

# Vers une standardisation des protocoles de pêche électrique en Nouvelle- Calédonie

## Rapport de Mission

Version finale

2018

- **AUTEURS**

**Julien BOUCHARD**, Ingénieur connaissance (AFB), [julien.bouchard@afbiodiversite.fr](mailto:julien.bouchard@afbiodiversite.fr)

**Nicolas ROSET**, Ingénieur connaissance (AFB), [nicolas.roset@afbiodiversite.fr](mailto:nicolas.roset@afbiodiversite.fr)

**Thibault VIGNERON**, Ingénieur connaissance (AFB), [thibault.vigneron@afbiodiversite.fr](mailto:thibault.vigneron@afbiodiversite.fr)

- **CONTRIBUTEURS**

**Adrien BERTAUD**, Responsable du pôle environnement (OEIL), [adrien.bertaud@oeil.nc](mailto:adrien.bertaud@oeil.nc)

- **CORRESPONDANTS**

**Agence française pour la biodiversité :**

**Nathalie DUPRIEZ**, Cheffe d'antenne NC, [nathalie.dupriez@afbiodiversite.fr](mailto:nathalie.dupriez@afbiodiversite.fr)

**Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie :**

**Direction des Affaires Vétérinaires Alimentaires et Rurales (DAVAR)**, Service de l'Eau,

[davar-sde@gouv.nc](mailto:davar-sde@gouv.nc)

**Référence à citer :** Bouchard, J., Roset, N. & T. Vigneron (2018). Vers une standardisation des protocoles de pêche électrique en Nouvelle-Calédonie. Rapport de Mission. AFB – OEIL. 64 p + annexes

**Droits d'usage :** accès libre

**Niveau géographique :** Territoire d'outre-mer

**Couverture géographique :** Nouvelle-Calédonie

**Niveau de lecture :** professionnel

## RESUME

Depuis quelques années, l'OEIL, en lien avec plusieurs acteurs publics ou privés de la gestion environnementale locale et du suivi des peuplements de poissons, mène une réflexion globale sur la standardisation des protocoles de pêche électrique. Les effets liés à des prestataires multiples s'ajoutent à une variabilité naturelle et à des impacts anthropiques déjà forts.

Pour nourrir cette réflexion, l'OEIL a sollicité une expertise sur les pratiques actuelles en matière de méthodes de suivi des peuplements de poissons et macrocrustacés, dans le but de rédiger un guide technique de l'échantillonnage à l'électricité adapté aux principaux cours d'eau de NC.

Cette mission d'expertise, confiée à l'AFB, a débuté par une phase préparatoire d'analyse bibliographique et d'analyse des données existantes, pour acquérir les connaissances faunistiques minimales et pour examiner les pratiques locales.

Dans une seconde phase sur place, l'équipe d'expertise a mené :

- une participation à deux sessions du comité de pilotage : présentation et restitution aux partenaires institutionnels ;
- des entretiens approfondis avec les opérateurs de pêche électrique locaux ;
- une visite du terrain pour appréhender la diversité et les nombreuses spécificités des cours d'eau Néo-Calédoniens ;
- des journées d'observation des pratiques habituelles par les équipes locales ;
- la réalisation de tests de la pêche par points.

Cette mission a permis de constater certaines différences dans les pratiques entre opérateurs et de mesurer des écarts par rapport aux documents techniques et normes cités en référence. Différentes propositions et préconisations sont faites pour améliorer la standardisation tout en bénéficiant de l'expérience et des compétences techniques et scientifiques existantes.

Les tests de la pêche par points, prometteuse en termes de standardisation, n'apparaissent pas concluants pour une application directe aux cours d'eau de NC. Des tests complémentaires et différentes alternatives sont envisagés pour développer une méthode de pêche partielle adaptée aux spécificités locales.

### **Mots clés :**

suivi, peuplement, poissons, cours d'eau, Nouvelle-Calédonie, pêche électrique, protocole, méthode, échantillonnage, expertise, standardisation

## ABSTRACT

A global reflexion about electrofishing has been conducted for years by ŒIL, with several public or private stakeholders concerned by environmental and riverine fish community monitoring in New-Caledonia. Indeed, regular changes of operators are cumulated to high natural variability and effects of human impacts.

To organize that reflexion, OEIL ordered a mission of expertise to analyse the present use of electrofishing methodologies and to propose a standardized protocol adapted to New-Caledonian rivers.

First, the mission included a bibliographic and data analysis of existing monitoring data, to get a basic knowledge concerning NC rivers fauna and to deeply examine local practices.

Those preliminary analyses helped to prepare the main stages of the mission on site, which consisted of:

- our participation to two steering comity meetings ;
- interviews of operators involved in river fish monitoring for years;
- a two-days guided tour to better understand the diversity and specificity of the main NC rivers;
- two practice days in the field to observe the usual electrofishing sampling by local operators;
- and finally test the Point Fish Sampling protocol developed and used for years in the metropole in riverine fish monitoring programs.

These different actions allowed us to detect some differences of practice between operators and overall some discordances regarding recommendations given by existing norms and technical guides generally cited in technical reports.

We propose solutions for improving the standardisation of practices and the comparability of data collected, to give more value to the high scientific and technical skills of local operators.

Point Fish Sampling was expected as a promising method to standardize sampling in large rivers. But, since the results were not fully satisfying, we propose some adaptations to improve its performances.

### **Key-words:**

monitoring, fish community, assemblages, river, streams, New-Caledonia, electrofishing, sampling, method, protocol, expertise, standardization

## Sommaire

1. Introduction .....	8
2. Phasage de l'expertise.....	9
2.1. Phase 1 : Bibliographie et analyse de données .....	10
2.1.1. Connaissance des espèces .....	10
2.1.2. Connaissance des milieux.....	10
2.1.3. Connaissance des pratiques .....	11
2.2. Phase 2 : Mission d'expertise en Nouvelle-Calédonie.....	15
3. Présentation des actions de la phase 2 de l'expertise .....	16
3.1. Action 2 : visite des cours d'eau de la Grande Terre .....	16
3.1.1. Objectifs et organisation .....	16
3.1.2. Description des HER.....	17
3.1.3. Bilan de la visite de terrain.....	20
3.2. Actions 3 et 4 : Analyse des pratiques de pêche à l'électricité en Nouvelle-Calédonie .....	20
3.2.1. Stratégie d'échantillonnage (rappels).....	21
3.2.2. Stratégies d'échantillonnages en Nouvelle-Calédonie .....	22
3.2.3. Matériel de pêche et réglages.....	24
3.2.4. Biométrie.....	29
3.2.5. Morphométrie des stations.....	31
3.2.6. Sécurité des opérateurs et du public et précautions sanitaires .....	32
3.2.7. Standardisation, contrôle et démarche qualité.....	34
3.3. Action 5 : test de protocoles mis en œuvre en métropole .....	35
3.3.1. KW40.....	36
3.3.2. CBN30.....	40
3.3.3. CBN70.....	43
3.3.4. Richesse spécifique vs effort de pêche .....	47
4. Bilan.....	50
5. Perspectives.....	52
6. Conclusion .....	58
Références citées.....	59
ANNEXES .....	0
ANNEXE 1 – Tableau des espèces représentées et leurs principales caractéristiques écologiques	0

ANNEXE 2 : Expertise sur l'échantillonnage des poissons en cours d'eau en Nouvelle-Calédonie - Support d'échange avec les bureaux d'études assurant la réalisation d'échantillonnages piscicoles par pêche électrique.....	1
ANNEXE 3 : Classement des stations selon leur caractéristiques écologiques (par opportunité décroissante de choix = SP_MOY en période froide) pour la sélection des stations à échantillonner.....	6

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Histogramme (densité de valeurs) de la conductivité mesurée sur les différentes stations de pêche de la base de données HYDROBIO .....	11
<b>Figure 2</b> : Relation entre la longueur des stations et la largeur des cours d'eau.....	13
<b>Figure 3</b> : Box-plot du nombre d'opérateurs en fonction de la largeur du cours d'eau (la ligne horizontale représente la médiane des valeurs, le rectangle représente 75% des valeurs) .....	13
<b>Figure 4</b> : Box-plot du nombre d'anodes (à gauche) et du nombre d'épuisettes (à droite) en fonction de la largeur du cours d'eau (la ligne horizontale représente la médiane des valeurs, le rectangle représente 75% des valeurs).....	14
<b>Figure 5</b> : Analyse de la variabilité de la largeur (gauche) et du nombre d'espèces (droite) sur les différentes campagnes d'échantillonnage.....	15
<b>Figure 6</b> : à gauche, localisation des points de visite de différents cours d'eau (points rouges) ; à droite les HER visitées.....	16
<b>Figure 7</b> : Cours d'eau de l'HER « Plaines du grand sud ». En haut : la rivière Kwé (photo J. Bouchard / AFB) ; en bas la Creek Baie Nord (photo J. Bouchard / AFB).....	17
<b>Figure 8</b> : Cours d'eau de l'HER "Cœur de la chaîne centrale" - exemple de la rivière Tiwaca avec des faciès pêchables (en haut) et d'autres qui ne le sont pas (en bas) (photo J. Bouchard / AFB) .....	18
<b>Figure 9</b> : Cours d'eau de l'HER « Massif du Panié » - rivière Bwanavio (en haut) et cascade Tao (en bas) (photo J. Bouchard / AFB) .....	19
<b>Figure 10</b> : Cours d'eau de l'HER « Plaine littorale ouest » – Boghen (en haut à gauche), Poeo (en haut à droite), Tontouta (en bas) (photo J. Bouchard / AFB).....	20
<b>Figure 11</b> : Formes de courant pulsé délivrés par les appareils : crénelé (PDC) à gauche et exponentiel (PEC) à droite.....	25
<b>Figure 12</b> : Dispositif de mesure du gradient de tension appelé « sonde penny ». La différence de potentiel est mesurée entre deux électrodes séparées de 10 cm (photo crédit A. Bertaud-OEIL ; schéma extrait de Pottier et al à paraître) .....	26
<b>Figure 13</b> : Disposition des différents opérateurs en action de pêche électrique lors des opérations de démonstration par les prestataires (photo J. Bouchard / AFB) .....	28
<b>Figure 14</b> : Evolution de la richesse spécifique de la station Kwé-40 depuis 2011.....	37
<b>Figure 15</b> : Evolution de la densité totale (ind./ha) de la station Kwé-40 depuis 2011.....	38
<b>Figure 16</b> : Variations inter-annuelles des densités par espèce (ind./ha) entre 2011 et 2018.....	39
<b>Figure 17</b> : Evolution de la richesse spécifique de la station Creek Baie Nord-30 depuis 2007.....	40
<b>Figure 18</b> : Evolution de la densité totale (ind./ha) de la station Creek Baie Nord-30 depuis 2007 .....	41
<b>Figure 19</b> : Variations inter-annuelles des densités par espèce (ind./ha) entre 2007 et 2018.....	42
<b>Figure 20</b> : Evolution de la richesse spécifique de la station Creek Baie Nord-70 depuis 2007.....	43
<b>Figure 21</b> : Evolution de la densité totale (ind./ha) de la station Creek Baie Nord-70 depuis 2007 .....	44
<b>Figure 22</b> : Variations inter-annuelles des densités par espèce (ind./ha) entre 2007 et 2018.....	45
<b>Figure 23</b> : Evolution de la richesse spécifique cumulée (RspCum) en fonction de l'effort d'échantillonnage (nombre de points) - chaque cercle représente la moyenne de la richesse cumulée pour 100 permutations tirées au sort ; les traits verticaux pointillés représentent l'intervalle de confiance de cette moyenne pour les 100 permutations tirées au sort.....	47
<b>Figure 24</b> : Evolution de la richesse spécifique cumulée (RspCum) en fonction de l'effort d'échantillonnage (nombre de points) - chaque cercle représente la moyenne de la richesse cumulée pour 100 permutations tirées au sort ; les traits verticaux pointillés représentent l'intervalle de confiance de cette moyenne pour les 100 permutations tirées au sort.....	48
<b>Figure 25</b> : Evolution de la richesse spécifique cumulée (RspCum) en fonction de l'effort d'échantillonnage (nombre de points) - chaque cercle représente la moyenne de la richesse cumulée pour 100 permutations tirées au sort ; les traits verticaux pointillés représentent l'intervalle de confiance de cette moyenne pour les 100 permutations tirées au sort.....	49

## LISTE DES PHOTOS

<b>Photo 1</b> : Matériels portatifs utilisés en Nouvelle Calédonie (Halltech, Martin pêcheur et Imeo Volta) d'après Pottier, 2018 .....	25
<b>Photo 2</b> : Types d'épuisettes utilisées lors des démonstrations (photo T. Vigneron / AFB).....	28
<b>Photo 3</b> : Exemples de mesures réalisées sur le terrain (photo J. Bouchard / AFB) .....	29
<b>Photo 4</b> : Exemple de loupe frontale (photo N. Roset / AFB).....	30
<b>Photo 5</b> : Grip sol (marque JMC <sup>®</sup> ) (JMC) .....	33

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Abaque d'aide à la détermination du nombre de traits à réaliser pour une opération de pêche électrique par traits NC – le tableau croise 3 formes de traits possibles à mettre en œuvre et le nombre de traits à réaliser en fonction de la surface finale souhaitée .....	53
---	----

# 1. Introduction

## *Contexte*

La connaissance des peuplements de poissons d'eau douce de Nouvelle-Calédonie (NC) initiée de longue date a connu dans le milieu des années 2000 des progrès importants mais beaucoup d'inconnues demeurent, notamment sur les cycles biologiques des espèces, pour pouvoir développer un bio-indicateur. Cette étape nécessite en effet l'acquisition de données spécifiques sur la base de méthodes d'échantillonnage des peuplements de poissons adaptées aux cours d'eau de Nouvelle-Calédonie, tant aux caractéristiques hydrographiques et orographiques de l'île qu'aux caractéristiques écologiques propres des espèces de poissons. L'une des principales pistes concernant cet échantillonnage est l'emploi de la pêche électrique, méthode à la fois reconnue et la plus utilisée, notamment en France métropolitaine.

En Nouvelle-Calédonie, en l'absence de réseaux de suivis institutionnels, cette méthode est employée depuis de nombreuses années par différents opérateurs, principalement dans le cadre de suivis réglementaires réguliers de l'activité minière. Les opérateurs, issus le plus souvent de la sphère privée, s'appuient sur les normes et guides techniques métropolitains pour la mise en œuvre des pêches électriques. La variabilité des pratiques par rapport aux normes métropolitaines et européennes a poussé l'Observatoire de l'environnement en Nouvelle-Calédonie (OEIL), en lien avec la Direction des Affaires Vétérinaires, Alimentaires et Rurales (DAVAR), à envisager une expertise visant à terme la production d'un guide technique de standardisation de la pêche électrique applicable au territoire de la Nouvelle-Calédonie.

## *L'Agence française pour la biodiversité : une capacité d'expertise basée sur une longue expérience de la pêche électrique*

L'Agence française pour la biodiversité est un établissement public du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. Elle exerce des missions d'appui à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de la connaissance, la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité des milieux terrestres, aquatiques et marins. Elle vient en appui aux acteurs publics mais travaille également en partenariat étroit avec les acteurs socio-économiques. Elle a aussi vocation à mobiliser les citoyens en faveur de la biodiversité.

Forte d'une expérience de plus de 30 ans en matière de pêche électrique, du développement de méthodes d'échantillonnage standardisées à leur mise en œuvre à large échelle et sur le long terme, l'Agence française pour la biodiversité, via son antenne locale, a offert ses services en appui à l'OEIL pour la réalisation de cette expertise.

L'AFB est responsable techniquement de la mise en œuvre des suivis temporels des peuplements de poissons en métropole (notamment Directive Cadre Européenne sur l'Eau), représentant à eux seuls plus de 1500 opérations par an sur le territoire métropolitain, ainsi que de nombreuses pêches d'étude dont le suivi d'opérations de restauration. A ce titre, l'AFB a mis au point, en collaboration

avec des organismes de recherche (INRA, IRSTEA, CNRS...), des protocoles standardisés pour les suivis des réseaux de surveillance DCE ou le suivi de populations d'espèces migratrices.

Trois agents de l'AFB, responsables de services interrégionaux de production et valorisation des connaissances ont été missionnés compte tenu de leur expérience dans les domaines suivants :

- appareils de pêche électriques et leurs réglages ;
- pratique de l'échantillonnage incluant la connaissance des performances et limites des différentes méthodes ;
- organisation de chantiers de pêche dans différents contextes (plaine, piedmont, montagne, haute montagne) ;
- normalisation à l'échelle nationale et internationale ;
- développement de méthodes de bioindication.

Les objectifs de cette mission étaient très larges, allant de l'analyse des pratiques d'échantillonnage et de l'applicabilité des normes en Nouvelle-Calédonie, au dimensionnement des réseaux et à la bio-indication. Dans un souci d'efficacité, nous avons convenu avec l'OEIL de centrer cette expertise sur une analyse fine des pratiques locales d'échantillonnage au regard des normes françaises et européennes en vigueur, afin de faire des propositions concrètes d'amélioration et de standardisation de l'échantillonnage. Toutefois, les sujets de la mise en place de réseaux de suivis et de la bio-indication ont été abordés sous la forme d'éléments généraux de cadrage et de perspectives d'explorations futures. Le présent rapport décrit assez exclusivement les actions et résultats de la mission d'expertise, des travaux préparatoires à la mise en œuvre d'opérations sur le terrain, en passant par les échanges avec le Comité de Pilotage (CoPil) et la réalisation d'entretiens avec les opérateurs locaux. Il établit les premières conclusions et pistes d'analyse qui seront reprises et développées dans un document technique final de standardisation des protocoles de pêche électrique adaptés à la Nouvelle-Calédonie.

## 2. Phasage de l'expertise

La mission d'expertise s'est déroulée en deux grandes phases : une première préparatoire en métropole concernant la bibliographie et l'analyse de données disponibles, et une deuxième sur le terrain en Nouvelle-Calédonie, en collaboration avec les différents acteurs locaux qu'ils soient administratifs, coordinateurs techniques ou opérateurs de pêche électrique en bureaux d'études.

Plus précisément les actions se sont déroulées selon le calendrier suivant :

- Phase 1 - travaux préparatoires :
  - analyse bibliographique (mars 2018) ;
  - analyse des données existantes (avril 2018) ;
  - conception de la mission sur le terrain : interview des opérateurs locaux, design expérimental (sélection des stations et méthodes à mettre en œuvre) (avril 2018) ;
  - logistique (avril 2018).
- Phase 2 - mission sur le terrain : du 14 au 23 mai 2018.
- Phase 3 : rédaction des livrables :

- rapport de mission : septembre-novembre 2018 ;
- guide technique : novembre-décembre 2018.

## 2.1. Phase 1 : Bibliographie et analyse de données

L'OEIL a mis à disposition sa base de données bibliographique relative aux différents rapports de pêches électriques réalisées sur le territoire calédonien avec différents objectifs ainsi que, dans un deuxième temps, des exports de la base de données HYDROBIO, compilant les données de pêches disponibles (données relatives aux peuplements mais décrivant aussi la mise en œuvre matérielle des opérations de pêche électrique et certaines conditions environnementales).

### 2.1.1. Connaissance des espèces

Un premier travail bibliographique a porté sur la connaissance des espèces de poissons et de crustacés de NC. Il s'agissait de connaître *a minima* les principales caractéristiques et exigences écologiques des espèces susceptibles d'être rencontrées, en faisant le lien avec l'échantillonnage par pêche électrique.

En effet, de ces caractéristiques écologiques dont en particulier, la taille, la forme, le comportement et le type de cours d'eau et d'habitats fréquentés (faciès...), dépendent aussi la capturabilité des espèces en lien avec les matériels, les réglages et les protocoles mis en œuvre.

De plus, ces caractéristiques écologiques constituent les fondements de la bio-indication et il est essentiel de relier dès le départ méthodes d'échantillonnage et méthodes d'interprétation. Il serait par exemple inadapté de proposer une méthode d'échantillonnage qui sous-estime trop fortement des espèces considérées comme centrales pour l'évaluation de la qualité des cours d'eau.

Ainsi, sur la base de l'atlas des poissons et crustacés d'eau douce de Nouvelle-Calédonie (Marquet *et al.* 2003), nous avons réalisé un tableau croisant les noms scientifiques et vernaculaires des différentes espèces connues, avec les principaux traits biologiques et écologiques de ces espèces (répartition, habitat de vie en cours d'eau, régime alimentaire, *preferendum* typologique, reproduction, migration...), ainsi que leur caractère éventuellement endémique ou exotique, leur statut de protection... Nous avons également proposé une codification standard simple (6 lettres) des différentes espèces de poissons et de macrocrustacés, utile dans le cadre de cette étude mais aussi et surtout dans la perspective d'une bancarisation standardisée.

