

Analyse des données du RP de La Réunion :

Etude de faisabilité d'un outil d'expertise de la qualité des peuplements piscicoles et de la fonctionnalité des milieux aquatiques associés.



Rapport de la mission de Jean Michel Olivier du 9 au 13 février 2004.

*Jean Michel OLIVIER (UMR CNRS 5023),
Pierre VALADE et Pierre BOSCH (ARDA)*

Août 2004

En partenariat avec :



UMR CNRS 5023

Avec le soutien financier de :

DIRECTION
RÉGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT



LA RÉUNION



Centre des Eaux Douces – Pôle Etudes et Recherches

Sommaire

Sommaire	2
1. Introduction	3
2. Cadre de l'étude	4
2.1. Généralités sur l'élaboration d'un indice biotique	4
2.2. Cas de l'Indice Poisson National (IPN)	4
2.3. Elaboration d'un Indice Poisson à La Réunion	5
3. Traitement et analyse des données du Réseau Piscicole	6
3.1. Qualité et validité des données recueillies	6
3.1.1. Normes de référence	7
3.1.1.1. Norme CEN/TC 230/WG 2/TG 4 N 34	7
3.1.1.2. Norme EN 14011	7
3.1.1.2.1. Taille des stations	8
3.1.1.2.2. Procédures de pêche	8
3.1.1.4. Programme Européen FAME	9
3.1.1.4.1. Taille de la station	9
3.1.1.4.2. Procédures de pêche	9
3.1.2. Méthode de pêche par épuisement des captures	10
3.1.2.1. Rappel de la méthodologie	10
3.1.2.2. Taille des stations	11
3.1.2.3. Nombre d'anodes	13
3.1.2.4. Efficacité de pêche	13
3.1.3. Méthode de pêche par ambiances	15
3.1.3.1. Rappel de la méthodologie	15
3.1.3.2. Longueur de la station	16
3.1.3.3. Surface échantillonnée	17
3.1.3.3.1. Surface échantillonnée et préconisations CEN et FAME	17
3.1.3.3.2. Surface échantillonnée et richesse spécifique observée	18
3.1.3.3.3. Surface échantillonnée et densité du peuplement	20
3.1.3.4. Propositions d'évolution et de validation complémentaire de la méthode	22
3.1.3.4.1. Evolution du protocole de pêche par ambiances	22
3.1.3.4.2. Validation de la surface minimale à échantillonner par type de faciès	22
3.2. Traitements et analyses des résultats du RP	24
3.2.1. Evolution saisonnière des peuplements	24
3.2.2. Analyse de la structure des peuplements	25
3.2.3. Typologie des 12 rivières	28
3.2.4. Structure spatio-temporelle intra-rivière	31
3.2.5. Distribution longitudinale de <i>Sicyopterus lagocephalus</i>	35
3.2.5.1. Méthodologie	35
3.2.5.2. Résultats	35
4. Conclusion	44
Bibliographie	49
Annexes	51

1. Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau du Parlement Européen et du Conseil (Directive 2000/60/CE) demande aux états membres de la communauté la préservation et la restauration de l'état écologiques des écosystèmes aquatiques au travers de leurs composantes chimiques et biologiques. Satisfaire cette demande nécessite de disposer d'indicateurs biologiques capables d'apporter une information pertinente sur l'état de santé de ces écosystèmes. Parmi les indicateurs potentiels, les peuplements de poissons peuvent apporter une information originale en raison de la capacité qu'ont ces organismes à intégrer la variabilité environnementale à différentes échelles spatiales.

A La Réunion, les premiers travaux généraux sur la faune piscicole d'eau douce sont récents, 1996, ils ont consisté en l'inventaire des poissons et macrocrustacés de l'île de La Réunion (ARDA/DIREN) : 25 espèces de poissons et 9 espèces de macrocrustacés ont été recensées dans les cours d'eau de l'île.

Depuis 2000, un outil de suivi et de connaissance de la faune dulçaquicole a été mis en place par la DIREN et le CSP, avec le soutien financier de la Région et du Département de la Réunion : le Réseau Piscicole. Le RP est réalisé par le Centre des Eaux Douces de l'ARDA (CED) qui a travaillé à son élaboration depuis 1998.

Ce réseau est constitué de 22 stations réparties sur les principales rivières pérennes de l'île. Des inventaires piscicoles sont menés tous les ans, voire deux fois par an pour (1.) caractériser l'état du peuplement de poissons et de macrocrustacés sur les principaux cours d'eau pérennes, (2.) approfondir la connaissance de la biologie et de l'écologie des principales espèces, et (3.) suivre l'impact des grands aménagements sur la faune dulçaquicole.

Le travail de traitement et d'analyse des données recueillies dans le cadre du RP que nous présentons dans ce rapport a deux principaux objectifs :

1. tester la qualité de la collecte ainsi que la validité des données recueillies depuis 1999, selon les deux modes de prospection utilisés (respect du protocole, validation de l'effort de pêche, ...),
2. analyser les premières séries chronologiques de données pour évaluer leur pertinence en vue d'établir un indice de la qualité des peuplements,

Le travail mené sur ces deux points pourra conduire à la définition et à la mise en place de modifications du protocole d'échantillonnage ou d'études complémentaires en vue d'établir un indice de la qualité des peuplements (prise en compte de nouveaux paramètres, définition d'un état de référence, ...).

Le travail d'analyse porte sur les données recueillies en 1999 (campagne test sur 4 rivières), 2000, 2001, 2002 et 2003 (campagnes d'échantillonnage d'étiages et post-cyclonique).

2. Cadre de l'étude

2.1. Généralités sur l'élaboration d'un indice biotique

Un outil d'expertise, comme un indice, a pour objectif de donner une mesure de la qualité d'une population ou du milieu étudié. Il s'agit d'une information plus ou moins synthétique qui exprime l'état de la population ou encore l'aptitude du milieu au développement de cette population, toutes causes confondues.

Un indice doit permettre de :

- définir des seuils ou mieux détecter des pollutions ou des perturbations de l'environnement aquatique liées aux activités humaines,
- mettre en évidence l'amélioration ou la détérioration, en fonction du temps, de la qualité biologique d'un écosystème aquatique,
- prévoir l'impact d'un aménagement, d'un rejet ou d'une exploitation, avec prise en compte des effets cumulatifs conduisant à des propositions de mesures compensatoires.

La faune aquatique est un bon indicateur pour faire le diagnostic du fonctionnement d'un écosystème aquatique. Elle intègre non seulement des sources de perturbations les plus diverses, qu'elles soient d'origine physique ou chimique, mais aussi les effets cumulatifs.

En raison du caractère intégrateur des organismes étudiés, cette méthode permet de situer la qualité biologique d'un site, en dehors de toute présomption relative à la nature d'une quelconque perturbation. Appliquée comparativement, elle permet d'évaluer l'effet d'une modification naturelle ou artificielle du milieu. Cette méthode de caractérisation par les effets complète les techniques de détection usuelles (analyses de eaux, ...) de caractérisation des milieux par les causes.

2.2. Cas de l'Indice Poisson National (IPN)

d'après Oberdorff T. & al, 2002.

Satisfaire à la demande de la Directive Cadre sur l'Eau nécessite de disposer d'indicateurs biologiques capables d'apporter une information pertinente sur l'état de santé des écosystèmes aquatiques. Ces indicateurs doivent être scientifiquement valides, efficaces, robustes, rapides à mettre en œuvre et applicables à différentes régions géographiques.

Dans ce contexte, les agences de l'Eau, le Ministère de l'Environnement et le Conseil Supérieur de la Pêche ont lancé conjointement un programme national d'adaptation d'un indice biotique fondé sur les peuplements piscicoles applicable à l'ensemble du réseau hydrographique.

La démarche adoptée pour l'établissement de l'indice s'établit comme suit.

En se basant sur un jeu de 650 stations de "référence" réparties de manière homogène sur l'ensemble du réseau hydrographique national, la première étape de la démarche a consisté à modéliser la probabilité d'occurrence sur les stations des 34 espèces piscicoles les plus communes en fonction d'un certain nombre de métriques environnementales locales et régionales (altitude, indice de vitesse, gradient longitudinal...)

Dans un second temps, les métriques "fonctionnelles" relatives aux peuplements ont été sélectionnées sur des bases bibliographiques (Nombre total d'espèce, Nombre d'espèces rhéophiles,...).

Dans un troisième temps, ces métriques ont été modélisées et les résidus obtenus (partie des métriques non expliquée par les variables environnementales) ont été utilisés comme valeur pour l'Indice Poisson.

Chacune des métriques a été validée sur deux jeux de données indépendants de stations de "référence" et de stations "perturbées". Les résidus des métriques les plus discriminantes ont alors été sommés afin d'obtenir la note de l'indice final. Différents seuils de qualité de l'indice ont ensuite été établis :

NOTE	Classes de qualité de l'indice
< 7	Excellent état
]7-16]	Bon état
]16-22]	Etat moyen
]22-34]	Etat médiocre
> 34	Etat mauvais

Tableau 1 - Classes de qualité des cours d'eau données par l'Indice Poisson National

Le seuil de classement d'un peuplement comme perturbé a été fixé pour une valeur de l'indice supérieure à 16. D'une manière générale, l'indice discrimine bien les sites de référence des sites perturbés et donne une répartition correcte des sites dans les différentes classes de qualité.

2.3. Elaboration d'un Indice Poisson à La Réunion

La transposition de l'Indice Poisson National ou la mise en place d'un indice similaire est difficile dans le contexte de La Réunion car :

- l'indice Poisson National a été réalisé à partir de 650 stations de référence alors que **le Réseau Piscicole de la Réunion ne compte que 22 stations**, dont certaines sont très perturbées,
- les **connaissances sur les populations piscicoles sont en cours d'acquisition à La Réunion**, alors qu'elles sont bonnes en Métropole,
- le **peuplement de poissons et de macrocrustacés indigène** de La Réunion est **composé d'espèces migratrices** : les évolutions de ces populations sont très difficiles à prévoir car dépendantes de nombreux paramètres difficiles à suivre (phase marine, échange de population inter-régions, nombreuses causes de mortalité, ...).

Toutefois, un indice de la qualité des peuplements piscicoles reste envisageable à La Réunion, éventuellement sous une forme différente de l'IPN, car :

- le réseau **hydrographique est relativement simple et réduit**, il a déjà fait l'objet de premières études de description générale (hydrologie, typologie des écoulements),
- le **nombre d'espèce de poissons et de macrocrustacés est faible**, (25 espèces de poissons à La Réunion contre plus de 80 en métropole),

Le travail présenté dans ce rapport s'inscrit dans la démarche de la mise en place d'un indice de la qualité de peuplements de poissons à La Réunion. Pour cela, un traitement statistique général des données a été effectué pour :

- **évaluer la pertinence du RP tel qu'il a été réalisé au cours de ces 4 années** et mettre évidence ses qualités et ses points faibles,
- rechercher les **potentialités du jeu de données en regard des exigences liées à la mise en application de la Directive Cadre sur l'Eau**,
- **proposer des modifications du plan d'échantillonnage**, si nécessaire.

3. Traitement et analyse des données du Réseau Piscicole

3.1. Qualité et validité des données recueillies

Dans un premier temps, nous avons voulu tester la validité des données recueillies dans le cadre du Réseau Piscicole, notamment au regard de la norme proposée par le CEN (Comité Européen de Normalisation, 2002).

Les méthodologies classiques d'échantillonnage des peuplements de poissons et de macrocrustacés par pêche à l'électricité ont fait l'objet d'une étude d'adaptation aux espèces et au cours d'eau de La Réunion (ARDA, 1999). Suite à cette étude, deux méthodes d'investigation ont été retenues et sont mises en œuvre dans le cadre du RP depuis 2000 : la méthode de pêche "totale" par épuisements des captures sur un tronçon de rivière, et la méthode de pêche "par ambiances", inspirée de la méthodologie mise en place par le CSP pour le Réseau Hydrobiologique et Piscicole en Métropole (Porcher, 1998).

Après quatre années d'inventaires (2000 à 2003), nous avons voulu vérifier la qualité des données recueillies dans le cadre du RP, et si possible, tester la validité des résultats obtenus sur les paramètres essentiels à la description des peuplements : richesse et abondance du peuplement.

3.1.1. Normes de référence

d'après Belliard J., 2004 (Comm. Pers.)

Deux normes CEN sont en cours de finalisation, la première « Water quality- Guidance on the scope and selection of fish sampling methods CEN/TC 230/WG 2/TG 4 N 34 » encadre le choix des méthodes à utiliser en fonction des caractéristiques des milieux, et la seconde, « Water analysis- Sampling of fish with electricity EN 14011 » s'intéresse plus particulièrement à la pêche à l'électricité. Cette dernière a été votée au niveau du CEN et est en cours de vote dans les pays européens.

Nous prendrons aussi en référence les préconisations d'échantillonnage données dans le programme FAME. L'objectif de ce programme européen associant 12 pays est la mise au point d'indicateurs biologiques basés sur les poissons pour l'évaluation de la qualité écologique des cours d'eau en lien avec les exigences de la DCE. Ce programme a également conduit à la définition d'éléments de protocole d'échantillonnage.

Dans la mesure où les outils développés dans le cadre de FAME sont susceptibles d'être utilisés pour l'évaluation de l'état écologique dans le cadre de la DCE, il est probable que les procédures d'échantillonnages qui leur sont associées devront être respectées lors de la mise en œuvre des réseaux de surveillance en Europe (géographique).

Les préconisations d'échantillonnage données par FAME sont liées à la mise en place d'indicateurs biologiques sur 12 pays européens : ces recommandations ne peuvent pas être transposées à l'identique La Réunion (contexte local très différent). Toutefois, ce document servira de guide pour tester la qualité des données recueillies dans le cadre du RP, et proposer des adaptations de l'échantillonnage.

3.1.1.1. Norme CEN/TC 230/WG 2/TG 4 N 34

Cette norme correspond à un guide pour aider à la sélection des méthodes d'échantillonnage des poissons en fonction des caractéristiques des milieux. Conformément aux exigences de la DCE, elle a été développée pour permettre l'évaluation de la composition, de l'abondance et de la structure de population (classes d'âge ou classes de taille) de l'ichtyofaune.

Sans évoquer l'ensemble des techniques d'échantillonnage proposées, il est important de noter que l'utilisation de la pêche à l'électricité est préconisée pour tous les types de cours d'eau. Il est cependant souligné que cette technique est surtout pertinente pour les petits milieux peu profonds. Elle fournit en revanche une image du peuplement plus ou moins biaisée pour les milieux profonds (profondeur > à 2m) dans la mesure où seule la zone littorale peut être alors correctement prospectée.

3.1.1.2. Norme EN 14011

Cette norme décrit les méthodes de pêches électriques qui doivent être utilisées pour caractériser la richesse spécifique, la composition, l'abondance (relative ou absolue) et la structure d'âge d'une communauté de poissons. Elle reprend donc les mêmes objectifs que la DCE en matière de suivi piscicole.

3.1.1.2.1. Taille des stations

La taille de la station est fixée de manière à être « *suffisante pour inclure le home range des espèces dominantes et l'ensemble complet des formes caractéristiques de la rivière (ex mouilles, plats, radier) pour assurer une bonne représentativité de la communauté de poissons* ».

« *La pêche électrique doit être conduite sur une longueur de rivière d'au moins 20 fois la largeur de la rivière. Pour les rivières de largeur supérieure à 30 m, où il est déjà connu que la communauté de poissons est uniforme, une longueur de 10 fois la largeur est suffisante.*

3.1.1.2.2. Procédures de pêche

Deux grands types de procédure sont reconnus selon que le cours d'eau est ou non pêchable à pied.

- ***Rivières prospectables à pied***

L'utilisation d'une **électrode pour 5 m de largeur de cours d'eau** est proposée comme valeur guide générale. Dans le cas d'estimation absolue (methode de De Lury), il est recommandé de délimiter la zone d'échantillonnage par des filets barrages.

- ***Rivières non prospectables à pied***

Lorsque la profondeur dépasse 50 cm (occasionnellement 70 cm), la pêche est pratiquée à partir d'un bateau.

« *Dans les grands milieux, un échantillonnage représentatif et stable en terme de richesse, de composition en espèces et d'abondance peut consister en un nombre de sous unités d'échantillonnage, proportionnel à la diversité des habitats présents. Un échantillonnage stratifié est alors nécessaire. Une information qualitative et, dans une moindre mesure, des données d'abondance peuvent être obtenues en pêchant à l'électricité avec une électrode tenue à la main sur les parties littorales et des habitats délimités* ».

Cette norme fournit des éléments généraux de cadrage de la pratique de la pêche électrique mais demeure assez floue sur de nombreux aspects. Seule la taille de la station est spécifiée précisément (20 fois la largeur pour les cours d'eau < à 30 m de large et 10 fois la largeur pour les cours d'eau > à 30 m). Si la possibilité de pratiquer un échantillonnage fractionné est reconnue, aucune indication n'est précisée concernant la surface à échantillonner.

3.1.1.4. Programme Européen FAME

Les procédures d'échantillonnage proposées dans FAME sont largement inspirées des recommandations CEN. Elles précisent cependant un certain nombre de points clés de l'échantillonnage. Conformément à la demande DCE les procédures proposées sont destinées à estimer :

- l'abondance de poissons
- la composition en espèces
- la structure des populations (âge ou taille)

3.1.1.4.1. Taille de la station

Il est précisé que « à l'intérieur d'une station d'échantillonnage, 1 ou plusieurs zones échantillonnées peuvent être définies. Si la largeur du cours d'eau est inférieure à 15 m, alors la zone échantillonnée correspond en général à l'ensemble de la station. Si la largeur est égale ou supérieure à 15 m, plusieurs zones d'échantillonnage peuvent être sélectionnées et prospectées à l'intérieur de la station ».

La longueur minimum de la station est fixée à 10 fois la largeur du cours d'eau, toutefois pour les cours d'eau les plus petits, la longueur de la station doit être d'au moins 100 m.

Dans le **cas des grands cours d'eau** où l'échantillonnage est pratiqué de manière fractionnée, **la surface échantillonnée doit être d'au moins 1000 m².**

3.1.1.4.2. Procédures de pêche

- **Rivières prospectables à pied**

Le nombre d'électrodes recommandé est conforme à la norme CEN à savoir **1 électrode pour 5 m** de largeur de cours d'eau. Toutefois la proposition FAME est sensiblement moins contraignante notamment pour les cours d'eau les plus grands :

- Cours d'eau <5 m : 1 anode
- Cours d'eau de 5 à 10 m : 2 anodes
- Cours d'eau de 10 à 15 m : minimum 2 anodes, 3 anodes préférables
- Cours d'eau >15 m : minimum 3 anodes.

Les modalités d'utilisation de filets pour délimiter la station sont conformes aux préconisations CEN.

Pour les cours d'eau pêchables à pied, la possibilité de pratiquer un échantillonnage fractionné est également reconnue notamment pour les cours d'eau de largeur supérieure à 15 m.

