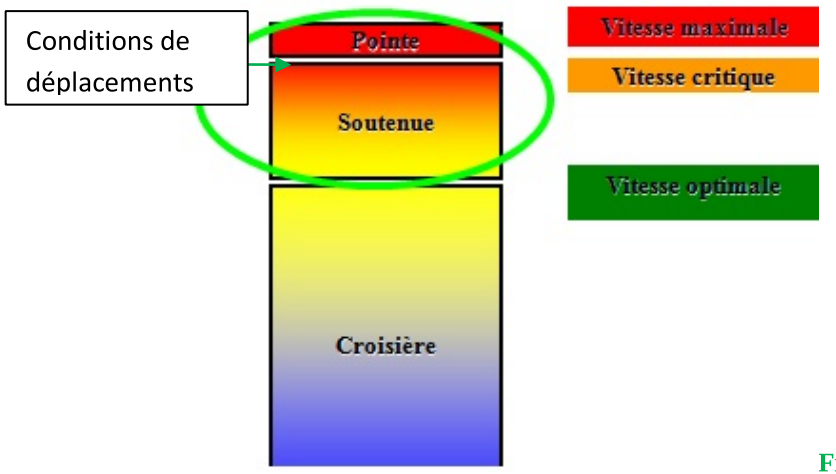


Fig 51. Conditions de franchissement

Fig 52. Tableau conditions hydrauliques dans la passe

Conditions hydrauliques	Habitat préférentiel	Dans la passe
Sicydium sp	Vitesse 60 cm/s	Vitesse 72 cm/s
Macrobrachium faustinum	Vitesse 30 cm/s	Vitesse 40 cm/s

Dans la passe, la ressource ne doit pas dépasser une vitesse supérieure à 40 cm/s, pour que l'espèce *M. faustinum* puisse migrer en amont de l'ouvrage. De plus, une lame d'eau doit être préservée dans le temps pour permettre au substrat d'être mouillé.

C- Lieu de la passe à poissons

Pour qu'une passe à poissons puisse être efficace, il est nécessaire que le migrateur en trouve l'entrée. Cette entrée ne représente qu'une largeur réduite comparée à celle de l'obstacle et est alimentée par un débit ne constituant qu'une fraction limitée du débit total du cours d'eau. L'écoulement provenant de la passe doit être décelé par le poisson à la plus grande distance possible de l'entrée. L'attractivité sera liée à la situation et à l'orientation du jet issu de la passe ainsi qu'à sa quantité de mouvement, c'est-à-dire à la fois à son débit et à sa vitesse.

Il faudra éviter que le jet issu de la passe ne soit masqué par un écoulement (mouvement de recirculation) avec lequel il ne pourra venir en compétition : il doit rester bien individualisé dans le bief aval.

L'implantation des dispositifs de franchissement en rive ou à proximité des rives est la plupart du temps préférable à une implantation au milieu du barrage. Les espèces cibles ont généralement tendance à se déplacer le long des rives plutôt que dans la partie centrale du chenal. De plus, l'entretien de la passe sera facilité due à une plus grande accessibilité.

La situation de l'entrée sur l'obstacle n'est pas le seul facteur à prendre en compte dans l'implantation d'une passe sur un ouvrage : la sortie de la passe. Elle ne doit se trouver ni dans une zone de forte vitesse, afin que l'espèce ne risque pas d'être entraîné de nouveau à l'aval, ni dans une zone d'eau morte ou de recirculation dans laquelle l'individu peut se trouver piégé.

D- Structure de la passe

Le dispositif de franchissement est destiné à plusieurs espèces dont les capacités de nage et les comportements migratoires sont très différents.

Fig 53. Conditions morphologiques de la passe

Conditions morphologiques	Substrat	Pente
Sicydium sp	Blocs humides	Peu d'importance
Macrobrachium faustinum	Rochers	faible

On peut penser à un dispositif ayant différentes pentes et rugosité pour répondre aux conditions de déplacement des espèces ciblées.

E- Pérennité de la passe à poissons

Il est important de prendre en compte, les conditions hydrauliques de la rivière. Les rivières sont soumises aux aléas du climat.

Fig 54. Tableau des saisons climatiques

	Janvier	Février	Mars	Avril	mai	Juin	juillet	août	Septembre	octobre	novembre	décembre
Saison	saison sèche					saison des pluies						
aléas climatiques	vents frais		vents rapides et secs: carême			forte humidité		grande dépression				
Débit des rivières	Normal		Etiage			normal		Inondation				normal

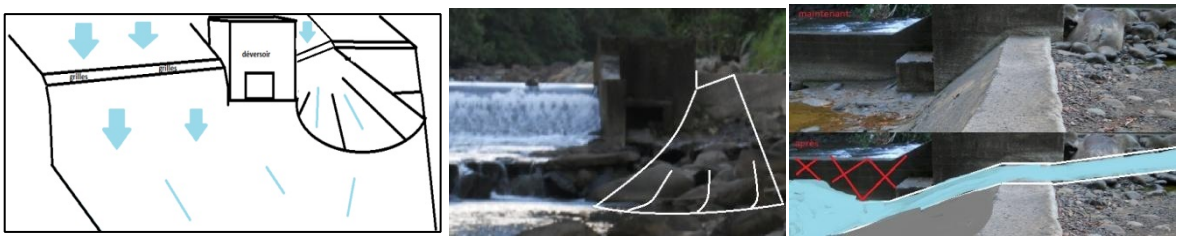
La protection de la passe contre les corps flottants et les crues s'effectue par une connaissance du milieu. Le lieu de la passe doit être protégé par les contraintes climatiques.
La vanne est une structure ancienne et ancrée dans le sol. Elle n'a jamais été emportée par des crues et les cyclones. Ce lieu semble adéquat pour la pérennité de la passe à poissons.

La passe ne peut pas être fonctionnelle durant toute l'année à cause des conditions climatiques. Elle doit permettre la montaison des espèces pendant la période de migration des espèces.

F- Forme de la passe à poissons

La forme de la passe est nécessaire pour adapter le débit transitant dans la passe. Ainsi une passe ayant une morphologie triangulaire augmente la variabilité des écoulements. Les dimensions sont calculées selon le débit d'attrait propice aux espèces.

G- Fig 55. Photos et Schémas L. Sidaine (2012) de la passe à poissons de la rivière de Bras David (cote 130)



H- Efficacité de la passe à poissons

Les opérations de suivi et de contrôle du fonctionnement de l'aménagement de franchissement est important pour vérification de l'efficacité de l'ouvrage après la mise en service.

Le recueil d'informations biologiques qualitatives, indicatrices de la réalité du franchissement, comme la porosité calculée dans l'étude permet de vérifier l'efficacité du dispositif (cf protocole III). Le comptage des poissons transitant dans les passes peut être une indication préliminaire sur l'efficacité de la passe.

VIII- Bibliographie

Baran P., Parussatti S. 2002. Etude piscicole de la basse et moyenne vallée de l'Ognon. Rapport CSP DR n°9, 94p.

Baran P., 2005. Suivi de la reproduction de la lamproie marine sur la Loire et l'Arroux au cours de l'année 2004. Rapport CSP DRn°9, 15p et annexes.

Baran P., 2007. Etude piscicole du Serein. Diagnostic et propositions de gestion. Rapport d'étude ONEMA/Fédération AAPPMA Yonne, 90p et annexes.

Baran P., Compagnat P., Perrin L., 2010. Diagnostic piscicole de la Vingeanne et de ses affluents. Rapport CSP DiR n°9, 108p et annexes

Begon M., Harper J.L., Townsend C.R., 1996. Ecology : individuals, populations and communities, 3rd edition, Blackwell Science, 752p.

Bell et Brown, 1995. Updated compendium of the success of passages of small fish through turbines. Fish. Prog., U.S. Army Corps of Eng., North Pacific Div., Portland, Oregon, p.294

Benstead J.P., March J.G., Pringle C.M. & Scatena F.N., (1999): Effects of a low-head dam and water abstraction on migratory tropical stream biota. *Ecological Applications*, 9: 656-668.

Bilton D.T., Freeland J.R., Okamura B., 2001. Dispersal in freshwater invertebrates. Annu Rev. Ecol. Syst., 32, 159-181.

Brandt S.A., 2000. A review of reservoir desiltation. *International Journal of sediment Research*, vol 15, n°3, 321-342.

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

Cellot B., Bournaud M., 1986. Modifications faunistiques engendrées par une faible variation de débit dans une grande rivière. *Hydrobiologia*, 135: 223-232.

Copp, G. H. 1989. The habitat diversity and fish reproductive function of floodplain eco- systems. *Environ. Biol. Fishes* 26: 1-27.

Cordova J. M., Rosi-Marshall E. J., Yamamuro A. M., Lamberti G. A., 2007. Quantity, controls and functions of large woody debris in Midwestern USA streams. *River Res. Applic*. 23: 21–33.

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

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

Fièvet E. & Le Guennec B., (1998): Migration de masse de *Sicydium spp.* (Gobiidae) dans les rivières de Guadeloupe: implications pour le schéma hydraulique des minicentrales hydroélectriques "au fil de l'eau". *Cybium*, 22 : 293-296.

Fièvet E., (1998): Distribution et capacités d'expansion des crevettes d'eau douce de la région Caraïbe: exemple des genres *Macrobrachium* et *Atya* (Crustacea: Caridea). *Biogeographica*, 74, 1-22.

Fièvet E., (1999): An experimental survey of freshwater shrimp upstream migration in an impounded stream of Guadeloupe Island, Lesser Antilles. *Arch. Hydrobiol.*, 144: 339-355.

Fièvet E., (1999): Daylight migration of freshwater shrimp (Decapoda, Caridea) over a weir during water release from the impoundment. *Notes and News*, 44: 352-356.

Fièvet E., (2000): Passage facilities for diadromous freshwater shrimps (Decapoda: Caridea) in the Bananier River, Guadeloupe, West Indies. *Regulated Rivers: Research and Management.*, 16: 101-112.

Fièvet E., Dolédec S. (2001): Distribution of migratory fishes and shrimps along multivariate gradients in tropical island streams. *Journal of Fish Biology.*, 59: 390-402.