Le tableau complet décrivant plus de 100 espèces est disponible en annexe 1.

### 2.1.2. Connaissance des milieux

Une analyse de la base de données a également porté sur certaines caractéristiques des cours d'eau, notamment sur des paramètres fondamentaux pour la mise en œuvre de la pêche à l'électricité. Un de ces paramètres est la conductivité des cours d'eau. Ce paramètre est essentiel pour évaluer la résistance de l'eau au passage de l'électricité et ainsi la faisabilité de la pêche électrique (fonctionne en général pour des conductivités comprises entre 50 et 1000  $\mu\text{S/cm}$ ).

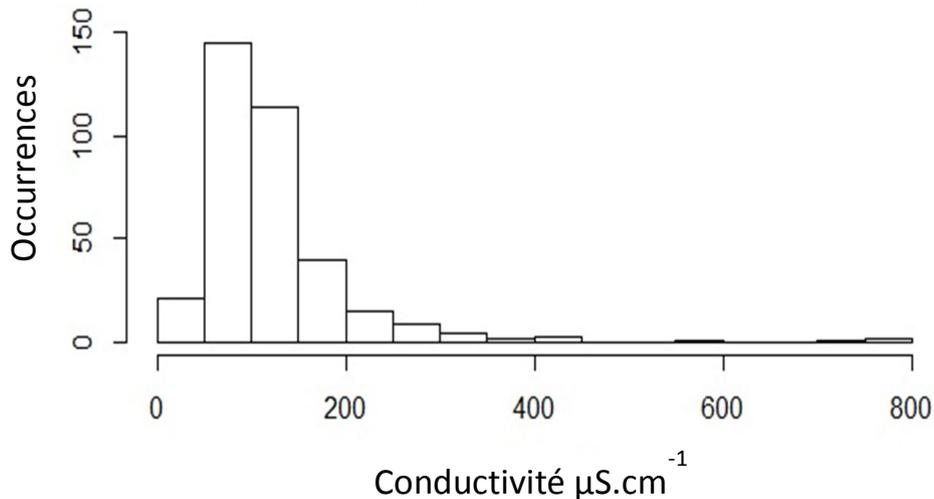


Figure 1 : Histogramme (densité de valeurs) de la conductivité mesurée sur les différentes stations de pêche de la base de données HYDROBIO

Sur les **1116 opérations de pêche électrique** de la base de données HYDROBIO, la conductivité est renseignée sur 405 opérations appartenant majoritairement à l’HER « plaines du grand sud ». Parmi ces données, on observe une gamme allant de 5,2 à 785  $\mu\text{S/cm}$  pour une moyenne de 125  $\mu\text{S/cm}$ . Vingt opérations soit 5 % seulement des opérations renseignées présentent une conductivité inférieure à 50  $\mu\text{S/cm}$ . La réalisation d’un échantillonnage à l’électricité dans de telles gammes de conductivité devient compliquée et demande un matériel très puissant capable de délivrer des courants électriques supérieurs à 1000 volts. Pour les gammes les plus hautes entre 500 et 1000  $\mu\text{S/cm}$ ), correspondant à des stations situées dans des zones de balancement de marée, cela ne pose pas de problème pour la mise en œuvre, à condition d’effectuer les opérations à marée basse.

### 2.1.3. Connaissance des pratiques

Ce travail a permis de prendre connaissance tout d’abord des différents opérateurs de pêche électrique et du contexte de réalisation des opérations, très souvent lié aux suivis de l’impact de l’industrie minière (états initiaux et suivis des impacts). Il a également permis de pré-identifier certains facteurs susceptibles de générer un biais dans l’interprétation des résultats et notamment l’analyse des chroniques, parmi lesquels le changement d’opérateurs.

En Nouvelle-Calédonie, à ce jour, les principaux prestataires qui ont participé à des suivis par pêche électrique sont au **nombre de 3** :

- ✓ **ERBIO** : nombreux suivis réalisés entre 2005 et 2015, en particulier sur les rivières Creek Baie Nord, Kwé, Kuébini, Trou Bleu, Truu et certains de leurs affluents (Cf. par exemple Alliod,

2011, 2013 et 2014 ; Alliod & Retaillaud, 2013 ; ERBIO, 2005, 2006, 2009 et 2015 ; Pöllabauer, 2007, 2008, 2009 et 2014, Pöllabauer & Alliod, 2010a ; Pöllabauer & Huet, 2015...).

- ✓ **BIOEKO Consultants** (ex BIOTOP) : plusieurs suivis réalisés entre 2011 et 2016 (BIOEKO, 2014 et 2015 ; BIOTOP, 2012 a et b, 2013 et 2014 ; Touron-Poncet, 2016 ; Touron-Poncet & Dominique, 2015).
- ✓ **ECOTONE** (ex Bioimpact) : suivis réalisés entre 2015 et 2017, en particulier sur les rivières rivières Creek Baie Nord, Kwé, Kuébini, Trou Bleu, Truu et certains de leurs affluents (Alliod, 2015 ; Alliod & Laffont, 2015, 2016 et 2017).

Les différents suivis réalisés s'échelonnent sur une **période allant de 2007 à 2018** (analyse réalisée jusqu'en 2016) et comptent **plus de 500 opérations de pêche électriques**. Dans ces suivis certains peuvent être qualifiés de « récurrents » et ils concernent le plus souvent les suivis règlementaires d'impact des industries minières, et les autres de « ponctuels », lorsqu'ils ont pour objectif la connaissance des peuplements et leur état à l'échelle de bassins versants. Les suivis réguliers sont tous situés sur la même hydroécocorégion, au sud de la Grande Terre sur les terrains ultramafiques.

Les trois opérateurs de pêche mentionnés ont tous participé aux suivis des impacts miniers et ont donc produit des données sur les mêmes sites de pêche. Ceci pose une des questions centrales de l'expertise à savoir **l'évaluation de l'influence du changement d'opérateurs sur les chroniques de suivi des peuplements de poissons**, en lien avec les variations des conditions environnementales, en particulier des événements marquants comme des rejets massifs de solutions acides (BIOTOP, 2014) ou plus insidieusement l'accroissement du colmatage par des fines (OEIL, 2017).

Les analyses présentées ci-après portent sur 555 opérations renseignées dans la base de données HYDROBIO fournie par l'OEIL. Elles correspondent aux pêches de suivi réalisées entre 2007 et 2017 par différentes opérateurs (ERBIO, ECOTONE, BIOEKO). L'objectif de ces analyses est d'étudier d'une part la conformité des pratiques par rapport aux standards métropolitains (normes et guides techniques), et d'autres part d'évaluer une éventuelle variabilité entre opérateurs.

Cet examen est focalisé sur quelques points-clefs des protocoles d'échantillonnage, relatifs notamment à l'effort d'échantillonnage : la longueur des stations, le nombre d'opérateurs, le nombre d'anodes et le nombre d'épuisettes mis en œuvre en fonction de la largeur du cours d'eau.

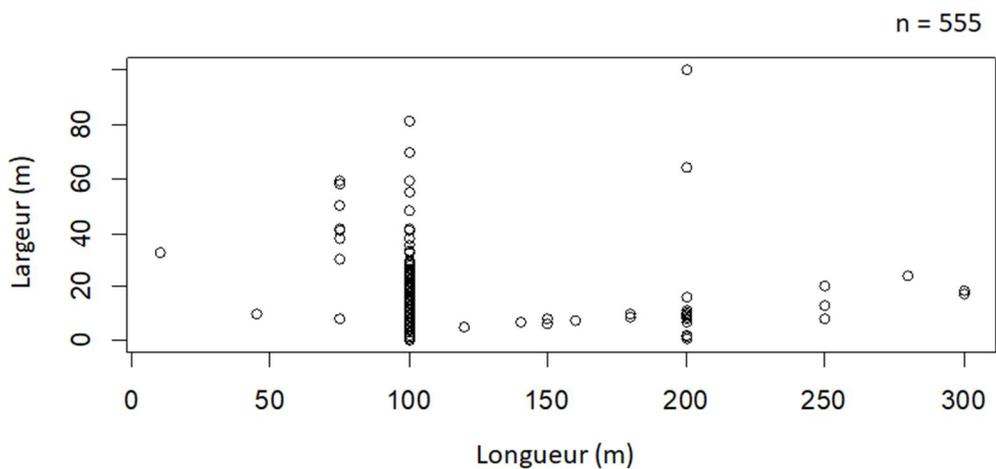


Figure 2 : Relation entre la longueur des stations et la largeur des cours d'eau

Les normes et guides techniques mentionnés par les différents opérateurs exigent une corrélation assez étroite entre la largeur de la rivière et la longueur pêchée ; cette dernière devant être égale à au moins 10 à 20 fois la première selon les cas. Or, la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-dessus montre l'absence de corrélation entre la longueur pêchée et la largeur de la station de pêche ; les longueurs des stations semblent souvent fixées arbitrairement à une longueur de 100 m.

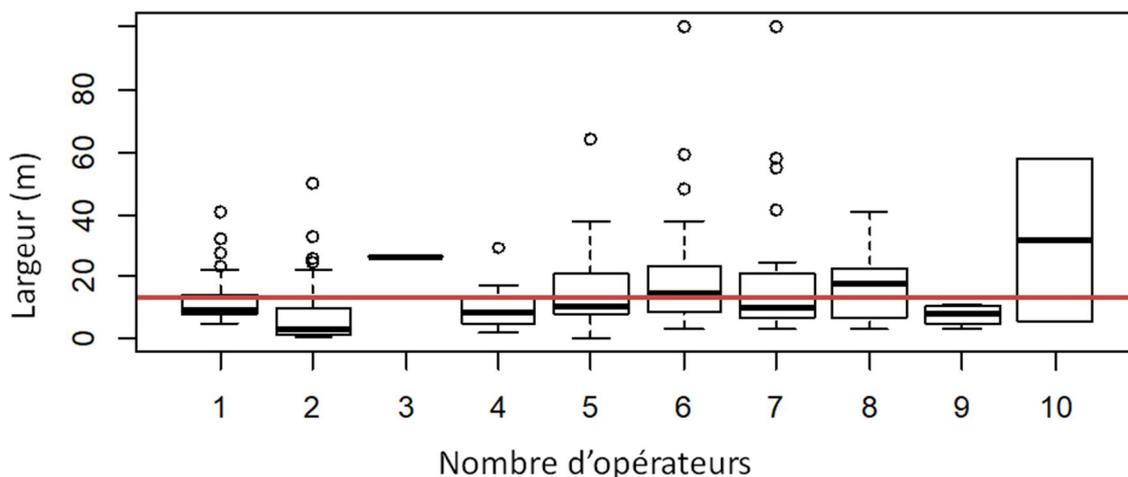


Figure 3 : Box-plot du nombre d'opérateurs en fonction de la largeur du cours d'eau (la ligne horizontale représente la médiane des valeurs, le rectangle représente 75% des valeurs)

Le nombre d'opérateurs décrit les moyens mis en œuvre par les prestataires, conditionnant l'effort d'échantillonnage et par conséquent la fiabilité et la comparabilité des résultats. La Figure 3 ci-dessus, montre en premier lieu l'absence de relation entre le nombre d'opérateurs et la largeur du cours d'eau. De plus, elle montre la forte variabilité des choix. Par exemple, la mise en place d'un effectif de 10 personnes correspond à une très large gamme de cours d'eau. De façon symétrique, pour des cours d'eau de 15 m de large (ligne rouge sur le graphique), on observe des équipes de

pêche comprenant 1 à 10 opérateurs. Même si le nombre d'opérateurs ne présage pas toujours de la qualité de la mise en œuvre, de tels écarts interpellent et un minimum d'homogénéité et de conformité à des critères standards seraient attendus.

**RQ** : le maximum d'opérateurs est quant à lui principalement dépendant du type de protocole mis en œuvre.

De plus, dans les différents textes de référence, le nombre d'anodes doit varier en fonction de la largeur du cours d'eau : au moins 1 anode par tranche de 4 à 5 m et un nombre d'épuisettes (mais aussi secondairement porteurs de seaux...) adapté en conséquence, en tenant compte des conditions de prospection et des difficultés d'évolution dans la rivière (variabilité de la largeur et profondeur, vitesses du courant...). Or, **laErreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-dessous montre l'absence de lien étroit pour le nombre d'anodes (à gauche) ou l'absence totale de lien pour le nombre d'épuisettes (à droite) avec la largeur du cours d'eau.

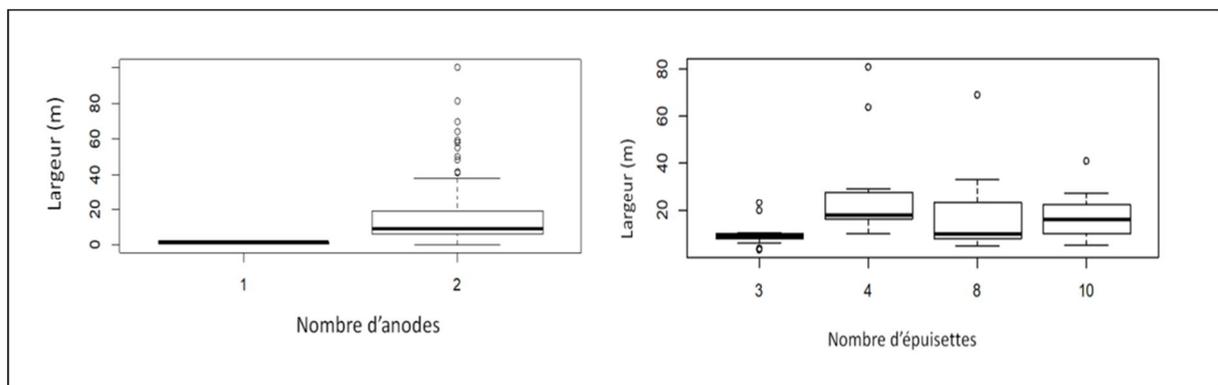


Figure 4 : Box-plot du nombre d'anodes (à gauche) et du nombre d'épuisettes (à droite) en fonction de la largeur du cours d'eau (la ligne horizontale représente la médiane des valeurs, le rectangle représente 75% des valeurs)

Au lieu de cela, l'analyse du nombre d'anodes en fonction de la largeur de cours d'eau montre que toutes les opérations de pêches sont mises en œuvre avec une ou deux anodes – pour des pêches décrites comme « complètes » (c'est-à-dire selon la définition des guides et normes en vigueur que la totalité de la station est **prospectée simultanément sur toute la largeur**). De même le nombre d'épuisettes utilisées ne montre pas de lien particulier avec la largeur et les choix sont variables entre les différents opérateurs pour une même situation.

En NC, l'analyse des suivis montre que les stations sont souvent échantillonnées à deux saisons différentes dans l'année : la saison chaude (janvier-février) et la saison froide (juin-juillet). L'analyse bibliographique portant sur la variabilité de la largeur mouillée et le nombre d'espèces échantillonnées en fonction des saisons, montre des différences. Ces dernières sont plus marquées en ce qui concerne le nombre d'espèces.

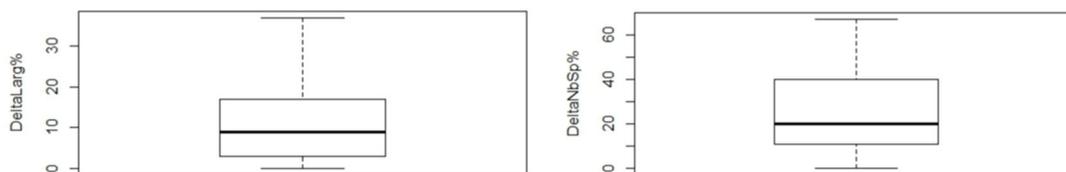


Figure 5 : Box-plot du différentielle de largeur (à gauche) et de nombre d'espèces (à droite) entre les deux campagnes d'échantillonnage, exprimé en pourcentage (la ligne horizontale représente la médiane des valeurs, le rectangle représente 75% des valeurs)

L'analyse présentée sur la 5 porte sur 77 couples d'opérations (saison froide / saison chaude) réalisées entre 2011 et 2016 dans le sud de l'île. Elle met en évidence la différence de largeur et de nombre d'espèces entre deux campagnes la même année (réalisées par un même opérateur). Cette analyse montre qu'il y a assez peu de différence sur la largeur du cours d'eau avec une différence moyenne de 10% et un maximum de 37%. En revanche, la variabilité de la richesse spécifique est plus importante avec une différence moyenne de 25%. Autrement dit, il y a en moyenne un quart des espèces qui ne sont pas retrouvées d'une campagne sur l'autre. Les données montrent que dans 70 % des cas, c'est à la saison froide que plus d'espèces sont capturées.

Cette première phase d'analyse des données relatives à la mise en œuvre des pêches électriques montre le besoin de standardiser davantage les suivis de la qualité des cours d'eau à travers l'échantillonnage des peuplements de poissons par pêches électriques. Afin d'appréhender au mieux ces pratiques, l'expertise s'est orientée vers :

- ✓ Une rencontre de chacun des prestataires à travers un entretien réalisé sur la base d'un questionnaire préalablement élaboré (cf. annexe 2) et communiqué aux intéressés.
- ✓ La mise en œuvre de pêches électriques par les différents opérateurs sur le terrain de manière indépendante.

Ces différentes actions seront reprises dans la suite du présent rapport.

## 2.2. Phase 2 : Mission d'expertise en Nouvelle-Calédonie

La mission effective d'expertise en Nouvelle-Calédonie s'est déroulée du **14 au 23 mai 2018**, soit sur une période de **7 jours** ouvrés.

Elle peut être résumée en 5 grandes actions :

- ✓ **Action 1** : présentation et restitution de l'expertise au sein d'un COPIL institutionnel (2 jours).
- ✓ **Action 2** : visite des cours d'eau de la Grande Terre sur l'ensemble des hydroécotopes (2 jours).
- ✓ **Action 3** : entretiens techniques en salle avec les différents opérateurs de pêche électrique (1 jours).
- ✓ **Action 4** : observation d'opérations de pêche électrique réalisées « comme à l'habitude » par 2 des 3 opérateurs (2 jours).
- ✓ **Action 5** : test *in situ* d'un protocole standardisé appliqué en métropole dans le cadre des réseaux de suivi (2 jours).

**NB :** les tests méthodologiques ont été réalisés au cours des mêmes journées que les observations des pratiques de pêche afin de disposer des équipes terrain pour une réalisation optimale.

La première de ces actions ne sera pas détaillée dans ce rapport. Il s'agit principalement de phases de réunions permettant une acculturation de l'ensemble des acteurs et de leur rôle dans cette expertise, de contextualiser la mission, de préciser les attentes et de réaliser en fin de mission un premier retour des observations et des résultats préliminaires.

### 3. Présentation des actions de la phase 2 de l'expertise

#### 3.1. Action 2 : visite des cours d'eau de la Grande Terre

##### 3.1.1. Objectifs et organisation

La visite des cours d'eau de la Grande Terre a été organisée sur deux journées complètes avec l'appui de **Nicolas Charpin**, hydrobiologiste indépendant, connaissant parfaitement les différents secteurs et cours d'eau de l'île. L'objectif principal de cette visite était de prendre connaissance des différents types de cours d'eau afin de pouvoir identifier les contraintes pour l'échantillonnage engendrées par les caractéristiques naturelles (largeur, profondeur, vitesse de courant, praticabilité...).