- **Rivières non prospectables à pied**

Quand la profondeur dépasse 70 cm, les pêches sont pratiquées à partir d'un bateau en utilisant un **échantillonnage fractionné**. Pour les pêches en bateau le protocole FAME est entièrement conforme aux recommandations CEN.

Les procédures FAME constituent une interprétation de la norme CEN qui permet de clarifier un certain nombre de points importants qui peuvent être résumés dans le tableau suivant :

Profondeur (m)	Largeur <i>I</i> (m)	Longueur de la station <i>L</i> (m)	Surface échantillonnée	Type	Moyen	Anode / largeur
< 0,7	< 15	10 x <i>I</i> et 100 m mini	<i>L</i> x <i>I</i>	Exhaustif	Pied	1 pour 5 m
< 0,7	> 15	10 x <i>I</i>	+ de 1 000 m ²	Fractionné	Pied	-
> 0,7		10 x <i>I</i>	+ de 1 000 m ²	Fractionné	Bateau	-

Tableau 2 – Synthèse des procédures d'échantillonnage proposées dans le cadre du programme FAME.

3.1.2. Méthode de pêche par épuisement des captures

3.1.2.1. Rappel de la méthodologie

L'échantillonnage des rivières peut s'effectuer par des pêches dites "totales", de "stations" qui sont des segments de rivière représentatifs d'un tronçon plus long. Ces pêches s'effectuent sur toute la surface de la station qui est barrée par des filets à l'amont et à l'aval. La longueur est choisie égale à au moins 10 fois la largeur du cours d'eau, plusieurs passages successifs sont pratiqués. C'est l'épuisement progressif des captures qui permet d'évaluer la quantité de poissons présents sur la station, grâce à des méthodes d'estimation statistiques.

Lors de la réalisation d'un tel inventaire, le peuplement doit être stable pendant toute la durée de l'opération, il ne doit pas y avoir de natalité, de mortalité, d'émigration ou d'immigration. La durée d'un inventaire étant d'une journée maximum, l'incidence de la natalité et de la mortalité est très réduite. C'est pour éviter les biais occasionnés par les déplacements des individus (émigration et/ou immigration), notamment la fuite des poissons vers l'amont, que les inventaires sont pratiqués sur des stations délimitées par des obstacles naturels ou (le plus souvent) par des filets barrages.

La probabilité de capture étant supposée identique pour tous les individus pendant la pêche, et constante d'une pêche à l'autre, l'estimation des captures est réalisée avec la méthode statistique CARLE & STRUB, la plus robuste.

Il est à noter que quelque soit la méthode d'estimation utilisée, seuls les poissons capturables sont pris en compte ; tout individu réfugié dans une zone profonde ou non capturé en raison de vitesses de courant trop élevées par exemple, n'est pas pris en considération dans l'estimation. **Ceci montre l'importance du choix de la station et la nécessité d'opérer avec des conditions de pêche optimales.**

Malgré les méthodes d'estimation, la pêche par épuisement des captures ne donne pas toujours entière satisfaction : la représentativité de la station est toujours discutable, et l'échantillon pêché n'est pas forcément représentatif de l'ensemble du tronçon (cas des stations très diversifiées ou au contraire présentant de longs faciès homogènes¹). De plus, c'est une méthode lourde, qui nécessite beaucoup de temps et de main-d'œuvre.

¹ : les cours d'eau de la Réunion ont des faciès d'écoulements souvent longs (plusieurs dizaines de mètres) ; dans ce cas, une pêche totale sur un tronçon (dix fois la largeur moyenne) ne représente la population que d'un ou deux faciès là où plusieurs faciès différents peuvent être présents.

D'autres techniques de pêche ont été développées récemment ; elles permettent de concilier un travail de recherche valable avec des moyens humains et matériels moins lourds à mettre en œuvre.

Parmi les contraintes et les hypothèses nécessaires à l'application de cette méthodologie de pêche, nous allons vérifier deux principaux points dans la chronologie de données recueillie dans le cadre du RP :

- l'effort de pêche mis en œuvre (taille de la station, nombre d'anodes),
- l'efficacité de pêche chez les principales espèces de poissons.

Ces paramètres pourront aussi être critiqués au regard de la norme du CEN pour l'échantillonnage des poissons à l'électricité.

3.1.2.2. Taille des stations

Dans la méthode de pêche par épuisement des captures, il est préconisé d'échantillonner une longueur supérieure à dix fois la largeur moyenne du cours d'eau. Dans la figure suivante, nous avons reporté le nombre d'inventaires réalisés selon cette méthodologie dans le cadre du RP depuis 2000 selon le rapport de la longueur de la station sur la largeur moyenne :

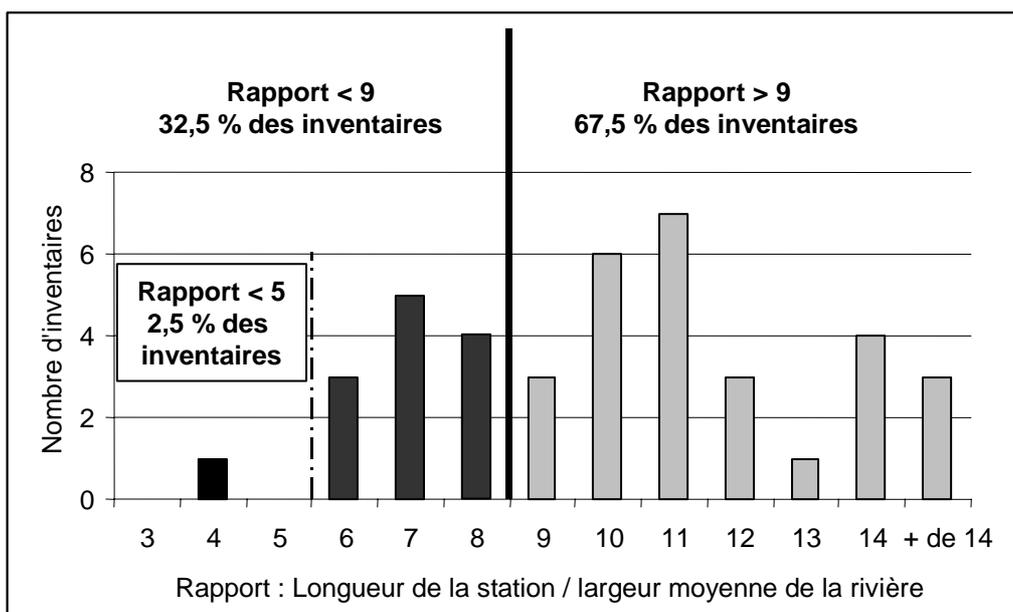


Figure 1 – Méthode de pêche par épuisement des captures : Nombre d'inventaires réalisés dans le cadre du RP de 2000 à 2003 selon le rapport : longueur prospectée / largeur moyenne.

Les résultats présentés dans la Figure 1 montrent que pour 67% des inventaires, l'effort de pêche a été suffisant (supérieur à 9), alors qu'il apparaît faible (inférieur à 9) pour 13 inventaire, soit 32% des cas (voire très faible pour 1 inventaire : longueur prospectée inférieure à 5 fois la largeur moyenne du cours d'eau).

Ces 13 inventaires ont été réalisés sur des longueurs apparemment trop faible pour différentes raisons :

- la zone de pêche praticable à pied est limitée (5 inventaires), comme sur les stations RP-FLJA (1 inventaire), RP-GDBASS (4 inventaires),
- la largeur du cours d'eau est ponctuellement plus importante qu'à l'habitude et aurait demandé un échantillonnage par ambiances, mais la méthode de pêche n'a été changée au profit d'une continuité dans la collecte des données (8 inventaires), comme sur les stations RP-GAL 1 (2 inventaires, 2002 et 2003), RP-GAL 2 (1 inventaire en 2002), RP-MAT 2 (2 inventaires en 2001 et 2002), RP-STETIEN (1 inventaire en 2002), RP-BPAN (1 inventaire en 2001) et RP-STESUZ (1 inventaire en 2001).

Toutefois, si on regarde l'effort de pêche mis en œuvre dans le cadre du RP, on s'aperçoit qu'il est presque toujours supérieur à celui préconisé dans la norme éditée par le CEN :

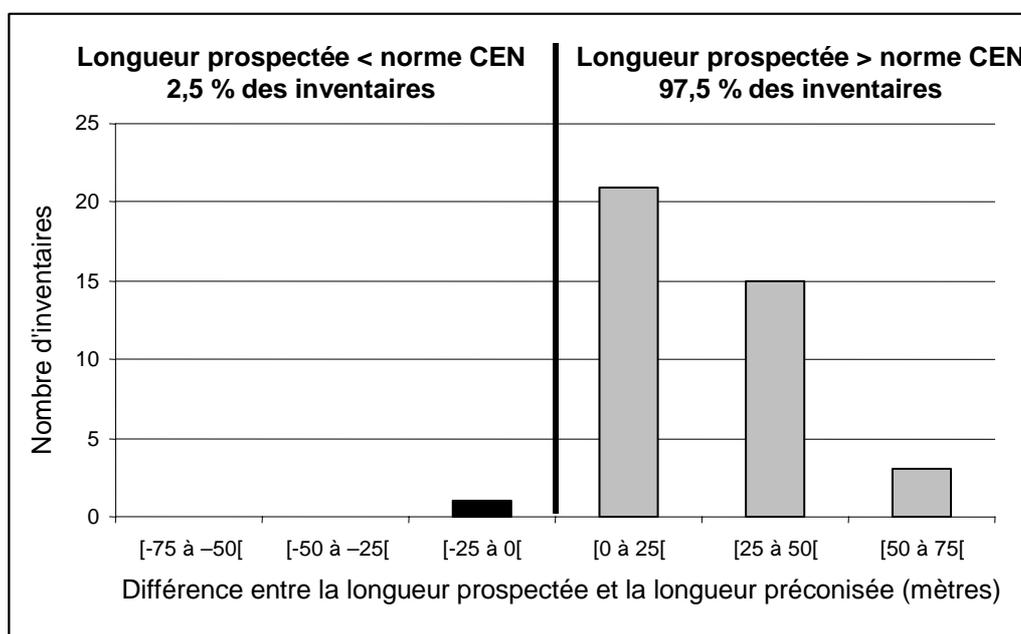


Figure 2 – Méthode de pêche par épuisement des captures : Comparaison entre la longueur des stations prospectée dans le cadre du RP de 2000 à 2003 et celle préconisée dans la norme éditée par le CEN.

Une seule station a été insuffisamment prospectée au regard de la norme du CEN, la station RP-GAL 2, en 2002, à laquelle il manque moins de 6 m.

Ainsi, **selon la nouvelle norme du CEN, les échantillonnages réalisés entre 2000 et 2003 dans le cadre du RP sont bons, alors que l'on pourrait émettre une petite réserve sur un tiers des échantillonnages par rapport à l'application "stricte" de la méthodologie.**

A l'avenir, un effort particulier devra être apporté pour respecter au mieux la méthodologie (se rapprocher au maximum de 10 fois la largeur moyenne du cours d'eau), et pour continuer d'assurer, au minimum, l'effort de pêche préconisé dans la norme du CEN.

3.1.2.3. Nombre d'anodes

Pour les pêches totales pratiquées à pied, le CEN préconise l'utilisation d'au moins une anode pour 5 m de largeur de cours d'eau (soit un ratio de 0,2 entre le nombre d'anodes et la largeur du cours d'eau).

La Figure 3, page suivante, montre que pour une même largeur de cours d'eau, l'effort de pêche est variable, entre 1 et 2 anodes.

Dans le cadre des inventaires du RP réalisés entre 2000 et 2003 par pêche totale, on s'aperçoit que cette préconisation est suivie dans 47,5 % des cas (19 inventaires sur 40). Les autres inventaires ont été pour la plupart réalisés avec une seule anode, alors qu'une seconde anode au moins, aurait été préconisée dans ce cas par le CEN.

A l'avenir, un **effort de pêche supplémentaire devra être apporté pour la mise en œuvre de ces pêches, de façon à respecter les préconisations du CEN. La mise en œuvre de cet effort supplémentaire nécessitera la mobilisation de davantage de personnel formé à la pêche à l'électricité** (maniement de l'appareil de pêche).

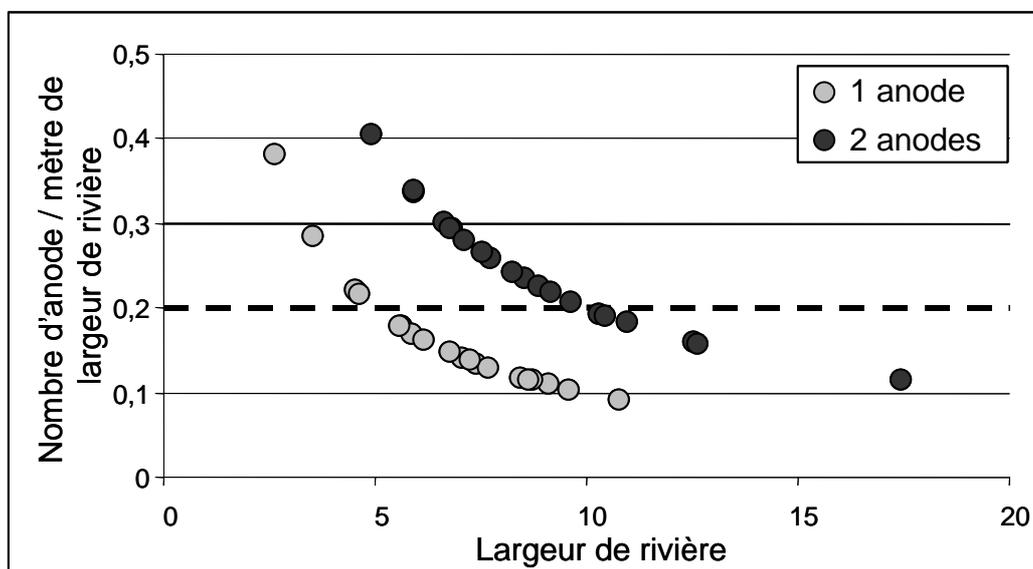


Figure 3 – Méthode de pêche par épuisement des captures : variation du ratio [nombre d'anode / largeur de rivière] en fonction de la largeur de la rivière. La ligne pointillée figure la limite préconisée par la norme CEN (1 anode pour 5 m de largeur de cours d'eau).

3.1.2.4. Efficacité de pêche

- **Définition**

L'efficacité de pêche correspond au nombre d'individus capturés au cours d'une pêche, rapporté au nombre total d'individus présents. Ce paramètre est bien évidemment très difficile à calculer en milieu naturel, car on ne connaît pas la population échantillonnée.

Toutefois, lors d'une pêche par épuisement progressif des captures à deux passages, **si on fait l'hypothèse que l'efficacité de pêche est constante entre les passages**, alors on peut calculer cette efficacité E :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1}$$

avec : C1, nombre de captures au premier passage et C2, nombre de captures au second passage.

- **Efficacité observée pour les peuplements de poissons**

La figure suivante montre la mise en classes de l'efficacité de pêche observées chez les poissons lors des pêches électriques totales à 2 passages successifs :

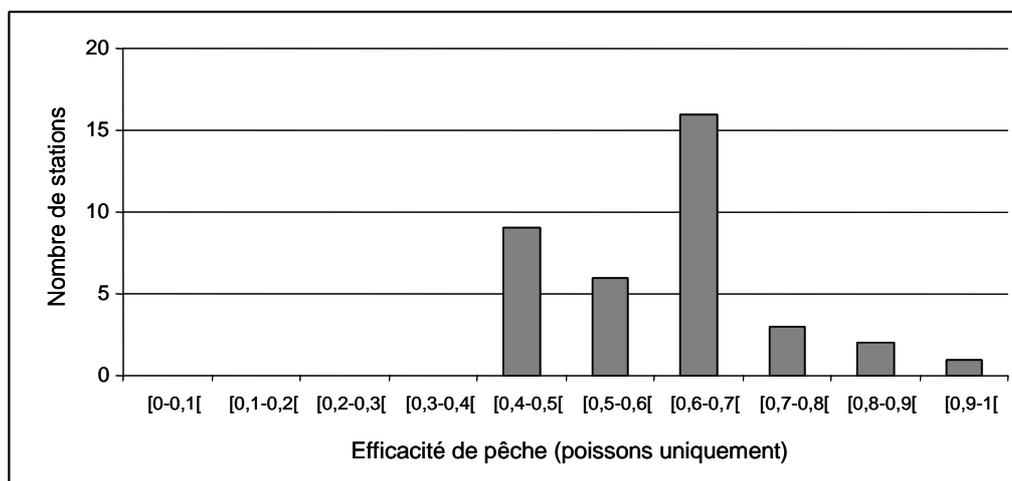


Figure 4 – Méthode de pêche par épuisement des captures : mise en classes des efficacités de pêche observées sur les poissons au cours des inventaires réalisés dans le cadre du RP de 2000 à 2003.

La valeur moyenne de l'efficacité de la pêche sur le peuplement de poisson vaut en moyenne **0,62** ($s^2 = 0,13$; $n = 37$). La Figure 4 montre que **cette efficacité est le plus souvent comprise entre 0,4 et 0,7** (84 % des cas), avec une part importante entre 0,6 et 0,7 (43 %).

Les valeurs obtenues ici sont relativement stables, et comparables à celles mesurées lors de la mise en œuvre de la méthodologie de pêche (ARDA, 1998). L'efficacité de pêche pour les principales espèces de poissons avait alors été estimée entre 0,5 et 0,7, selon le type de faciès ou la classe de vitesse d'écoulement :

Type de Faciès	Efficacité de pêche
Plat	0,7
Rapide	0,7
Cascade	0,6
Radier	0,5
Vitesse d'écoulement en surface (m/s)	Efficacité de pêche
0 – 30	0,5
30 – 80	0,7
80 – 150	0,6
> à 150	0,5

Tableau 3 – Efficacité de pêche estimée pour les principales espèces de poissons en fonction du type de faciès et de la vitesse du courant (d'après ARDA, 1999)

Chez les crustacés, les captures sont insuffisantes pour définir une efficacité de pêche moyenne.

3.1.3. Méthode de pêche par ambiances

3.1.3.1. Rappel de la méthodologie

La structure morphologique et hydrodynamique des cours d'eau génère une mosaïque d'habitats. La succession longitudinale des faciès définit un premier niveau de découpage de l'habitat, le contraste entre les berges et le chenal en constitue un second (découpage transversal). Ce découpage a une signification aussi bien morphodynamique que biologique.

L'ambiance se situe à une échelle intermédiaire entre le faciès et le microhabitat, elle est définie comme "une surface représentative d'un élément du même faciès, en chenal ou en berge (même strate) ou d'une singularité localisée à l'intérieur de cet élément". Les limites de l'ambiance se situent aux premières hétérogénéités des principales valeurs d'habitat (hauteur d'eau, vitesse de courant, substrat, abris).

La méthode de pêche reprend l'idée d'un échantillonnage dispersé en plusieurs points de la rivière, en le stratifiant. Elle consiste à prospecter sur un secteur de rivière des ambiances de pêche discrètes décrivant l'ensemble des habitats présents sur le secteur, en conservant la proportion de représentation de chaque strate.