Freeman M.C., Pringle C.M., Greathouse E.A. & F. B.J., (2003): Ecosystem-level consequences of migratory faunal depletion caused by dams. *American Fischeries Society Symposium*, 35: 255-266.

Gillet C., (1983): Les peuplements de poissons et de crevettes des rivières de la Guadeloupe : quelques données sur la biologie, la reproduction, la répartition des espèces. *Revue sur l'hydrobiologie tropicale.*, 16: 327-340.

Gorman OT, Karr JR, (1978). Habitat structure and stream fish communities. *Ecology* 59: 512-515.

Greathouse E.A., Pringle C.M., McDowell W.H. (2006): Indirect upstream effects of dams: consequences of migratory consumer extirpation in Puerto Rico. *Ecological Applications*, 16: 339-352.

Harden Jones, F.R. (1968). *Fish migration*. Ed., Edward Arnold, London, 325p.

Hostache G (1992): la vie dans les eaux douces de la Guadeloupe, Poissons et Crustacés. Parc national de la Guadeloupe. 84p

Hunte W. (1980): Larval development of the shrimp *Macrobrachuim faustinum.* Carib. J. Sci 15: 3-4

Hunte W. (1983): life history and exploitation of *Macrobrachium faustinum* in a Tropical high-gradient river. Reprinted from Fishery bulletin. Vol 81 N°13.

Jungwirth M., (1998). River continuüm and fish migration – going beyond the longitudinal River corridor in understanding ecological integrity. In Jugwirth M, Schmutz S., Weiss S. (eds), *Fish Migration and Fish Bypasses*. Blackwell Sciences Ltd. Fishing News Books, Oxford, London, Berlin: 19-32.

Larinier M., Travade F., Porcher J.P., (2002). Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* vol3 : 64-208.

Larinier M., (2008). Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *Hydrobiologia*, 609 : 97-108.

Laroche J., Durand J.D., (2004). Genetic structure of fragmented populations of a threatened endemic percid of the Rhone river: Zingel asper. *Heredity* 92: 329-334.

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 Pêche et Pisciculture.*, pages:365-366 et 357-372.

March J.G., Benstead J.P., Pringle C.M. & S. F.N., (1998): Migratory drift of larval freshwater shrimps in two tropical streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology*, 40, 261-273.

McDowall R.M., (1998): Fighting the flow: dowstream-upstream linkages in the ecology of diadromous fish faunas in West Coast New Zealand rivers. *Freshwater Biology*, 40: 111-122.

Meffe G.K., (1990). Genetic approaches to conservation of rare fishes : examples from North America desert species. *Journal of Fish Biology*, 39 (supplementary A) : 105-112.

Monti D. (2002): Etude hydrobiologique de la rivière de Bras David (Basse Terre, Guadeloupe) *BIOS environnement* : 56p.

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

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

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

Monti D., Keith P. & Vigneux E. (2010) : *Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de la Guadeloupe*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris : 128 p.

Shaeffer W.A., § Nickum J.G., (1986). Relative abundance of macroinvertebrate-brates found in habitats associated with backwater area confluences in pool 13 of the upper Mississipi River. Hydrobiologia, 136 : 113-120.

Starmühlner F. & Therezien Y., (1982): Résultats de la mission hydrobiologique austro-française de 1979 aux îles de la Guadeloupe, de la Dominique et de la Martinique (Petites Antilles). 1- Etude générale de la Guadeloupe. *Revue sur l'hydrobiologie tropicale.,* 15 : 131-150.

Toitot N. (2003): Contribution à la conception d'un ouvrage de génie écologique adapté au franchissement dans les rivières en Gaudeloupe.

Videler J.J Chapman and Hall, (1993) *Fish swimming*, xx: 260p.

Vrijenhoek R.C., (1988). Conservation genetics of freshwater fish. Journal of Fish Biology 53 (supplement) : 394-412.

Données du cours d'hydrobiologie de Mme MONTI

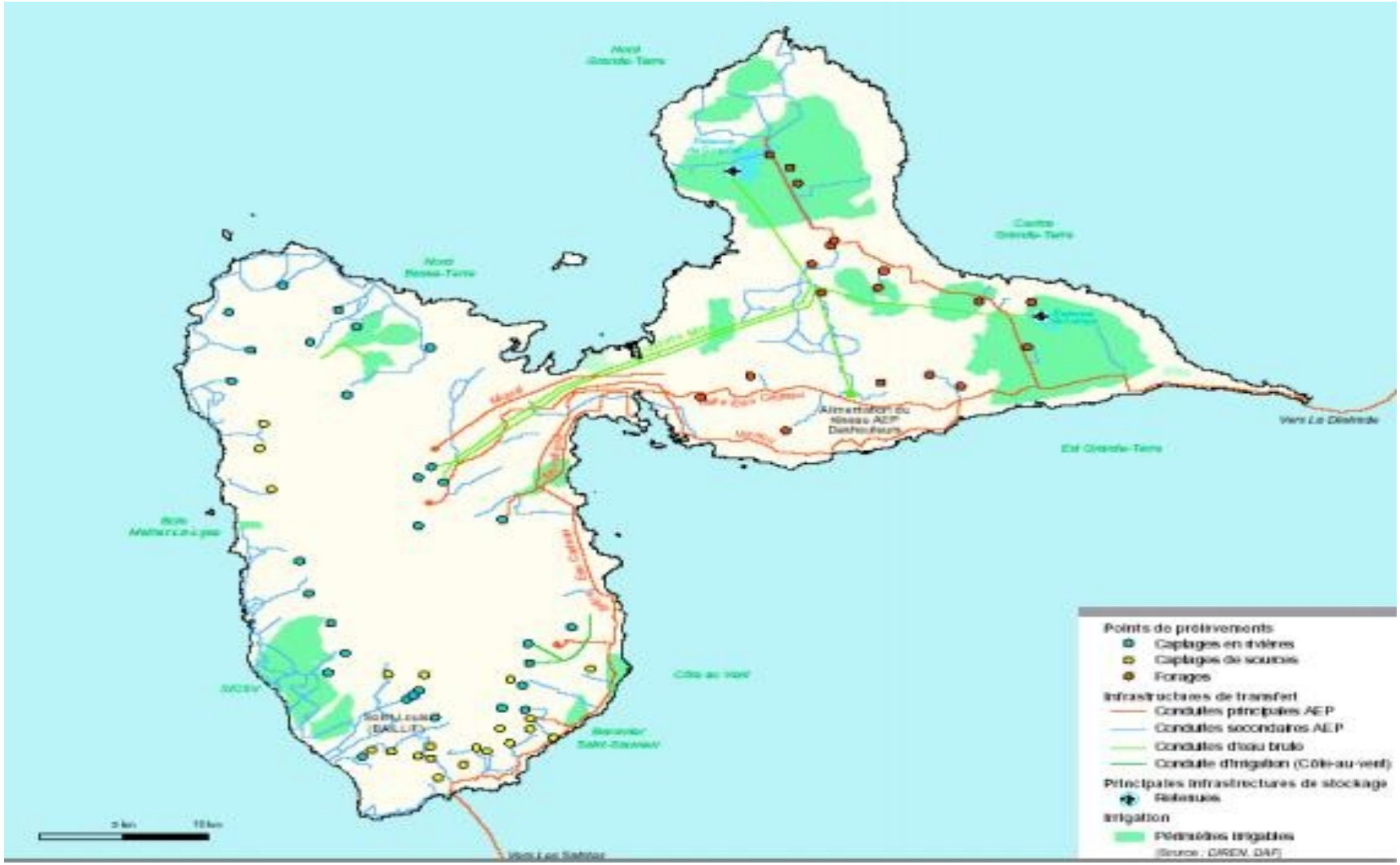
Données du Conseil Général

Données de la DEAL

IX- Annexes

1. Carte des transferts de la ressource
2. Liste des crustacés décapodes et des poissons d'eau douce de la Guadeloupe
3. Fiche technique pour décrire les prises d'eau
4. Les différents faciès hydromorphologiques autour de la prise d'eau
5. Jaugeage au moulinet
6. Jaugeage au sel
7. Tableau : quantité de sel – matériel de pêche électrique
8. Données des jaugeages au moulinet
9. Données des jaugeages au sel en amont de l'ouvrage
10. Données des jaugeages au sel en aval de l'ouvrage
11. Résultats de l'analyse démographique de *Macrobrachuim faustinum* amont 1
12. Résultats de l'analyse démographique de *Macrobrachuim faustinum* amont 2
13. Résultats de l'analyse démographique de *Macrobrachuim faustinum* aval 1
14. Résultats de l'analyse démographique de *Macrobrachuim faustinum* aval 2
15. Résultats de l'analyse démographique de *Micratya poeyi* amont 1
16. Résultats de l'analyse démographique de *Micratya poeyi* amont 2
17. Résultats de l'analyse démographique de *Micratya poeyi* aval 1
18. Résultats de l'analyse démographique de *Micratya poeyi* aval 2
19. Tableau des données des différentes pêches

Annexe 1



Carte des transferts de la ressource (source : www.riob)

Annexe 2

Liste des crustacés décapodes et des poissons d'eau douce de la Guadeloupe (source : Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de la Guadeloupe)

Noms des familles	Noms des espèces	Principaux noms communs
CRUSTACÉS		
Atyidae	*Atya innocous*	*Cacador, bouc*
	Atya scabra	*Cacador, bouc*
iphocaris	*Jonga serrei*	*Petit Bouc*
	Micratya poeyi	*Petit Bouc*
	Potimirim glabra	*Petit Bouc*
	Potimirim potimirim	*Petit Bouc*
Xiphocarididae	*Xiphocaris elongata*	*Pissette*
Palaemonidae	*Macrobrachium acanthurus*	*Bouquet canelle, écrevisse*
	Macrobrachium carcinus	*Ouassou, écrevisse*
	Macrobrachium crenulatum	*Queue rouge, écrevisse*
	Macrobrachium faustinum	*Alexis, gros mordant, écrevisse*
	Macrobrachium heterochirus	*Grand bras, écrevisse*
	Palaemon pandaliformis	*Bouquet potitinga, crevette*
Pseudothelphusidae	*Guinotia dentata*	*Cirrique, crabe de rivière*
POISSONS		
Anguillidae	*Anguilla rostrata*	*Z'anguille*
Poeciliidae	*Poecilia reticulata*	*Guppy*
	Poecilia vivipara	*Golomine*
	Xiphophorus hellerii	*Porte-épée, xipho*
Rivulidae	*Kryptolebias marmoratus*	*Poisson gale*
Syngnathidae	*Microphis lineatus*	*Poisson brindille, syngnathe*
Mugilidae	*Agonostomus monticola*	*Mulet de montagne*
Gobiesocidae	*Gobiesox nudus*	*Tétard*
Cichlidae	*Oreochromis mossambicus*	*Lapia, tilapia*
Eleotridae	*Dormitator maculatus*	*Ti-neg*
	Gobiomorus dormitor	*Grand dormeur*
	Eleotris amblyopsis	*Pitit dormè*
	Eleotris perniger	*Pitit dormè, flèche*
Gobiidae	*Awaous banana*	*Jolpot*
	Sicydium punctatum	*Colle-roche*
	Sicydium plumieri	*Colle-roche*