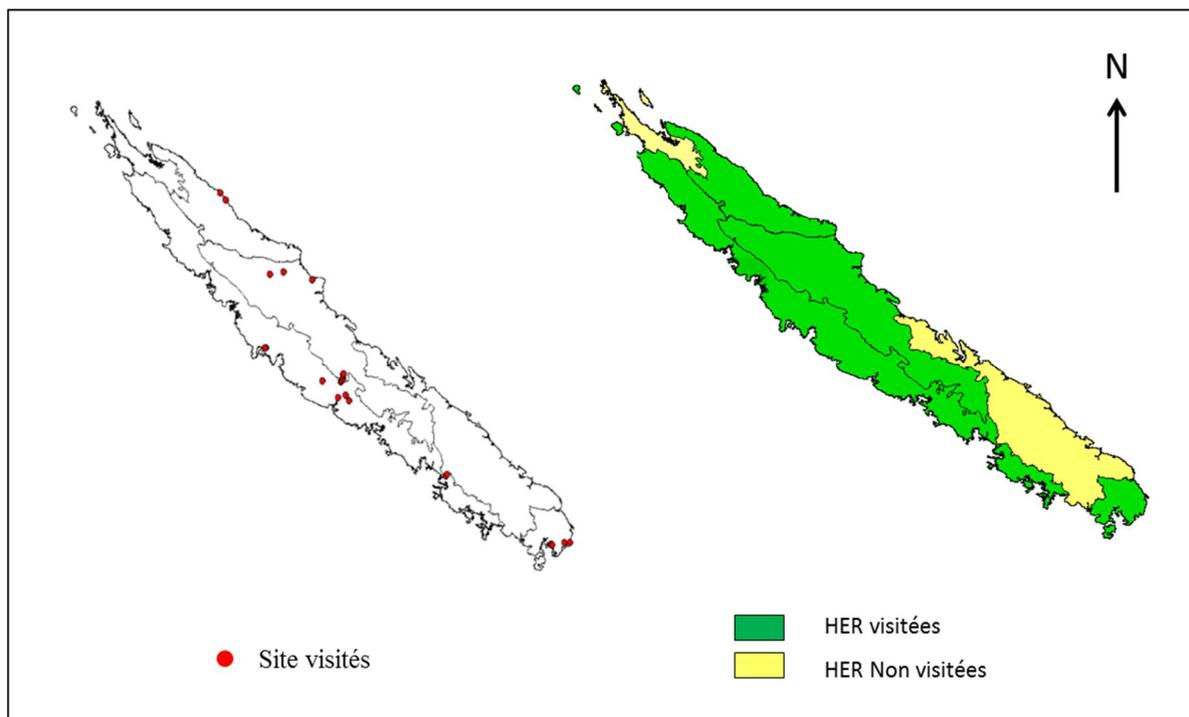


Figure 6 : à gauche, localisation des points de visite de différents cours d'eau (points rouges) ; à droite les HER visitées

A partir d'un circuit de 800 km plusieurs cours d'eau ont pu être visités (n=19) sur les sites les plus représentatifs possibles de la plupart des hydroécorégions (cf. Figure 6). Les collines schisteuses de la pointe nord et les massifs ultramafiques du « grand sud » n'ont pas été visités au cours de ces deux jours de repérage car les actions 4 et 5 devaient se réaliser dans ce secteur, ce qui permettait une

économie de déplacement et donc un approfondissement de la connaissance des autres hydro-écorégions (HER) dans le temps imparti. Toutefois, l'HER « plaines du grand sud » sera traitée comme les autres dans la suite du rapport

Au cours de ces visites, quelques plongées en apnée ont également été réalisées afin d'appréhender différentes espèces de poissons et macrocrustacés des cours d'eau de Nouvelle-Calédonie et notamment observer le comportement de différentes espèces de poisson dans leurs habitats.

### 3.1.2. Description des HER

Les HER de NC ont été définies en 2011 à partir des caractéristiques de relief, climat et géologie du territoire (ASCONIT & BIOTOP, 2011). Elles permettent de caractériser des entités relativement homogènes en termes de réseau hydrographique que ce soit par rapport à la typologie ou encore la densité hydrographique. Les visites ont permis d'avoir une vue d'ensemble des différentes caractéristiques des rivières de chaque HER afin de les confronter à la possible mise en œuvre de la pêche électrique.

#### 3.1.2.1. Plaines du grand sud

Les rivières de l'HER plaine grand sud coulent sur des substrats ultramafiques chargés en métaux. Ce sont les cours de cette HER qui ont fait l'objet du plus grand nombre d'opérations de pêche à l'électricité et de suivis réguliers du fait du développement important de l'activité minière sur ce secteur.

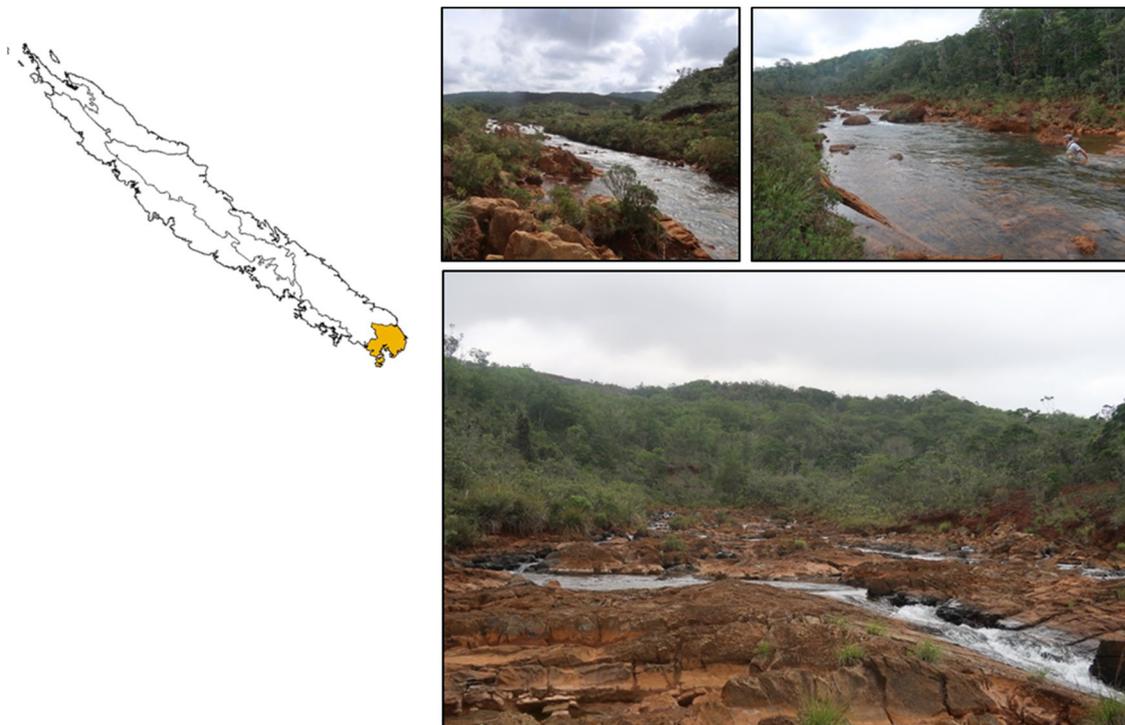


Figure 7 : Cours d'eau de l'HER « Plaines du grand sud ». En haut : la rivière Kwé (photo J. Bouchard / AFB) ; en bas la Creek Baie Nord (photo J. Bouchard / AFB)

Les cours d'eau de cette HER présentent des caractéristiques morphologiques compatibles avec la prospection en pêche électrique (cf. Figure 7 ci-dessus), mais peuvent parfois localement poser des difficultés pour la prospection dans le chenal du fait de profondeurs parfois importantes et de débits

potentiellement forts (certaines fosses ne sont pas praticables à pied). Des préconisations quant à l'emploi de matériel adapté (*waders* cloutés par exemple) pourront être formulées.

La fréquence de succession des faciès d'écoulement est élevée du fait de pentes relativement importantes et la granulométrie est très grossière. La succession de faciès s'opère donc sur de faibles distances.

### 3.1.2.2. Cœur de la chaîne centrale

Les cours d'eau visités sur cette hydroécocorégion présentent une certaine variabilité morphologique. En effet, certains secteurs de pente « modérée » présentant des successions de faciès radier-plat-profond sont tout à fait compatibles avec l'échantillonnage en pêche à l'électricité (cf. Figure 8 ci-après). Cependant, cette HER présente également des parties de cours d'eau taillant des défilés de roches avec des successions de cascades – vasques profondes qui ne permettent pas la progression à pied dans le cours d'eau.



Figure 8 : Cours d'eau de l'HER "Cœur de la chaîne centrale" - exemple de la rivière Tiwaca avec des faciès pêchables (en haut) et d'autres qui ne le sont pas (en bas) (photo J. Bouchard / AFB)

### 3.1.2.3. Massif du Panié

L'HER du massif du Panié est une chaîne de montagnes culminant à 1600 m proche de la côte orientale de la Grande Terre. De ce fait, les cours d'eau sont relativement courts avec une très forte pente. Ces cours d'eau sont caractérisés par des successions de cascades / vasques très marquées avec assez peu de faciès de type plats ou plats courants (cf. Figure 9 ci-après).

Ce type de cours d'eau semble très difficilement pêchables à l'électricité, tant par l'inaccessibilité aux cours d'eau avec le matériel nécessaire à l'échantillonnage que par les possibilités de progression dans le cours d'eau et d'efficacité de l'échantillonnage.

Une plongée d'exploration (masque et tuba) a été réalisée dans l'un des cours d'eau de cette HER. Compte tenu de la concentration des espèces dans des vasques relativement indépendantes les unes des autres (séparées par des cascades) et aux eaux claires, il pourrait être envisagé de développer une méthodologie d'échantillonnage par observation subaquatique.

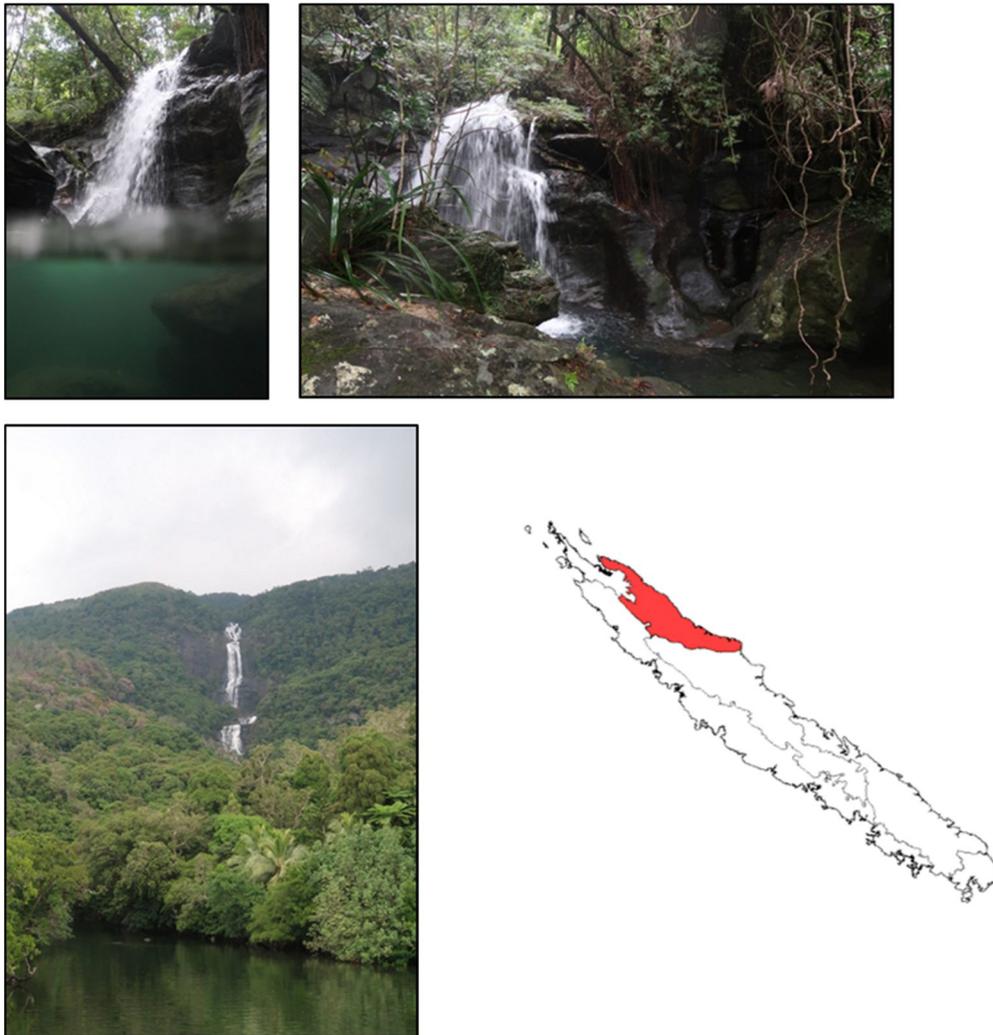


Figure 9 : Cours d'eau de l'HER « Massif du Panié » - rivière Bwanavio (en haut) et cascade Tao (en bas) (photo J. Bouchard / AFB)

#### 3.1.2.4. Plaine littorale ouest

Les cours d'eau de la plaine littorale ouest présentent en aval du piémont des pentes plus faibles que sur les autres hydroécotones et sont notamment composés de faciès plus lents de type plat, plats courant permettant la pratique de la pêche électrique (cf. Figure 10 ci-après). Ces cours d'eau peuvent présenter des dimensions de largeurs importantes (par exemple la Tontouta aval)

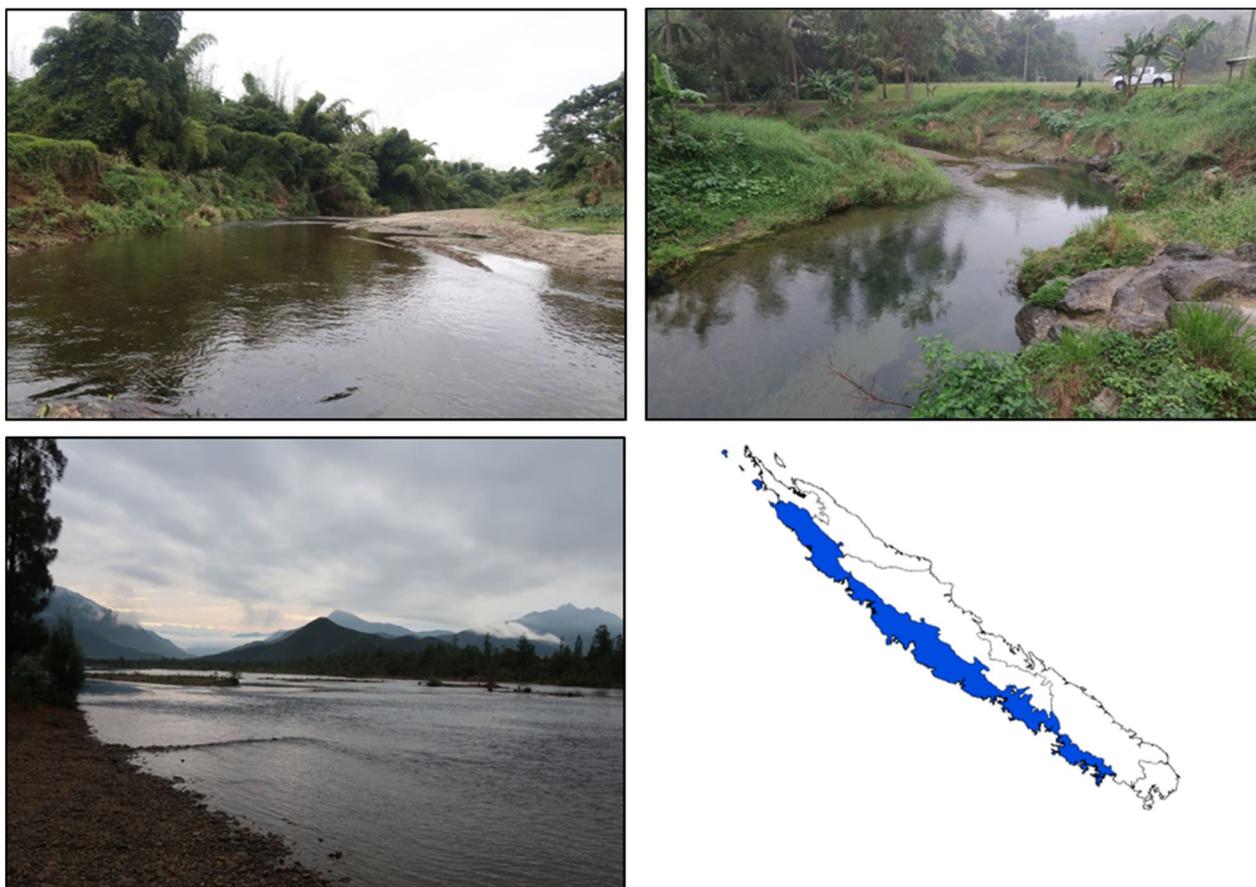


Figure 10 : Cours d'eau de l'HER « Plaine littorale ouest » – Boghen (en haut à gauche), Poeo (en haut à droite), Tontouta (en bas) (photo J. Bouchard / AFB)

### 3.1.3. Bilan de la visite de terrain

En conclusion, la visite de terrain, couplée à l'analyse de certains paramètres de la base de données comme la conductivité ou bien la pente, montre qu'il est important de différencier les types de cours d'eau à minima à l'échelle des HER pour mener la réflexion sur la mise en œuvre des protocoles d'échantillonnage. Même si des paramètres comme la conductivité ne semblent pas être un frein à la pêche à l'électricité (ou bien dans de rares cas), la morphologie des cours d'eau quant à elle peut être dans certains cas limitante. Il sera donc important de prendre en compte le besoin de développement de protocoles spécifiques pour certains types de cours d'eau, comme la prospection en apnée par exemple.

## 3.2. Actions 3 et 4 : Analyse des pratiques de pêche à l'électricité en Nouvelle-Calédonie

Le présent chapitre regroupe les actions 3 et 4 car elles traitent toutes deux du même sujet, l'analyse des pratiques de pêches électriques, de la mise en œuvre matérielle à la biométrie en passant par le protocole d'échantillonnage. La première action a consisté à réaliser des entretiens en salle avec les prestataires. La deuxième correspond à la mise en œuvre de pêches démonstratives sur le terrain. Aborder ces deux actions de manière totalement indépendante serait redondant.

Les entretiens ont été réalisés avec chacun des trois opérateurs de manière indépendante afin de limiter l'influence des réponses entre chaque. Ces entretiens se sont appuyés sur un questionnaire préalablement fourni aux opérateurs (annexe 2) afin qu'ils puissent à l'avance mobiliser leurs connaissances sur le sujet. Afin de favoriser la discussion par rapport à la prise de notes, ces entretiens ont été enregistrés avec l'accord préalable de chacun.

La partie démonstration de pêche, a consisté en la mise en œuvre d'une pêche électrique « comme à l'habitude » par les opérateurs sur des stations qu'ils avaient déjà prospectées dans le cadre des suivis réglementaires. Selon le temps disponible, ces pêches n'ont pas été réalisées dans leur intégralité mais tous les chantiers (mise en œuvre matérielle, échantillonnage, biométrie) ont été réalisés de manière suffisante pour mener une analyse comparative des pratiques.

La synthèse des éléments analysés s'articule autour de plusieurs grands thèmes qui constitueront les parties suivantes du présent rapport.

### **3.2.1. Stratégie d'échantillonnage (rappels)**

#### **3.2.1.1. Le choix de la station**

La stratégie d'échantillonnage est toujours une réponse à un objectif. Dans le cas présent, l'objectif principal visé est de suivre dans le temps les impacts des projets d'extraction minière sur le milieu aquatique et les peuplements de poissons et macrocrustacés. Pour ce type d'objectif, il est généralement préconisé pour les suivis de l'ichtyofaune de réaliser des échantillonnages à l'échelle du peuplement, c'est-à-dire de l'ensemble des espèces peuplant le milieu. La station est une unité d'échantillonnage couramment utilisée en hydrobiologie. Elle peut être définie comme une sous-unité représentative du segment ou du tronçon de cours d'eau et doit contenir l'ensemble des habitats présents dans ces entités supérieures.

Dans le cadre de l'échantillonnage des cours d'eau par pêche électrique, les standards européens et français (notamment EN 14011 et XP T90-383) considèrent que la longueur d'une station doit être égale à environ **20 fois la largeur** du cours d'eau pour contenir au moins une succession de faciès d'écoulement (radier, plat, mouille). Pour les plus grands cours d'eau (> 30 m) généralement fortement aménagés, une longueur égale à 10 fois la largeur est considérée comme suffisante (Norme 14011-AFNOR-CEN 2003).

#### **3.2.1.2. Le plan d'échantillonnage**

En matière d'échantillonnage des poissons en cours d'eau par pêche à l'électricité, on distingue deux types de méthodes classiquement utilisées :

- **Les pêches dites complètes** : sur une station choisie pour être représentative en termes d'habitats et de perturbations du tronçon de cours d'eau considéré, on échantillonne la totalité de la surface de la station. Ces pêches peuvent être opérées avec plusieurs passages avec enlèvements successifs des poissons pour évaluer la précision de l'estimation des abondances et biomasses par espèces ou avec un seul passage. Cette pêche complète sous-entend une progression régulière et de front sur la totalité de la largeur.
- **Les pêches dites partielles** : lorsque le cours d'eau est trop profond pour être prospecté à pied dans sa totalité ou trop large au regard des moyens mobilisables, on procède à un

échantillonnage sur une portion de la surface de la station. Cet échantillonnage peut être réalisé par points, par petites unités de surface par types d'habitats, par traits d'une certaine longueur/durée, ou encore de manière continue sur les berges.