L'ambiance correspond mieux à l'habitat quotidien du poisson, c'est à dire le lieu où il réalise une activité (repos, alimentation ...). La *station* est ici "l'enveloppe géographique" incluant toutes les ambiances au niveau du tronçon. **Cette méthode a l'avantage d'être suffisamment souple pour décrire tous les habitats utilisés par les poissons. De plus, elle est en adéquation avec les objectifs recherchés** (prospection de nombreux habitats) **et les moyens de pêche.**

La méthode a été développée en métropole pour les cours d'eau de moyenne à grande importance, difficiles à prospecter en totalité. Elle a fait l'objet d'une adaptation au contexte réunionnais (ARDA, 1999).

Sur le terrain le protocole s'articule en 4 phases :

- Sectorisation de la station et matérialisation physique des ambiances

Il s'agit de définir et caractériser (en terme d'importance surfacique) les différents faciès présents sur la station (d'après Malavoi, 1989 et Malavoi & Souchon, 2002) et dans chaque faciès d'écoulement les habitats disponibles.

Les ambiances sont affectées au prorata de la surface des faciès et du nombre de fois où ils se répètent (redondance) ; les limites des ambiances sont choisies en veillant à une homogénéité visuelle de l'habitat. Chaque ambiance est matérialisée (peinture technique), sa position est repérée sur le croquis de la station. **Cette opération de sectorisation et de balisage a lieu la veille de l'échantillonnage.**

Il est nécessaire de conserver une distance minimum (env. 20 m) entre 2 ambiances pour éviter la perturbation d'une surface devant être échantillonnée.

- Description des ambiances

Les ambiances prospectées doivent être décrites de façon précise, **les fiches descriptives utilisées sont inspirées de celles mises en place par le CSP pour le RHP**. La mesure de vitesse du courant est réalisée sur un point de profondeur moyenne, calculée à partir de 6 mesures de profondeur réparties dans l'ambiance ; sur ce point la mesure de la vitesse du courant est effectuée à une profondeur égale à 0,4 x profondeur totale.

- Prospection par pêche électrique

La pêche électrique est réalisée de l'aval vers l'amont, avec une seule électrode qui balaye l'ambiance sur la totalité de sa surface. Deux ou trois épuisettes permettent de recueillir les poissons avant de les stocker dans des viviers distincts, identifiés de manière à associer chaque capture à son ambiance.

- Biométrie

Les poissons capturés dans chaque ambiance sont identifiés, mesurés, pesés, et **remis à l'eau à la fin de la prospection de l'ensemble de la station**.

3.1.3.2. Longueur de la station

Lors d'une pêche par ambiances, la station correspond à l'enveloppe géographique. Il est recommandé que la longueur de la station soit supérieure à 20 fois la largeur de la rivière si elle est inférieure à 30 m, et à 10 fois la largeur de la rivière sinon.

La figure suivante montre l'évolution du ration longueur de la station / largeur du cours d'eau en fonction de la largeur du cours d'eau :

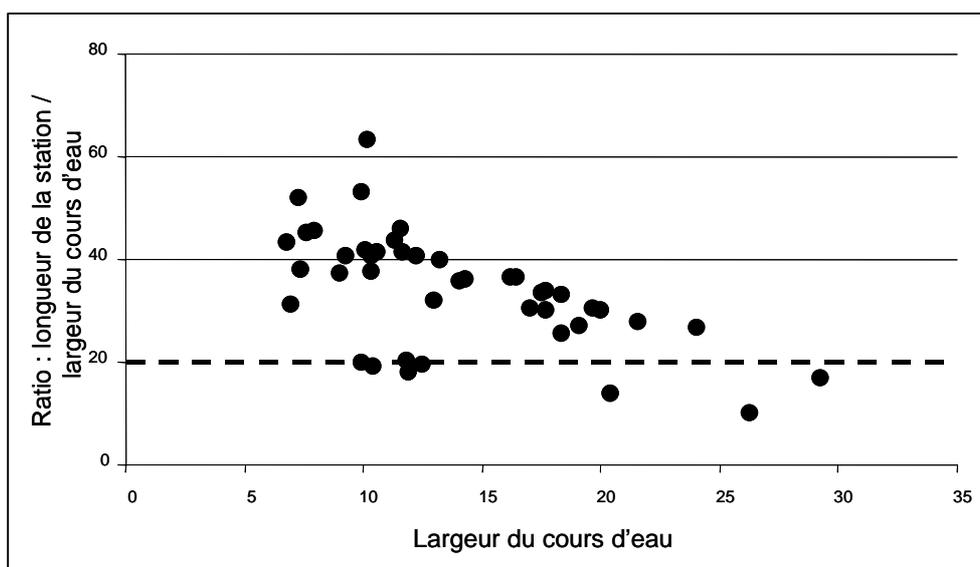


Figure 5 – Méthode de pêche par ambiances : évolution du ratio longueur de la station / largeur du cours d'eau en fonction de la largeur du cours d'eau (la ligne pointillée représente la limite préconisée par le CEN).

Dans le cadre des échantillonnage du RP réalisés par pêche électrique, la valeur moyenne du ratio longueur / largeur de la station est de 34 ($s^2 = 11,1$, $n = 43$). Dans 86 % des cas (37 inventaires), ce ratio est supérieur à 20. Pour deux inventaires seulement, ce ratio est inférieur à 15 (ratio de 10,0 et de 14,1 pour des stations où la largeur valait respectivement 26,3 et 20,4)

Les valeurs les plus faibles ont été observées pour des stations de largeur supérieure à 20 m, voire proche de 30 m. Le CEN préconise, à partir de 30 m, une longueur de station de 10 fois la largeur du cours d'eau.

3.1.3.3. Surface échantillonnée

La surface échantillonnée correspond à la surface effectivement prospectée par pêche à l'électricité, à l'intérieur de la station. Dans le cadre de la pêche par ambiances, elle correspond à la somme de la surface de chacune des ambiances.

Dans cette partie, nous allons tester si la surface échantillonnée dans le cadre du RP de 2000 à 2003 a bien été choisie de façon à :

- répondre aux préconisations du CEN (norme proposée en 2002) et si possible du programme FAME (en cours d'application),
- évaluer la richesse spécifique,
- évaluer la densité du peuplement.

3.1.3.3.1. Surface échantillonnée et préconisations CEN et FAME

La figure suivante montre la mise en classes des surfaces échantillonnées par la méthode de pêche par ambiances dans le cadre du RP, de 2000 à 2003 :

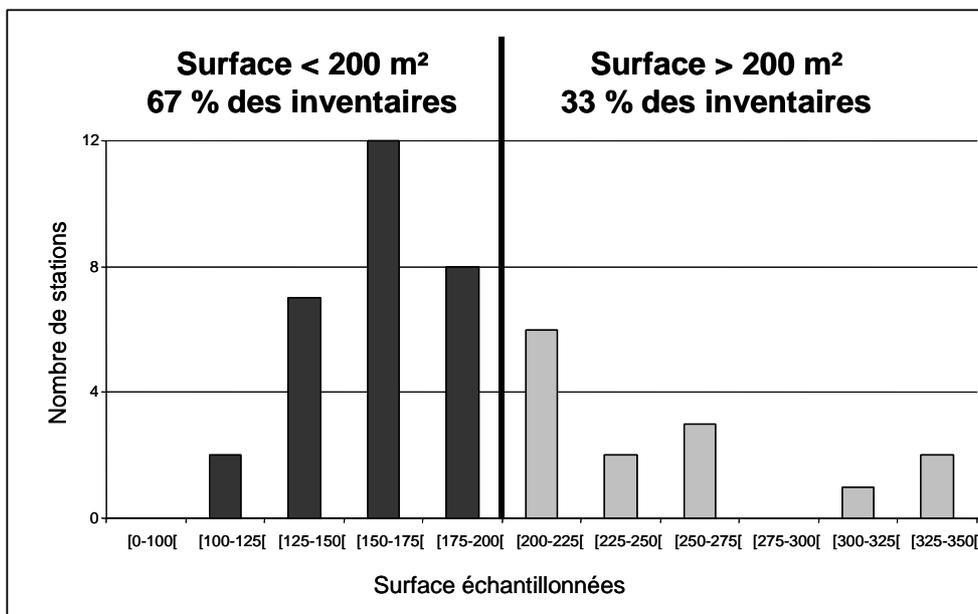


Figure 6 – Méthode de pêche par ambiances : surface échantillonnée dans le cadre du RP de 2000 à 2003 ; comparaison par rapport à la valeur préconisée par le CEN dans le cas d'échantillonnage fractionné de milieux profonds (200 m²).

La surface moyenne échantillonnée lors d'une pêche par ambiances dans le cadre du RP entre 2000 et 2003 est de 190 m² ($s^2 = 52,5$, $n = 43$). Tous les échantillonnages ont été réalisés sur une surface supérieure à 100 m².

Dans le cas de grands cours d'eau non prospectés à pied, le CEN préconise de réaliser un échantillonnage stratifié, sur une surface supérieure à 200 m². Nous prendrons cette valeur comme guide dans le cas des pêches par ambiances à La Réunion.

On voit sur la Figure 6 que la plupart des échantillonnages (67 %) ont été réalisés sur une surface inférieure à cette valeur.

Les recommandations du programme FAME sont beaucoup plus fortes en terme de surface à échantillonner : 1 000 m². Les valeurs montrées sur la Figure 6 sont toutes bien inférieures à 350 m². Dans le contexte de La Réunion, où les captures de petits individus peuvent être très nombreuses (cas des bouche-rondes *S. lagocephalus* et *C. cotylopus*), il sera très difficile de réaliser des pêches électriques sur plus de 1 000 m² en routine.

Nous proposons alors dans les parties suivantes d'évaluer dans le contexte de La Réunion la surface minimum à échantillonner pour garantir :

- la richesse spécifique observée,
- la densité des populations et de la totalité du peuplement.

3.1.3.3.2. Surface échantillonnée et richesse spécifique observée

La richesse observée du peuplement de poissons et de macrocrustacés est souvent faible sur les stations du RP, sur 10 stations (sur 21) seulement, elle est supérieure à 13 espèces (ARDA, 2003).

La figure suivante montre l'évolution de la richesse spécifique observée en fonction de la surface échantillonnée pour 3 stations à relativement forte richesse spécifique, et pour 4 années d'inventaires, de 2000 à 2003. La station RP-ROC 2 ne présente pas une très forte richesse de peuplement (13 espèces recensées depuis 2000), mais elle a été échantillonnée sur de relativement grandes surfaces (329 m² en 2001 et 337 m² en 2003) par rapport aux autres stations.

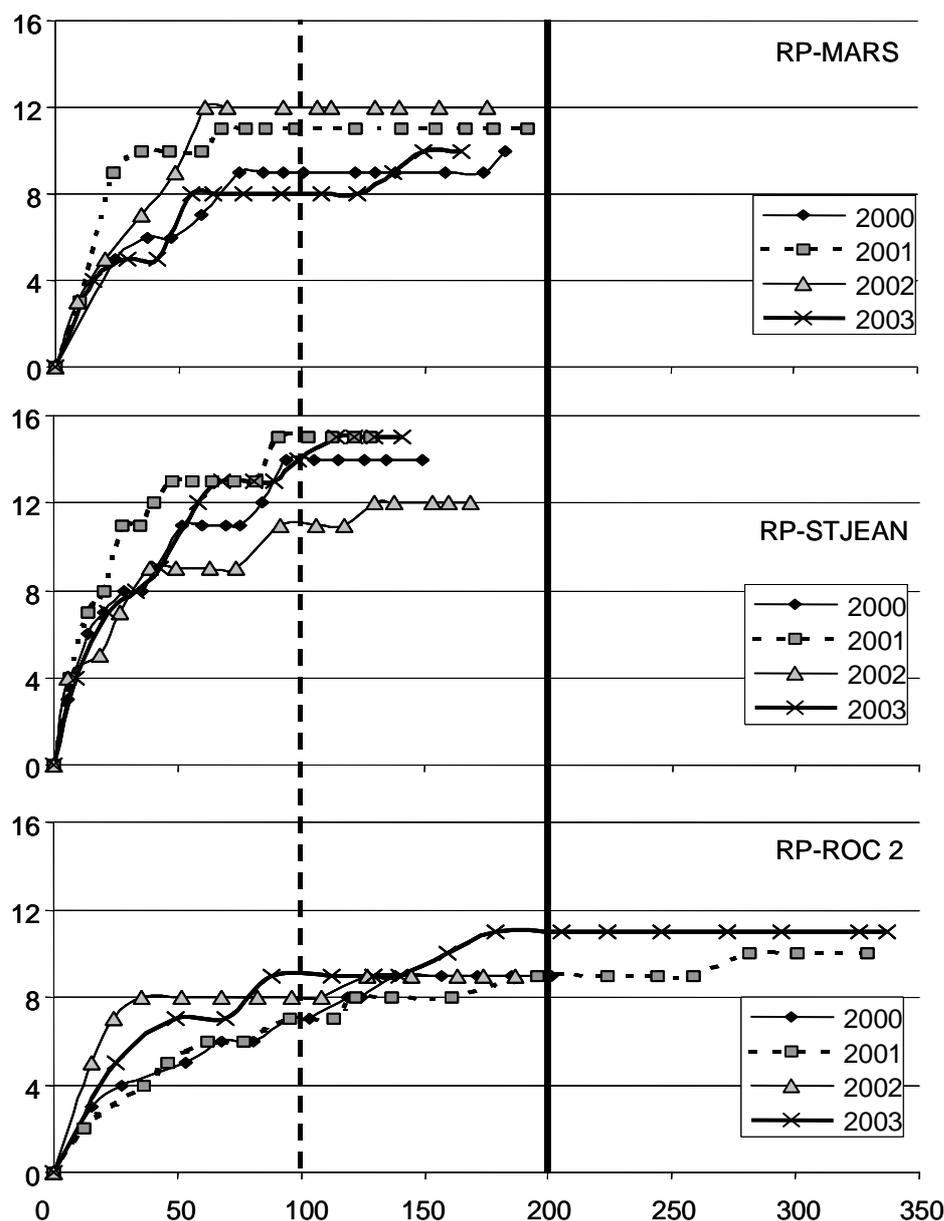


Figure 7 – Méthode de pêche par ambiances : évolution de la richesse spécifique en fonction de la surface échantillonnée sur trois stations du Réseau Piscicole (RP-MARS, rivière des Marsouins ; RP-ST JEAN, rivière Saint Jean, RP-ROC 2 ; rivière des Roches).

La Figure 7 montre que pour les stations représentées, la richesse spécifique augmente rapidement avec la surface échantillonnée jusqu'à environ 50 à 100 m² d'échantillonnage. Ensuite, on observe un palier au dessus duquel la richesse spécifique évolue peu, jusqu'à atteindre sa valeur pour l'inventaire.

Sur la station ROC 2, on voit que lorsque l'effort de pêche est prolongé au delà de 200 m², la richesse spécifique n'évolue plus (ou très peu : gain d'une seule espèce entre 200 et 300 m², en 2001).

Ainsi, lors d'un inventaire par ambiances, il semble que la richesse du peuplement est atteinte à partir de 100 à 150 m² de surface échantillonnée. En portant l'effort d'échantillonnage à 200 m², on conforte la valeur de richesse spécifique observée.

3.1.3.3. Surface échantillonnée et densité du peuplement

Dans le cadre des pêches par ambiances. La densité du peuplement est calculé en deux étapes :

1. au **niveau du type de faciès** ; pour cela, on cumule les prises capturées dans le type de faciès (par espèce, ou global), puis on le divise par le cumul des surfaces (ambiances) échantillonnées dans le type de faciès,
2. au **niveau de la station** ; on somme les densités calculées par type de faciès, affectées du prorata de représentativité du type de faciès sur la station.

Ainsi, il est difficile de tester la surface minimale à échantillonner globalement sur la station pour garantir la valeur de densité, mais on peut réaliser ce travail à l'échelle du type de faciès, en testant l'évolution de la densité par rapport à la surface échantillonnée.

La Figure 8 de la page suivante montre l'évolution de la densité en *S. lagocephalus* estimée en fonction de la surface (nombre d'ambiances échantillonnées), sur un échantillon de quatre principaux types de faciès : Plat, Radier, Rapide et Cascades.

Les stations ont été choisies en fonction du nombre d'ambiances échantillonnées dans les différents types de faciès. Nous avons regroupé ici les types de faciès qui ont été échantillonnés par au moins 5 ambiances (sauf le faciès type Radier à MAT 1 en 2000 : 4 ambiances) et sur une surface supérieure à 60 m².

Globalement, nous voyons sur la Figure 8 que la densité en *S. lagocephalus* tend vers une valeur fixe (asymptote) lorsque l'on augmente l'effort d'échantillonnage. Cette valeur pouvant alors être considérée comme la valeur moyenne de la densité de cette espèce sur le type de faciès.

Il apparaît que lorsque l'effort d'échantillonnage dépasse 60 m², la valeur de densité n'évolue plus, ou presque. Toutefois, on peut voir des différences d'évolutions entre les différents types de faciès, et même entre les faciès d'un même type pour des stations ou des années d'inventaires différentes. Ainsi, pour certaines la courbe d'évolution est régulière et tend vers une asymptote, alors que pour d'autres l'effort d'échantillonnage n'apparaît pas suffisant pour tendre nettement vers cette valeur moyenne (courbe non asymptotique).

Ce dernier point montre la difficulté de définir une taille limite à échantillonner pour mesurer la densité du peuplement. Par exemple, la densité en *S. lagocephalus* dans les faciès de type radier sur la station ST JEAN en 2003 est évaluée à 8,42 ind. / m², alors que d'après la courbe (cf. Figure 8), la densité évolue encore en fonction de la surface échantillonnée. Au contraire, la densité en *S. lagocephalus* dans les faciès de type rapide sur la station MAT 1 en 2003 est évaluée à 1,93 ind. / m², à partir d'un effort d'échantillonnage de 134 m² (7 ambiances) alors qu'un résultat équivalent aurait été obtenu avec seulement 50,5 m² d'échantillonnage (3 ambiances).