Annexe 3

Fiche technique pour décrire les prises d'eau (source : TOITOT 2003)

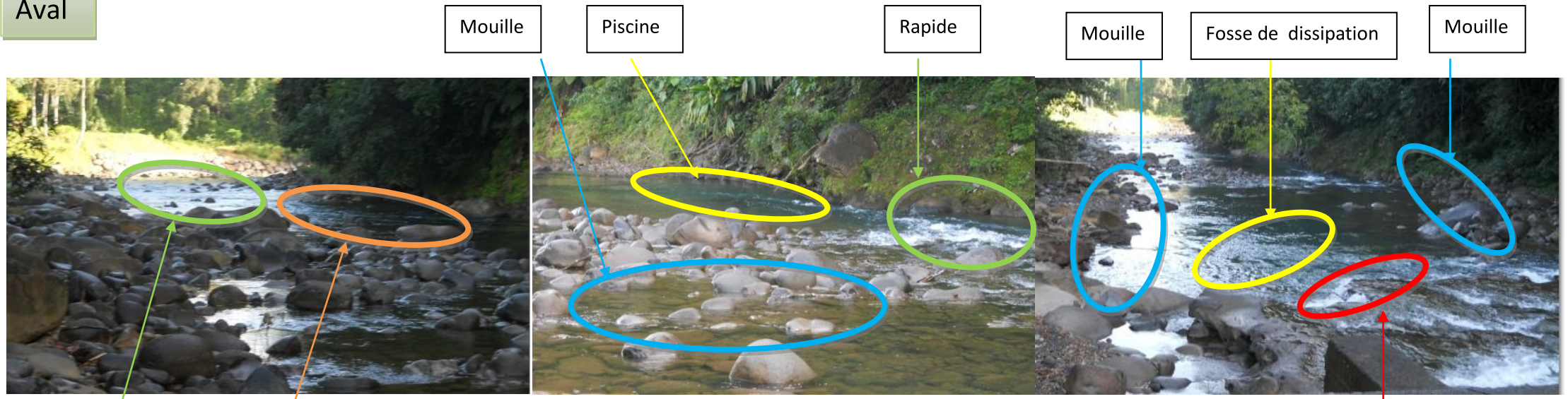
Commune. Rivière. Cote	Précise les noms respectifs de la commune abritant la rivière aménagée. La cote a été revue après localisation des ouvrages sur les cartes IGN 1/25 000ème.
Coordonnées géographiques	Elles ont été déterminées à partir des cartes IGN 1/25 000ème. Elles correspondent au marquage bleu, rapporté au système géodésique mondial (référentiel) WGS 84 et au quadrillage kilométrique (projection) UTM fuseau 20 Nord. L'unité étant le mètre.
Plan et détail de l'accès	Destinés à faire gagner du temps aux personnes étrangères à ces ouvrages.
Dimensions de la prise d'eau	Les ″longueurs″, que ce soit pour l'ouvrage, le plan incliné ou la grille, correspondent aux dimensions mesurées dans le sens de la largeur de la rivière. De sorte que la ″largeur″ est mesurée parallèlement à l'écoulement de l.eau.
Ouvrage	Ses dimensions générales sont sa longueur, sa hauteur totale (Ht), sa hauteur verticale (Hv) et la hauteur noyée (Hn) lorsque cela est possible.
Plan incliné	L'angle α des plans inclinés a été déterminé d'après photos.
Grille	Le type de grille : barres parallèles ou perpendiculaires au courant, plaques percées, ou combinaison de barres et/ou de plaques percées (mixte).
Passe à poissons	Présence ou absence de cette structure.
Observations et détails	Présence d'une dalle en aval direct de l'aménagement (seuil de stabilisation), des photos illustrant quelques particularités (grille, plan incliné, passe), les animaux observés.

Annexe 4 **Les différents Faciès Hydromorphologiques**

Amont



Aval

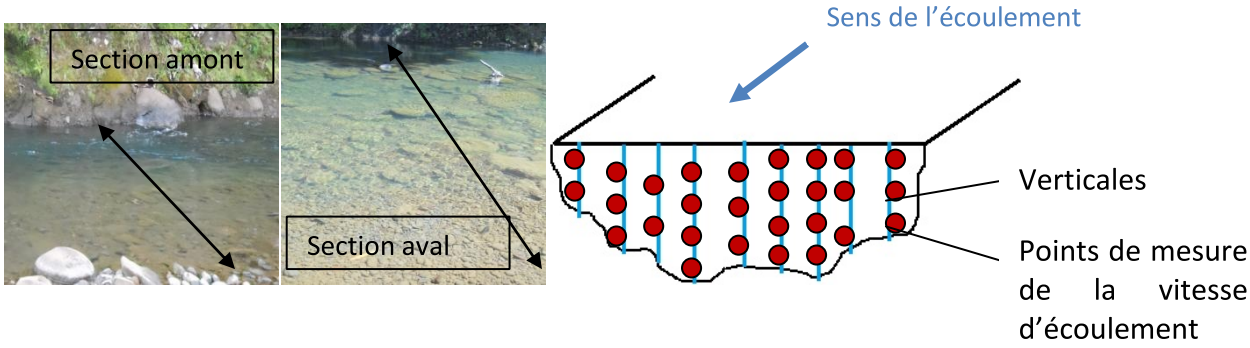


Sens de l'écoulement

Annexe 5

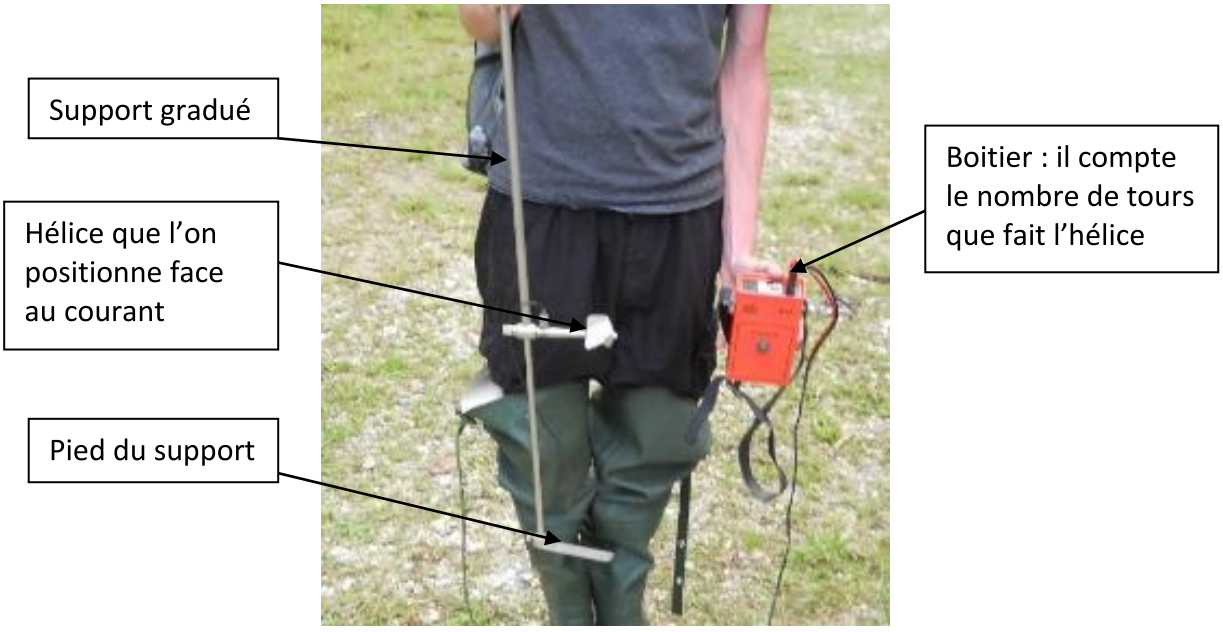
Jaugeage au moulinet :

5a- Stratégie d'échantillonnage :



Lieu des jaugeages amont et aval et schéma de la collecte des données

5b- Matériel :

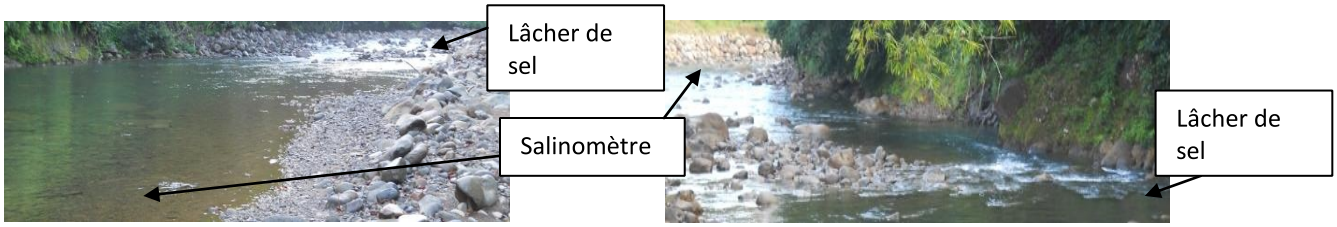


Matériel de jaugeage

Annexe 6

Jaugeage au sel :

6a- Stratégie d'échantillonnage :



Lieu du jaugeage au sel amont et aval

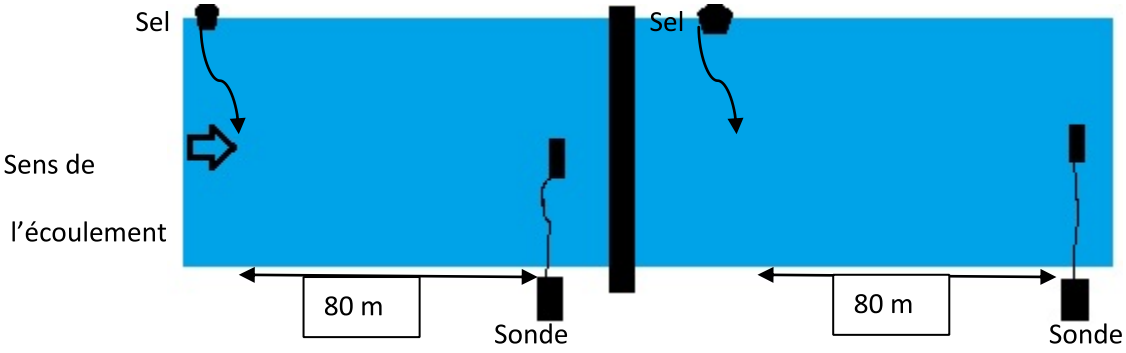


Schéma du lâcher de sel

6b- Matériel :



Matériel de jaugeage au sel

Annexe 7

7a- Tableau : quantité de sel

Pour le jaugeage au sel, on détermine la quantité de sel à diluer dans la rivière.