Lors de la réalisation d'un échantillonnage partiel, plusieurs types de stratégies peuvent être utilisés :

- ✓ **échantillonnage aléatoire simple** : les sous-unités d'échantillonnage sont choisies par tirage au sort ;
- ✓ **échantillonnage systématique** : les sous-unités sont réparties régulièrement sur la station ;
- ✓ **échantillonnage stratifié** : les sous-unités d'échantillonnage sont déterminées proportionnellement à la représentation de différentes strates (qui sont souvent des types d'habitat).

### **3.2.2. Stratégies d'échantillonnages en Nouvelle-Calédonie**

#### **3.2.2.1. Choix et longueur des stations**

La plupart des stations échantillonnées en Nouvelle-Calédonie présentent des longueurs fixées à **100 m** qui ne sont pas proportionnelles à la largeur du cours d'eau (Cf. paragraphe 2.1.3). Du fait du caractère fixe de ces longueurs, les standards normatifs européens (EN 14011) et français (XP T90-383) ne sont pas respectés pour les stations les plus larges, ce qui peut conduire à une mauvaise représentation des différents faciès au sein de la station et donc une mauvaise représentativité de la station sur le tronçon. Les opérateurs nous ont signifié lors des entretiens que les longueurs des stations avaient été fixées la plupart du temps à 100 m par les maîtres d'ouvrage, quelle que soit la largeur du cours d'eau.

Sur les stations de suivi visitées lors de l'expertise, il n'a pas été constaté de problèmes majeurs de représentativité des faciès en dehors de la CBN 70. En effet, cette dernière est positionnée « à cheval » entre une zone d'eau douce et une zone de balancement des marées. Cela induit d'une part une évolution assez majeure de la largeur en eau, de la conductivité et un habitat très différent sur la zone aval. Par ailleurs, ce positionnement induit forcément la réalisation de pêche à marée basse pour pouvoir appliquer la pêche électrique (pour des raisons de conductivité).

#### **Préconisation :**

**Pour une meilleure standardisation des suivis, il conviendrait de porter la longueur des stations à 20 fois la largeur en eau, de façon à ce que les stations comportent au moins une à deux alternances de faciès radier/plat/mouille.**

### 3.2.2.2. Type d'échantillonnage et moyens mis en œuvre

#### **Pêches complètes ou partielles ?**

En premier lieu, nous avons découvert des opérateurs avec de solides compétences et une bonne expérience de la pêche électrique. Ces prestataires ont la volonté d'appliquer au mieux les standards métropolitains et européens mais sont confrontés à un certain nombre de difficultés liées aux accès aux types de cours d'eau, aux faibles densités de poissons...

Au cours des entretiens, les opérateurs ont indiqué procéder à **des pêches complètes à 1 seul passage**, donc sans épuisement du stock en place. Normalement ce type d'échantillonnage implique que les opérateurs forment un barrage électrique qui « pousse » les poissons jusqu'à leur capture au pied d'un obstacle ou dans les « caches ». Les opérateurs utilisent des filets type « *stopnets*<sup>1</sup> » pour limiter les fuites de poissons et pallier en partie à ce problème. Cela interrompt la progression tout en étant insuffisant pour empêcher totalement la fuite des poissons. En effet, une pêche complète sous-entend une progression régulière, de front sur la totalité de la largeur, sans rupture du champ électrique (effet barrage). Une telle progression permet également de garantir un effort d'échantillonnage (temps de pêche) constant pour un type de cours d'eau donné.

De plus, l'analyse du nombre d'électrodes mises en œuvre en fonction de la largeur des cours d'eau (Cf. 2.1) lors des entretiens puis *in situ* a montré que dans tous les cas, une à deux anodes seulement étaient mises en œuvre, sans règle de proportionnalité évidente par rapport à la largeur. Ainsi, le standard métropolitain préconisant l'utilisation d'une anode pour 4 à 5 m de large afin de créer un barrage électrique sur l'ensemble de la largeur n'est pas respecté. Il n'est donc pas pertinent de désigner la méthode mise en œuvre en Nouvelle-Calédonie de « pêche complète » au sens des normes et guide existants (Belliard *et al.*, 2012). Les opérations auxquelles nous avons assisté consistent davantage à pêcher des zones unitaires juxtaposées pour essayer au final de couvrir l'ensemble de la surface de la station de pêche. La notion « d'ensemble de la surface » restant très relative selon les opérateurs et les types de cours d'eau. De plus, cela conduit à des temps de pêches potentiellement très variables entre opérateurs.

Outre la durée et la régularité de prospection, un point de divergence fort entre les équipes réside dans le rôle attribué aux différents opérateurs. Par exemple, pour certains, un rôle prépondérant est donné au porteur d'anode qui réalise simultanément les premières tentatives de capture des poissons, notamment les petites espèces benthiques (petite épuisette). L'équipe compte ensuite généralement sur les « *stopnets* » pour les individus non capturés (dont les macrocrustacés). Le rôle des autres « épuiseteurs » (nombre mal défini – cf. paragraphe 3.2.3.3) est alors assez secondaire.

#### **Proposition :**

**Le porteur d'électrode focalise sur la prospection des différents habitats et la coordination avec les « épuiseteurs », idéalement 3 par anodes dans le cas général. Ceux-ci se tiennent à une distance optimale variant selon les faciès pêchés : généralement assez près dans les plats/profonds, à 1-2 mètres dans les faciès rapides, éventuellement en « double écran » (épuisette en quinconce) pour entourer au mieux l'anode. Un seul « stopnet » est utilisé comme dernier rempart en cas de fuite.**

<sup>1</sup> Filet barrage portable équipé de deux manches en bois et lesté dans sa partie inférieure (Figure 13)

## Moyens mis en œuvre

Les opérations de pêche électrique sont actuellement mises en œuvre avec 1 ou 2 anodes selon la largeur du cours d'eau ou la disponibilité du matériel, mais jamais plus. L'effort d'échantillonnage est variable selon les opérateurs et varie de 1 anode pour 3 m de largeur mouillée de cours d'eau à 1 anode pour 7 m ou plus.

De même, le nombre d'épuisettes et de « *stopnets* » varie de 2 à 5 par anode.

### **Préconisation :**

**La réalisation de pêches complètes nécessite :**

- un nombre d'anodes adapté à la largeur, soit 1 anode pour 5 m de largeur maximum ;
- au moins trois épuisettes par anodes indépendantes de l'anode ;
- un « stopnet » pour pallier un éventuel échappement de poissons entre les épuisettes ;
- une progression régulière (« de front » si plusieurs anodes) et coordonnées des porteurs d'anodes et d'épuisettes.

### 3.2.2.3. Protocoles complémentaires/ alternatifs

La plupart des cours d'eau de Nouvelle-Calédonie présentent des eaux très claires. Certains opérateurs de la pêche électrique pratiquent aussi des prospections en apnée pour recenser les espèces présentes. Aussi, pour beaucoup de tronçons de cours d'eau des écorégions « massif du Panié » et du « cœur de la chaîne centrale », difficiles à prospecter en pêche électrique du fait des vitesses et profondeurs rencontrées, la mise en place de protocoles en apnée pourrait être une méthode alternative ou du moins complémentaire à la pêche électrique pour des objectifs de recensement de la biodiversité comme la caractérisation de la richesse spécifique, l'étude de l'évolution du pool d'espèces en fonction des obstacles naturels ou anthropiques... Il existe dans la littérature des protocoles pour les observations subaquatiques en apnée (voir par exemple Chamberland *et al.*, 2014 ; MacNaughton *et al.*, 2014 ; Plichard *et al.*, 2017), qui montrent des résultats assez comparables avec ceux de la pêche à l'électricité, y compris dans l'évaluation d'abondances, biomasses et classes de taille par espèce.

## **3.2.3. Matériel de pêche et réglages**

### 3.2.3.1. Matériel

Les 3 opérateurs de la Nouvelle-Calédonie utilisent des matériels de pêche électrique délivrant un courant continu par impulsion (cf. Photo 1 ci-après). Il s'agit d'appareils portatifs à batterie fournissant un courant continu pulsé en créneau dit « PDC » (*Pulsed Direct Current*) ou un courant par décharge de condensateur exponentiel dit « PEC » (*Pulsed Exponential Current*) (cf. Figure 11 ci-après).

Devant le constat de faibles niveaux de capture général (analyse bibliographique) et d'échappements significatifs des espèces pélagiques, on peut s'interroger sur l'influence du type de courant utilisé.

Effectivement, le courant continu pulsé induit par nature des ruptures régulières du champ électrique (fonction de la fréquence). Aussi, dans les faciès ouverts (plats et profonds), ces interruptions pourraient être à l'origine de la fuite des espèces pélagiques. Cette hypothèse mérite d'être testée par l'utilisation de matériels délivrant un courant continu.

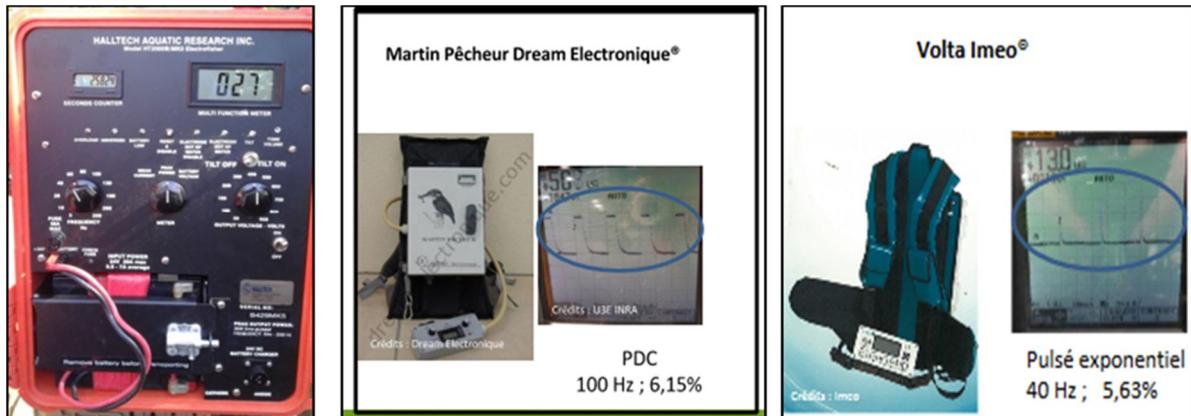


Photo 1 : Matériels portatifs utilisés en Nouvelle Calédonie (Halltech, Martin pêcheur et Imeo Volta) d'après Pottier, 2018

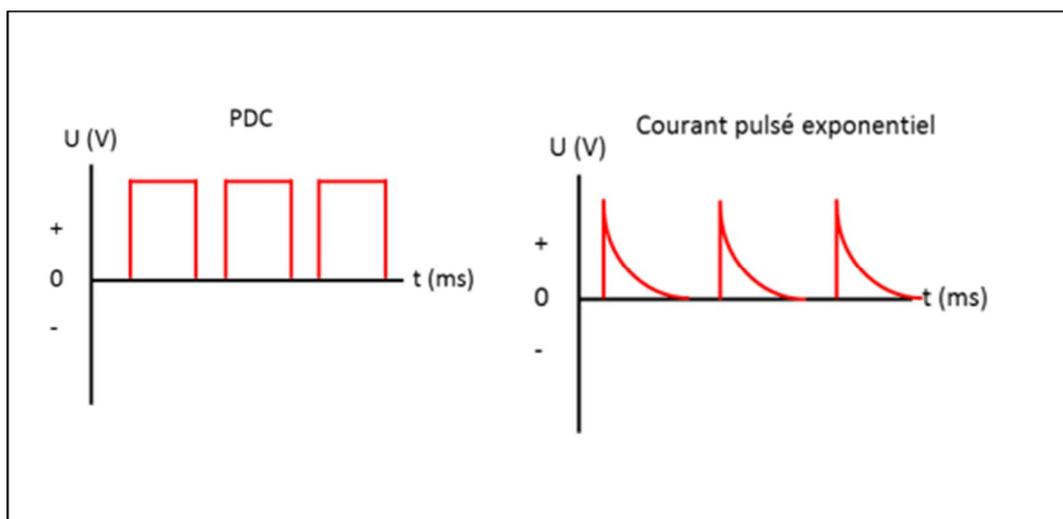


Figure 11 : Formes de courant pulsé délivrés par les appareils : crénelé (PDC) à gauche et exponentiel (PEC) à droite

D'après les tests d'intercalibrations réalisés récemment en métropole par le pôle INRA-AFB, le courant exponentiel présente des différences significatives en termes d'efficacité (Pottier *et al.*, 2014). De plus le rayon de tétanie est plus étendu avec ce type de courant, ce qui est dangereux pour le poisson (Pottier *et al.*, à paraître).

**Proposition :**

Un appareil à courant continu améliorerait certainement d'une part la capture des espèces de pleine eau, et d'autre part celle des espèces benthiques en permettant une meilleure attraction du poisson en nage forcée et en réduisant les effets de choc électrique qui « bloquent les individus au fond ».

### 3.2.3.2. Réglages

Les réglages sont réalisés de manière empirique en fonction de la réaction du poisson en cherchant un compromis entre efficacité de capture et survie du poisson. Cette méthodologie de réglage est très couramment usitée par les opérateurs de pêche électrique, mais les travaux récents en Angleterre (Beaumont, 2011) et en France (Pottier, 2014 et Pottier *et al.*, à paraître) proposent des méthodologies basées sur la mesure du gradient de tension *in situ* (méthode la plus simple) ou des réglages à partir de données mesurées de conductivité, de température et des résistances équivalentes des électrodes (Beaumont, 2011 ; Outil Carpe-V3 (Pottier et al., à paraître)).

Des mesures de gradients de tensions ont été réalisées *in situ* à l'aide d'une « sonde Penny » (cf. Figure 12 ci-dessous). Globalement, elles permettent l'évaluation du rayon d'attraction du poisson.

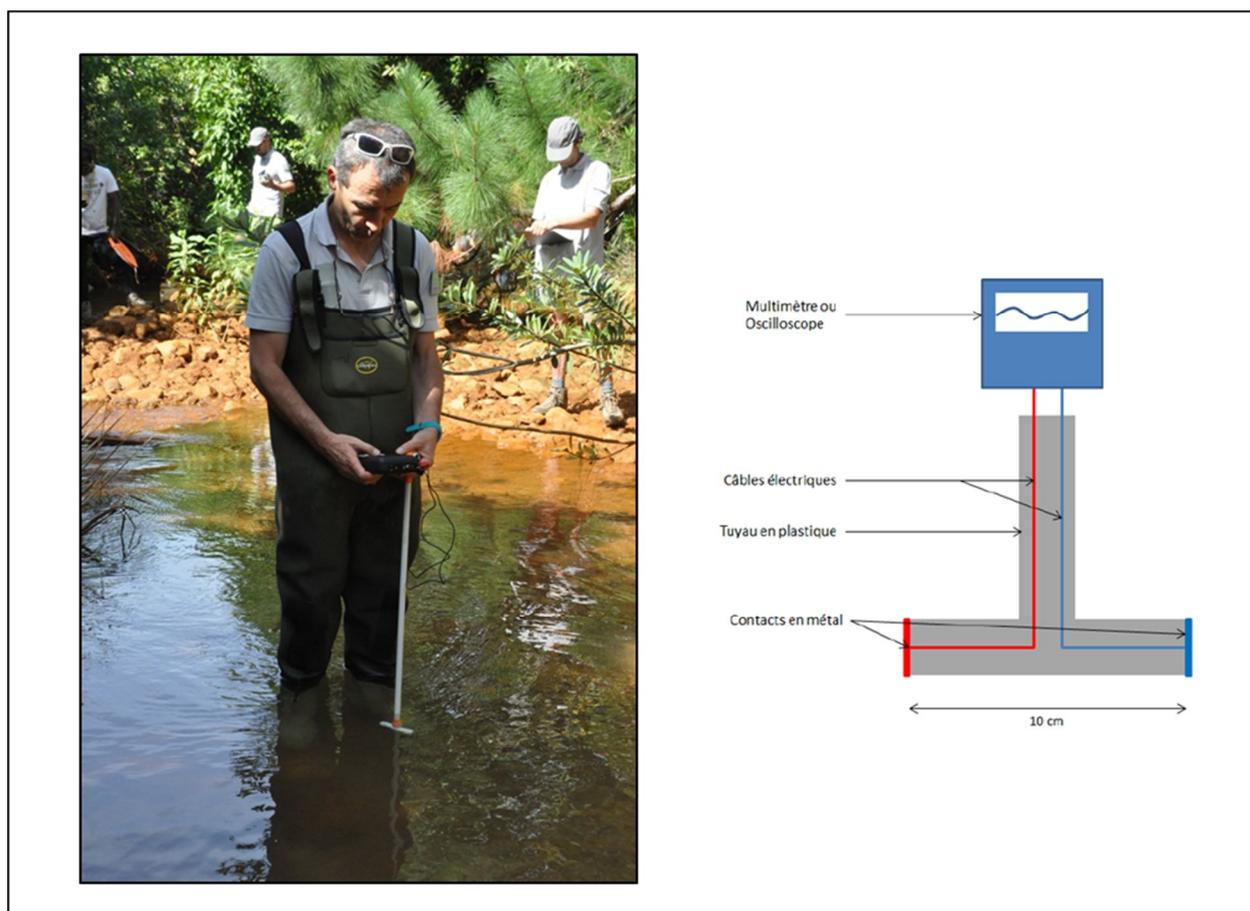


Figure 12 : Dispositif de mesure du gradient de tension appelé « sonde penny ». La différence de potentiel est mesurée entre deux électrodes séparées de 10 cm (photo crédit A. Bertaud-OEIL ; schéma extrait de Pottier et al à paraître)

Les résultats obtenus lors des démonstrations de pêche par les opérateurs, montrent que les 2 équipes utilisent des réglages assez proches. Les gradients de tension à 1,5 m de l'anode se situent autour de **0,2 volts/cm**. La fréquence utilisée par ERBIO est de **60 Hz**. Le 3<sup>ème</sup> prestataire utilise une fréquence de **100 Hz** qui correspond au réglage minimum pour ce type d'appareil (Martin pêcheur), mais qui dépasse les préconisations en termes de compromis efficacité-atteintes aux poissons (Beaumont, 2011 ; EIFAC, 2005). ECOTONE, pour qui nous n'avons pu mesurer la fréquence *in situ*, indique utiliser une fréquence de **40 Hz**.

### **Propositions :**

**Procéder lors de chaque opération à des mesures du gradient de tension dans l'eau à 1,5 m de l'électrode en vue de stabiliser les réglages entre opérateurs et entre opérations et déterminer une gamme de voltage optimisant le compromis entre efficacité et santé des poissons. La valeur de 0.2 V/cm mesurée nous paraît cohérente avec les études réalisées récemment (Vigneron *com. pers.*).**

**En ce qui concerne la fréquence, dans l'attente d'études sur les espèces de NC, il convient de se rapprocher des gammes proposées par la bibliographie soit de 20 à 90 Hz (Halsband, 1968 ; EIFAC *op cit.*).**

**Une attention particulière doit être prêtée aux réglages qui devraient être consignés à chaque opération.**

### **Perturbations locales de conductivité**

Lors entretiens avec les bureaux d'études et lors des expérimentations sur le terrain, nous nous sommes rendu compte que les réglages étaient régulièrement modifiés au cours d'un même échantillonnage pour pallier des baisses d'efficacité ou des disjonctions. Sauf situation exceptionnelle, il est préférable que le réglage renseigné sur les fiches soit conservé pendant le déroulement de toute l'opération. Les variations d'efficacité et surtout les disjonctions à répétition constatées sur certaines stations sont liées à des variations micro-locales de la conductivité du substrat. Sur certains substrats très riches en métaux ou en sels, la conductivité du sédiment en contact avec la cathode, augmente brusquement et induit une demande forte en énergie du générateur qui en l'occurrence n'est pas assez puissant pour la fournir. Aussi, cela provoque un court-circuit entre l'anode et la cathode et une disjonction. Ce phénomène est relaté dans la bibliographie (Scholten, 2003 ; Pottier, 2017 a).