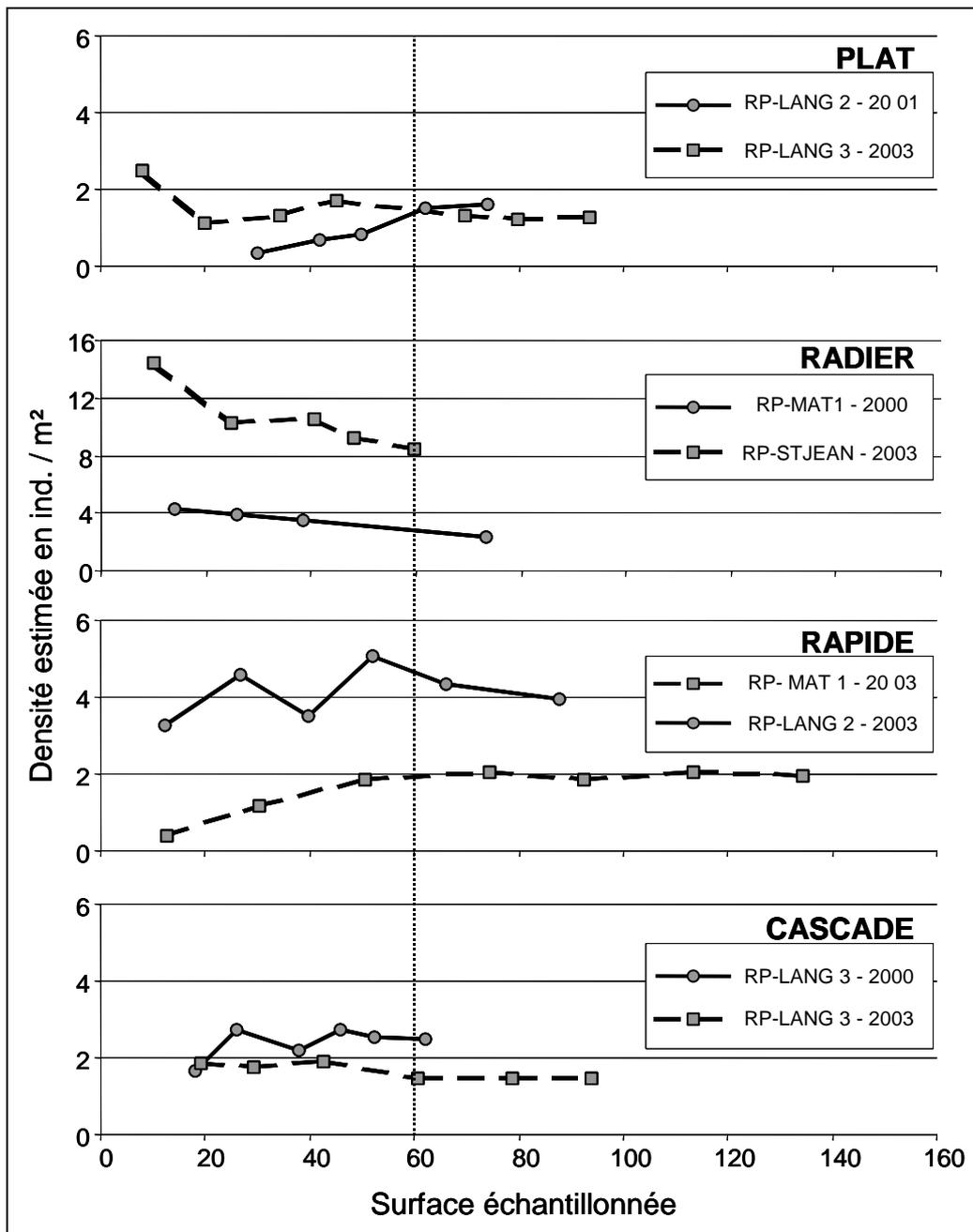


Figure 8 – Evolution de la densité de *S. lagocephalus* en fonction de la surface d’ambiances échantillonnée pour 4 principaux types de faciès.

En conclusion, il sera opportun de valider la surface minimum à échantillonner pour garantir la valeur de densité du peuplement en fonction des conditions d’écoulement (principaux types de faciès), mais aussi des espèces. Nous verrons dans la partie 3.1.1.3.4. comment mettre en place un protocole de validation dans le cadre du RP.

3.1.3.4. Propositions d'évolution et de validation complémentaire de la méthode

Comme nous venons de voir, la méthode de pêche par ambiances, tel qu'elle est appliquée dans le cadre du RP, ne répond pas entièrement aux préconisations formulées par le CEN ou dans le programme FAME, et certains points (évaluation de la densité notamment) doivent encore être validés.

3.1.3.4.1. Evolution du protocole de pêche par ambiances

A la suite du traitement des données que nous venons de réaliser, nous proposons que l'échantillonnage de pêche par ambiances soit modifié ou précisé.

Tout d'abord, **la surface échantillonnée lors d'une pêche par ambiances devra être supérieure à 200 m²**, permettant ainsi d'assurer la capture des différentes espèces présente sur la station (richesse spécifique).

Cette valeur pourrait être précisée par la suite, selon les résultats obtenus lors de la validation de la surface minimum à échantillonner dans les principaux faciès d'écoulement (cf. partie 3.1.3.4.2.).

D'un point de vue pratique, la surface de chacune des ambiances ne sera pas agrandie, mais **d'avantage d'ambiances seront prospectées**, de façon à garder la cohérence de l'unité d'échantillonnage prise en compte jusqu'à maintenant (entre 10 et 15 m²).

Ensuite, **les stations dont la longueur est actuellement inférieure à 20 fois la largeur moyenne du cours d'eau seront agrandies jusqu'à cette limite**. Dans certains cas où l'accès sur la rivière est limité, ou si des obstacles majeurs délimitent la station (embouchure, chute d'eau), la longueur de la station sera augmentée dans la limite de la zone prospectable.

Enfin, la stratégie d'échantillonnage repose en grande partie sur la description du milieu (sectorisation) et de la description des faciès d'écoulement. Hors, souvent, la description du faciès d'écoulement est en partie liée à l'interprétation de l'observateur.

Une révision de la description des faciès a été proposée par le CEMAGREF en 2002 (Malavoi & Souchon, 2002). Cette nouvelle clé de détermination s'inscrit dans un souci de mieux standardiser les approches de description des cours d'eau. Elle propose des critères de caractérisation des faciès d'écoulement plus simple et qui laissent moins de place à l'interprétation de l'observateur. **A partir de 2004, la description des faciès sur les stations du RP sera réalisée à partir de cette nouvelle clé.**

3.1.3.4.2. Validation de la surface minimale à échantillonner par type de faciès

Comme nous l'avons vu dans la partie 3.1.3.3.3., il apparaît primordial de rechercher la surface minimale à échantillonner par type de faciès, de façon à valider l'estimation de la densité du peuplement.

Dans un premier temps, nous proposons de mettre en place un protocole de travail pour essayer de mettre en évidence cette surface minimale pour les principales espèces, et pour les principaux types de faciès d'écoulement. Pour cela, sur deux ou trois stations du Réseau Piscicole, des ambiances supplémentaires à l'échantillonnage seront prospectées, dans les principaux types de faciès d'écoulement entièrement prospectable à pied ($h < 60$ cm), et décrits selon Malavoi & al, 2002 :

- **plat,**
- **plat courant,**
- **radier,**
- **rapide,**
- **cascade.**

Les ambiances seront rajoutées de façon à prospecter au moins 80 m² et 6 ambiances dans chaque type de faciès.

Vu l'effort d'échantillonnage supplémentaire nécessaire à ce travail, les types de faciès pourront être testés sur différentes stations d'inventaire, de façon à répartir la charge de travail. **Les stations seront choisies en fonction de l'importance des types de faciès : ces derniers devront couvrir au moins 1 000 m² de la station pour pouvoir placer des ambiances supplémentaires.**

A titre d'exemple le tableau suivant montre la surface de chacun des types de faciès sur les stations du RP pêchées par ambiances en 2003 :

Station	Plat	Plat courant	Radier	Rapide	Cascade	Autres	Total	Densité en SIC (ind. / 100 m ²)
RP-STDENIS	0	534	0	711	1 248	2 064	4 556	61
RP-STJEAN	1 294	0	776	0	0	1 325	3 395	327
RP-MAT 1	0	4 605	2 539	6 887	0	0	14 032	200
RP-MAT 2	0	1 211	2 404	2 402	801	623	7 442	98
RP-MAT 3	0	988	110	260	0	231	1 589	78
RP-FLJA	0	455	208	613	506	167	1 949	118
RP-ROC 1	0	2 508	630	1 105	0	9 728	13 971	114
RP-ROC 2	2 078	3 566	688	0	1 435	5 950	13 717	70
RP-MARS	1 823	675	0	4 433	0	1 350	8 280	315
RP-LANG 1	1 223	254	198	426	715	786	3 601	306
RP-LANG 2	0	634	1 165	3 208	1 689	563	7 259	398
RP-LANG 3	450	2 221	1 757	2 408	442	162	7 441	86
RP-STETIEN	0	566	2 393	1 104	433	213	4 708	460

Tableau 4 – Surface des principaux types de faciès prospectables à pied et densité en SIC (*S. lagocephalus*) sur les stations du RP prospectées en pêche par ambiances en 2003.

Le choix définitif des stations pour chaque type de faciès pourra se faire au moment de la sectorisation et selon les conditions du milieu, notamment pour les faciès les plus difficile à prospecter, comme les rapides et les cascades. Si possible, certains types de faciès seront prospectés sur plusieurs stations.

3.2. Traitements et analyses des résultats du RP

Ce paragraphe présente les résultats de l'analyse des données collectées dans le cadre du RP entre 1999 et 2003.

Un traitement statistique général des données a donc été effectué pour :

- évaluer la pertinence du RP tel qu'il a été réalisé au cours de ces 4 années et mettre évidence ses qualités et ses points faibles,
- rechercher les potentialités du jeu de données en regard des exigences liées à la mise en application de la Directive Cadre sur l'Eau,
- éventuellement proposer des modifications du plan d'échantillonnage si nécessaire.

Les calculs et la plupart des représentations graphiques ont été réalisés avec le logiciel ADE-4 (Thioulouse *et al.*, 1997)

3.2.1. Evolution saisonnière des peuplements

Dans le cadre du sous réseau de connaissances approfondies, un protocole de suivi saisonnier a été élaboré, visant à mettre en évidence les différences de densité et de composition des peuplements au cours d'une même année. Ainsi, sur chacune des six stations du sous-réseau de connaissances approfondies, 2 inventaires par an ont été réalisés, à la fin de la saison cyclonique, et à l'étiage.

Les inventaires d'étiage ont été réalisés de 2000 à 2003 (4 années), alors que les inventaires post-cyclonique ont été réalisés de 2001 à 2003 (3 années).

A partir de cette chronologie de données, nous avons comparé, bassin par bassin, l'évolution inter-annuelle et l'évolution intra-annuelle des densités des peuplements.

Pour cela, nous effectuons un test de permutation multivarié qui permet de comparer la variation inter-annuelle et la variation inter-saison du peuplement, sur chacun des bassins versants étudiés (Olivier, comm. pers.). On calcule pour chaque répartition aléatoire (10 000) des individus (résultats des inventaires) dans les groupes (saisons), l'inertie inter-classe totale. On compare alors l'inertie inter-classe totale observée à celles permutées. Si l'inertie totale inter-classe observée est supérieure aux inerties inter-classes permutées, alors l'effet saison est significatif. A l'inverse, si de nombreuses permutations ont une inertie inter-classe supérieure à l'inertie inter-classe observée, alors l'effet saison n'est pas significatif dans l'évolution des peuplements.

- Rivière des Roches

Les valeurs d'inertie inter-classe permutées sont supérieures à la valeur d'inertie inter-classe observée dans plus de 50 % des 10 000 cas simulés (cf. rapport de l'analyse, Annexe 1).

Ainsi, il apparaît nettement que sur cette rivière, les variations inter-saisonnières sont moins importantes que les variations inter-annuelles sur la densité du peuplement de poissons et de macrocrustacés.

- Rivière Langevin

Sur ce bassin, les valeurs d'inertie inter-classes permutées sont supérieures à la valeur d'inertie inter-classe observée dans plus de 66 % des 10 000 cas simulés (cf. rapport de l'analyse, Annexe 2).

Sur cette rivière encore, les variations inter-annuelles sont davantage marquées que les variations saisonnières.

En conclusion, **les variations de densités observées à la fin de la saison cyclonique ne sont pas significatives par rapport aux variations inter-annuelles, elles n'apportent pas d'information pertinente supplémentaire.**

De plus, avec trois années de recueil de données dans le cadre du RP, et à la vue de l'évolution des peuplements, il apparaît que :

- la campagne d'étiage est "suffisante" pour observer un événement majeur dans la structure du peuplement et des principales populations,
- les études de la colonisation des rivières par les juvéniles et/ou de l'ensemble du peuplement à la suite des événements cycloniques nécessite la mise en œuvre d'une méthodologie d'échantillonnage différente de celle du RP (pas de temps, effort de pêche, ...).

Suite à ces constatations, **il apparaît aujourd'hui opportun de remettre en question l'objectif de suivi saisonnier des peuplements** prévus dans le cadre du sous réseau de connaissances approfondies, **au profit d'autres objectifs de caractérisation des milieux ou des peuplements** (suivi longitudinal, caractérisation des zones d'embouchure, ...).

3.2.2. Analyse de la structure des peuplements

La structure des peuplements a été analysée de manière synthétique à **l'échelle de la Réunion** afin de rechercher une éventuelle **typologie** liée à la composition faunistique des peuplements et à l'abondance des différentes espèces dans les stations pêchées.

Une analyse de la variabilité temporelle et spatiale (lorsque plusieurs stations ont été échantillonnées sur la même rivière) **intra-rivières** a été réalisée.

Du point de vue numérique le peuplement est très largement dominé par les deux espèces de bouche-rondes *Sicyopterus lagocephalus* (71% des effectifs capturés) et *Cotylopus acutipennis* (14% des poissons échantillonnés). L'abondance relative des autres espèces est inférieure à 4%. (Figure 9, p. 26)

La fréquence d'occurrence des espèces dans les pêches donne une image différente des résultats (Figure 10, p. 27). Elle reflète en effet la fréquence de capture des espèces dans les pêches en faisant abstraction du nombre d'individus capturés. Cette information permet entre autre d'identifier plus précisément les espèces rares. La figure permet ainsi de révéler la présence dans les pêches d'un certain nombre d'espèces dont la fréquence d'occurrence dépasse 10% : *Anguilla marmorata* (85%) , *Awaous nigripinnis* (51%), *Eleotris fusca* (41%), (35%), *Anguilla mossambica* (35%), *Poecilia (Lebistes) reticula* (33%), *Eleotris mauritiana* (27%), *Xiphophorus hellerii* (26%), *Kuhlia rupestris* (25%), *Anguilla bicolor bicolor* (19%), *Agonostomus telfairii* (19%), *Oreochromis sp.* (11%).

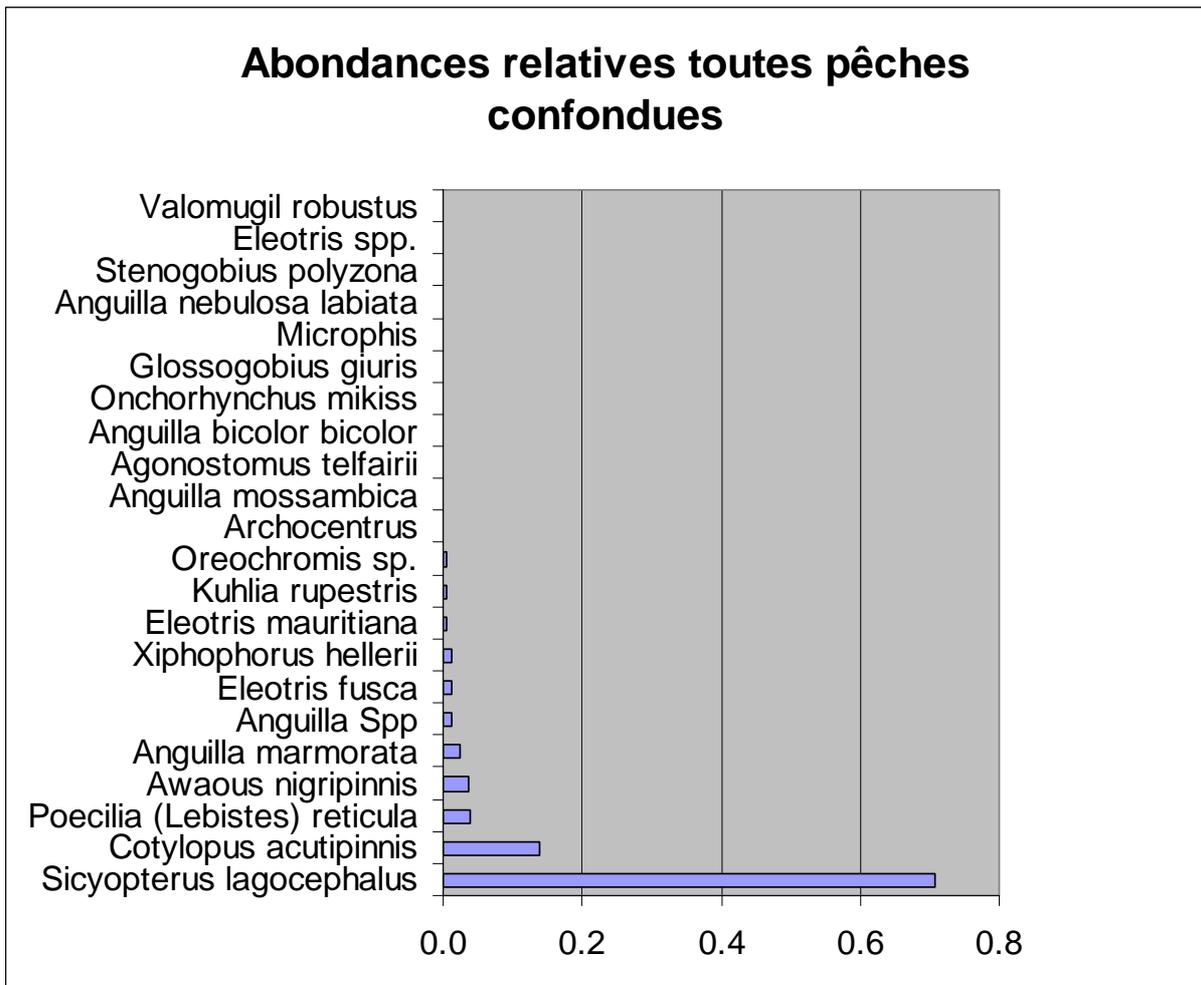


Figure 9 – Abondances relatives des espèces échantillonnées dans le cadre du RP de 1999 à 2003 (toutes dates et toutes stations confondues).