Jaugeage par dilution			
Poids de sel à injecter en fonction du débit			
	mini 2 g/l	5 g/l	maxi 10 g/l
l/s	Kg	kg	kg
40	0,1	**0,2**	0,4
100	0,2	**0,5**	1
200	0,4	**1**	2
400	0,8	**2**	4
600	1,2	3	6
800	1,6	4	8
1 000	**2,0**	**5**	10
1 200	2,4	6	12
1 400	2,8	7	14
1 600	3,2	8	16
1 800	3,6	9	18
2 000	4	**10**	**20**
2 500	**5**	13	25
3 000	6	15	30
3 500	7	18	35
4 000	8	**20**	40
4 500	9	23	45

Estimation du débit

Quantité de sel choisi et plage de lecture

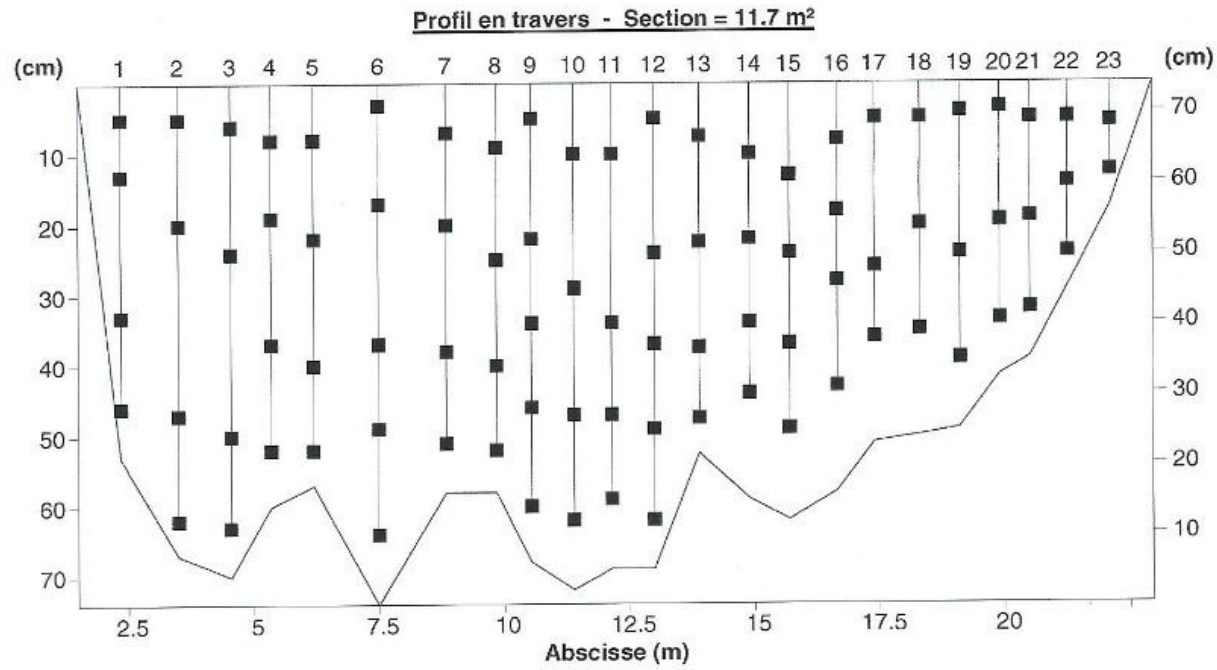
7b- Matériel de pêche électrique



Matériel de pêche électrique :