### **Proposition :**

**Ce problème peut être atténué par l'utilisation d'une « cathode flottante » qui évite un contact direct avec ces substrats très conducteurs et ainsi les phénomènes de disjonctions.**

#### **3.2.3.3. Épuisettes et « stopnets »**

Les trois opérateurs utilisent des épuisettes et des filets « *stopnets* ». La taille et la forme des épuisettes sont très variables (cf. Photo 2 ci-après). Certaines de ces épuisettes ne sont pas des modèles professionnels, et sont par conséquent assez fragiles. On a observé deux principaux modèles d'épuisettes : des modèles carrés ou cordiformes qui servent plutôt de haveneau (posé sur le fond) et des modèles plus petits qui s'utilisent comme des épuisettes « volantes ». Certains opérateurs utilisent des épuisettes dont le cadre est ouvert sur partie inférieure de façon à épouser les formes du fond de la rivière.



Photo 2 : Types d'épousettes utilisées lors des démonstrations (photo T. Vigneron / AFB)

Les tailles des mailles d'épousettes sont variables et ne sont pas toujours bien connues/renseignées sur les fiches. Le déficit d'épousettes professionnelles semble provenir des difficultés d'importation de matériel en Nouvelle-Calédonie. De plus, les filets comportent parfois des trous qui peuvent baisser leur efficacité dans les zones de fort courant en particulier sur des juvéniles, les crevettes ou les petits individus en général.



Figure 13 : Disposition des différents opérateurs en action de pêche électrique lors des opérations de démonstration par les prestataires (photo J. Bouchard / AFB)

De plus, les épousettes sont de types /mailles différentes et celles au deuxième plan semblent inutiles

L'utilisation de « stopnet » est intéressante sur les faciès rapides et radiers car ces filets permettent une meilleure capture des espèces benthiques et des crustacés (cf. Figure 13). Par contre, leur mise en œuvre est assez lourde et ne garantit pas l'isolement de l'habitat/faciès prospecté. Nous sommes également plus réservés sur leur utilisation comme filets barrages pour contribuer à un isolement complet de la zone pêchée. En effet, cet isolement n'est que partiel et n'empêche pas totalement la fuite des espèces de pleine eau (ex. *Kuhlia*) vers l'amont ou par contournement vers l'aval.

### **Préconisations :**

La maille des épuisettes doit être fixée : 3 ou 4 mm paraissent adaptés aux tailles des poissons le plus souvent capturés.

La forme et le diamètre d'ouverture des épuisettes est aussi à homogénéiser – *a minima*, utiliser des épuisettes professionnelles avec une structure en aluminium de type haveneau de forme adaptée à la plupart des cours d'eau.

L'utilisation systématique de deux types d'épuisettes professionnelles : deux épuisettes de réception de type haveneau et une épuisette volante de plus petite taille destinée prioritairement à la capture des petites espèces benthiques est une solution à envisager (cf. guide technique).

L'utilisation de « stopnets » (1 par anode) est préconisée, dans les faciès rapides et radiers, dans un rôle de « second écran » plus que comme outil de capture à proprement parler.

### **3.2.4. Biométrie**

#### **Atelier de mesures**

Vraisemblablement en raison des difficultés d'accès et d'un nombre de poissons réduit, les ateliers « biométrie » que nous avons observés n'ont pas fait l'objet d'installations (tables, bacs...). Le matériel utilisé est assez sommaire et variable entre opérateurs : réglet ou pieds à coulisse (cf. Photo 3 ci-dessous), balance domestique, pas de viviers, quelques récipients de faible volume....



*Photo 3 : Exemples de mesures réalisées sur le terrain (photo J. Bouchard / AFB)*

Les mesureurs de tailles individuelles ne sont pas toujours adaptés (par exemple absence de gouttière humide avec une butée) ce qui peut engendrer une certaine variabilité dans les mesures de longueur. Il en va de même pour les pesées.

L'utilisation d'anesthésiant est variable suivant les équipes mais aussi suivant les espèces. L'anesthésie est préconisée particulièrement pour les espèces comme l'anguille ou des poissons qui seraient fragiles et particulièrement stressés et difficiles à immobiliser (mulets). Il faut rappeler que la manipulation est un stress supplémentaire au choc électrique et que le fait d'anesthésier les poissons permet d'en limiter les impacts et de prévenir les lésions qui pourraient apparaître suite à des chutes ou des compressions pendant l'immobilisation. Ce cumul de stress et de lésions augmente considérablement le taux de mortalité pendant les opérations de pêche électrique (Ross & Ross 2008)

in Pottier à paraître). Par contre, pour les espèces de petite taille, généralement peu mobiles, l'anesthésie n'est pas forcément nécessaire.

La détermination des petites espèces et juvéniles de *gobiidae* ou d'*eleotridae* apparaît particulièrement difficile. Les prestataires procèdent donc sur le terrain à des déterminations au genre et ne déterminent à l'espèce que les individus qui sont morts lors de la pêche.

Pour les *Eleotris*, *a fortiori* les juvéniles, un examen à la loupe binoculaire serait nécessaire pour garantir une bonne détermination à l'espèce (cf. Photo 4 ci-dessous). Ces poissons étant relativement rares, il n'est pas souhaitable de les sacrifier pour garantir la détermination, aussi bien pour des raisons éthiques que techniques (impact sur les suivis).



Photo 4 : Exemple de loupe frontale (photo N. Roset / AFB)

En ce qui concerne la détermination, il nous a semblé qu'il y avait une certaine hétérogénéité dans les capacités ou l'expérience des opérateurs de biométrie. De plus, nous n'avons pas constaté l'usage d'ouvrage de référence ou de clés de détermination lors de la mise en œuvre des chantiers de biométrie (ex. Atlas des poissons et crustacés de Nouvelle-Calédonie - Marquet *et al.*, 2003).

Les prises de notes et notamment les codes d'espèces de poissons ne sont pas standardisés, ce qui peut facilement conduire à des erreurs lors de la saisie et des conséquences sur les traitements et les interprétations.

### Préconisations :

Au niveau du matériel, l'utilisation de gouttières avec butée pour mesurer les poissons améliorerait la précision et la standardisation des mesures qui doivent être réalisées avec une précision au millimètre. Les mesures et le pesage devrait être réalisés sur une table (type table de camping ou étal de marché en aluminium). Pour les pesées, il est nécessaire de définir une précision à minima à 0,1 g, avec une balance de précision résistant aux projections d'eau IP44 ou plus (norme EN 60529). L'utilisation de pesons est envisageable, pour les gros individus ou alors pour des pesées par lot avec une précision adaptée. Dans tous les cas, elle doit se faire indirectement à l'aide de filets pour empêcher toute blessure supplémentaire.

L'utilisation de viviers est préconisée pour les opérations présentant des densités conséquentes de poissons (pour des raisons évidentes d'ergonomie de transport, ceux-ci peuvent être pliables en filets fins).

Une anesthésie des poissons les plus stressés et mobiles avec des produits et dosages adaptés (exemple eugénol dilué à environ 10% en volume) améliorerait leur manipulation et la précision des mesures, et diminuerait les risques de cumul de stress, de lésions et de mortalités. A minima elle doit être employée pour les espèces de plus grande taille et les plus mobiles (anguilles, mulets, carpes...).

Il conviendrait de stabiliser les niveaux de détermination sur le terrain en fonction des taxons de la complexité de leur détermination et de la taille des individus. Par exemple, les éléotridés sont rarement déterminables sur le terrain. Le niveau de détermination de cette famille devrait donc être le genre. La détermination à l'espèce pour les *Eleotris* ne se ferait au laboratoire qu'en cas de mortalité des individus pêchés. L'utilisation d'une petite loupe de terrain peut aussi améliorer la qualité de la détermination pour les plus petits individus. La présence de clés de détermination est indispensable sur chaque chantier de biométrie. Concernant les prises de notes, il convient d'établir un référentiel de codage des espèces à l'instar des codes utilisés en métropole. Des tableaux standardisés présentant tous les éléments à renseigner permettent également de garantir une certaine qualité de données.

### **3.2.5. Morphométrie des stations**

Les mesures de la longueur de la station et de la largeur moyenne mouillée sont essentielles, notamment dans les pêches complètes, car des imprécisions sur ces paramètres impactent directement l'estimation des CPUE (densités rapportées à la surface). Nous avons observé plusieurs méthodes de mesures des largeurs susceptibles de générer de la variabilité dans les résultats. Certaines mesures de largeurs sont effectuées sans soustraire les zones émergées hors d'eau au sein du lit mineur, ce qui modifie considérablement le calcul de la surface pêchée ( $S^2 = \text{Largeur mouillée moyenne} \times \text{Longueur pêchée}$ ). Par ailleurs, les mesures peuvent être réalisées au décamètre ou par l'utilisation d'un drone. Même si les résultats peuvent être comparables et suffisamment précis, il serait nécessaire de le vérifier au moyen d'opérations d'intercalibration.

La profondeur est également un paramètre important de caractérisation des stations et d'interprétation des résultats, c'est pourquoi on préconise également une mesure selon un protocole approprié.

De plus, la réalisation de 5 transects positionnés de manière systématique nous semble insuffisante au regard de la variabilité observée sur certaines stations (par exemple largeur variant du simple au double sur ex. CBN-70).

#### **Préconisations :**

**Mesures des largeurs mouillées uniquement (soustraire les zones émergées).**

**Intercalibration des mesures au décamètre versus drone.**

**Réaliser au moins 10 transects de mesures des largeurs mouillées et de profondeurs. Ces transects sont positionnés de manière systématique (1 tous les 1/9<sup>ème</sup> de la longueur de station).**

### **3.2.6. Sécurité des opérateurs et du public et précautions sanitaires**

La pêche électrique met en œuvre un courant électrique continu (ou continu par impulsions selon les appareils utilisés) à des tensions et un ampérage potentiellement dangereux pour l'homme. La sécurité des personnes, que ce soit les opérateurs ou le public externe, est un facteur primordial à prendre en compte.

L'arrêté ministériel de 1989 relatif à la pêche électrique décrit parfaitement les points primordiaux de sécurité à respecter.

#### **3.2.6.1. Dispositif de type interrupteur**

Le courant doit pouvoir être interrompu à tout moment en cas de problème (chute dans l'eau d'un opérateur). Ainsi, dans le cas de la Nouvelle-Calédonie où tous les opérateurs utilisent des matériels portatifs, ces derniers doivent disposer d'un interrupteur ou d'un contacteur électromagnétique sur le manche de l'anode. La présence de tels dispositifs a bien été constatée sur les différents matériels utilisés.

#### **3.2.6.2. Equipements de sécurité**

##### **Cuissardes et waders**

Chaque personnel participant aux opérations et en contact avec l'eau doit disposer de bottes, cuissardes ou waders isolants adaptés à la tension mise en jeu. Aujourd'hui, il ne semble pas exister de matériel disposant d'indication normative par rapport à l'électricité. Les seuls équipements disponibles sur le marché sont ceux employés par des professions liées à la pêche (professionnelle ou de loisir) ou bien des professions de type égoutiers.

Une circulaire interne à l'Agence française pour la biodiversité stipule que les cuissardes ou waders à employer doivent obligatoirement être en caoutchouc ou bien en néoprène. L'expérience montre que les waders souples de type gore-tex® ne présentent pas une isolation suffisante vis-à-vis de

l'électricité en particulier lorsque l'intérieur est humide (remplissage par chute, profondeur trop importante ou bien simplement du fait de la transpiration).

Selon les opérateurs, des personnels opèrent avec des waders souples ou encore des waders avec une coupe de type pantalon (*i.e.* s'arrête à la taille et n'ont pas la forme de salopettes). Certains opérateurs disposent de waders néoprène ou caoutchouc.

**Proposition :**

**Il est conseillé d'employer des waders en néoprène ou bien souples en caoutchouc (plus confortables étant données les températures relativement élevées en Nouvelle-Calédonie en période de pêche). Ces derniers pouvant présenter des fragilités, ils devront être vérifiés avant chaque pêche.**

Au-delà de l'aspect isolation de l'électricité, les cours d'eau de Nouvelle-Calédonie, par leur morphologie et la nature du substrat (en particulier ultramafique) sont particulièrement glissants et la progression en leur sein peut s'avérer difficile. Ainsi, l'usage de semelles antidérapantes cloutées ou « feutre + clous » qui présentent l'avantage de ne pas se colmater sur les matériaux fins, paraît le meilleur compromis. Des dispositifs de type « grip sol » peuvent également être utilisés (cf. Photo 5 ci-dessous).



*Photo 5 : Grip sol (marque JMC ®) (JMC)*

L'expérience montre que dans les cours d'eau à forte énergie et fond inégal, il peut être utile d'accrocher ce type de dispositif à la cheville afin de ne pas le perdre.

**Gants isolants**

Chaque participant au chantier de pêche doit disposer de gants isolants normés pour les tensions mise en jeu (1000 V). Ces gants doivent être vérifiés et / ou changés en fonction des dates de péremption indiquées. A minima un test simple de remplissage avec de l'air doit être réalisé avant chaque pêche pour en vérifier l'étanchéité.

Au cours des différentes pêches réalisées lors de l'expertise, tous les opérateurs n'étaient pas munis de gants isolants.

**Préconisation :**

**Utilisation de gants adaptés par tous les personnels participants au chantier de pêche.**

**3.2.6.3. Sécurité générale et sécurité du public**

Afin de garantir au mieux la sécurité de tous, il est essentiel en début de chaque opération de rappeler les dangers de la pêche à l'électricité en insistant notamment sur les points chauds que sont l'anode et la cathode. Il est également impératif de veiller à ce que chacun dispose de bottes ou chaussure avec une semelle isolante et que personne n'accède à l'eau en cours d'opération.

Un document de type « fiche station » ou « étude sécurité » peut être utilisé pour décrire les spécificités du lieu de pêche et les coordonnées du site. Afin de garantir l'accès des secours en cas de besoin, ce document devrait comporter un message pouvant être lu par n'importe quel opérateur et indiquant de manière précise, outre la situation d'accident, le lieu et les modalités d'accès au site.

Enfin, comme le demande l'arrêté ministériel de 1989, l'équipe doit disposer de deux personnes formées aux gestes de premiers secours.

**3.2.6.4. Précautions sanitaires**

Même si la question de la désinfection du matériel n'a pas été au cœur des entretiens avec les opérateurs, l'analyse bibliographique et l'observation des pêches réalisées au cours de la mission, n'ont pas fait apparaître de précautions particulières pour prévenir la dissémination de micro-organismes pouvant être pathogènes.

Or, il est connu que de telles introductions peuvent avoir un impact fort sur la faune et la flore en place, et que toute étude ou suivi scientifique et technique peut constituer un risque de dissémination (Munsch, 2012). Dans des contextes îliens, ces introductions sont d'autant plus impactantes qu'elles touchent potentiellement des espèces endémiques, rares ou plus ou moins fragilisées par ailleurs, et généralement peu résistantes à de nouveaux pathogènes ou à la compétition exercée par de nouvelles espèces.

**Préconisation :**

**Après chaque opération, mettre en œuvre une procédure de décontamination de tous les matériels en contact avec le milieu aquatique dont anodes, épuisettes, seaux, bassines, *waders*, bottes,...**

**3.2.7. Standardisation, contrôle et démarche qualité**

Les entretiens et les observations des pratiques des différents prestataires ont permis de mettre en évidence des difficultés d'application des normes européennes et standards métropolitains. Tous comme les coordinateurs techniques et les services de l'Etat, les prestataires sont en demande de documents de cadrage technique. Actuellement ces éléments de cadrages sont insuffisants et les

efforts d'échantillonnages sont dépendants des budgets consentis par les maitres d'ouvrage et par conséquent variables dans le temps.

Dans l'optique d'une démarche qualité et dans l'objectif de construire des indicateurs aidant aux diagnostics de l'état des milieux, il apparaît important de démarrer une démarche d'amélioration des pratiques et leur contrôle. Cette standardisation doit reposer sur des méthodes adaptées (compromis efficacité-moyens), des éléments de cadrage technique et un bon suivi de l'application de ces référentiels méthodologiques sur le terrain. La volonté de standardiser les pêches électriques en Nouvelle-Calédonie avant de travailler sur les outils de bio-indication est donc tout à fait pertinente. Dans d'autres DOM, des exemples de développement prématuré d'indice poissons avant que les méthodologies de pêches ne soient standardisées, ont conduit à un besoin d'évolution *a posteriori* des protocoles d'échantillonnage (Ringelstein, 2016).

#### **Préconisations :**

**La priorité pour la Nouvelle-Calédonie repose sur trois axes :**

- **le développement de protocoles adaptés et standards ;**
- **la mise en place de cahiers des charges techniques qui s'imposent aux maîtres d'ouvrage ;**
- **la mise en place d'une « procédure qualité » avec des audits permettant de vérifier l'application des méthodes préconisées.**

### **3.3. Action 5 : test de protocoles mis en œuvre en métropole**

Les expérimentations de terrain avaient pour objectif de tester la pertinence des protocoles standards mis au point et utilisés en métropole depuis plusieurs années dans le cadre des réseaux de suivi. Il s'agissait, sur des sites dont les peuplements étaient bien connus grâce à plusieurs années de suivi, de mettre en œuvre la pêche par points avec les équipes locales. Plus précisément, le but de cette expérimentation était d'une part d'étudier les éventuelles difficultés d'application liées au contexte local (type de cours d'eau, espèces de poissons, habitude et expérimentation des équipes...), et d'autre part de vérifier la pertinence du peuplement obtenu au regard des connaissances acquises auparavant.

Dans un premier temps les tests méthodologiques et analyses correspondantes se sont focalisés uniquement sur les poissons, en excluant les macrocrustacés. En effet, l'expérience en France métropolitaine montre les limites de la pêche électrique sur l'évaluation des stocks de macrocrustacés (écrevisses). Dans l'hypothèse où la méthode testée donne des résultats satisfaisants sur les poissons, elle devrait être testée par la suite sur les macrocrustacés présentant un intérêt certain pour la bioindication. A noter toutefois que d'autres limites sont à prendre en compte vis-à-vis de ce groupe comme la détermination.

La pêche par points a été développée en métropole pour les suivis « réseaux » des cours d'eau non entièrement prospectables à pieds, à partir d'études scientifiques reconnues (Nelva *et al.*, 1979) et de tests préalables approfondis (Tomanova *et al.*, 2013). Par rapport à d'autres méthodes d'échantillonnage, un des principaux avantages de celle-ci réside dans la forte réduction de la variabilité inter-opérateurs, tout en garantissant un résultat fiable par rapport au peuplement réel (présumé ou connu) d'un tronçon.

Deux jours de pêches ont ainsi été organisés avec les bureaux d'étude ERBIO et BIOEKO, sur 3 stations préalablement sélectionnées parmi les stations les plus étudiées : Kwé 40 (KW40), Creek Baie Nord 30 (CBN30) et Creek Baie Nord 70 (CBN70). Cette sélection a été réalisée à partir des critères suivants (cf. Annexe 3) :

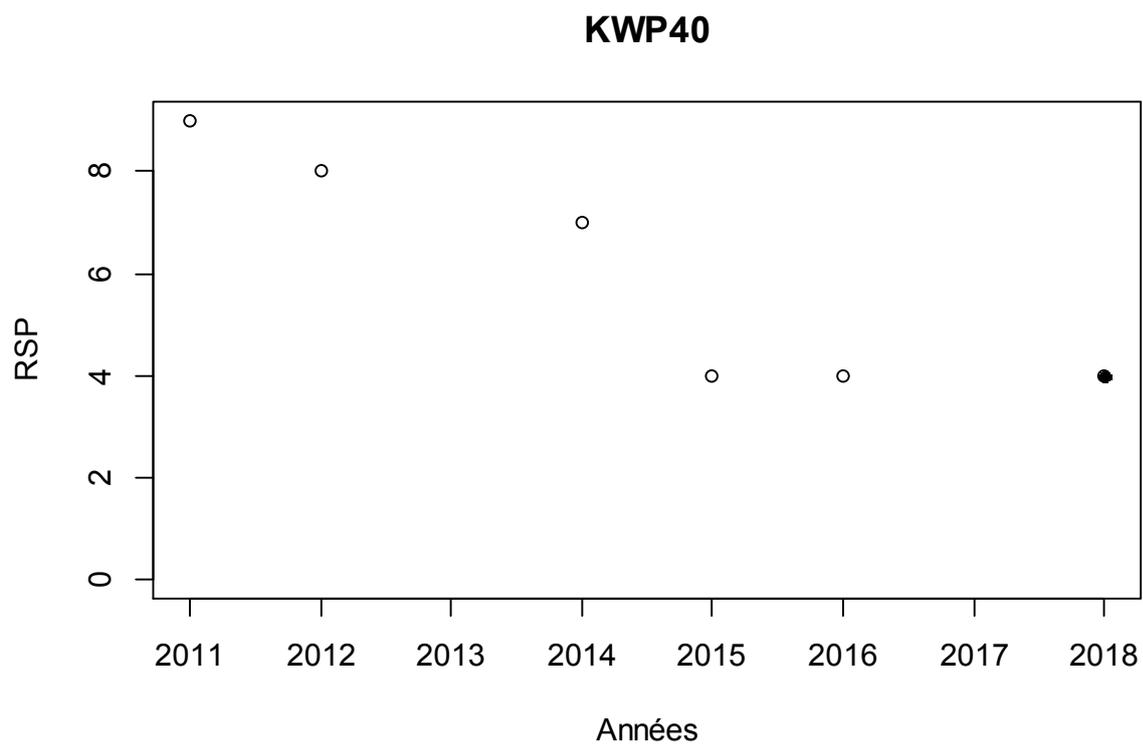
- ✓ gabarit de cours d'eau (petit et grands milieux) ;
- ✓ nombre d'espèces ;
- ✓ densité de poissons ;
- ✓ nombre d'opérations déjà réalisées ;
- ✓ proximité entre elles et de Nouméa.