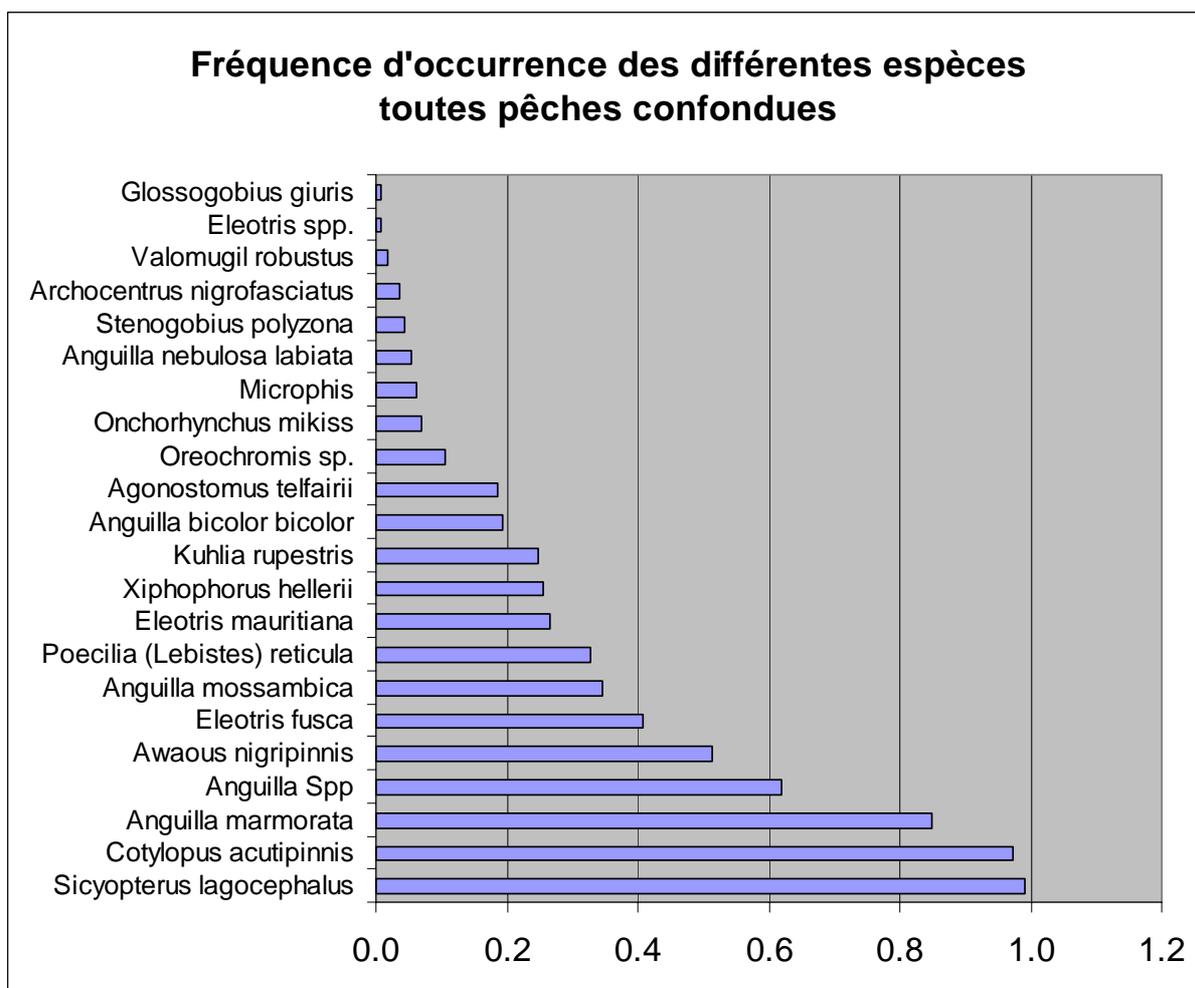


Figure 10 – fréquences d'occurrence des espèces échantillonnées dans le cadre du RP de 1999 à 2003 (toutes dates et toutes stations confondues).

Les typologies spatiales et temporelles des peuplements ont été réalisées à l'aide d'analyses en composantes principales centrée par colonne (ACP).

Le tableau initial comporte les densités par espèce calculées pour une surface de 100 m², l'analyse porte uniquement sur les données collectées en période d'étiage et seules 16 espèces ont été conservées pour l'analyse.

Ce tableau (88 lignes (pêches), 16 colonnes (espèces)) a préalablement été transformé et l'analyse a été effectuée sur les Log(effectifs +1) afin de limiter l'effet de la taille des échantillons comportant un très grand nombre d'individus (grégarité des poissons).

Les espèces conservées sont les suivantes :

NOM	Code
<i>Anguilla bicolor bicolor</i>	ABI
<i>Agonostomus telfairii</i>	AGO
<i>Anguilla marmorata</i>	AMA
<i>Anguilla mossambica</i>	AMO
<i>Anguilla nebulosa labiata</i>	ANE
<i>Awaous nigripinnis</i>	AWA
<i>Cotylopus acutipinnis</i>	COA
<i>Eleotris fusca</i>	ELF
<i>Eleotris mauritiana</i>	ELM
<i>Poecilia (Lebistes) reticula</i>	GUP
<i>Kuhlia rupestris</i>	KUL
<i>Microphis brachimillepunctus</i>	MIC
<i>Sicyopterus lagocephalus</i>	SIC
<i>Stenogobius polyzona</i>	STE
<i>Oreochromis sp.</i>	TIL
<i>Xiphophorus helleirii</i>	XIP

Tableau 5 – Code des principales espèces de poissons échantillonnées dans le cadre du RP de 2000 à 2003.

Afin de ne présenter ici que les conclusions les plus pertinentes, nous avons délibérément choisi de présenter les résultats des ACP inter-rivières et intra-rivières (Dolédec & Chessel, 1987, 1989).

La variance inter-rivières représente 60% de la variance totale liée à l'effet rivière (la variance intra-rivière représente donc 40% de l'inertie du tableau de données) et "l'effet rivière" est significatif, ce qui signifie que les différences inter-rivières sont statistiquement significatives.

3.2.3. Typologie des 12 rivières

Afin de maximiser la variabilité entre les rivières, une ACP inter-rivières a été réalisée sur le tableau. Cette méthode permet de positionner dans un plan factoriel les rivières à la moyenne des relevés (couples date-station = pêche) effectués dans cette rivière, et ce en fonction du contenu faunistique (abondances des différentes espèces) de chaque pêche. Les relevés (carrés noirs sur le graphique) sont placés à la moyenne des espèces présentes dans ces pêches.

Les deux premiers axes de l'analyse décrivent 72% de la variabilité du jeu de données.

Le plan factoriel F1 x F2 (F1 = 1^{er} facteur de l'ACP, F2 = 2^{ème} facteur de l'ACP) montre la position moyenne des rivières ainsi que la variabilité intra-rivières (Figure 11).

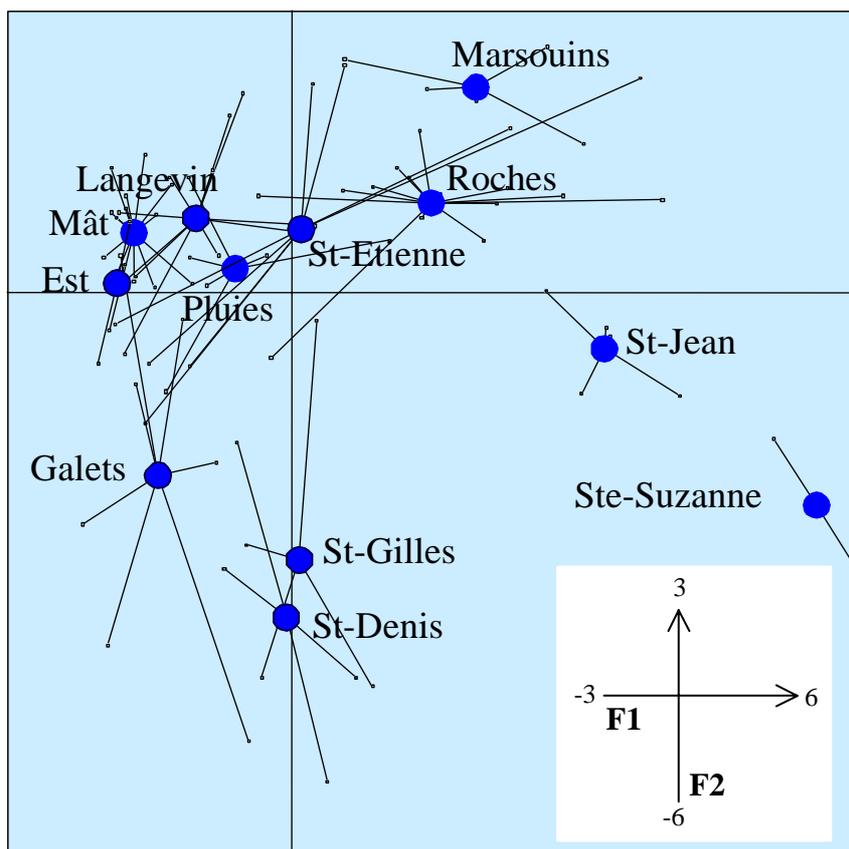


Figure 11 – Carte factorielle (plan F1 x F2 de l'ACP inter-rivières) des pêches 1999 à 2003 (cercles = position moyenne des rivières, carrés = position des différentes pêches).

La position des rivières dans le plan dépend à la fois de la **position géographique** des rivières, de la **position des stations sur le profil longitudinal** des rivières et **des types d'habitats** rencontrés dans les stations de pêche. Ainsi les regroupements de stations observés sur le graphique doivent s'interpréter en fonction de la position des espèces dans le plan factoriel F1 x F2 (Figure 12).

L'axe 1 ordonne les rivières en fonction de la densité moyenne de poissons et de la richesse spécifique, la Rivière Saint-Jean et la Rivière Sainte-Suzanne apparaissent donc comme les cours d'eau renfermant le plus d'espèces et les densités moyennes les plus fortes (respectivement 13 et 15 espèces et 22 et 25 ind/100m²), les rivières de l'Est, du Mât, des Galets, Langevin et des Pluies sont les rivières possédant les richesses spécifiques les plus faibles (de 4 à 8 espèces) et les densités moyennes les moins élevées (de 6 à 11 ind/100m²). La Figure 13 montre l'ordination des rivières et des espèces sur l'axe 1 de l'ACP, et les densités moyennes observées (effectifs en Log(x+1)), la richesse spécifique de chaque rivière et la densité moyenne toutes espèces confondues. L'effet décrit par cet axe est principalement dû aux espèces suivantes : *Xiphophorus hellerii*, *Eleotris mauritiana*, *Anguilla marmorata*, *Eleotris fusca*, *Awaous nigripinnis*.

L'axe 2 oppose les rivières Saint-Denis et Saint-Gilles et dans une moindre mesure la rivière Sainte-Suzanne aux autres cours d'eau en raison de la forte proportion de guppys (*Poecilia reticulata*) et/ou de porte-épée (*Xiphophorus hellerii*).

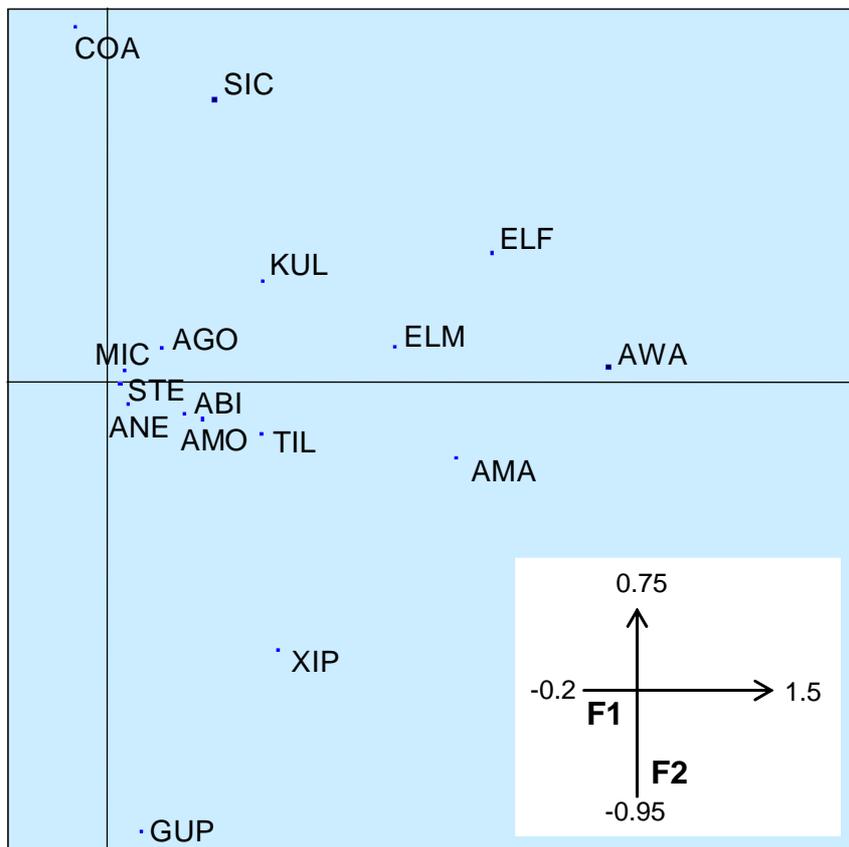


Figure 12 – Carte factorielle (plan F1 x F2 de l'ACP inter-rivières) des espèces.

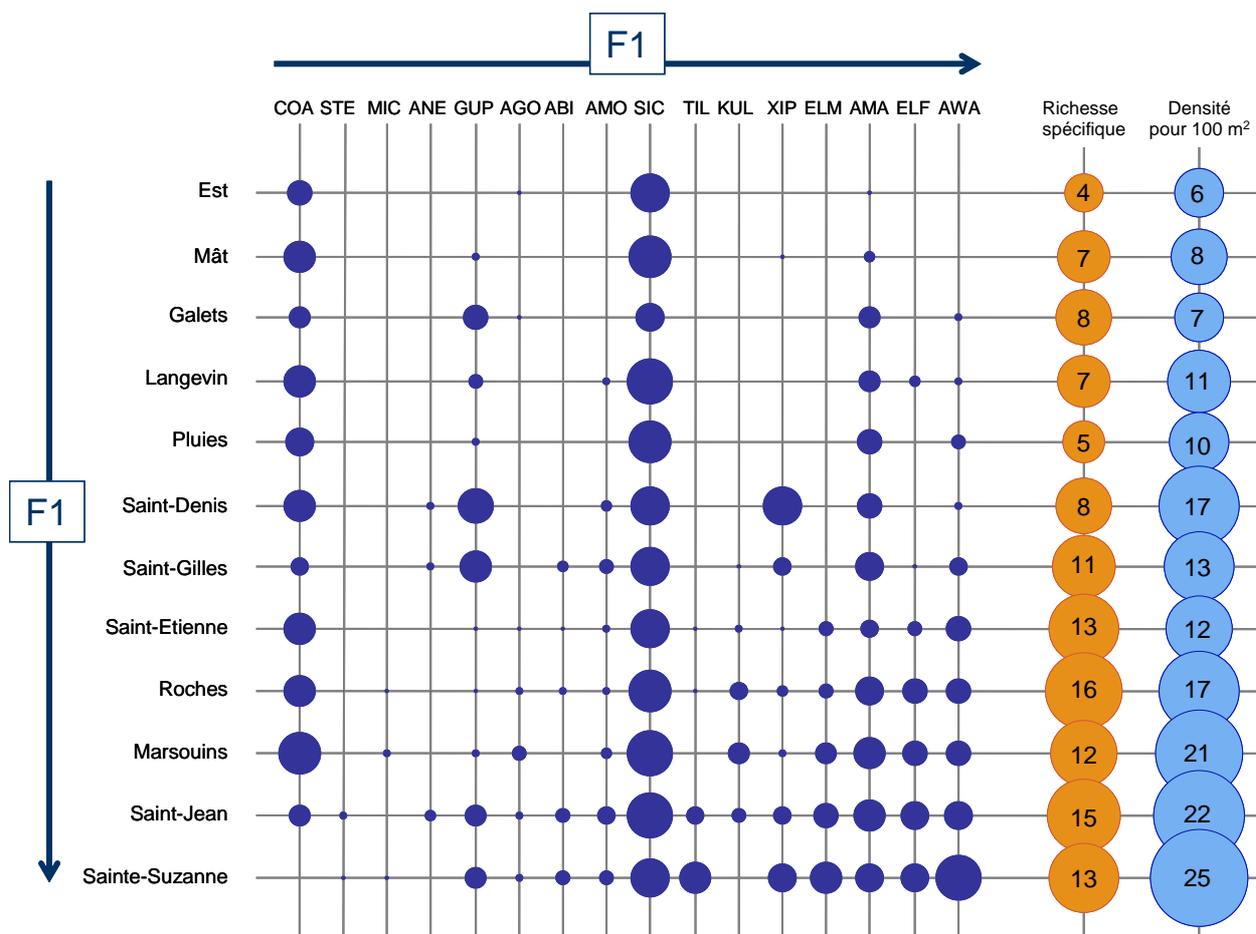


Figure 13 – Représentation graphique du tableau de données : les lignes (rivières) et les colonnes (espèces) sont ordonnées selon les valeurs des coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP inter-rivières, les deux dernières colonnes présentent la richesse spécifique de chaque rivière et la densité moyenne pour 100m² échantillonnés.

3.2.4. Structure spatio-temporelle intra-rivière

La structure propre à chaque rivière (gradient longitudinal variabilité inter-annuelle) a été mise en évidence par une ACP intra-rivière.

La Figure 14 montre la distribution des coordonnées factorielles sur le premier axe de l'analyse (axes des ordonnées) en fonction de la distance à la mer pour chacune des 12 rivières. Le premier axe de l'ACP prend en compte 36% de l'inertie.

Les coordonnées factorielles des stations de pêche sur l'axe 1 de l'ACP sont corrélées significativement à la densité de poissons mesurée et à la richesse spécifique (Figure 15 et Figure 16)

L'analyse met en évidence une variabilité inter-annuelle relativement réduite au niveau de la plupart des stations. Les variations observées sur les rivières des Pluies en 2003, des Roches (RP-BPAN) en 2001 et des Galets (RP-GAL2) en 2002 sont dues à des événements circonstanciels observés et décrits dans la cadre du RP : travaux dans le lit de la rivière, disfonctionnement d'un dispositif de franchissement des poissons (ARDA 2002, 2003 et 2004)

L'effet le plus marqué est un **effet longitudinal avec des densités et des richesses spécifiques qui augmentent de manière systématique lorsqu'on se rapproche des embouchures**. L'analyse souligne également une faiblesse du plan d'échantillonnage due à la position géographique des stations le long du profil en long des rivières. **Le fait que les stations n'aient pas été distribuées de manière régulière et identique d'une rivière à l'autre ne permet pas de dégager des structures longitudinales générales et/ou de comparer les profils fauniques amont-aval d'une rivière à l'autre**. De plus la très forte hétérogénéité des milieux et des cours d'eau ne permet pas d'agréger l'ensemble des données pour définir une structure longitudinale moyenne commune à toutes les rivières de l'île.