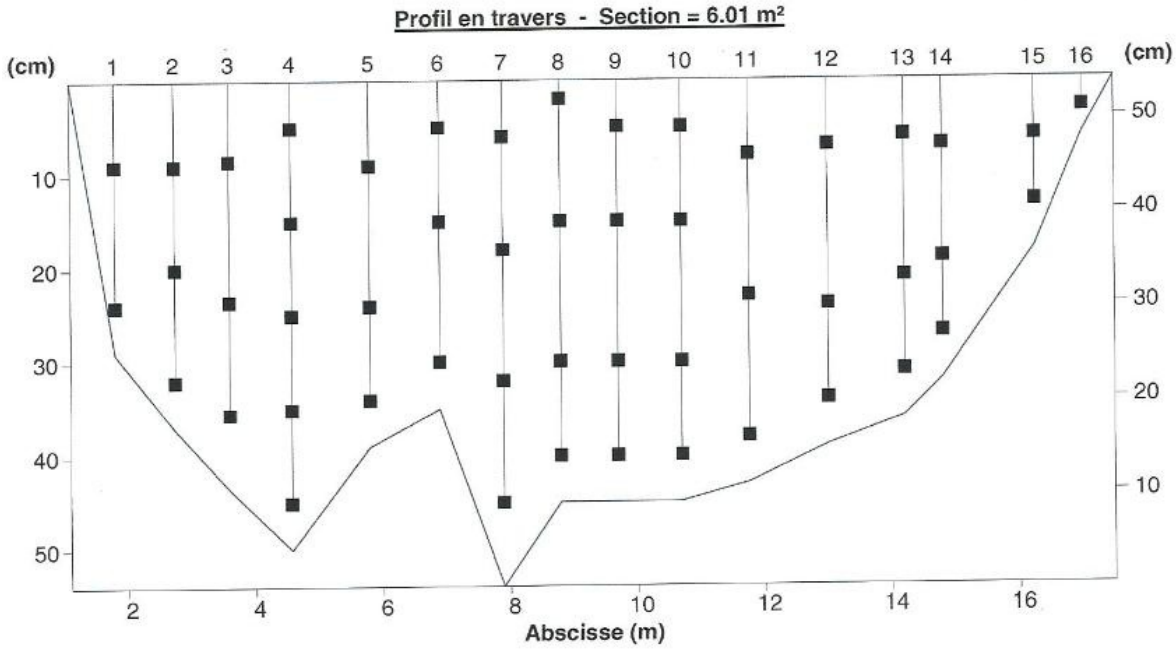
Annexe 8a **Amont**

Section numéro 1 Débit = 1.76 m3/s Vitesse moyenne = 0.15 m/s



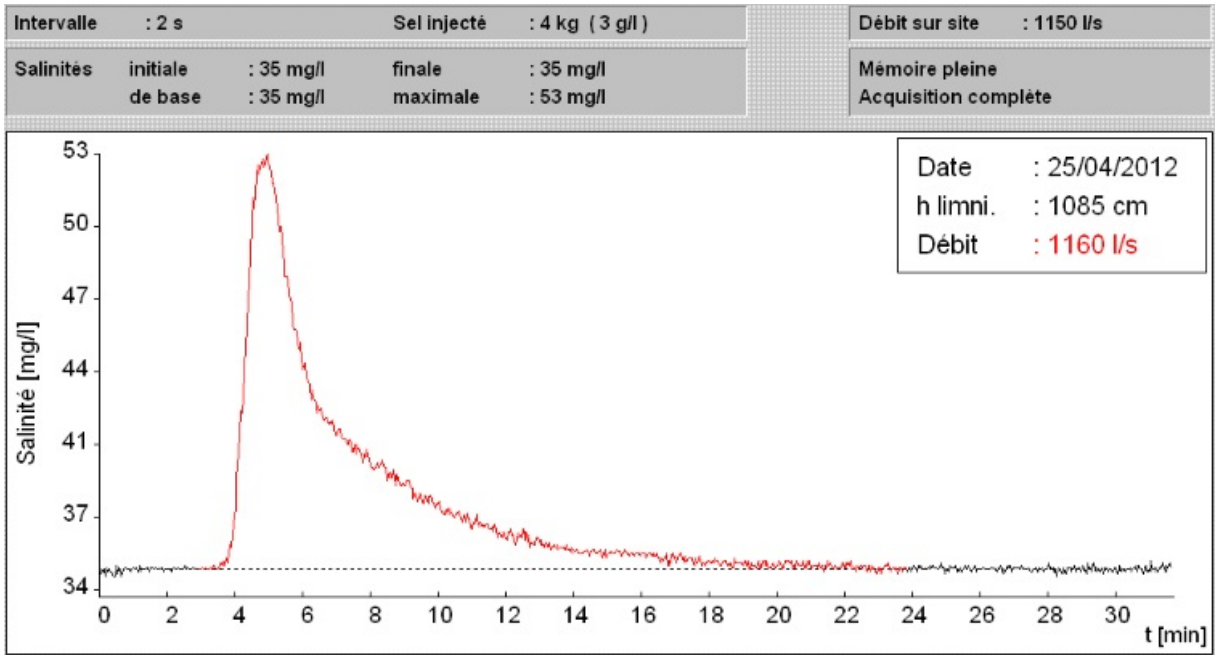
Annexe 8b **Aval**

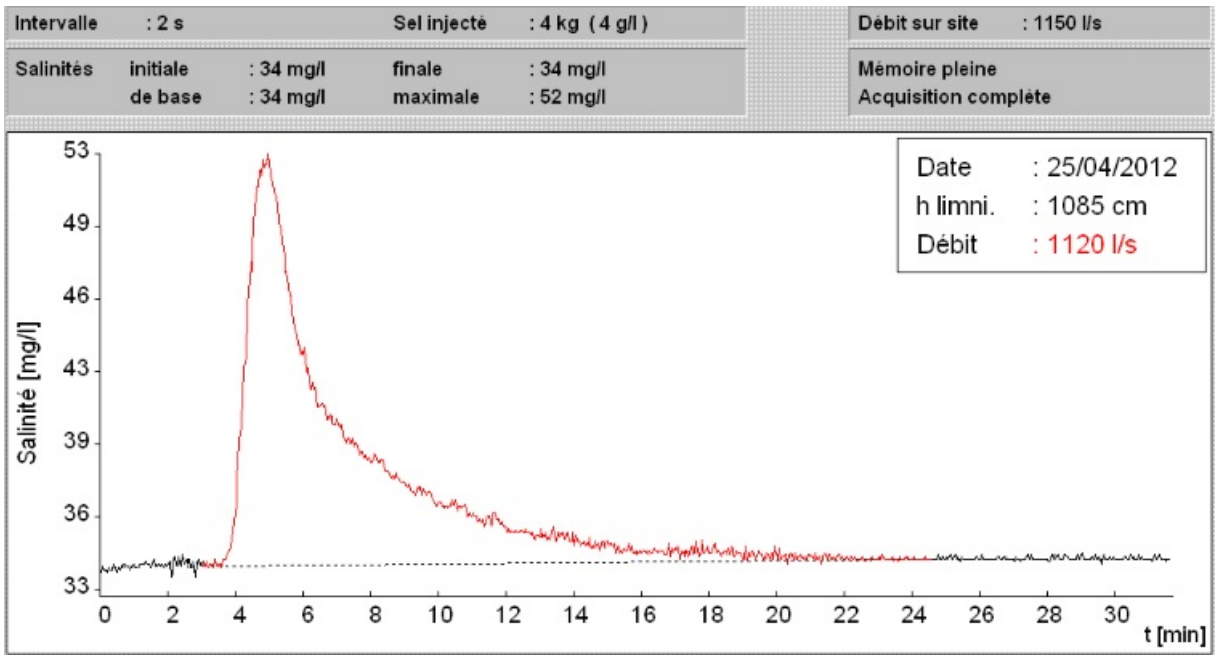
Section numéro 1 Débit = 1.38 m3/s Vitesse moyenne = 0.23 m/s



Annexe 9 **Aval**

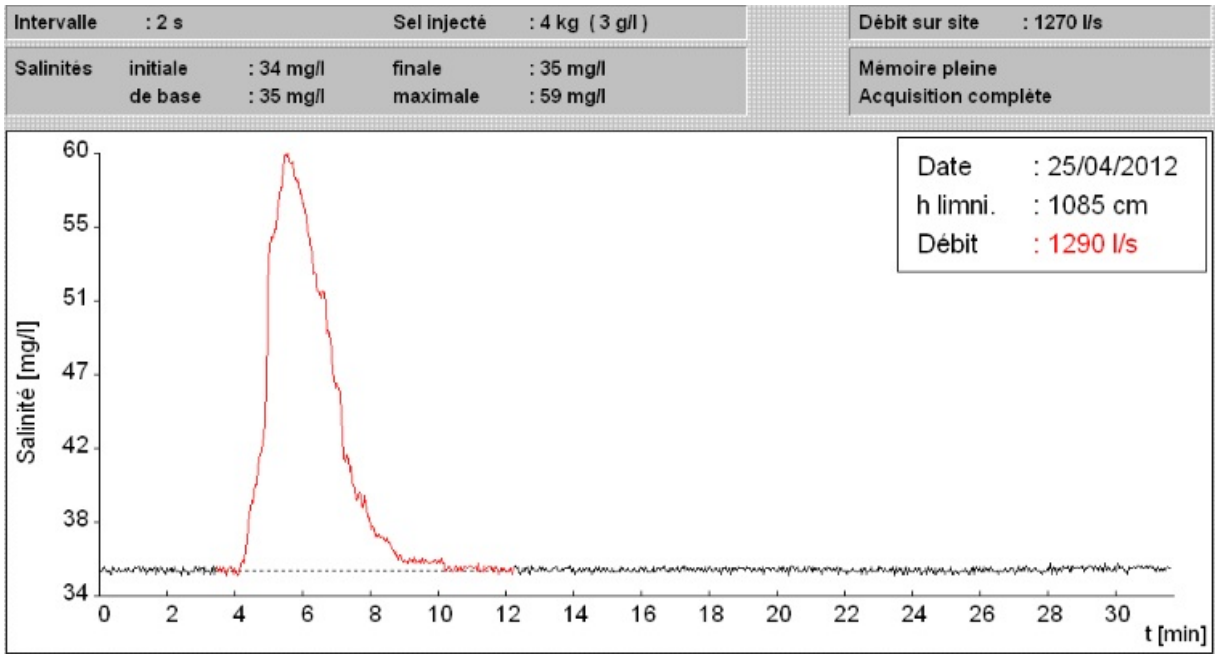
Deux jaugeages au sel sont réalisés simultanément en aval, avec des appareils identiques.

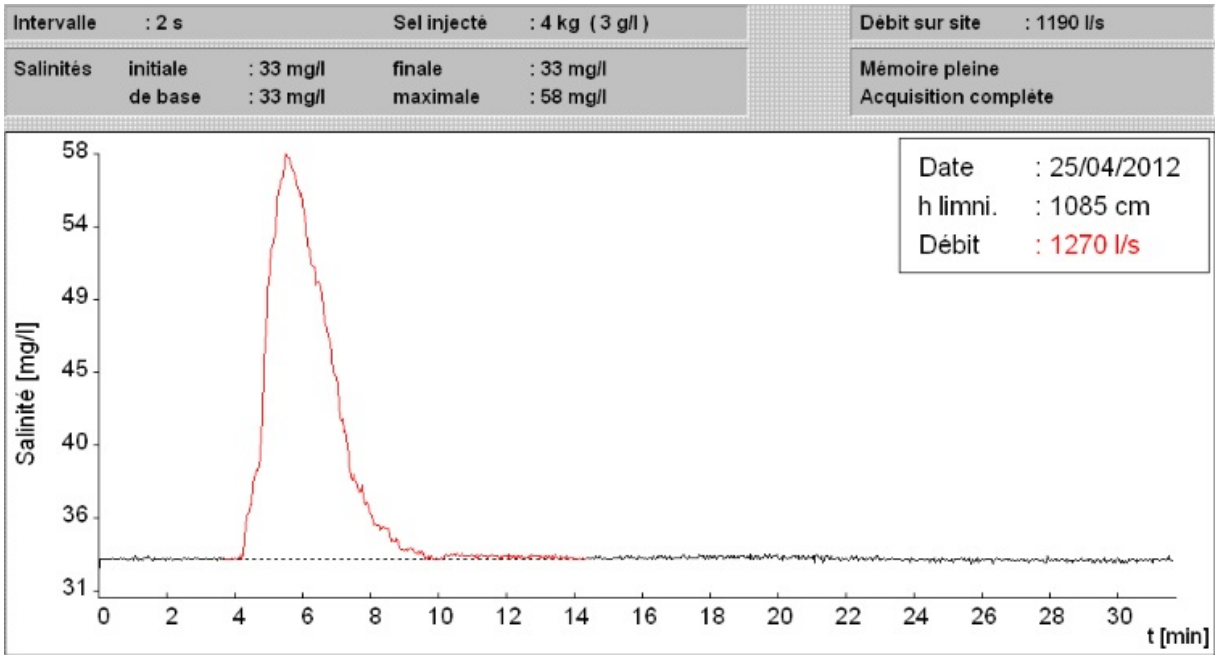




Annexe 10 **Amont**

Deux jaugeages au sel sont réalisés simultanément par deux appareils identiques.



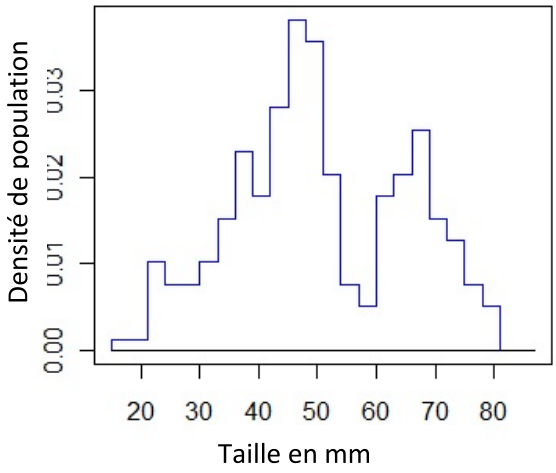


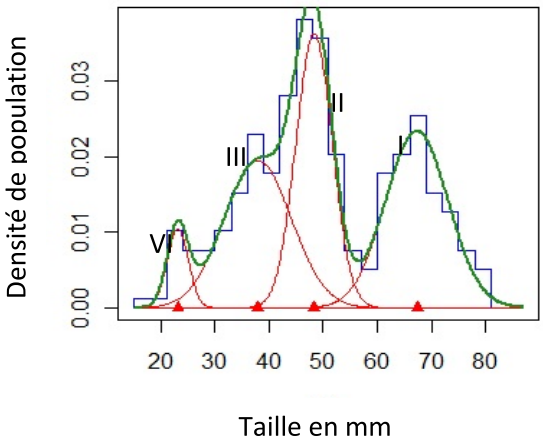
Annexe 11

Résultats de l'analyse démographique de *Macrobrachuim faustinum*

Résultats : AMONT 1

Distribution des cohortes d'âges en fonction de la taille en mm.






```
Parameters:
       pi    mu sigma
1 0.05084 23.15 1.951
2 0.30308 37.94 6.220
3 0.30643 48.32 3.372
4 0.33965 67.38 5.798

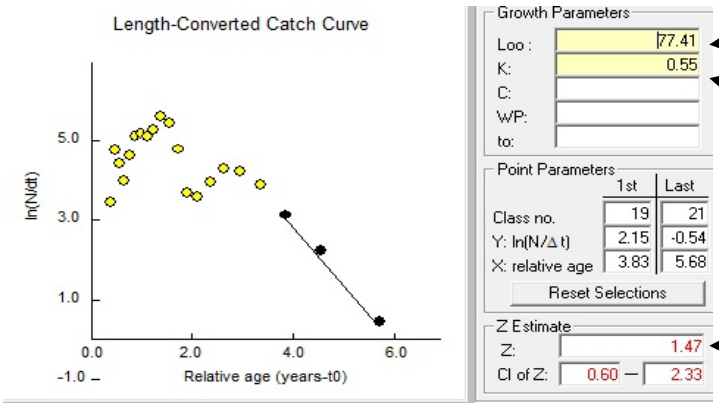
Standard Errors:
    pi.se mu.se sigma.se
1 0.03808 1.452   1.4605
2 0.22161 4.932   4.1744
3 0.19989 1.308   1.0289
4 0.04418 1.056   0.8421

Analysis of Variance Table

          Df  Chisq Pr(>Chisq)
Residuals 10 3.5284     0.9661
```

On valide la distribution lorsqu'elle est très proche de la réalité ici à 96%.