Sur chacune de ces stations faisant partie de l'HER « plaine du grand sud » et caractérisées par un substrat ultramafique et un débit relativement important, 75 points ont été échantillonnés selon le protocole standard (AFNOR, 2008 ; Belliard *et al.*, 2012) en vigueur en métropole, à l'aide d'une anode et deux épuisettes. L'utilisation d'un filet bloquant (« stopnet ») a été ajoutée par rapport au protocole standard. Elle est habituelle dans la plupart des suivis de NC et constitue une sécurité supplémentaire vis-à-vis de certaines espèces parfois difficiles à capturer (benthiques, pélagiques, anguilles...).

### **3.3.1. KW40**

#### **Richesse spécifique**

Sur la Kwé 40, la richesse spécifique (Rsp) obtenue en 2018 (4 espèces) est inférieure à la richesse moyenne sur la chronique (Rsp=6.4 sur la période 2011-2016) et faible comparée aux opérations de début de la chronique (moitié moins), mais elle est égale aux résultats des deux années précédentes (cf. Figure 14).



*Figure 14 : Evolution de la richesse spécifique de la station Kwé-40 depuis 2011*

#### **Densité totale**

A l'instar de la richesse spécifique, la densité totale (EFFTOT) observée en 2018 sur la Kwé 40 à partir de la pêche par points, est très inférieure à la valeur obtenue la première année de suivi (2011), mais du même ordre que les densités observées les années suivantes (cf. Figure 15).

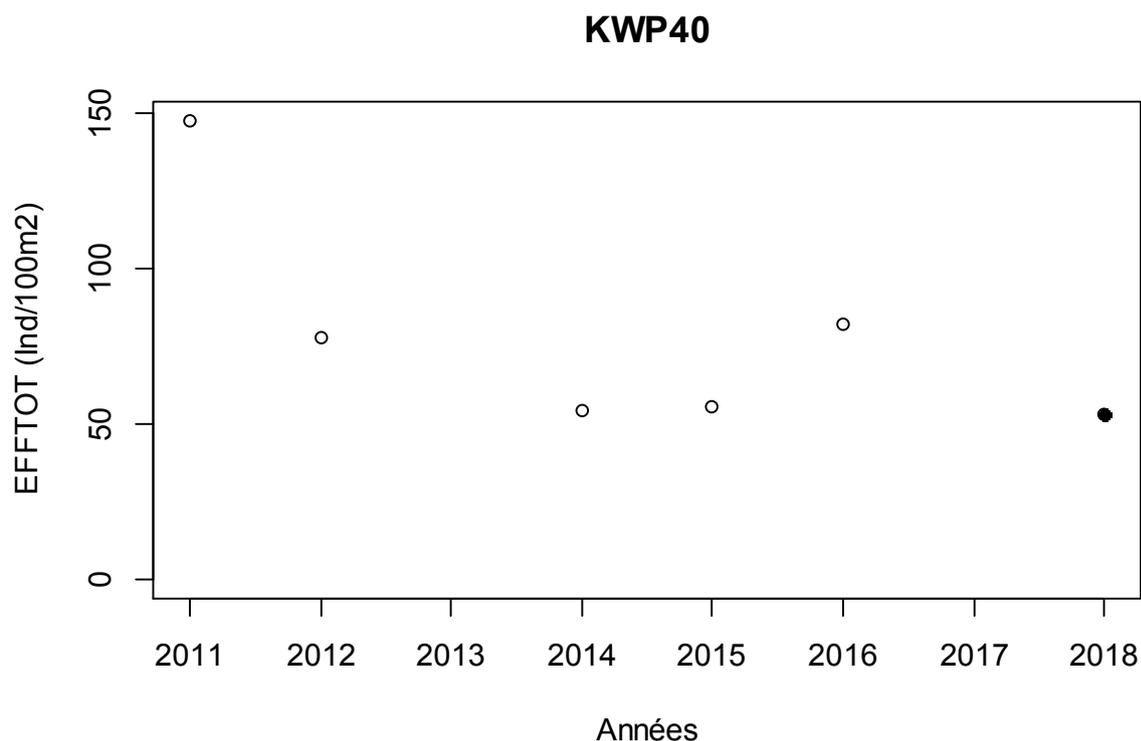


Figure 15 : Evolution de la densité totale (ind./ha) de la station Kwé-40 depuis 2011

### Composition

Sur la Kwé-40, quatorze espèces de poissons ont été observées sur une chronique de 6 années, une majorité d'entre elles étant capturées de façon très irrégulière sur la période de suivi (*i.e.* moins de 3 années sur 6). Une seule espèce, le mulot noir (*Cestraeus plicatilis*) a été capturée chaque année (cf. Figure 16 ci-après).

Les espèces les plus fréquemment capturées, soit dans l'ordre décroissant *Cestraeus plicatilis* (CesPli), *Awaous guamensis* (AwaGua), *Cestraeus oxyrhynchus* (CesOxy), *Eleotris fusca* (EleoFus), *Kuhlia rupestris* (KuhhRup), et *Protogobius attiti* (ProAtt), sont aussi celles qui dominent (moyenne sur 6 ans). Mais les effectifs respectifs sont assez variables d'une année sur l'autre ; les valeurs variant par exemple de 5 à 27 ind./ha pour *Cestraeus plicatilis*. Cette variabilité peut être naturelle mais peut se trouver éventuellement amplifiée par des changements d'opérateurs.

La pêche par points réalisée en 2018 a permis la capture d'une partie seulement des principales espèces dominantes (*Cestraeus plicatilis*, *Awaous guamensis* et *Eleotris fusca*), mais n'a pas permis la capture d'au moins trois autres espèces parmi les plus représentées les années précédentes (*Cestraeus oxyrhynchus*, *Kuhlia rupestris*, et *Protogobius attiti*). Par contre, une espèce jamais capturée auparavant a été identifiée : *Eleotris melanosoma* (EleMel).

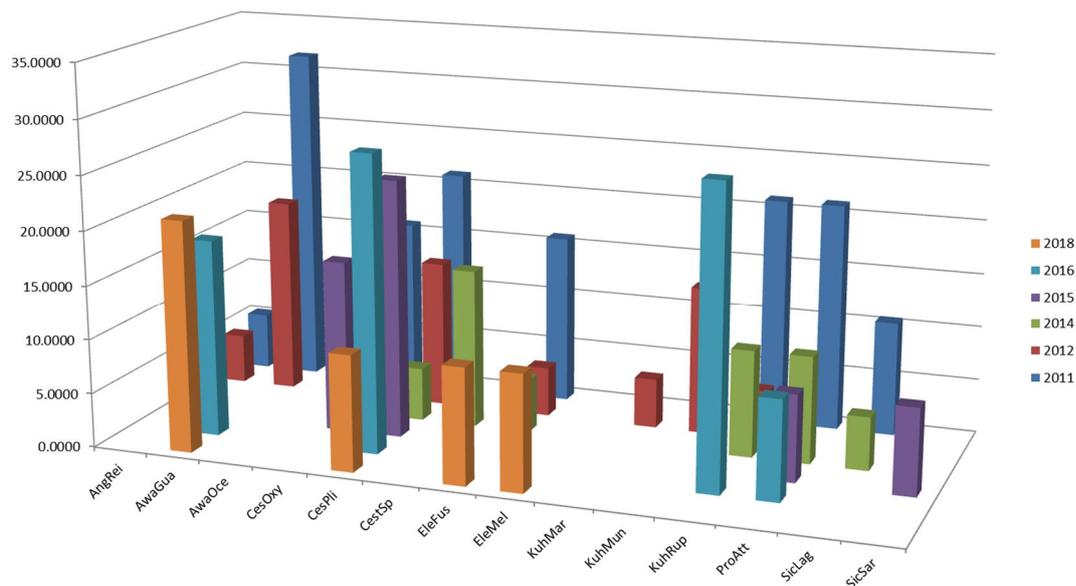


Figure 16 : Variations inter-annuelles des densités par espèce (ind./ha) entre 2011 et 2018

## Conclusion

Sur cette station, dont on peut qualifier la richesse et la densité totale de faibles sur la période de suivi, la pêche par points expérimentée en 2018 conduit à un peuplement assez comparable aux années précédentes, si l'on s'en tient à la richesse et à la densité. Par contre l'analyse plus approfondie de la composition spécifique fait apparaître des lacunes importantes dans l'échantillon recueilli, en particulier l'absence d'espèces assez centrales dans le peuplement (fréquentes et/ou dominantes), dont certaines sont endémiques (SiSar, ProAtt). Et la capture d'une espèce jamais observée auparavant ne compense que très partiellement ce constat.

Enfin malgré le caractère très partiel de cette méthode, on peut également souligner le fait que les captures par unité d'effort (CPUE) obtenues sur les espèces principales (exprimées en individus par hectare) sont très comparables au reste de la chronique.

### 3.3.2. CBN30

#### Richesse spécifique

Sur la Creek Baie Nord-30, la richesse obtenue en 2018 (9 espèces) est équivalente ou légèrement supérieure à celle des trois années précédentes et légèrement supérieure à la moyenne sur la chronique (Rsp-moy=8.6 dans la période 2007-2016) (cf. Figure 17 ci-après).

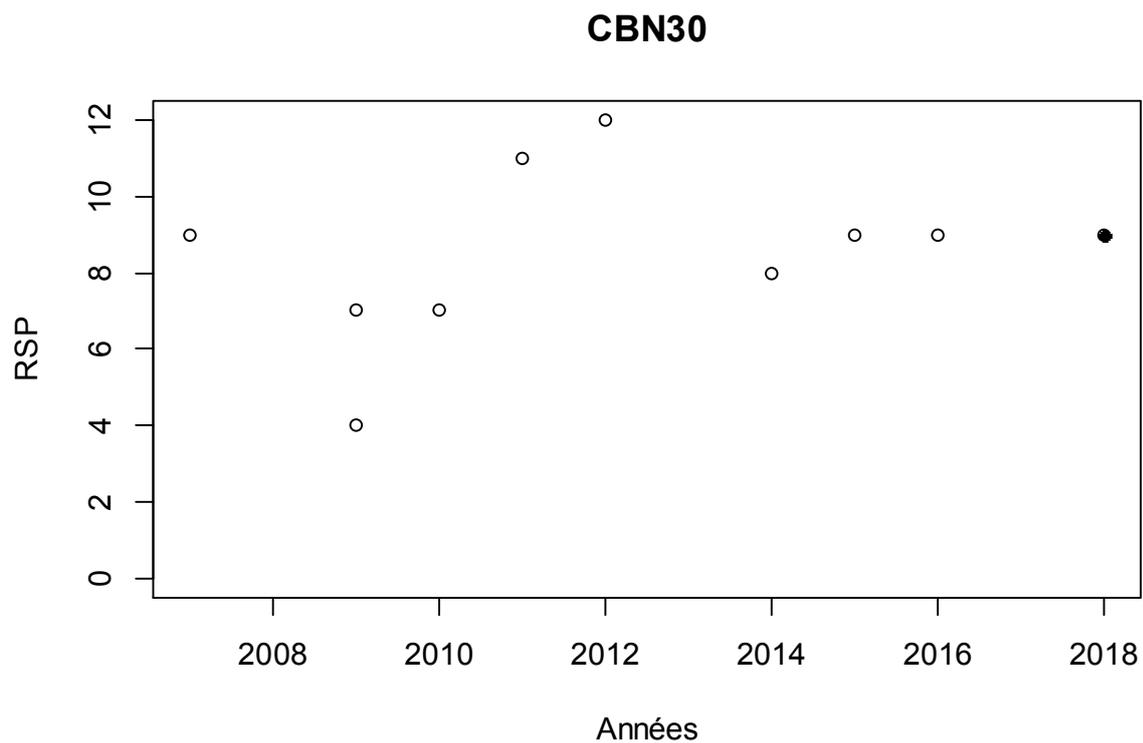


Figure 17 : Evolution de la richesse spécifique de la station Creek Baie Nord-30 depuis 2007

## Densité totale

Sur la Creek Baie Nord-30, la densité totale est extrêmement variable d'une année à l'autre (entre 77 ind./ha en 2009 et 1710 en 2011) (cf. Figure 18 ci-dessous).

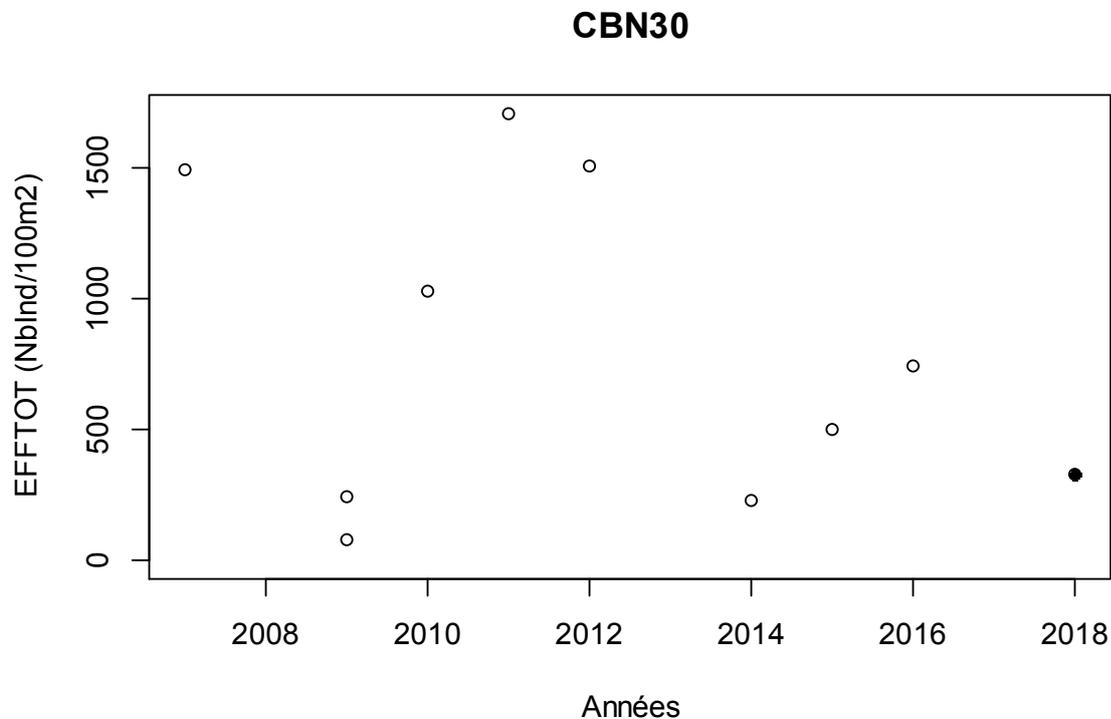


Figure 18 : Evolution de la densité totale (ind./ha) de la station Creek Baie Nord-30 depuis 2007

On peut distinguer globalement des séries d'années à fortes densités (2007, 2010, 2011, 2012) et des années à faibles densités (2009, 2014 à 2016), en lien notamment avec les variations hydro-climatiques et surtout des épisodes de pollutions et de mortalités massives en avril 2009 (cf. BIOTOP 2012b) et en mai 2014 (cf. BIOTOP, 2014). Dans ce contexte, la densité évaluée par la pêche par points en 2018 rentre dans la gamme des années à faible densité, en se situant assez nettement en dessous de la moyenne (DensTot-moy=912 ind./ha dans la période 2007-2016).

## Composition

Sur la Creek Baie Nord-30, 18 espèces de poissons ont été observées (+ 2 taxons indéterminés d'anguille et d'*Eleotris*) sur une chronique de 8 années. Une majorité d'entre elles sont capturées de façon très irrégulière sur la période de suivi (moins de 3 années sur 8). Trois espèces seulement ont été capturées chaque année : *Anguilla reinhardtii* (AngRei) et *Anguilla marmorata* (AngMar) et *Kuhlia rupestris* (KuhhRup) (cf. Figure 19 ci-dessous).

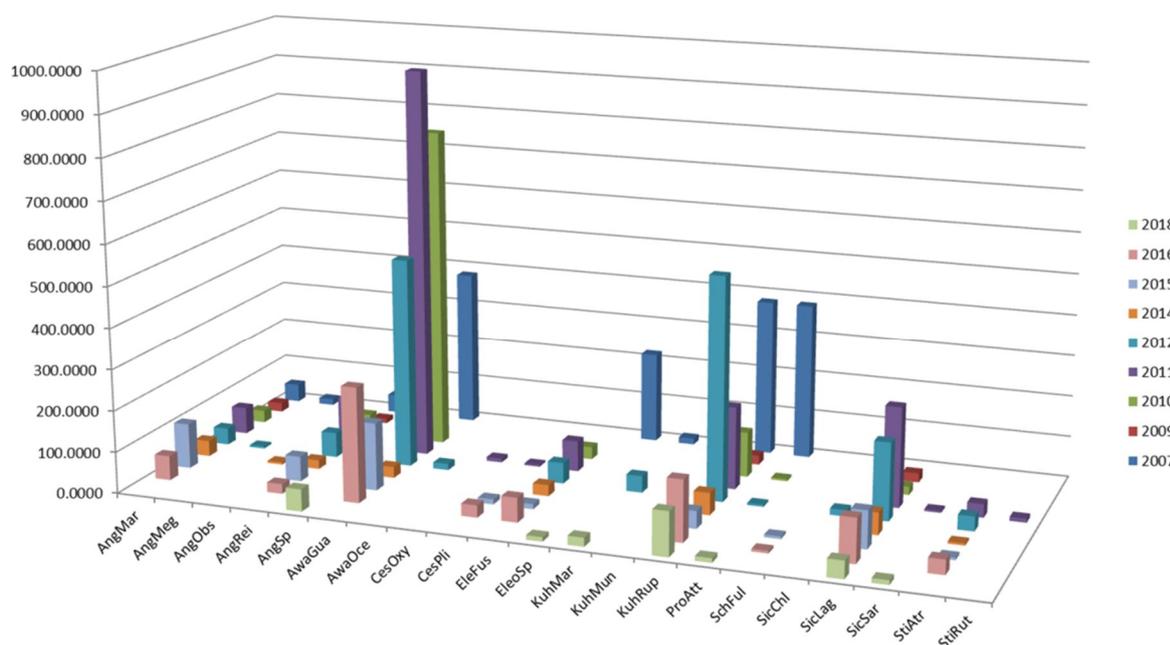


Figure 19 : Variations interannuelles des densités par espèce (ind./ha) entre 2007 et 2018

La pêche par points réalisée en 2018 a permis de capturer 2 espèces seulement (*Sicyopterus lagocephalus* (SicLag) et *Kuhlia rupestris*) des 3 espèces dominantes sur la chronique ; *Awaous guamensis* (AwaGua) n'ayant pas été capturée. Sur les espèces moins représentées, en faisant l'hypothèse que les *Eleotris* non identifiées (Eleo Sp) correspondent probablement à *Eleotris fusca* (EleFus), seul *Eleotris* capturé sur la chronique, il apparaît que l'échantillonnage par points de 2018 passe à côté de *Stiphodon atratus* (StiAtr) et sans doute de certaines espèces d'anguilles. Des anguilles indéterminées ont été capturée et compte tenu de leurs fréquences/abondance sur la chronique, il pourrait s'agir d'*Anguilla reinhardtii* et/ou *Anguilla marmorata*. Dans tous les cas *Anguilla obscura* (AngObs) et *Anguilla megastoma* (AngMeg), plus rares sur la chronique n'ont pas été recensées.