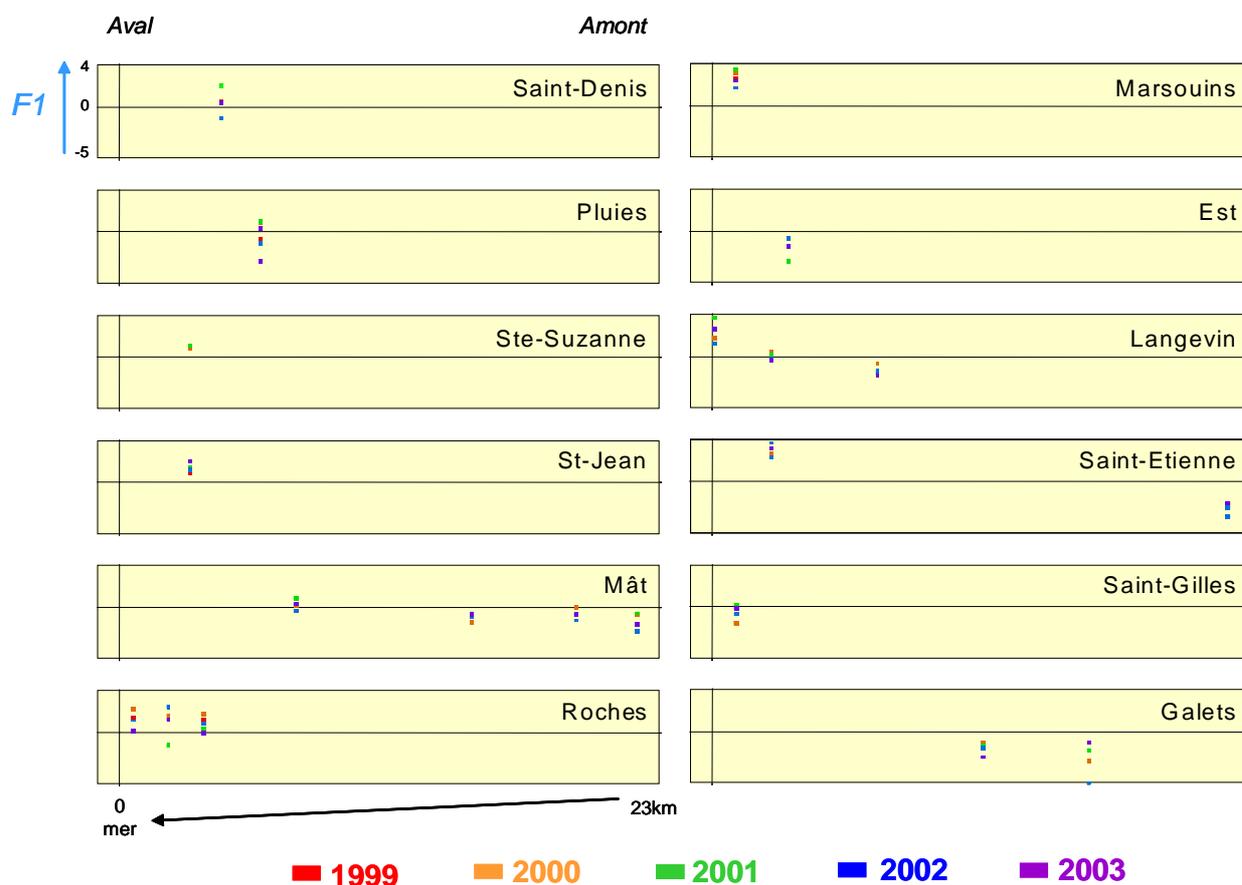


Figure 14 – Coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP intra-rivières des pêches réalisées dans chaque station. Les stations sont positionnées en fonction de leur distance à la mer afin de mettre en évidence les gradients amont-aval.

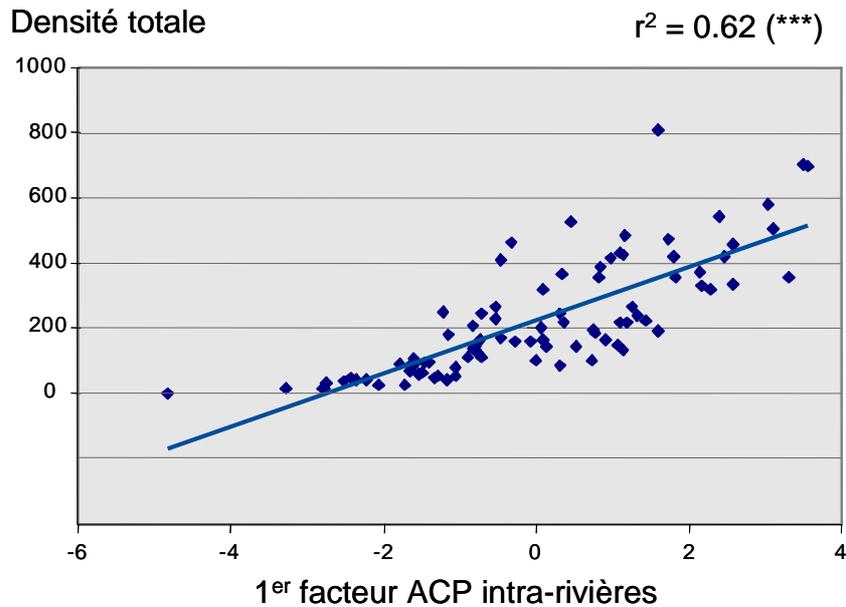


Figure 15 – Corrélation entre les coordonnées factorielles des pêches sur le premier axe de l'ACP intra-rivières et la densité totale de poissons par pêche.

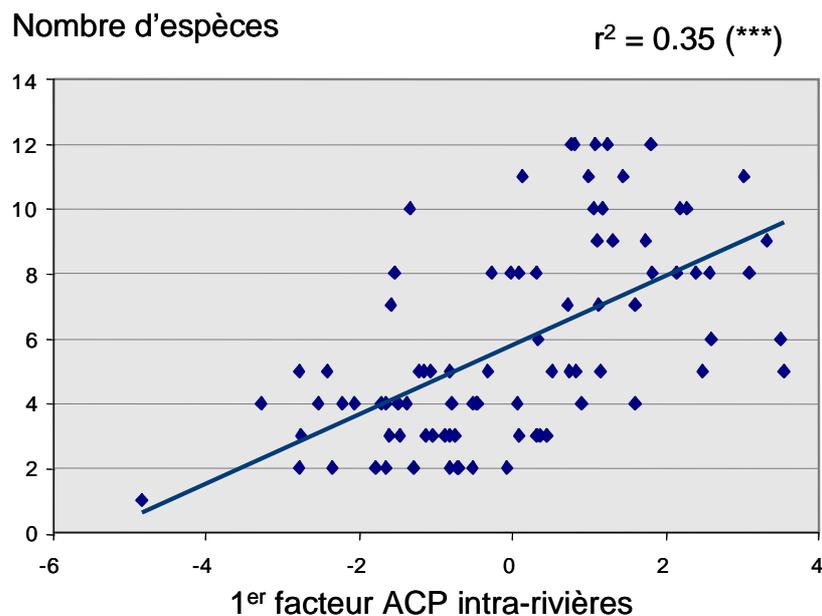


Figure 16 – Corrélation entre les coordonnées factorielles des pêches sur le premier axe de l'ACP intra-rivières et la richesse spécifique par pêche.

De la même manière l'analyse ordonne les espèces en fonction de leur abondance dans les pêches et de leur occurrence (Figure 17) soulignant l'importance des deux espèces de bouches rondes. On notera que les espèces possédant les coordonnées positives les plus élevées sont parmi les espèces (indigènes) signalées comme étant caractéristiques du peuplement de poissons (ARDA, 2004, p.32) : *Awaous nigripinnis*, *Eleotris fusca* et *Eleotris mauritiana*. Ces résultats montrent à nouveau l'importance des 2 espèces de bouches rondes et de l'anguille marbrée, dont la répartition longitudinale peut atteindre le cours supérieur des cours d'eau, mais aussi celle des espèces caractéristiques des zones aval des rivières (aval de la rivière Sainte-Suzanne par exemple).

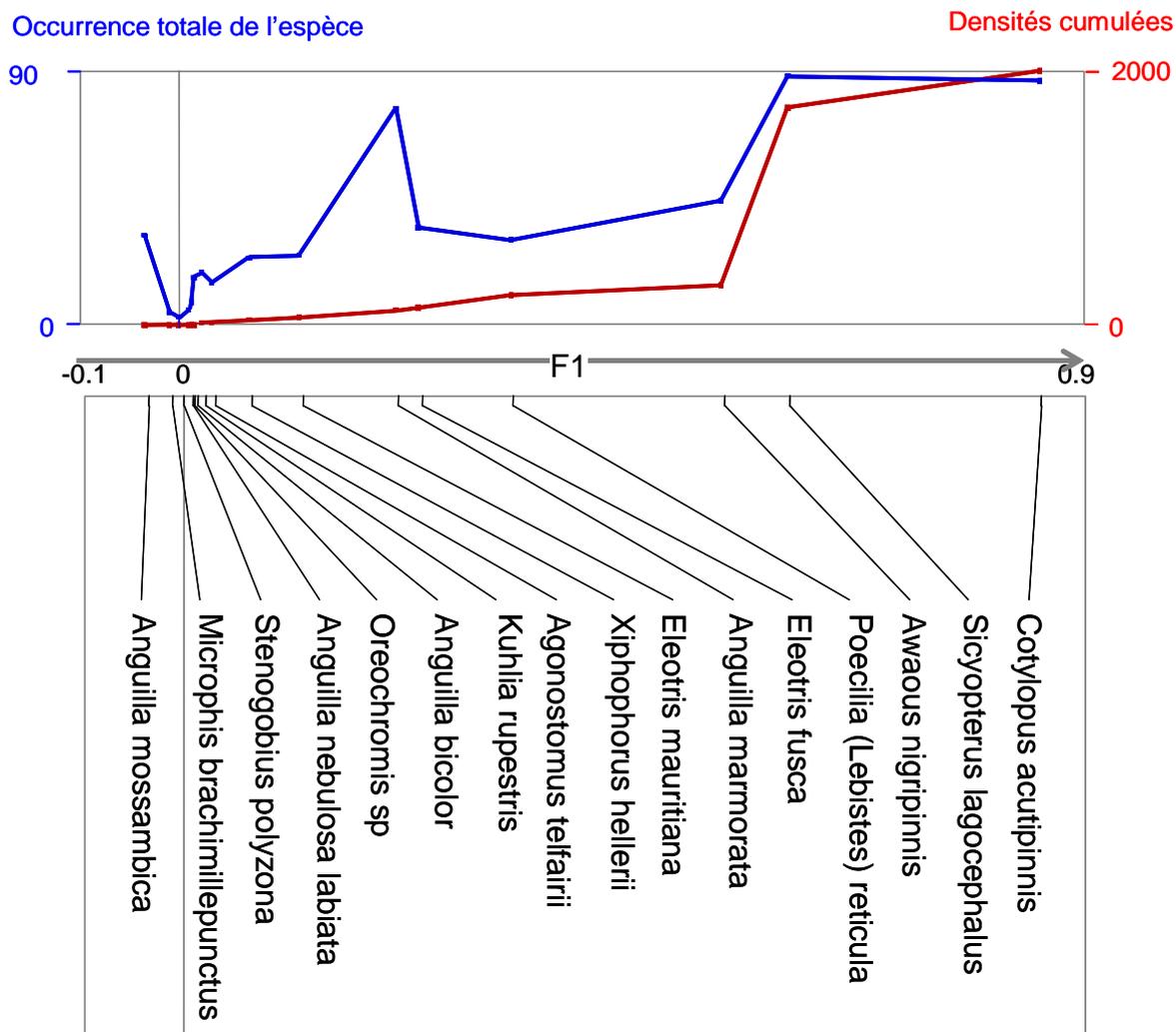


Figure 17 – Ordination des espèces en fonction de leurs coordonnées factorielles sur le premier axe de l'ACP intra-rivières, occurrence et abondance cumulées des espèces.

3.2.5. Distribution longitudinale de *Sicyopterus lagocephalus*

Cette espèce est présente sur la quasi-totalité des stations du RP avec des densités moyennes relativement importantes par rapport aux autres espèces (Figure 9, p. 26). Les caractéristiques du cycle vital de cette espèce et en particulier le fait que les juvéniles colonisent les cours d'eau après leur séjour en mer pourraient se traduire par l'existence d'une structure longitudinale de la population avec des densités décroissantes de l'aval vers l'amont. Dans ce cas, une altération des qualités hydro-morphologiques des cours d'eau (obstacles à la migration, assèchement...) se traduirait par une modification des densités de poissons en amont des biefs altérés.

Dans ce contexte, et sous réserve que la structure longitudinale de la population soit connue, la **densité de *Sicyopterus lagocephalus*** en un point du cours d'eau, pondérée par le nombre et la nature des obstacles à la migration, **pourrait constituer un indicateur de choix pour estimer la qualité hydro-morphologique** des cours d'eau.

3.2.5.1. Méthodologie

Pour aborder cette question à l'aide des données disponibles, nous avons réalisé une analyse de la distribution spatiale des *Sicyopterus lagocephalus* en prenant en compte la taille des individus.

L'analyse a été conduite en deux étapes:

1. une analyse factorielle des correspondances a été réalisée sur le tableau comportant 86 pêches effectuées en étiage et 23 classes de tailles de 5 mm (entre 18 et 149 mm), le tableau renferme les densités de poissons par m². Cette analyse a pour objectif de réduire le nombre de classes de tailles à prendre en compte en regroupant les poissons par groupes d'individus échantillonnés ensemble (au même endroit et à la même date) en fonction de leur taille (Persat et Chessel, 1989),
2. une analyse en composantes principales a ensuite été effectuée sur le tableau comportant les densités de *Sicyopterus lagocephalus* afin de mettre en évidence les patterns de distribution des individus (spatiaux et temporels) en fonction de la densité observée.

3.2.5.2. Résultats

L'interprétation des trois premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances sur les classes de tailles de 5 mm a permis de mettre en évidence l'existence de 5 classes de tailles : 18-34 mm, 35-64 mm, 65-94 mm, 95-119 mm et 120-149 mm (Figure 18).

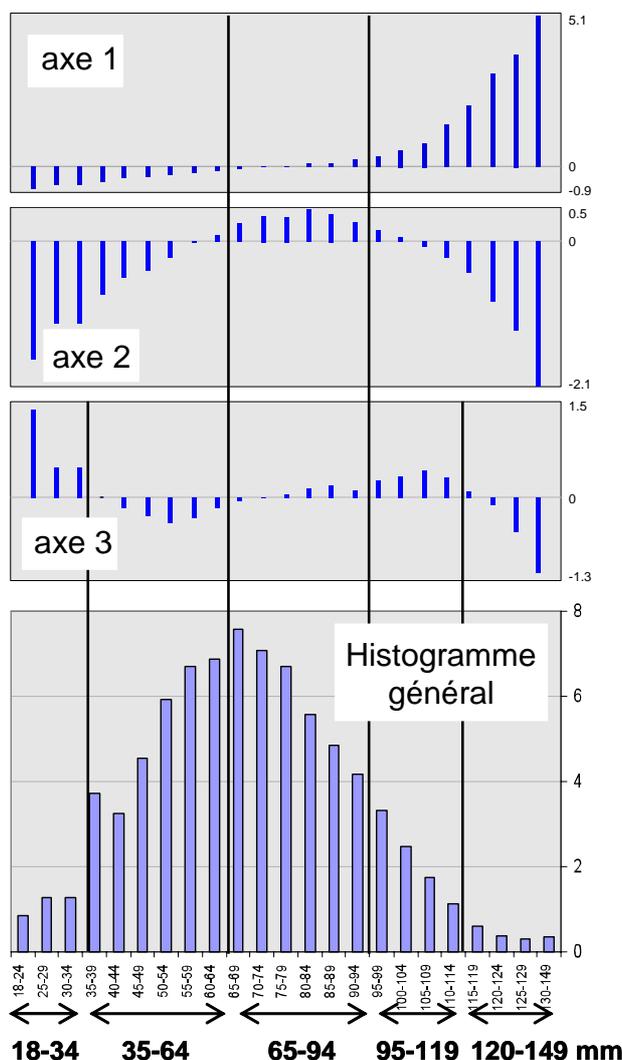


Figure 18 – Déploiement des 3 premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances du tableau 86 pêches x 23 classes de tailles de 5 mm des *Sicyopterus lagocephalus* et représentation des classes sur l'histogramme général de la distribution des tailles toutes pêches confondues (période d'été uniquement).

Le tableau initial a donc été réorganisé pour ne comporter que 5 colonnes correspondant aux 5 classes de tailles sélectionnées. Les densités de *Sicyopterus lagocephalus* correspondant à ces nouvelles classes de tailles ont donc été recalculées pour chacune des pêches.

L'étude de la variabilité spatio-temporelle des densités de *S. lagocephalus* (pour chacune des 5 classes conservées) a été réalisée à l'aide d'ACP inter et intra années :

- l'ACP inter-années a pour objectif de mettre en évidence l'existence (ou non) d'une **variabilité importante des densités** de *S. lagocephalus* **entre 1999 et 2003**,
- l'ACP intra-années a pour but d'analyser la variabilité **inter-stationnelle** au sein de chaque année, c'est-à-dire la contribution de chacune des stations à la valeur de densité observée au niveau de l'île de la Réunion. Cette analyse est complémentaire de la précédente.

L'inertie inter-années représente 1.8% de l'inertie totale et le test de "l'effet année" n'est pas significatif, il n'existe donc pas de différence statistiquement significative de densités (pour les 5 classes de taille) entre les 4 années (Figure 19, p 38).

L'inertie intra-années représente 98.2% de l'inertie totale, ce qui signifie que la variabilité, pour chaque année étudiée est essentiellement due à des différences de densités entre les stations. Les deux premiers axes de l'analyse prennent en compte 95% de l'inertie.

Ces deux axes peuvent s'interpréter comme suit :

- l'axe 1 est fortement corrélé à la densité de bouches-rondes dont la taille est comprise entre 35 et 95 mm (2^{ème} et 3^{ème} classes de tailles) qui correspondent à la majorité des poissons échantillonnés (Figure 20, p. 39) ;
- l'axe 2 oppose les poissons de taille comprise entre 18 et 64 mm et les poissons de taille supérieure, entre 65 et 119 mm (Figure 21, p. 40).

La Figure 22 et la Figure 23 (pp. 41 et 42) permettent une lecture rapide de la structure spatiale et temporelle des différents groupes d'individus en fonction de leur taille, chaque ligne du tableau correspondant à une station échantillonnée. Sur ces figures les coordonnées factorielles sur les axes 1 et 2 de l'analyse sont représentées par des cercles et des carrés dont la taille est proportionnelle à la valeur absolue de la coordonnée factorielle.

Ainsi les cercles rouges sur la Figure 22 représentent des coordonnées positives sur F1, corrélées positivement avec la densité de SIC de taille comprise entre 35 et 95 mm, les carrés bleus correspondent à des valeurs négatives (inversement proportionnelles à la densité de SIC de taille 35-95 mm). Cette figure met en évidence les stations et les années pour lesquelles les densités observées (poissons entre 35 et 95 mm) sont les plus importantes (Rivière Saint-Jean, Mât1, Roches1, Marsouins, Langevin 1 & 2 et dans une moindre mesure Langevin3, Rivière Saint Etienne en 2003) et inversement, les situations dans lesquelles les captures sont relativement faibles (Rivière Saint-Denis, Rivière des Pluies – excepté en 1999 – Rivière Sainte-Suzanne, Mât2, Mât3 en 2002 et 2003, Ilet Fleurs Jaunes, Bras-Panon, Rivière de l'Est, Rivière Saint-Etienne en 2000, 2001, 2002, Grand-Bassin, Saint-Gilles, Rivière des Galets).