Donnée FISAT II



Longueur maximale

Coefficient de croissance

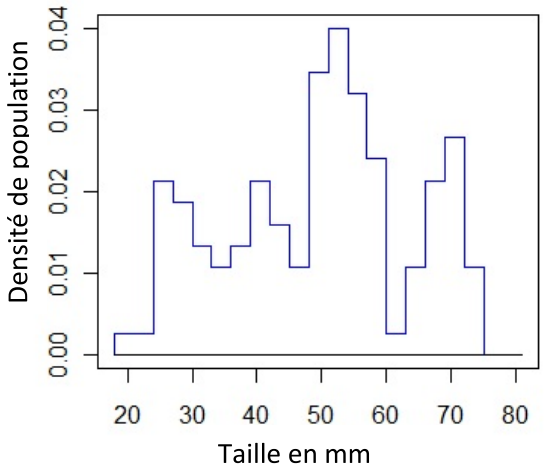
Mortalité de la cohorte I

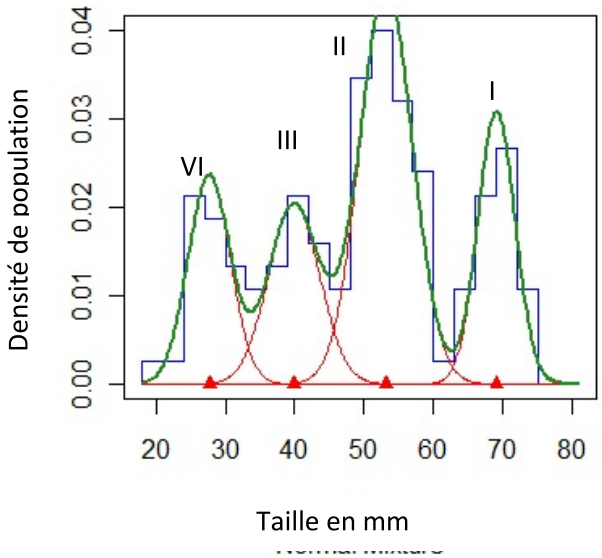
Annexe 12

Résultats de l'analyse démographique de *Macrobrachuim faustinum*

Résultats : AMONT 2

Distribution des cohortes d'âges en fonction de la taille en mm.






```
Parameters:
      pi    mu sigma
1 0.1783 27.72 3.018
2 0.1874 39.93 3.679
3 0.4279 53.23 3.814
4 0.2064 69.13 2.673

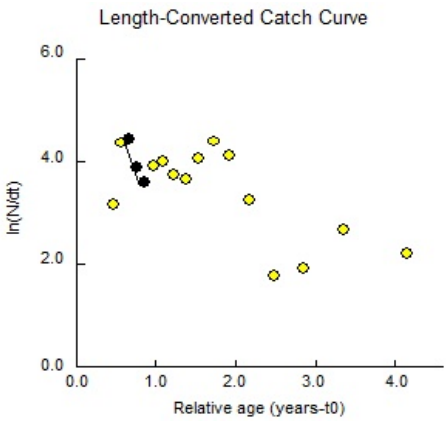
Standard Errors:
    pi.se  mu.se sigma.se
1 0.05373 1.3767   1.1109
2 0.07529 1.4477   2.0891
3 0.05771 0.7455   0.6830
4 0.03694 0.5886   0.4581

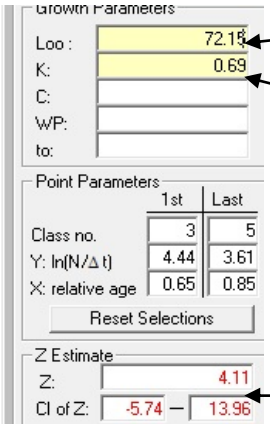
Analysis of Variance Table

          Df  Chisq Pr(>Chisq)
Residuals  7 4.8619     0.6768
```

On valide la distribution lorsqu'elle est très proche de la réalité ici à 67%.

Donnée FISAT II





Longueur maximale

Coefficient de croissance

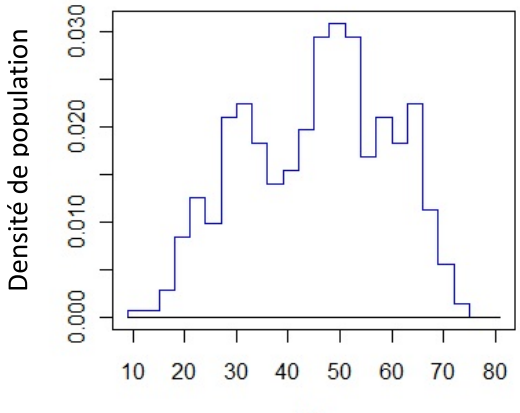
Mortalité de la cohorte IV

Annexe 13

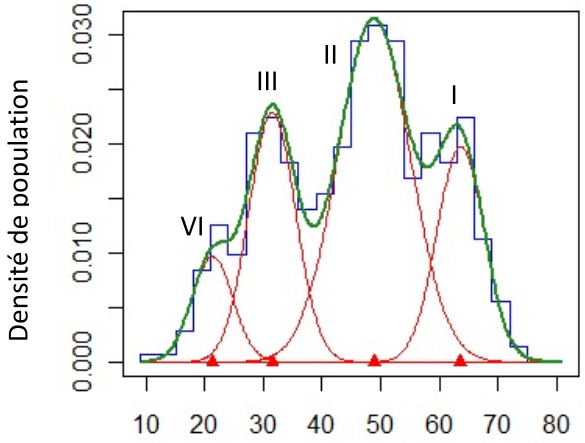
Résultats de l'analyse démographique de *Macrobrachuim faustinum*

Résultats : AVAL 1

Distribution des cohortes d'âges en fonction de la taille en mm.



Taille en mm



Taille en mm

```
Parameters:
       pi    mu sigma
1 0.05084 23.15 1.951
2 0.30308 37.94 6.220
3 0.30643 48.32 3.372
4 0.33965 67.38 5.798

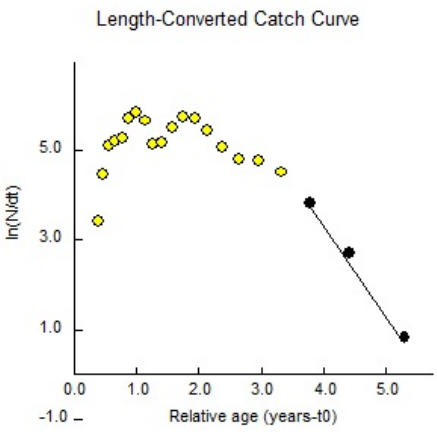
Standard Errors:
    pi.se mu.se sigma.se
1 0.03808 1.452   1.4605
2 0.22161 4.932   4.1744
3 0.19989 1.308   1.0289
4 0.04418 1.056   0.8421

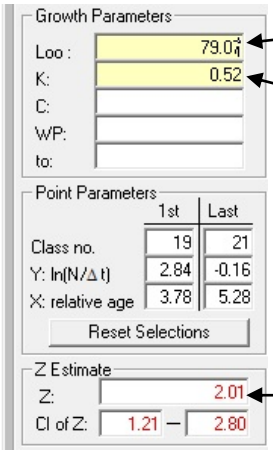
Analysis of Variance Table

          Df  Chisq Pr(>Chisq)
Residuals 10 3.5284     0.9661
```

On valide la distribution lorsqu'elle est très proche de la réalité ici à 96%.