De même, d'autres espèces rares sur la chronique (1 à 2 occurrences en faibles densités sur les 8 années de suivi) comme *Awaous ocellaris* (AwaOce), *Cestraeus oxyrhynchus* (CesOxy), *Schismastogobius fuligimentus* (SchFul), *Stiphodon rutilaureus* (StiRut) et *Sicyopus chloe* (SicChl), n'ont pas été capturées.

A l'inverse, la pêche par points a permis la capture de *Kuhlia marginata* (*KuhhMar*), *Protogobius attiti* (*ProAtt*) et *Sicyopterus sarasini* (*SicSar*), assez peu représentés sur la chronique.

### Conclusion

Pour ce qui est de la richesse spécifique et de la densité, les résultats de la pêche par points sur cette station en 2018 se situent dans la gamme de variations inter-annuelles, qui sont particulièrement fortes, notamment en raison notamment des épisodes particulièrement impactants de pollutions émanant des sites industriels miniers (RQ les résultats se situent plutôt au niveau des valeurs basses pour la densité).

En ce qui concerne la composition (densités respectives des différentes espèces), les performances sont nettement plus mitigées. Même si la présence de deux taxons indéterminés (*Anguilla* et *Eleotris*) rend l'interprétation plus délicate, il s'avère que la pêche par points ne permet pas la capture d'une des espèces principales, *Awaous guamensis*, souvent dominante, ni celle de certaines espèces moins abondantes mais parmi les plus fréquentes (une ou plusieurs espèces d'anguilles, *Stiphodon atratus*).

### 3.3.3. CBN70

#### Richesse spécifique

Sur la Creek Baie Nord-70, la richesse obtenue en 2018 (11 espèces) est très nettement inférieure (près de la moitié) à celle obtenue les trois années précédentes et à la moyenne sur la chronique (Rsp-moy=21 dans la période 2007-2016) (cf. Figure 20 ci-dessous).

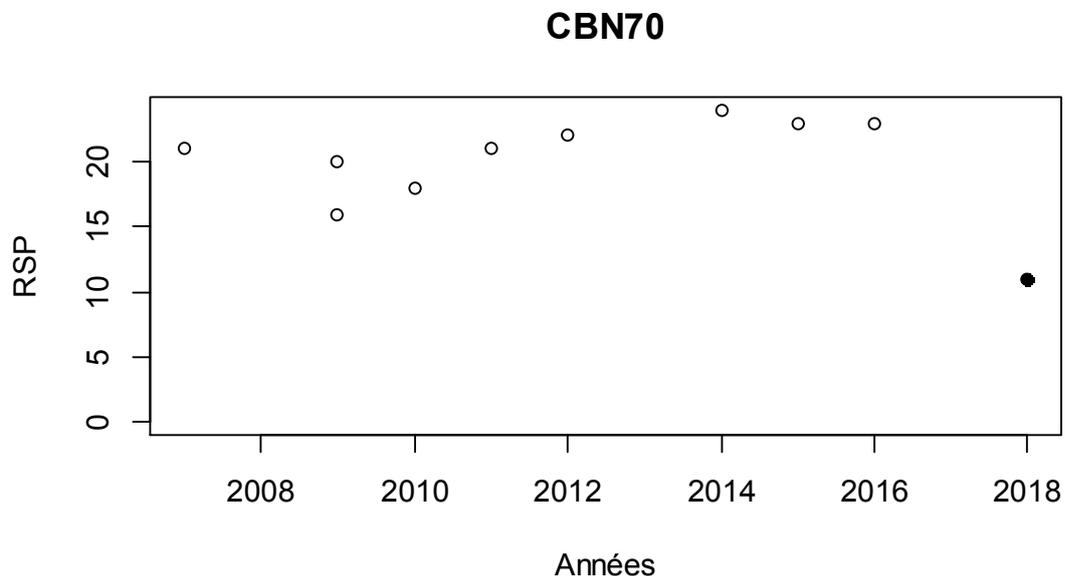


Figure 20 : Evolution de la richesse spécifique de la station Creek Baie Nord-70 depuis 2007

## Densité

Sur cette station, la densité totale est extrêmement variable d'une année à l'autre (entre 1052 ind./ha en 2007 et 2834 en 2016), avec quelques pics en 2011, 2015 et 2016 (cf. Figure 21 ci-dessous). Dans ce contexte, la densité évaluée par la pêche par points en 2018 est nettement inférieure aux valeurs observées sur l'ensemble de la chronique et assez nettement en-dessous de la moyenne (DensTot-moy=1798 ind./ha dans la période 2007-2016).

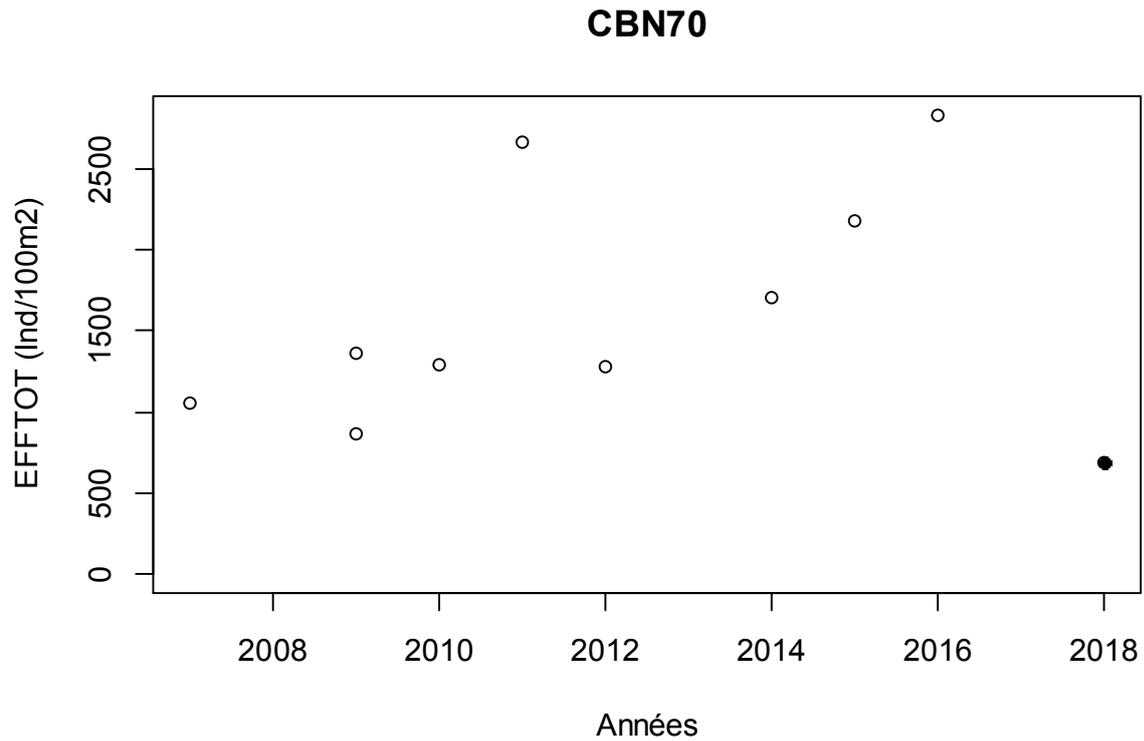


Figure 21 : Evolution de la densité totale (ind./ha) de la station Creek Baie Nord-70 depuis 2007

## Composition

Sur la Creek Baie Nord-70, 44 espèces de poissons ont été observées (+ 4 taxons indéterminés d'anguilles et d'*Ophieleotris*, d'*Eleotris*, de *Sicyopus*) sur une chronique de 8 années (cf. Figure 22 ci-dessous). La plupart d'entre elles est capturée de façon très irrégulière sur la période de suivi (moins de 3 années sur 8). Sept espèces seulement ont été capturées chaque année : *Kuhlia rupestris* (KuhRup), *Kuhlia marginata* (KuhMar), *Anguilla marmorata* (AngMar), *Sicyopterus lagocephalus* (SicLag), *Eleotris fusca* (EleFus), *Redigobius bikolanus* (RedBik), *Glossogobius celebius* (GloCel) ; les autres espèces les plus fréquentes/dominantes étant *Awaous guamensis* (AwaGua), *Kuhlia munda* (KuhMun) et *Schismastogobius fuligimentus* (SchFul).

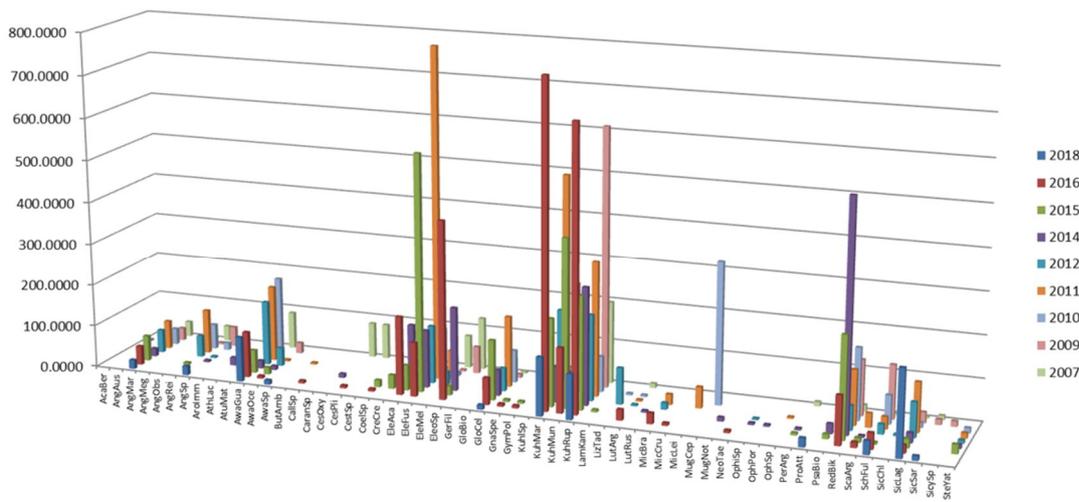


Figure 22 : Variations interannuelles des densités par espèce (ind./ha) entre 2007 et 2018

Parmi ces espèces principales, en considérant que les *Eleotris* indéterminés ont de grandes chances d'appartenir à l'espèce *fusca*, la plus fréquente et abondante sur la chronique, cela porterait à deux le nombre d'espèces qui n'ont pas été capturées en 2018 par la pêche par points : *Kuhlia munda* et *Redigobius bikolanus*. Parmi les espèces moins fréquentes et/ou moins abondantes, en faisant une hypothèse analogue sur les anguilles (AngSp ~ AngRei), il reste que 6 espèces n'ont pas été capturées : *Awaous ocellaris* (AwaOce), *Eleotris acanthopoma* (EleAca), *Crenimugil crenilabris* (CreCre), *LutArg* (LutArg), *Scatophagus argus* (ScaArg) et *Stenogobius yateiensis* (SteYat).

Par contre, la pêche par points a permis la capture de deux espèces endémiques : *Protogobius attiti* (ProAtt) jamais capturée auparavant, et *Sicyopterus sarasini* (SicSar), assez rare sur la chronique. En termes de proportion des espèces dominantes, si l'on se fie aux résultats des précédentes années, il semble que la pêche par points ait tendance à surestimer les petites espèces benthiques et inversement à sous-estimer les espèces plus pélagiques (carpes du genre *Kuhlia*). Toutefois, les écarts à première vue importants entre les résultats obtenus sur cette station lors du test de 2018 et le reste de la chronique, doivent être relativisés. En effet, la station échantillonnée par points en 2018 ne correspond pas exactement aux limites de la station échantillonnée auparavant. La partie la plus aval située en zone de balancement de marée et à l'aval d'une chute significative, n'a pas été échantillonnée en pêche par points et l'aval de la station (en amont du seuil) a servi à la démonstration de pêche électrique « comme à l'habitude » du bureau d'études BIOEKO. La station

de pêche par points a donc commencé nettement plus en amont que dans les suivis antérieurs. Cette différence en termes d'habitats peut donc expliquer une part significative des différences observées entre 2018 et les campagnes précédentes (c'est le cas par exemple pour les syngnathes).

Cette remarque souligne de nouveau la question du positionnement des stations. En effet dans le cas de la CBN-70, inclure au sein d'une station une rupture morphologique aussi nette (seuil) de même qu'un milieu aussi différent que la zone de balancement des marées, est très discutable quant à l'évaluation des peuplements. En effet ce type de milieu favorise la présence d'une faune aquatique très majoritairement composée d'espèces estuariennes ou marines. Il conviendrait dans ce type de situation d'éviter un positionnement à cheval sur une rupture écologique majeure.

### **Conclusion**

Même en tenant compte des dernières remarques relatives aux différences de positionnement des stations les résultats de la pêche par points en 2018 paraissent assez insuffisants sur les différents descripteurs du peuplement : richesse spécifique, densité totale, abondances relatives des différentes espèces dont les plus représentées. Néanmoins, on doit aussi souligner la très forte variabilité interannuelle des résultats qui reflète pour une part une certaine complexité du fonctionnement des cours d'eau Néo-Calédonien, en particulier dans leurs cours aval, mais sans doute aussi une variabilité instrumentale significative dont une part est liée aux différents changements d'opérateurs. A noter aussi que la pêche par points a permis de capturer des espèces rares ou absentes de la chronique. Soit ces espèces étaient absentes auparavant, soit l'efficacité des protocoles utilisés étaient insuffisants ; dans tous les cas, ce principe de pêche partielle systématique permet la capture d'espèces rares.

### 3.3.4. Richesse spécifique vs effort de pêche

#### 3.3.4.1. KW40

Sur la Kwé-40, la courbe de richesse cumulée (RspCum) ne montre pas de point d'inflexion particulier (cf. Figure 23 ci-dessous), mais au contraire une augmentation quasi linéaire de la richesse observée avec l'effort d'échantillonnage. Rien ne permet donc d'affirmer que les 75 points systématiques standards permettent d'obtenir une image représentative et stabilisée du peuplement en place. Pour ce type de station (faible richesse, faible densité), la pêche par points dans sa version standard métropolitaine, ne constitue donc pas une méthode adaptée.

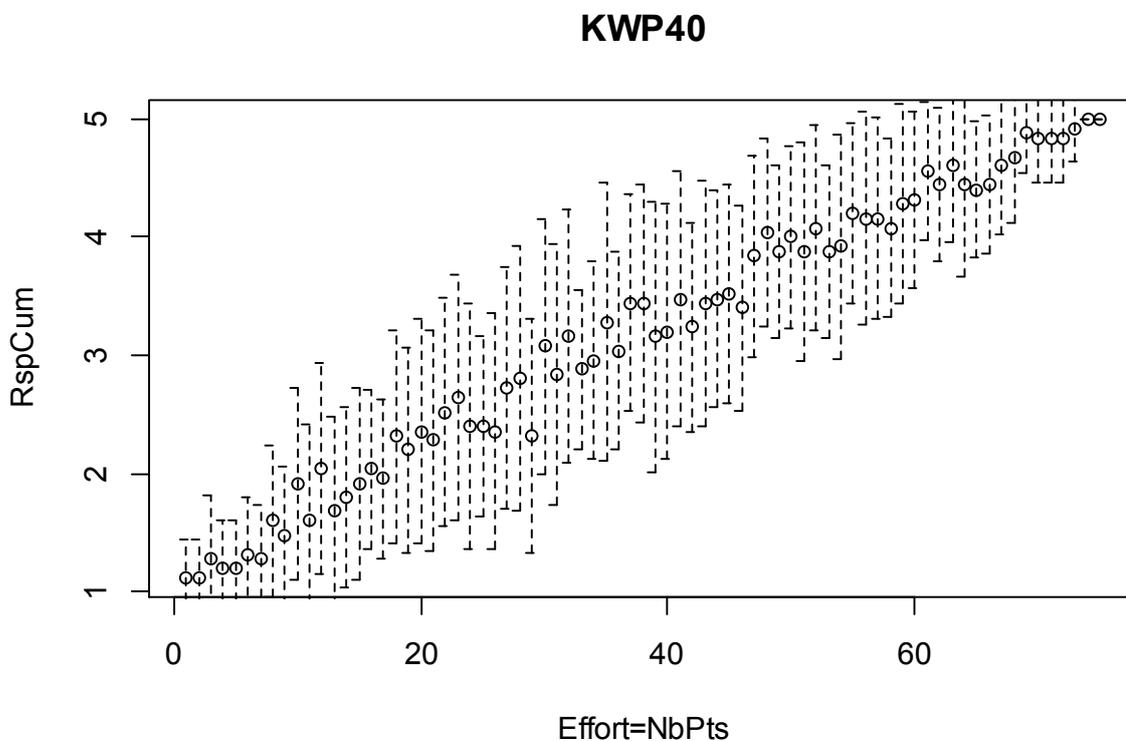


Figure 23 : Evolution de la richesse spécifique cumulée (RspCum) en fonction de l'effort d'échantillonnage (nombre de points) - chaque cercle représente la moyenne de la richesse cumulée pour 100 permutations tirées au sort ; les traits verticaux pointillés représentent l'intervalle de confiance de cette moyenne pour les 100 permutations tirées au sort

#### 3.3.4.2. CBN30

Sur la CNB-30, la courbe de richesse cumulée montre, si ce n'est une véritable inflexion, une bonne stabilisation de la richesse observée avec l'effort d'échantillonnage autour de 50 points (cf. Figure 24 ci-dessous). Pour ce type de station (richesse et densité moyenne), la pêche par points dans sa version standard métropolitaine pourrait être appliquée de façon relativement fiable.

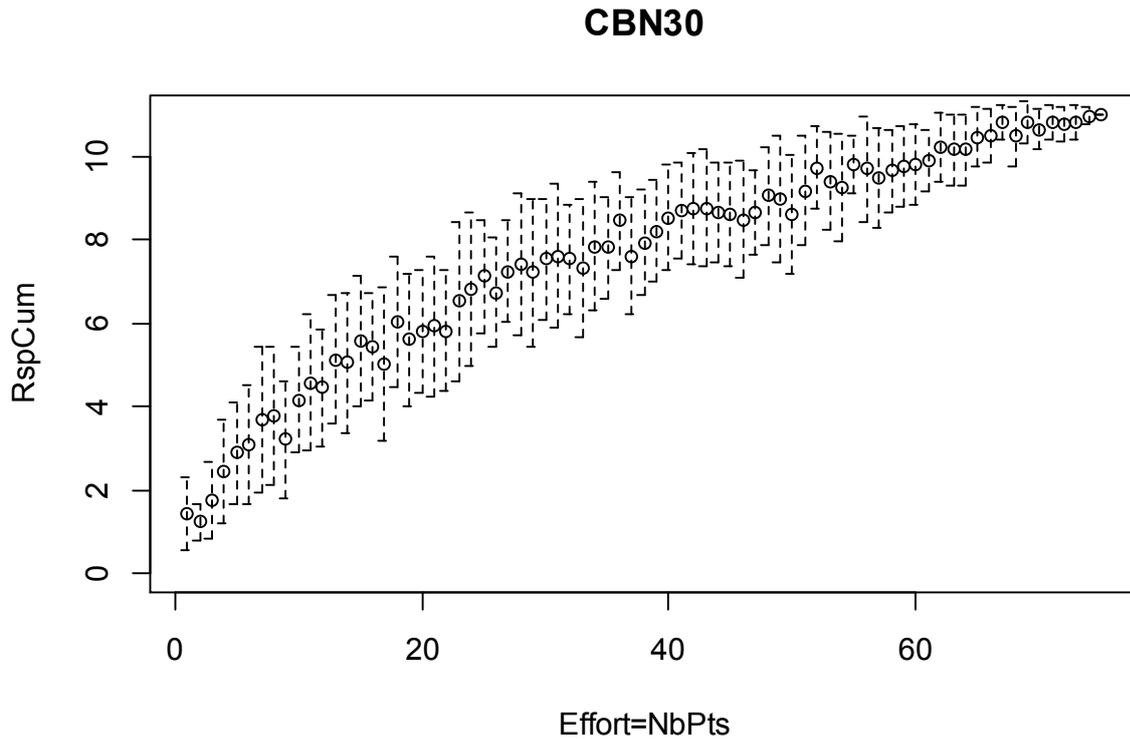


Figure 24 : Evolution de la richesse spécifique cumulée (RspCum) en fonction de l'effort d'échantillonnage (nombre de points) - chaque cercle représente la moyenne de la richesse cumulée pour 100 permutations tirées au sort ; les traits verticaux pointillés représentent l'intervalle de confiance de cette moyenne pour les 100 permutations tirées au sort

#### 3.3.4.3. CBN70

Sur la CNB-70, la courbe de richesse cumulée montre une inflexion assez nette autour de 40 points et l'atteinte de 90% des espèces capturées autour de 60 points (cf. Figure 25). Toutefois, la richesse totale obtenue en 2018 par l'application de la pêche par points est assez éloignée de la richesse moyenne sur la chronique (Rsp-moy=21 sur la période 2007-2016). Si pour ce type de station (richesse et densité forte), la pêche par points dans sa version standard métropolitaine, apparaît satisfaisante en termes d'effort et de stratégie de répartition des unités d'échantillonnage, la question de la représentativité par rapport au peuplement serait à approfondir, notamment dans un objectif de bio-indication : l'échantillon obtenu est-il suffisant pour décrire de façon fiable le lien avec les conditions environnementales naturelles et surtout anthropiques ?