Sur la Figure 23, les cercles rouges représentent des coordonnées positives sur F2, corrélées positivement avec une forte proportion de petits individus (taille comprise entre 18 et 64 mm), et les carrés bleus correspondent à des coordonnées négatives, corrélées avec une forte proportion d'individus de grande taille (65-119 mm). **Cette figure permet la mise en évidence, lorsque c'est possible, d'un gradient longitudinal de la population en fonction de la taille des poissons.** Ce phénomène est particulièrement marqué sur la **Rivière Langevin**, avec des petits individus majoritairement capturés au niveau de la première station, il est également visible sur la Rivière des Roches et sur la Rivière du Mât avec dans ce cas un effet différent dû au fait que la première station d'échantillonnage se situe relativement loin de l'embouchure.

Les données brutes (densités pour chacune des 5 classes de tailles) sont présentées en Annexe 3.

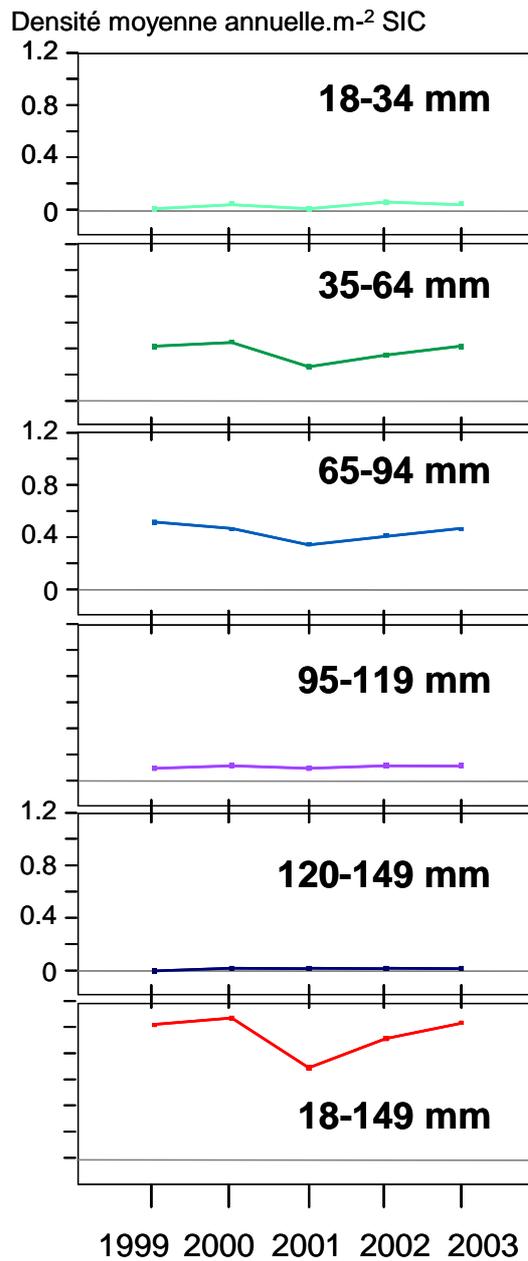


Figure 19 - Variabilité inter-annuelle (entre 1999 et 2003) de la densité de *Sicyopterus lagocephalus* pour les 5 classes de tailles retenues et pour l'ensemble des poissons échantillonnés (période d'été uniquement).

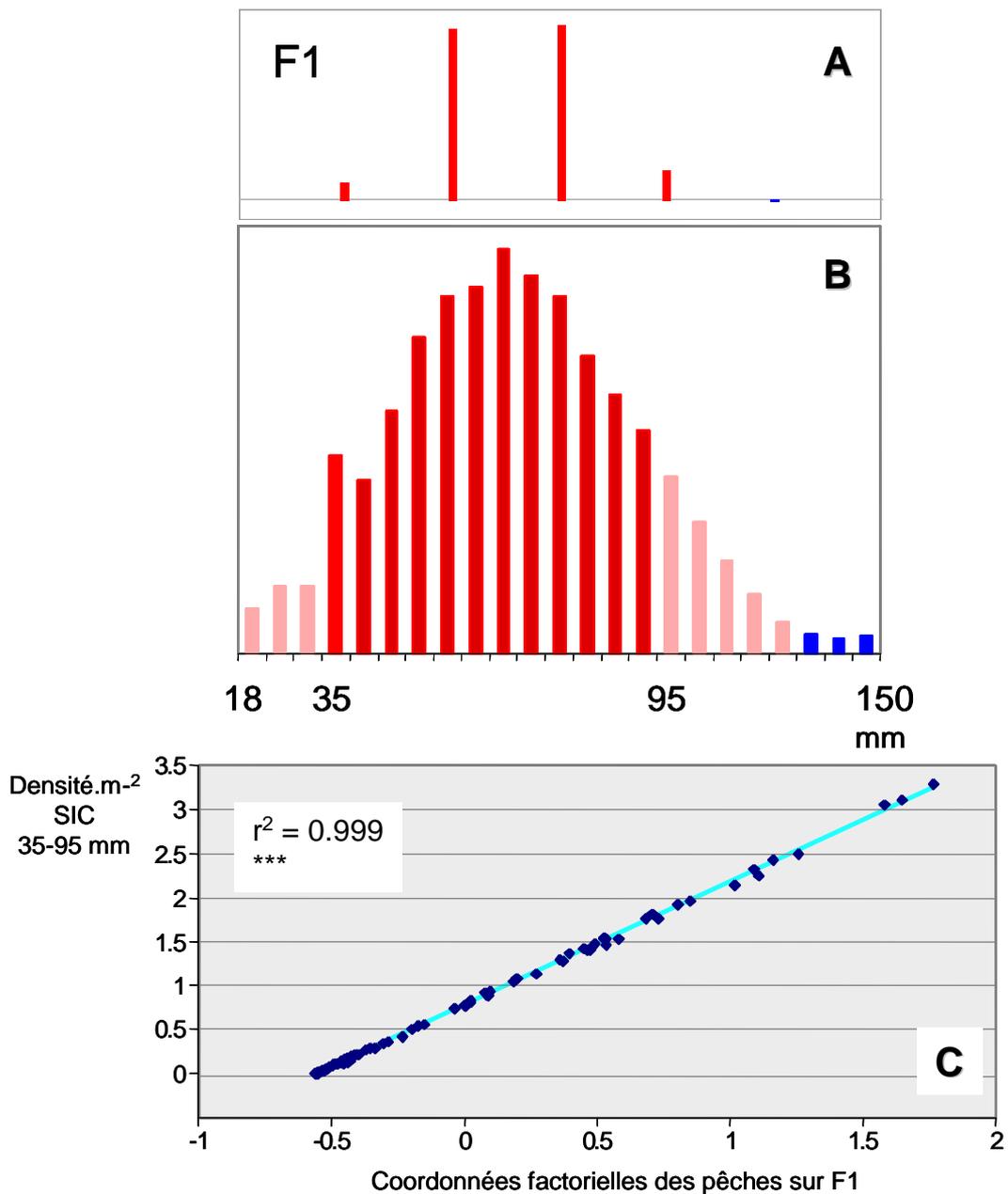


Figure 20 – Interprétation du premier axe de l’analyse en composantes principales intra-années : A : coordonnées factorielles des 5 classes de tailles de *Sicyopterus lagocephalus*, B : histogramme général de la distribution des tailles toutes pêches confondues (période d’étéage uniquement), C : corrélation entre la densité de *Sicyopterus lagocephalus* et les coordonnées factorielles des pêches sur le premier axe de l’ACP intra-années.

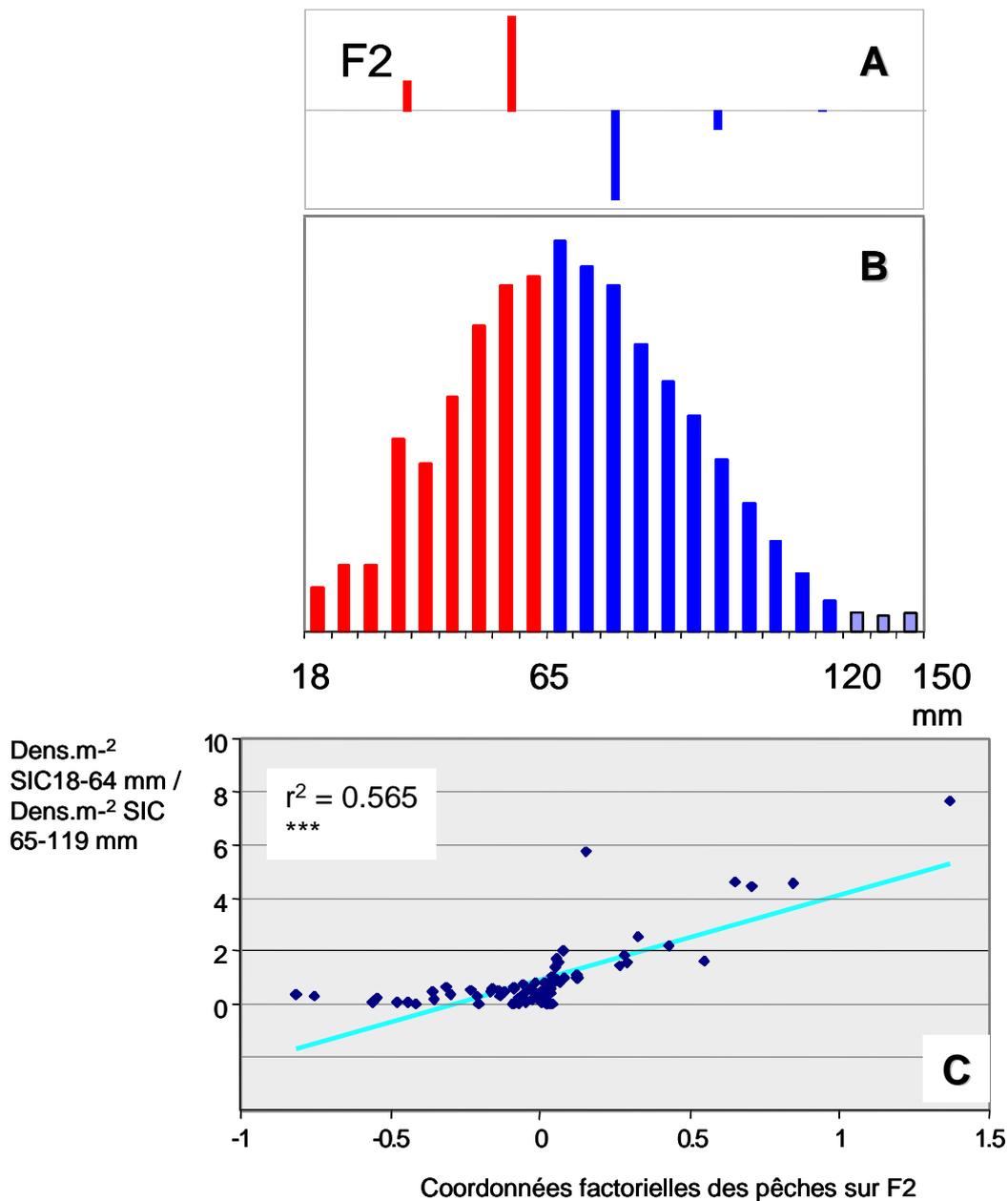


Figure 21 – Interprétation du deuxième axe de l’analyse en composantes principales intra-années : A : coordonnées factorielles des 5 classes de tailles de *Sicyopterus lagocephalus*, B : histogramme général de la distribution des tailles toutes pêches confondues (période d’étiage uniquement), C : corrélation entre le rapport de la densité de *Sicyopterus lagocephalus* de taille 18-64 mm sur la densité de *Sicyopterus lagocephalus* de taille 65-119 mm et les coordonnées factorielles des pêches sur le deuxième axe de l’ACP intra-années.

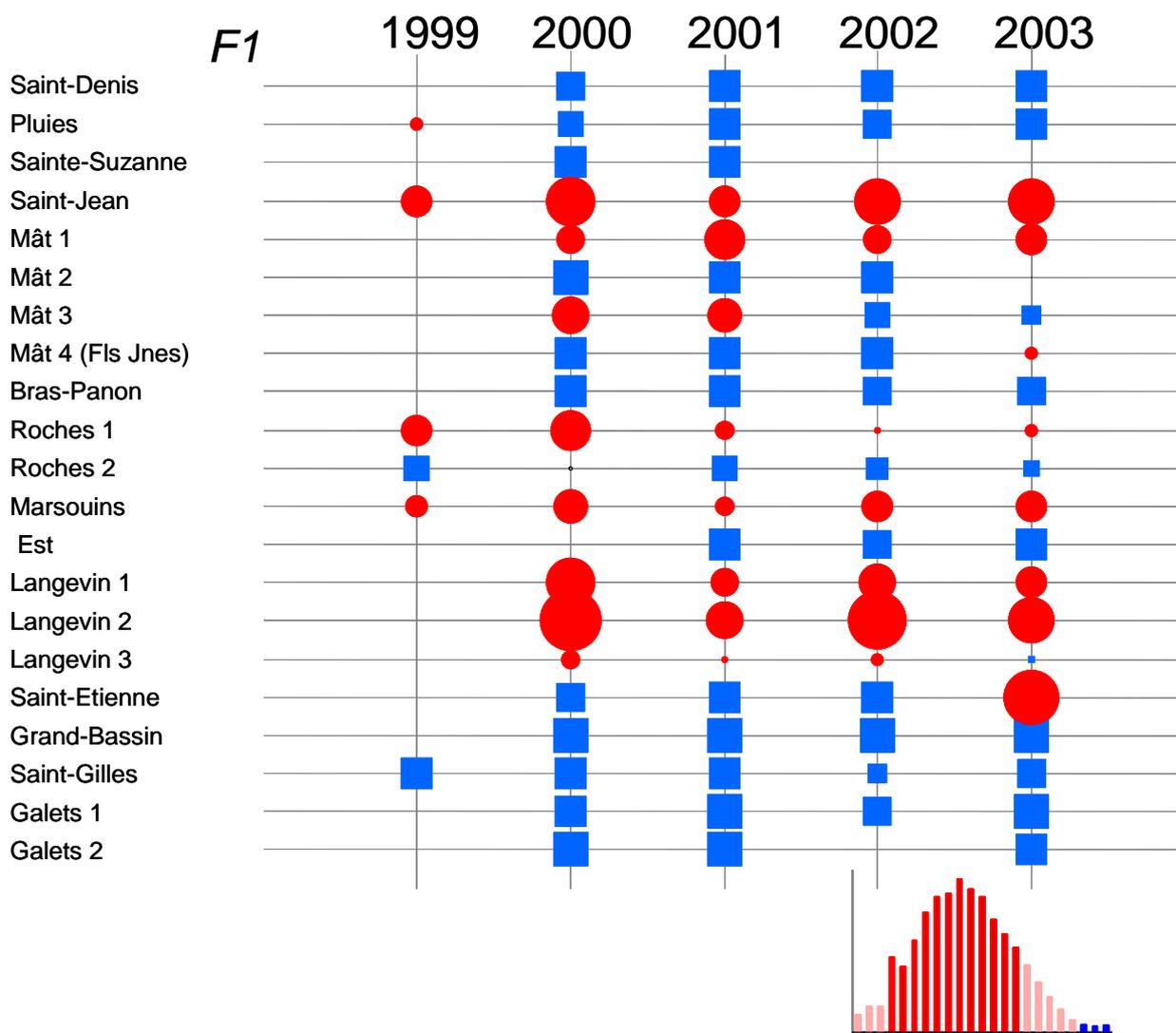


Figure 22 – Représentation graphique des coordonnées factorielles des pêches sur le premier axe de l’analyse en composantes principales intra-années ; cercles rouges = coordonnées positives sur F1, carrés bleus = valeurs négatives.

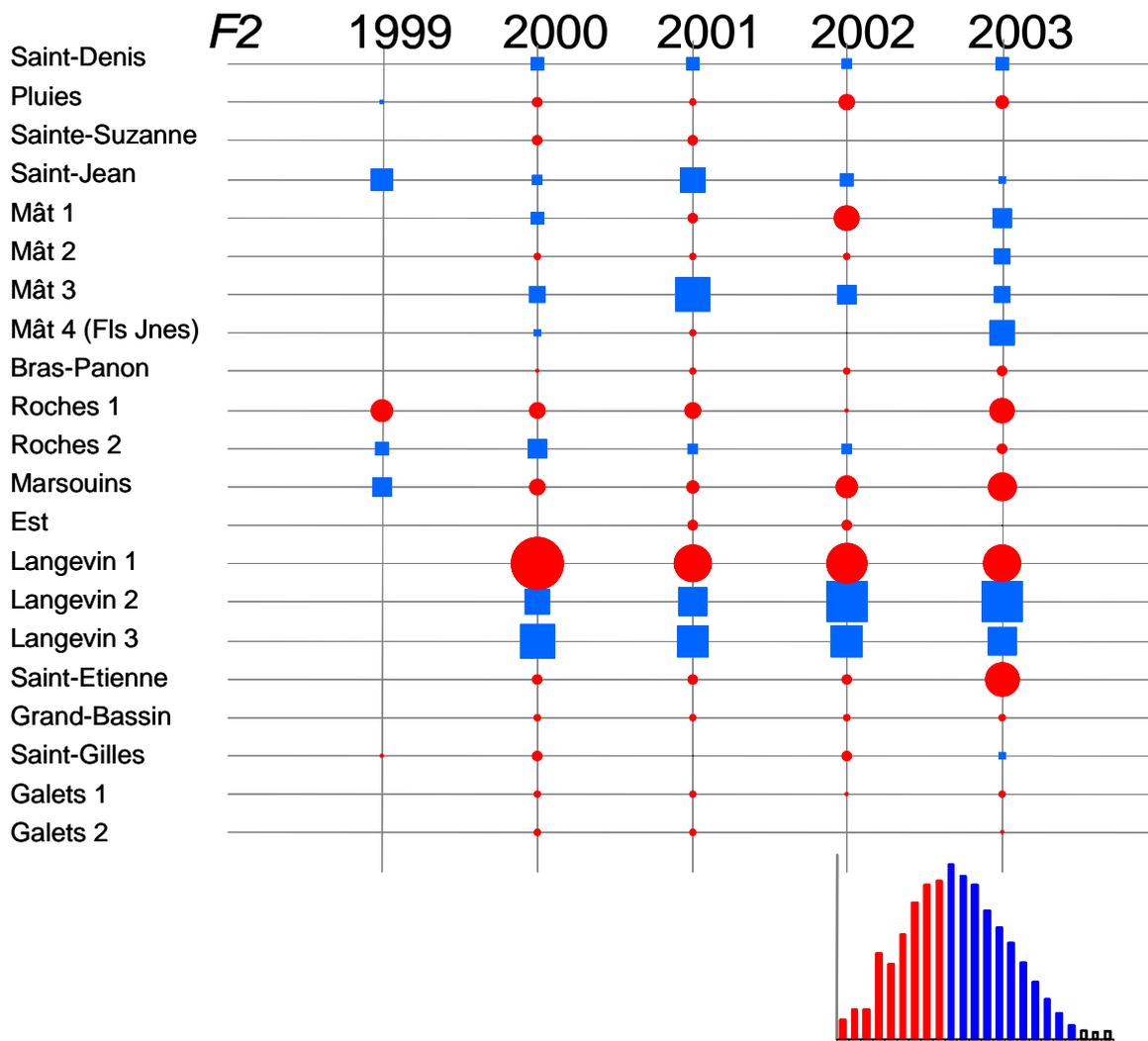


Figure 23 – Représentation graphique des coordonnées factorielles des pêches sur le deuxième axe de l'analyse en composantes principales intra-années ; cercles rouges = coordonnées positives sur F2 (corrélées positivement avec une forte proportion de petits individus (18 - 64 mm)) ; carrés bleus = coordonnées négatives (corrélées avec une forte proportion d'individus de grande taille (65 - 119 mm)).