Donnée FISAT II





Longueur maximale

Coefficient de croissance

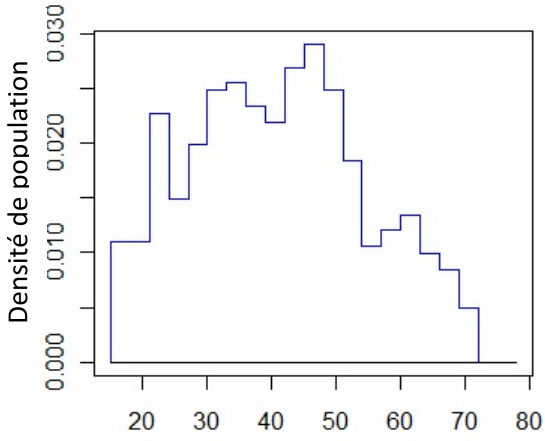
Mortalité de la cohorte I

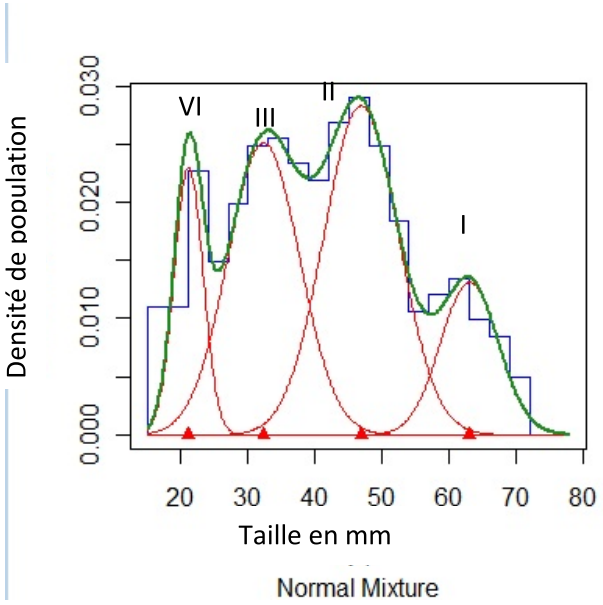
Annexe 14

Résultats de l'analyse démographique de *Macrobrachuim faustinum*

Résultats : AVAL 2

Distribution des cohortes d'âges en fonction de la taille en mm.






```
Parameters:
      pi    mu sigma
1 0.1242 21.10 2.154
2 0.3379 32.32 5.374
3 0.3954 46.86 5.579
4 0.1425 63.08 4.331

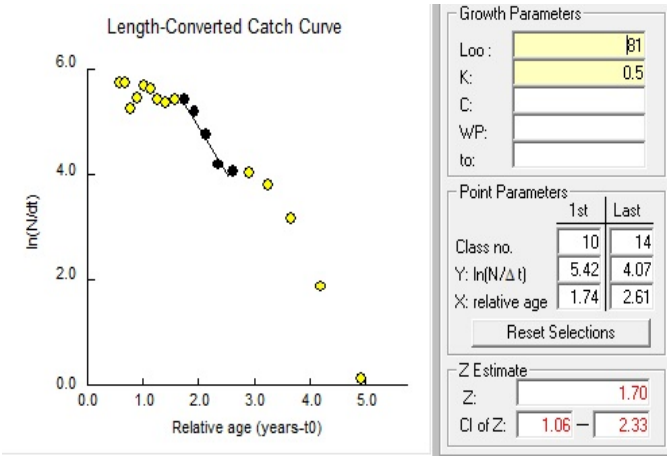
Standard Errors:
     pi.se  mu.se sigma.se
1 0.07370 0.8235    1.407
2 0.23186 2.2995    3.402
3 0.20266 2.4694    2.474
4 0.04216 1.6051    0.876


Analysis of Variance Table

          Df  Chisq Pr(>Chisq)
Residuals  7 5.2195     0.6332
```

On valide la distribution lorsqu'elle est très proche de la réalité ici à 63%.

Donnée FISAT II



Longueur maximale

Coefficient de croissance

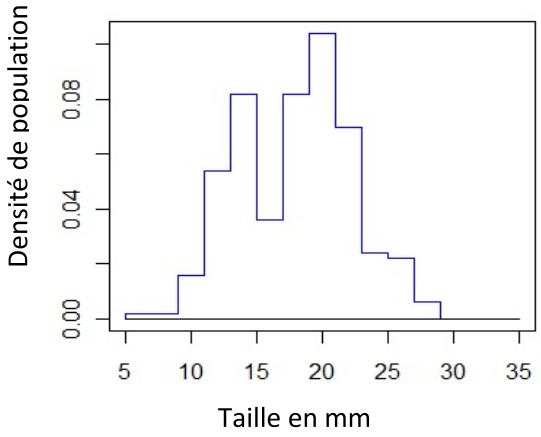
Mortalité de la cohorte II

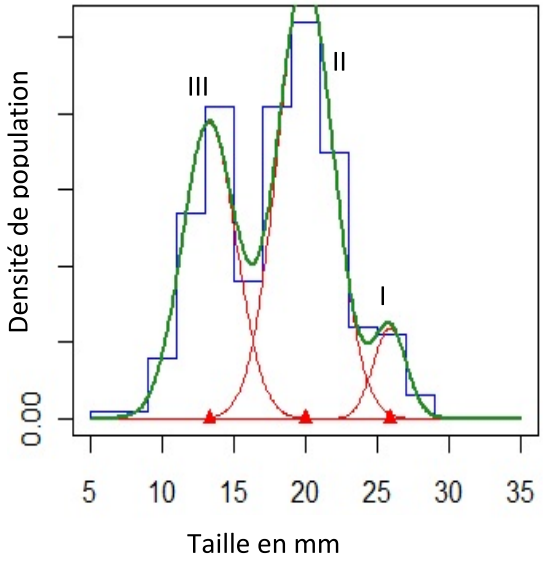
Annexe 15

Résultats de l'analyse démographique de *Micratya poeyi*

Résultats : AMONT 1

Distribution des cohortes d'âges en fonction de la taille en mm.






```
Parameters:
       pi    mu sigma
1 0.36254 13.27 1.864
2 0.56799 19.97 1.956
3 0.06947 25.86 1.165

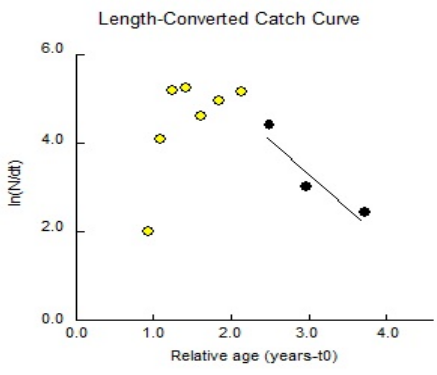
Standard Errors:
    pi.se  mu.se sigma.se
1 0.04351 0.3373   0.2513
2 0.06353 0.2701   0.3658
3 0.03632 0.8817   0.5292

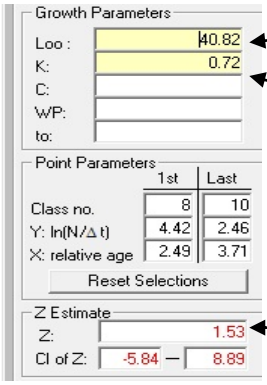

Analysis of Variance Table

          Df  Chisq Pr(>Chisq)
Residuals  3 3.8797     0.2747
```

On valide la distribution lorsqu'elle est très proche de la réalité ici à 27%.

Donnée FISAT II





Longueur maximale

Coefficient de croissance

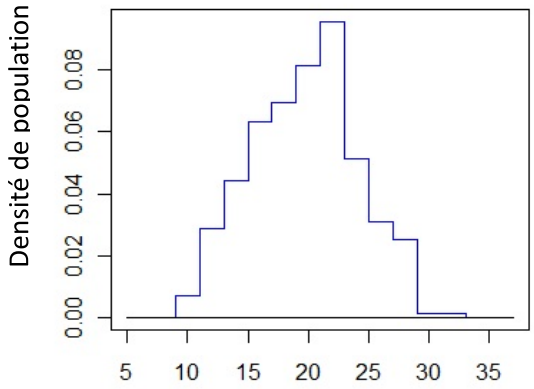
Mortalité de la cohorte I

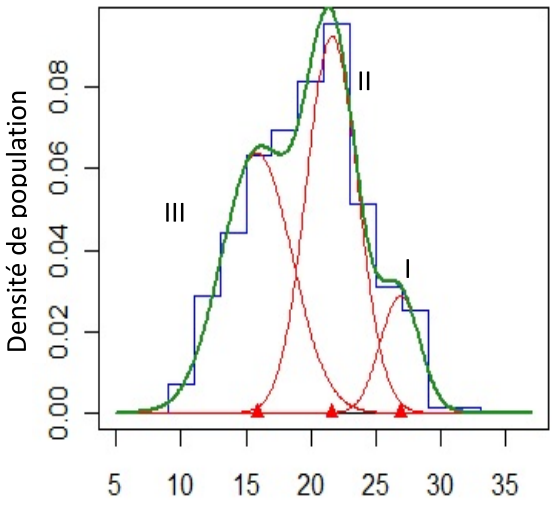
Annexe 16

Résultats de l'analyse démographique de *Micratya poeyi*

Résultats : AMONT 2

Distribution des cohortes d'âges en fonction de la taille en mm.






```
Parameters:
      pi    mu sigma
1 0.4319 15.85 2.700
2 0.4580 21.61 1.973
3 0.1101 26.87 1.528

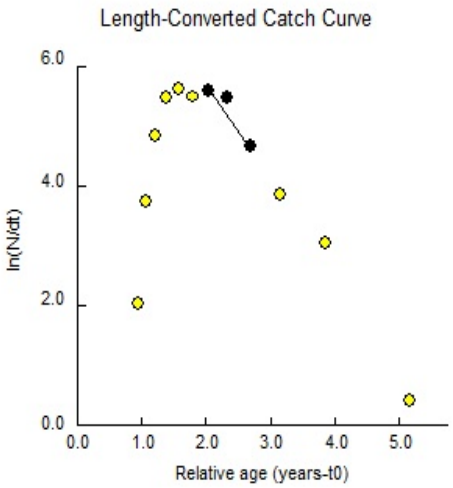
Standard Errors:
    pi.se  mu.se sigma.se
1 0.20477 1.6157   0.7125
2 0.24938 0.7471   0.9261
3 0.05694 0.8704   0.4353

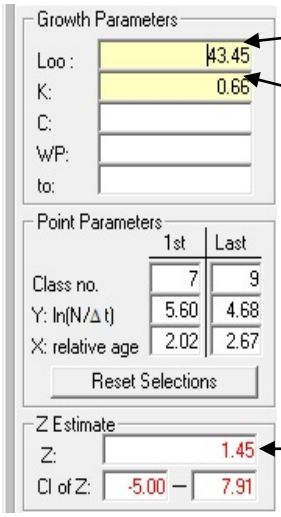

Analysis of Variance Table

          Df  Chisq Pr(>Chisq)
Residuals  4 9.0955    0.05876
```

On valide la distribution lorsqu'elle est très proche de la réalité ici à 5%.