En conclusion, l'étude de la structure spatio-temporelle de **la population de *S. lagocephalus*** entre 1999 et 2003 montre que cette population, en raison de ses caractéristiques biologiques et écologiques et de sa bonne capturabilité par pêche électrique, **pourrait probablement être utilisée comme indicateur de la qualité hydromorphologique des cours d'eau.**

En effet, bien que le nombre de cas de figures où il est possible de mettre en évidence une structuration longitudinale de la population en fonction de la taille des poissons soit restreint (contraintes du plan d'échantillonnage), il semble que cette voie puisse être envisagée. **Une étude plus poussée de cette perspective nécessiterait un test sur plusieurs rivières** (mise en évidence d'une structure longitudinale de référence par type de rivière).

3.3. Proposition d'évolution du plan d'échantillonnage du Réseau Piscicole

Le Réseau Piscicole de La Réunion, comme il a été initié en 2000, est composé de trois sous-réseaux :

1. le réseau de veille écologique,
2. le réseau de connaissances approfondies,
3. le réseau de suivi "allégé" de l'impact des grands aménagements,

Les sous-réseau de veille écologique est réparti sur 12 des 13 rivières pérennes de l'île, son objectif principal est de suivre l'évolution des peuplements, à moyen et long terme. Il est important que les stations de ce sous-réseau soient suivies de façon continue et identique sur une relativement longue période, avant de pouvoir mettre en évidence une évolution générale des peuplements de poissons et de macrocrustacés.

Le sous-réseaux 3 est lié aux aménagements suivis. Depuis 2000, les aménagements du Projet d'Irrigation du Littoral Ouest font l'objet de ce suivi.

Le sous-réseau de connaissances approfondies a débuté lors de la campagne d'inventaires de 2000, il avait alors pour objectif de suivre, au travers de deux bassins versants :

- l'évolution saisonnière des peuplements entre la fin de la saison cyclonique et l'étiage,
- la structuration longitudinale des peuplements.

L'analyse des résultats des inventaires menés sur les deux bassins versants suivis dans le cadre de ce réseau depuis 2000 montre que :

- le suivi saisonnier des peuplements n'est pas pertinent dans le cadre d'un suivi inter-annuel des peuplements,
- la caractérisation de la structure longitudinale des peuplements ne peut être étudiée à partir de 2 bassins seulement, échantillonnés en 3 points.

Ainsi, **nous proposons que le plan d'échantillonnage du sous réseau de connaissances approfondies soit revu dès 2004**, notamment pour répondre aux problématiques de la "**structuration longitudinale des peuplements**" et de la "**caractérisation des zones d'embouchure**".

Pour cela, nous proposons une redistribution de l'effort d'échantillonnage prévu initialement dans le temps, sur plusieurs bassins versants.

- **Structuration longitudinale des peuplements**

La caractérisation de la structure longitudinale des peuplements, mais aussi de certaines populations comme le bouche-ronde *S. lagocephalus* nécessite le suivi d'un nombre suffisant de rivières, pour pouvoir définir les différents types de milieu, et caractériser le mode de structuration pour chacun de ces types.

Dans un premier temps, nous proposons **d'étendre l'étude sur 5 bassins versants, à partir des stations actuelles du RP, mais aussi de nouvelles stations :**

Bassin Versant	Zone de prospection			Nombre de stations sur le BV
	Cours inférieur	Cours moyen	Cours supérieur	
Mât	+ 1	MAT 1 / MAT 2	MAT 3 / FLJA	5
Roches	ROC 1	ROC 2 / BPAN	+ 1	4
Marsouins	MARS 1	+ 1	+ 1	3
Langevin	LANG 1	LANG 2	LANG 3	3
Saint Etienne	STETIEN	+ 2	GDBASS	4
Total	5	8	6	19

Tableau 6 – Proposition de plan d'échantillonnage pour l'étude de la structure longitudinale des peuplements dans le cadre du sous réseau de connaissances approfondies du RP (Codes des stations en Annexe 4).

Comme montré dans le Tableau 6, nous proposons de porter l'étude sur la rivière du Mât, la rivière des Roches, la rivière des Marsouins, la rivière Langevin et la rivière Saint Etienne.

Ce plan d'échantillonnage repose aussi en grande partie sur la réalisation des autres sous réseaux, comme le veut la logique du RP à La Réunion.

Le nombre de stations varie selon les bassins versants, mais cela est due en grande partie à la longueur des rivières (rivière du Mât, rivière Saint Etienne / Bras de la Plaine), mais aussi aux difficultés d'accès. Par exemple, la rivière des Marsouins pourrait être utilement échantillonnée avec une station supplémentaire dans le cours moyen, mais la difficulté de l'accès à cette portion de rivière rend l'échantillonnage raisonnablement impossible.

- **Caractérisation des zones d'embouchure**

Les zones d'embouchure présentent un fort intérêt pour l'ensemble des espèces de poissons et de macrocrustacés d'eau douce indigènes de l'île. Zones d'habitat, de refuge, de reproduction, ou simplement de passage lors des migrations de reproduction ou de recrutement, elles constituent un lieu vital pour le développement de ces espèces.

Leur étude a été plébiscité lors du séminaire "Etat de la connaissance et gestion des espèces de poissons et de macrocrustacés d'eau douce de La Réunion", les 6 et 7 novembre dernier à Saint Gilles les Bains (séminaire co-organisé par la DIREN et l'ARDA, sous l'égide d'ECOFOR, avec le soutien financier de la Région Réunion).

Dans le cadre du sous réseau de connaissances approfondies du RP, nous proposons de réaliser un premier travail de caractérisation de ces zones, en relation avec le cours inférieur ou moyen des rivières (cours supérieur si possible).

Pour cela, nous proposons de s'appuyer sur les échantillonnages existants, pour proposer, sur 7 bassins versants, la description de la composition du peuplement de la zone d'embouchure (ou à proximité) en relation avec le peuplement en place dans la rivière (richesse du peuplement, structure des populations). Le Tableau 7 de la page suivante présente le positionnement des stations à ajouter au plan d'échantillonnage actuel, par rivière.

Bassin Versant	Zone d'embouchure	Cours inférieur
Pluies	+ 1	PLUIES
Saint Jean	STJEAN	+ 1
Mât	+ 1	MAT 1
Roches	ROC 1	ROC 2 / BPAN
Marsouins	MARS 1	+ 1
Langevin	LANG 1	LANG 2
Saint Etienne	STETIEN	+ 1

Tableau 7 – Proposition de plan d'échantillonnage pour la réalisation d'une première caractérisation des zones d'embouchure dans le cadre du sous réseau de connaissances approfondies du RP (Codes des stations en Annexe 4).

Parmi les stations que nous proposons d'ajouter au plan d'échantillonnage actuel, 3 sont proposées à double titre, dans le cadre de l'étude de la structuration longitudinale, et dans le cadre de la caractérisation des zones d'embouchure. Ainsi, l'étude de la **structuration longitudinale des peuplements sur 5 rivières**, et la **caractérisation des zones d'embouchure sur 7 bassins versants** pourraient être menées par l'échantillonnage de **8 nouvelles stations**.

D'un autre côté, **l'arrêt du suivi saisonnier des peuplements** dans le cadre du sous réseau de connaissances approfondies **diminue de 6 inventaires** le plan d'échantillonnage actuel.

Au total, cette proposition de plan d'échantillonnage prévoit **2 inventaires supplémentaires par rapport à l'effort d'échantillonnage actuel**. Dans ce nouveau plan d'échantillonnage, tous les inventaires seront réalisés à l'étiage, sur un total de 30 stations (un inventaire par station).

4. Conclusion

Le réseau de suivi des peuplements piscicoles de La Réunion a été entrepris dans sa version complète en 2000, sur 22 stations réparties sur 12 rivières pérennes de l'île. 107 inventaires par pêche électrique ont été réalisés de 2000 à 2003.

L'analyse des résultats a été réalisée au niveau du peuplement, puis d'une espèce dominante du peuplement : *S. lagocephalus*.

- **Analyse du peuplement piscicole**

L'analyse globale de la structure spatio-temporelle du peuplement montre que sur les bassins versants échantillonnés :

- il existe une structure longitudinale très marquée avec une très nette diminution de l'abondance et du nombre d'espèces dans les stations situées loin de l'embouchure, les stations les plus en aval ayant les richesses spécifiques les plus élevées,
- la structure spatiale est relativement stable d'une date d'échantillonnage à l'autre, à l'exception de quelques stations, témoignant de la très grande potentialité de colonisation des espèces après les perturbations hydrologiques,
- les deux principales espèces *Sicyopterus lagocephalus* et *Cotylopus acutipinnis* sont toujours bien représentées à l'exception du bras de la rivière Sainte-Suzanne colonisé uniquement par le guppy ;
- certaines espèces comme *Awaous nigripinnis*, *Eleotris fusca* et *Eleotris mauritiana* sont inféodées aux sections aval de certains cours d'eau uniquement.

Il existe donc une typologie assez marquée de la distribution des espèces de poissons au sein des cours d'eau. Toutefois, la définition d'un indice pour la Réunion nécessiterait la définition de cours d'eau ou de situations de référence (état non altéré) qu'il semble difficile de définir en l'état actuel des connaissances et surtout en l'absence de cours d'eau et de peuplements piscicoles indemnes.

De plus, l'analyse inter-rivières réalisée au niveau du peuplement montre la très forte hétérogénéité des rivières de la Réunion, ce qui rend difficile la recherche de structures "de référence" reposant sur une approche statistique. Les résultats de l'analyse de l'hétérogénéité intra-rivières montre également une forte variabilité à la fois au sein d'un même cours d'eau (quand le nombre et la position de stations d'échantillonnage le permettent) et entre les stations des différentes rivières.

En conclusion, **la définition de structures du peuplement "de référence" selon les principaux types de cours d'eau nécessitera d'étendre le plan d'échantillonnage de façon à prospecter plusieurs bassins versants sur l'ensemble du linéaire de la rivière colonisé par l'ichtyofaune.**

- **Analyse de la population de bouche-rondes *S. lagocephalus***

Le bouche-ronde *S. lagocephalus* domine le peuplement de poissons en densité. Il représente jusqu'à plus de 95 % du peuplement, sur certaines stations (ARDA, 2004). Cette espèce colonise les cours d'eau de l'île jusqu'à plus de 800 m d'altitude, elle est dotée de fortes capacités de franchissement.

L'étude de la structure spatio-temporelle de **la population de *S. lagocephalus*** entre 1999 et 2003 montre que cette population, en raison de ses caractéristiques biologiques et écologiques et de sa bonne capturabilité par pêche électrique, **pourrait probablement être utilisée comme indicateur de la qualité hydro-morphologique des cours d'eau.**

En effet, à partir des quelques bassins où il a été possible de mettre en évidence une structuration longitudinale de la population en fonction de la taille des poissons (contraintes du plan d'échantillonnage), il semble que cette voie puisse être envisagée. **Une étude plus poussée de cette perspective nécessiterait un test sur davantage de bassins versants.** Ce qui permettrait de mettre en évidence une structure longitudinale de référence par type de rivière.

Ces deux analyses au niveau du peuplement globale et de la population de bouche-ronde *S. lagocephalus* mettent en évidence que **le plan d'échantillonnage actuel du Réseau Piscicole ne permettra pas de caractériser un état de référence du peuplement ou des principales populations.**

L'acquisition de données nécessaires pour l'élaboration d'un outil d'interprétation de l'évolution des peuplements à partir des données du Réseau Piscicole nécessite de remodeler le plan d'échantillonnage. En ce sens, les modifications que nous proposons sont de répartir les inventaires de la campagne post-cyclonique sur le linéaire des rivières et d'ajouter 2 stations d'inventaires, pour permettre de caractériser :

- **la structuration longitudinale des peuplements sur 5 rivières,**
- **le peuplement de la zone d'embouchure de 7 bassins versants.**

La mise en œuvre de ce plan d'échantillonnage pourrait conduire, dès 2005, à un travail d'analyse de la structuration spatiale des peuplements dans les rivières, mais aussi à l'échelle de l'île (typologie des rivières selon le peuplement en place).

L'originalité de la faune piscicole et des conditions hydrologiques de La Réunion ne permettent pas de proposer la mise en place d'un outil d'expertise des peuplements et de la fonctionnalité des milieux aquatiques associés basé sur les travaux métropolitains (IPR) ou européens (FAME) déjà réalisés dans ce domaine.

Toutefois, il est tout à fait envisageable de proposer **un indice de la qualité des peuplements basés sur des métriques** comme la **présence d'espèce sensible**, la **structure de certaines populations**, en relation avec un état de référence, comme préconisé par la Directive Cadre Européenne.

Pour la mise en place d'un outil d'expertise de la qualité de la faune dulçaquicole, il est essentiel de réaliser la description de l'état de référence des peuplements piscicoles, en fonction des caractéristiques des milieux.

Par la suite, il sera important de **mettre en évidence les espèces potentiellement indicatrices, et définir les caractéristiques du milieu dont elles sont indicatrices.** Par exemple, les premiers travaux sur le bouche-ronde *S. lagocephalus* laissent présager que cette espèce puisse être un bon indicateur de la qualité hydro-morphologique des cours d'eau.

Bibliographie

Principales références citées

ARDA - Ricou J.F., Bosc P., Cadene R., (1999) Mise en place d'un réseau piscicole à la Réunion : Adaptation méthodologique d'un protocole d'échantillonnage de l'ichtyofaune, Rapport final d'étude, ARDA – CSP – ENSAT – DIREN - Région Réunion, 100 p (hors annexes),

ARDA - Ricou J.F., Valade P., Grondin H.P., Bosc P., (2000) Etat référentiel des peuplements piscicoles à la Réunion, campagne d'inventaires 1999, préalable à la mise en place du réseau piscicole, Rapport de synthèse, ARDA – CSP - Région Réunion, 125 p,

ARDA - Ricou J.F., Grondin H.P., Bosc P., (2001) Réseau Piscicole, campagne 2000, synthèse des résultats, ARDA – DIREN – CSP - Région Réunion - Département de La Réunion, 85 p,

ARDA – Valade P., Ricou J.F., Grondin H.P., Bosc P., (2002) Réseau Piscicole, campagne 2001, synthèse des résultats, ARDA – DIREN – CSP - Région Réunion - Département de La Réunion, 123 p,

ARDA – Valade P., Grondin H.P., Bosc P., (2003) Réseau Piscicole, campagne 2002, synthèse des résultats, ARDA – DIREN – CSP - Région Réunion - Département de La Réunion, 90 p,

ARDA – Valade P., Grondin H.P., Bosc P., (2004) Réseau Piscicole, campagne 2003, synthèse des campagnes d'inventaires du Réseau Piscicole de 1999 à 2003, ARDA – DIREN – CSP - Région Réunion - Département de La Réunion, 134 p,

Comité Européen de Normalisation, (2002) Qualité de l'Eau – Echantillonnage des poissons à l'électricité, ICS 13.060.70 ; 65.150, août 2002, 16p.,

Dolédec, S. & Chessel, D. (1987) Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique I- Description d'un plan d'observations complet par projection de variables. Acta Œcologica, Œcologia Generalis : 8, 3, 403-426.

Dolédec, S. & Chessel, D. (1989) Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique II- Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. Acta Œcologica, Œcologia Generalis : 10, 3, 207-232.

Malavoi J.R., (1989) Typologie des faciès d'écoulement ou unités morphodynamiques des cours d'eau à haute énergie, Bull. Fr. Pêche Piscic., 315, 189-210,

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

Oberdorff T., Pont D., Hugueny B., Belliard J., Berrebi R. et Porcher J.P., (2002) Adaptation et validation d'un Indice Poisson (FBI) pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau français, Conseil Supérieur de la Pêche, Programme National Indice Poissons, Note de synthèse, 20 p. hors annexes,

Persat, H. & Chessel, D. (1989) Typologie de distributions en classes de taille : intérêt dans l'étude des populations de poissons et d'invertébrés. *Acta Œcologica, Œcologia Generalis* : 10, 2, 175-195.

Porcher J.P., 1998, Réseau Hydrobiologique et Piscicole (R.H.P.), cahier des charges technique, version opérationnelle du 24/06/1998, 27p.,

Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S., & Olivier J.M., (1997) - ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*, 7 (1) 75-83. (<http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4/ADE-4F.html>)

Annexes

Annexe 3 - Densités pour chacune des 5 classes de tailles de SIC sur quelques stations du RP.



Annexe 4 – Codes et localisation des stations du RP

Région	Code	Rivière	Bassin Versant	Objectif principal	Altitude (m)	Distance à la mer (km)
Nord	STDENIS	St Denis	St Denis	Veille écologique	80	4,40
	PLUIES	des Pluies	Pluies	Veille écologique	135	5,90
Est	STESUZ	Ste Suzanne	Ste Suzanne	Veille écologique	4	3,10
	STJEAN	St Jean (Grd Bras)	St Jean	Veille écologique	7	3,70
	MAT1	du Mât	Mât	Veille écologique	123	7,60
	MAT2	du Mât	Mât	Suivi des impacts	250	15,30
	MAT3	du Mât	Mât	Suivi des impacts	430	22,00
	FLJA	Fleurs Jaunes	Mât	Suivi des impacts	380	20,10
	ROC1	des Roches	Roches	Veille écologique	2	1,04
	ROC2	des Roches	Roches	Connaissance	10	3,80
	BPAN	Bras Panon	Roches	Connaissance	36	3,70
	MARS	des Marsouins	Marsouins	Veille écologique	7	1,30
	EST	de l'Est	Est	Veille écologique	160	3,00
Sud	LANG1	Langevin	Langevin	Veille écologique	7	0,08
	LANG2	Langevin	Langevin	Connaissance	100	2,80
	LANG3	Langevin	Langevin	Connaissance	260	6,40
	STETIEN	St Etienne	St Etienne	Veille écologique	48	2,30
	GDBASS	Bras de Ste Suzanne	St Etienne	Veille écologique	600	23,10
Ouest	STGIL	St Gilles	St Gilles	Veille écologique	20	1,80
	GAL1	des Galets	Galets	Veille écologique	225	13,60
	GAL2	des Galets	Galets	Suivi des impacts	300	17,50
	GASU	Bras de Ste Suzanne	Galets	Suivi des impacts	370	16,70