Donnée FISAT II





Longueur maximale

Coefficient de croissance

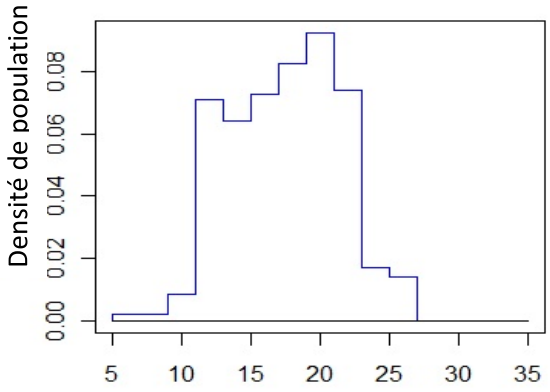
Mortalité de la cohorte II

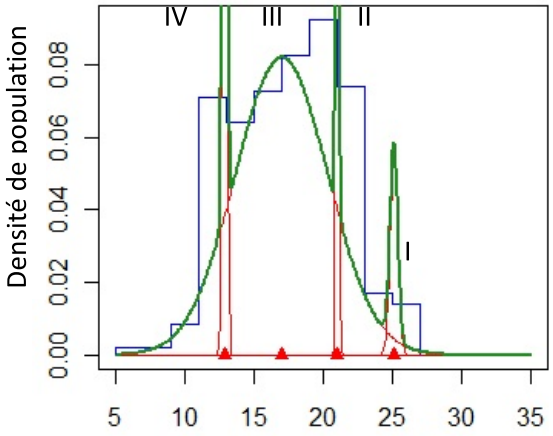
Annexe 17

Résultats de l'analyse démographique de *Micratya poeyi*

Résultats : AVAL 1

Distribution des cohortes d'âges en fonction de la taille en mm.






```
Parameters:
       pi    mu  sigma
1 0.10581 12.87 0.1367
2 0.68767 17.00 3.3510
3 0.16827 21.01 0.0836
4 0.03824 25.08 0.2820

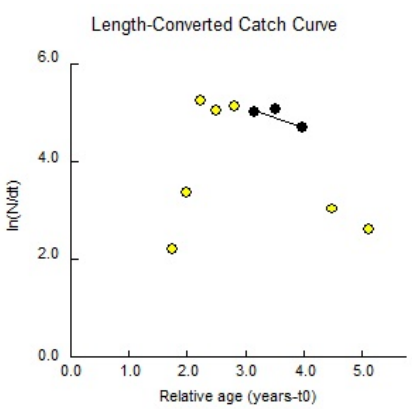
Standard Errors:
    pi.se  mu.se sigma.se
1 0.03816 0.4856   0.5339
2 0.06890 0.6267   0.2939
3 0.05591    NaN      NaN
4 0.02212    NaN      NaN

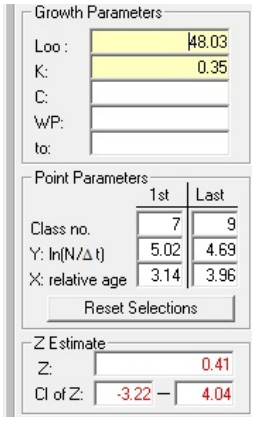

Analysis of Variance Table

          Df  Chisq Pr(>Chisq)
Residuals  1 1.6239     0.2026
```

On valide la distribution lorsqu'elle est très proche de la réalité ici à 20%.

Donnée FISAT II





Longueur maximale

Coefficient de croissance

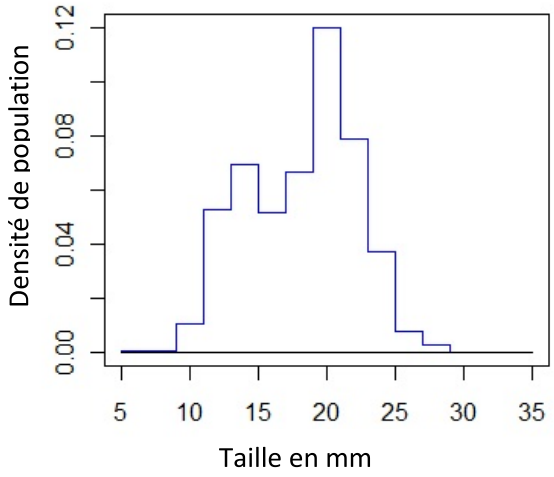
Mortalité de la cohorte II

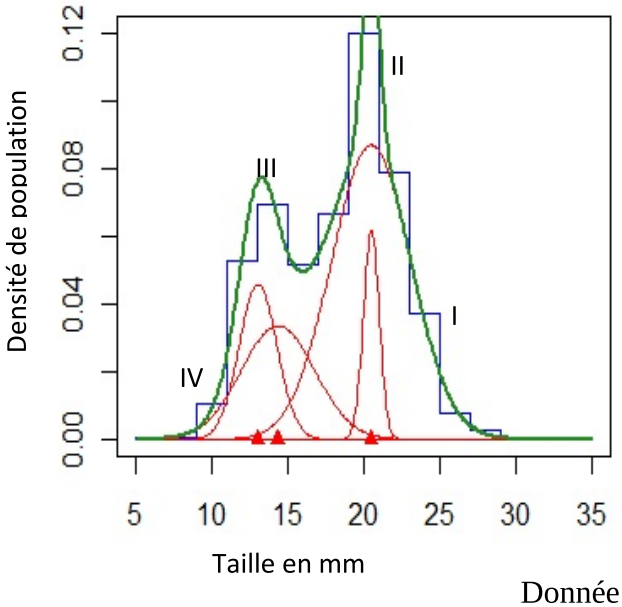
Annexe 18

Résultats de l'analyse démographique de *Micratya poeyi*

Résultats : AVAL 2

Distribution des cohortes d'âges en fonction de la taille en mm.






```
Parameters:
       pi    mu  sigma
1 0.14333 13.03 1.2459
2 0.20369 14.34 2.4144
3 0.08061 20.47 0.5192
4 0.57238 20.47 2.6198

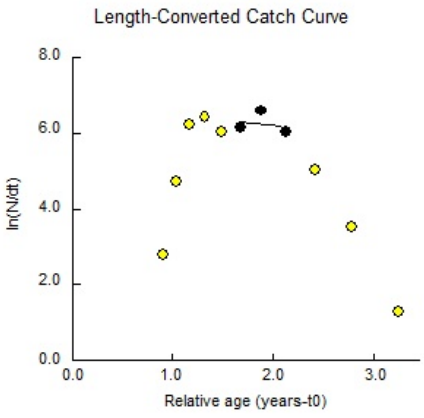
Standard Errors:
  pi.se mu.se sigma.se
1    NA    NA       NA
2    NA    NA       NA
3    NA    NA       NA
4    NA    NA       NA

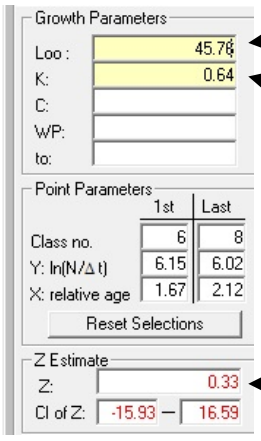
Analysis of Variance Table

          Df  Chisq Pr(>Chisq)
Residuals  1 2.3295     0.1269
```

On valide la distribution lorsqu'elle est très proche de la réalité ici à 12%.

Donnée FISAT II





Longueur maximale

Coefficient de croissance

Mortalité de la cohorte III

Annexe 19

Données des différentes pêches

1.

Noms des espèces	Aval	Amont	Pourcentage Aval	Pourcentage Amont	Nombre
Agonostomus monticola	x	x	3.79	6.69	27
Awaous banana	x	abs	0.14		1
Sicydium	x	x	3.37	1.76	24
Atya innocous	x	abs	1.82		13
Atya scabra	x	abs	0.14		1
Micratya poeyi	x	x	50.21	45.42	358
Xiphocaris elongata	x	x	1.96	11.27	14
Macrobrachium crenulatum	x	abs	0.14		1
Macrobrachium faustinum	x	x	38.01	34.51	271
Macrobrachium heterochirus	x	x	0.28	0.35	2
Macrobrachium carcinus	x	abs	0.14		1
					713

2.

Sicydium			Macrobrachium faustinum			Micratya poeyi		
taille	amont	aval	taille	amont	aval	taille	amont	aval
40-45		1	[14-17[		1	10-12	2	3
45-50		2	[17-20[		2	12-14	8	6
50-55		0	[20-23[	1	6	14-16	27	50
55-60		1	[23-26[	4	9	16-18	41	45
60-65		0	[26-29[	3	7	18-20	18	51
65-70		3	[29-32[	3	15	20-22	41	58
70-75	2	2	[32-35[	4	16	22-24	52	65
75-80	2	6	[35-38[	6	13	24-26	35	52
80-85	5	1	[38-41[	9	10	26-28	12	12
85-90	3	5	[41-44[	7	11	28-30	11	10
90-95	3	3	[44-47[	11	14	30-32	3	
95-100	0	1	[47-50[	15	21	32-34		
100-105	1	0	[50-53[	14	22	Total	250	352
105-110		1	[53-56[	8	21			

110-115		0	[56-59[	3	12
115-120		1	[59-62[	2	15
120-125		0	[62-65[	7	13
125-130		0	[65-68[	8	16
130-135		0	[68-71[	10	8
135-140		0	[71-74[	6	4
140-145		0	[74-77[	5	1
145-150		1	[77-80[	3	
Total	16	28	[80-83[	2	
			Total	131	237

3.

Sicydium			Macrobrachium faustinum			Micratya poeyi		
taille	amont	aval	taille	amont	aval	taille	amont	aval
40-45		1	20-22		14	8-10	0	2
45-50			22-24		23	10-12	6	15
50-55			24-26	2	26	12-14	24	74
55-60			26-28	6	8	14-16	37	97
60-65			28-30	4	19	16-18	53	72
65-70	1		30-32	4	12	18-20	58	93
70-75	1	1	32-34	5	18	20-22	68	168
75-80	1	1	34-36	3	17	22-24	80	110
80-85	2	1	36-38	4	21	24-26	43	52
85-90	1		38-40	1	16	26-28	26	11
90-95	1		40-42	5	25	28-30	21	4
95-100	1	2	42-44	6	23	30-32	1	
100-105	1	3	44-46	2	20	32-34	1	
105-110	1		46-48	4	26	TOTAL	418	696
110-115			48-50	4	33			

115-120			50-52	10	22
120-125			52-54	10	20
125-130			54-56	9	19
130-135			56-58	8	11
135-140			58-60	7	10
140-145			60-62	6	13
145-150			62-64	1	11
Total	10	9	64-66	2	10
			66-68	2	9
			68-70	8	10
			70-72	6	7
			72-74	4	3
			74-76	2	
			76-78	2	
			78-80	1	
			80-82	1	
			82-84	1	
			TOTAL	130	446