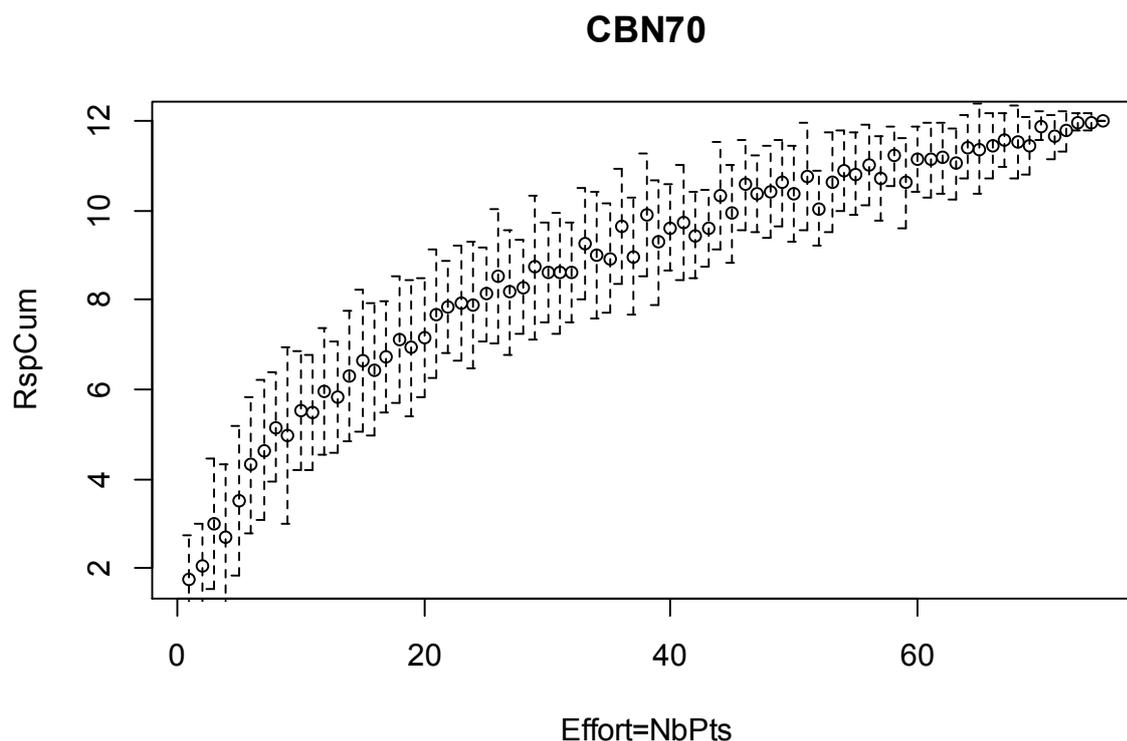


Figure 25 : Evolution de la richesse spécifique cumulée (RspCum) en fonction de l'effort d'échantillonnage (nombre de points) - chaque cercle représente la moyenne de la richesse cumulée pour 100 permutations tirées au sort ; les traits verticaux pointillés représentent l'intervalle de confiance de cette moyenne pour les 100 permutations tirées au sort

#### 3.3.4.4. Conclusion

Les performances de la pêche par points évaluées par l'examen de l'évolution de la richesse spécifique cumulée en fonction de l'effort d'échantillonnage (i.e. nombre de points) sont variables selon les types de cours d'eau et de peuplements échantillonnés. Sur une station comme la Kwé-40, caractérisée par des richesses et densités relativement faibles, l'effort d'échantillonnage apparaît nettement insuffisant. A l'inverse, pour un peuplement plus développé et riche comme sur le Creek Baie Nord-70, on obtient assez rapidement une inflexion de l'information recueillie alors que l'on continue d'augmenter, ce qui laisse penser que l'effort d'échantillonnage consenti est suffisant pour appréhender une proportion très significative du peuplement en place. La situation du Creek Baie Nord-30 étant intermédiaire, à la fois dans les caractéristiques du peuplement (richesse, densité...) et dans les modalités d'évolution entre richesse cumulée et effort d'échantillonnage, conforte l'hypothèse d'un lien entre le type de cours d'eau et les performances de la pêche par points. Ces observations tendent à démontrer que la pêche par points, en tant que stratégie systématique, n'est pas totalement disqualifiée, car elle donne des résultats intéressants sur certaines stations et constitue une des voies de standardisations les plus efficaces. Par contre, à l'évidence, l'effort d'échantillonnage est nettement insuffisant et le caractère ponctuel de cette pêche serait à revoir pour une application éventuelle pour les cours d'eau de Nouvelle-Calédonie.

## 4. Bilan

### *Applicabilité de la pêche électrique*

La pêche électrique est sans aucun doute une des méthodes les plus adaptées et efficaces dans un très large panel de situations (type de milieux, objectifs...). Toutefois, elle possède des limites qu'il convient d'identifier clairement et de différencier en fonction des types d'appareils. Ainsi, au-delà de 0,7 à 1 m de profondeur (en fonction d'autres paramètres comme la vitesse du courant...), l'efficacité décroît très fortement jusqu'à être quasiment nulle, en particulier sur certaines espèces (benthiques) ou classes de taille (individus < 70 mm par exemple). C'est pourquoi la plupart des tronçons des cours d'eau de l'est de la Grande-Terre (Massif du Panié), constitués d'alternance de cascades et de grandes vasques profondes, et certains de l'HER Chaîne centrale (voire du sud-est, non visitée) qui présentent des mouilles impraticables, ne rentrent pas (sauf exception locale ou objectifs très particuliers) dans le domaine d'application de méthodes standards d'échantillonnage des peuplements par pêche électrique.

La conductivité est également un facteur important en termes d'efficacité qui doit être analysée au regard des matériels. Si la plupart des appareils sont utilisables avec une efficacité correcte dans une gamme allant de 50 et 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Marchand *et al.*, 2013), une attention particulière doit être portée au choix de matériels et le test des performances au-delà de ces limites. Les matériels sur batterie peuvent notamment s'avérer limités sur les valeurs extrêmes. Dans tous les cas, même si le matériel portable s'impose dans la plupart des types de milieux étudiés pour des raisons d'accès, il conviendrait de tester d'autres appareils et de vérifier si l'attractivité obtenue avec les matériels sur batterie est suffisante sur les espèces les plus couramment rencontrées. De même, quel que soit le matériel utilisé, une attention particulière doit être prêtée aux réglages. Ceux-ci doivent être consignés à chaque opération et homogénéisés entre les opérateurs.

### *Des compétences techniques élevées...*

Quelles que soit les équipes observées ou rencontrées, les compétences techniques, en particulier sur la connaissance des espèces et des milieux, de même que l'expérience en matière d'échantillonnage des poissons en cours d'eau, ne font aucun doute. Mais cette expérience forte et ces compétences écologiques peuvent par certains aspects desservir un objectif central des suivis à savoir l'homogénéité et la standardisation. C'est pourquoi il faut sans cesse dans des réseaux à plus ou moins long terme, maintenir une attention forte sur des points clefs de l'échantillonnage qui constituent la base du contrôle qualité qu'il faut mettre en place à la fois en interne et en audit externe.

Le niveau de technicité et d'expérience, certes élevé d'une manière générale, peut se révéler cependant hétérogène au sein des équipes et ce phénomène est accentué par le roulement important qu'il peut y avoir dans les personnels techniques. Cette hétérogénéité et ce roulement ne sont pas forcément problématiques du moment qu'une formation interne est organisée et assurée et que le noyau dur d'encadrement technico-scientifique est stable et performant. Il est ainsi conseillé que deux personnes au moins de niveau ingénieur ou technicien supérieur spécialisé encadrent les chantiers d'échantillonnage, de biométrie et de mesures mésologiques et soient présents autant que possible sur l'ensemble des opérations.

## *...mais des pratiques éloignées des standards métropolitains et trop hétérogènes*

Trois points ont particulièrement attiré notre attention car ils n'étaient pas conformes aux documents cités en références par les différents opérateurs : la norme européenne NF-EN 14011 (2003) et la norme AFNOR XP T90-383 (2008), relatives à l'échantillonnage des poissons à l'électricité (RQ la deuxième complétant et précisant la première).

- Le premier concerne l'absence de critère de choix entre pêche complète et pêche partielle, ou plus précisément, l'ensemble des opérateurs évoquent la réalisation de pêches complètes, dans des conditions (largeur, profondeur) et avec des moyens (nombre d'appareils de pêches/électrodes) qui ne le permettent visiblement pas.
- Le deuxième concerne la longueur des stations qui selon les documents cités doit être en relation (facteur 20 dans le cas général, 10 pour les cours d'eau les plus larges) avec la largeur du cours d'eau. Or, on n'observe pas de relation de ce type dans l'analyse des comptes-rendus de pêches et la longueur des stations est souvent fixée à 100 m environ quelle que soit la largeur.
- Enfin le troisième point concerne le nombre d'électrodes et par conséquent d'appareils et de personnels, mobilisés en fonction de la largeur. Comme précédemment, on n'observe pas de relation de ce type dans l'analyse des données de suivis disponibles.

## *Des améliorations possibles rapidement*

Pour les trois points clefs de la standardisation décrits précédemment, il nous semble impératif et facile de préconiser des règles assez strictes et proches des normes et documents d'accompagnement existants, avec éventuellement des adaptations mineures au contexte Néo-Calédonien.

De même, nous sommes en mesure de faire des préconisations sur différents aspects techniques :

- les gestes techniques d'échantillonnage par type de faciès ;
- les moyens nécessaires en fonction de la largeur ;
- le réglage des appareils ;
- la manipulation et la mesure des poissons ;
- la description physique des stations (largeur, profondeur, substrat...).

Nous proposons des fiches de terrain pour la description des stations, la mesure standardisée des caractéristiques physiques et biologiques et pour la réalisation des audits.

## *Une méthode d'échantillonnage pour les cours d'eau large et/ou profond à affiner*

La pêche par points qui constituait une option forte de standardisation pour les cours d'eau larges et/ou profonds n'a pas donné entière satisfaction au vu des premiers tests réalisés. Néanmoins, le principe d'une **stratégie d'échantillonnage systématique nous semble toujours à privilégier** en priorité, car ce type d'approche **limite la subjectivité et répond mieux au besoin de standardisation**. Par contre le mode d'application ponctuel (*i.e.* sans déplacement de l'opérateur) choisi en métropole

pour permettre une application sur une très large gamme de cours d'eau (des cours d'eau alpins torrentiels aux grands fleuves de plaines plus ou moins aménagés), n'est de toute évidence pas adapté. Et, en combinaison avec le point précédent, **l'effort d'échantillonnage** (*i.e.* surface échantillonnée) s'avère également très **insuffisant**. Il nous semble donc à ce stade opportun de tester une version plus adaptée de pêche partielle systématique caractérisée par des « traits ». Ceci devant permettre de **prospector une surface plus importante** et par conséquent d'augmenter les chances de capture des différentes espèces.

Si une telle adaptation s'avérait encore insuffisante pour obtenir lors d'une opération, une image représentative du peuplement en place, une adaptation de la pêche par ambiance utilisée depuis de nombreuses années à La Réunion serait proposée (Olivier *et al.*, 2004).

## 5. Perspectives

### *De nombreux aspects à tester/développer*

- **Audits** : pour permettre un suivi dans le temps du respect des mesures préconisées et plus globalement de la qualité/conformité des données, il y a lieu de mettre en place un système d'audit qui serait réalisé par des services du gouvernement (DAVAR) ou des observateurs techniques (OEIL). A partir des documents techniques qui seront fournis, il est nécessaire de définir les modalités de mise en œuvre (opérateur, fréquence et bancarisation des observations/remarques). Le développement d'une procédure d'accréditation dans ce domaine, actuellement en cours en métropole devrait bénéficier à ces développements en NC.
- **Intercalibration** : il paraît également important de mettre en place un plan d'intercalibration qui aura pour objectif de vérifier la comparabilité des résultats produits par les différents opérateurs et la façon d'appliquer et d'interpréter les normes et guides.
- **Tests** :
  - **Méthode d'échantillonnage** pour les milieux larges (>10m) : il s'agirait de tester à grande échelle le protocole de pêche par traits, dérivé de la pêche par points, qui conserve le caractère systématique propice à la standardisation, en augmentant significativement la surface unitaire échantillonnée. Un abaque, prenant en compte le nombre de traits et la forme des traits a été réalisés afin de déterminer le nombre optimal, alliant **effort soutenable** et surface **de pêche maximale** (Tableau 1 ci-après). Ainsi, pour la méthode de PPT-NC, il est proposé de réaliser un minimum de **67 traits**, ce qui conduit à **une surface pêchée de 1870 m<sup>2</sup>**, soit le **double** d'une pêche par points classique (937 m<sup>2</sup>). La mise en pratique et l'analyse des résultats issus de cette proposition permettront de savoir s'il faut différencier le nombre de traits par type de cours d'eau (moyen à très grands cours d'eau) comme dans le cas de la pêche par points.

				1 x PPP	2 x PPP	3 x PPP				
		Longueur trait (m)	surface trait (m <sup>2</sup> )	937	1874	2811	longueur tot traits	distance inter trait min	longueur inter traits	longueur min tot
traits droits	trait 2 m	2	13	72	144	216				
	Trait 3 m	3	16	59	117	176				
	Trait 4 m	4	19	49	99	148	396	3.0	293	689
	Trait 5 m	5	22	43	85	128	425	3.0	253	678
trait mouvement 1 m (0,5 m de chaque côté)	trait 2 m	2	18	52	104	156				
	Trait 3 m	3	22	43	85	128	255	3.0	253	508
	Trait 4 m	4	26	36	72	108	288	3.0	213	501
	Trait 5 m	5	30	31	62	94	310	3.0	184	494
trait mouvement 2 m (1 m de chaque côté)	Trait 2 m	2	23	41	81	122	162	3	241	403
	Trait 3 m	3	28	33	67	100	201	3	198	399
	Trait 4 m	4	33	28	57	85	228	3	167	395
	Trait 5 m	5	38	25	49	74	245	3	145	390

Tableau 1 : Abaque d'aide à la détermination du nombre de traits à réaliser pour une opération de pêche électrique par traits NC – le tableau croise 3 formes de traits possibles à mettre en œuvre et le nombre de traits à réaliser en fonction de la surface finale souhaitée

- ✓ Pour les milieux moins larges, à prospecter en pêche complète, les estimations statistiques de l'efficacité de capture sur différents groupes d'espèces sont exceptionnelles en NC et il conviendrait au moins à titre expérimental, de constituer un jeu de données de référence en réalisant des pêches à **plusieurs passages**. Dans la mise en œuvre, une pêche à plusieurs passages se pratique pour les passages supplémentaires de la même manière que pour le premier. Les biométries sont séparées par passage, ce qui implique que les poissons ne soient remis à l'eau (enlèvements successifs) qu'à la fin de l'opération. Les captures doivent être stabilisées dans des conditions de survie optimisées et du matériel adapté.
- ✓ Pour les secteurs (tronçon, ou habitats au sein d'une station) dont la profondeur empêche la réalisation d'une pêche électrique dans des conditions satisfaisantes (sécurité, fiabilité et respect des protocoles) comme c'est le cas dans certains cours d'eau du « massif du Panié » et du « cœur de la chaîne centrale », il semble possible de proposer au test un protocole standard à la fois basé sur des travaux scientifiques récents (Chamberland *et al.*, 2014 ; MacNaughton *et al.*, 2014 ; Plichard *et al.*, 2017) et adapté aux cours d'eau de NC et aux objectifs. Une des limites actuelles réside probablement dans l'existence des compétences nécessaires, à la fois pour la détermination visuelle *in situ* des espèces de poissons et macrocrustacés, et dans la pratique d'observation subaquatique en sécurité dans un contexte professionnel. Pour ces questions pratiques mais aussi pour la question du coût final de ces opérations, il nous semble raisonnable de construire un protocole impliquant au maximum 3 plongeurs spécialisés. Au plan technique, par analogie avec ce qui est pratiqué pour la pêche électrique et pour permettre une certaine comparabilité des données, ce protocole inclura des protocoles d'observation quasi-exhaustifs pour les milieux de gabarit modeste, et une ou plusieurs méthodes de prospection partielle pour les milieux de plus grande dimension (largeur, profondeur).

- ✓ **Appareils de pêche thermiques** : la mission d'expertise a mis en évidence le besoin de réalisation de test d'appareil à courant continu qui pourrait améliorer d'une part la capture des espèces de pleine eau, et d'autre part celle des espèces benthiques, en permettant une meilleure attraction du poisson en nage forcée et en réduisant les effets de choc électrique qui « paralysent les individus au fond ». Pour cela, il semble envisageable d'emprunter ou louer ce type d'appareils (ex. portable de type EFKO-3500), à certains de nos partenaires en métropole, de les acheminer et de définir des protocoles inspirés de comparaison des travaux menés ces dernières années en collaboration avec l'INRA de Rennes (Pottier *et al.*, 2015).
- ✓ **Réglages** : il s'agirait :
  - d'une part d'approfondir l'étude de la réaction des poissons de NC à différents types de courant (fréquence, puissance...) sur un échantillon d'espèces caractéristiques de certaines guildes (morphologie, habitat, comportement...). On étudierait par exemple un représentant des petites espèces benthiques (type *Awaous sp.*), des espèces pélagiques de type *Kuhlia* et/ou des mulets, anguilles...
  - d'autre part de rechercher une méthode de standardisation des réglages entre opérateurs et entre opérations. Pour cela il s'agit à chaque opération de mesurer le gradient de tension dans l'eau à 1,5 m de l'électrode et de déterminer une gamme de voltage optimisant le compromis entre efficacité et santé des poissons. Ceci permettrait de valider ou préciser la valeur de 0.2 V/cm mesurée lors des premiers tests et paraît cohérente avec les études réalisées récemment (Vigneron com. pers.).
- ✓ **Cathode flottante** : certaines formations géologiques de NC étant propices à la présence de métaux dans les sédiments qui peuvent interférer avec la transmission du courant dans l'eau, il serait intéressant de tester l'utilisation d'une cathode flottante.

### ***Vers un réseau de suivi représentatif de la situation des peuplements de poissons des cours d'eau de NC***

A l'instar de ce qui est réalisé depuis vingt-cinq années en métropole et qui s'est encore amélioré suite à l'adoption de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), il y a lieu d'envisager concrètement la mise en place d'un véritable réseau de suivi de l'état des cours d'eau qui serait mis en œuvre de façon similaire dans les deux principales provinces et coordonné à l'échelle de la Grande-Terre.

En effet, le développement d'outils de bioindication permettant l'évolution des peuplements de poissons et l'impact des altérations liées aux activités humaines, en s'affranchissant des évolutions hydro-climatiques naturelles, requiert :

- ✓ d'établir des objectifs précis ;
- ✓ de fixer les bases scientifiques et techniques solides et notamment une stratégie d'analyse statistique adaptée (notion de précision voire de puissance et de robustesse) ;

- ✓ de développer des outils d'analyses et d'interprétation fiables (indice poisson ou au moins critères d'évaluation/interprétation).

Pour cela, il est nécessaire de constituer un réseau de stations en tenant compte des principaux types de cours d'eau, des grands types et niveaux de pressions anthropiques et de la fréquence d'échantillonnage. On recherchera la représentativité d'un tel réseau par rapport à la variabilité des situations rencontrées en définissant une certaine échelle d'analyse et d'interprétation. On fera en sorte a minima que les principaux types de cours d'eau et de pressions soient représentés à partir des éléments de stratification suivants :

- ✓ les types naturels, soit le croisement *a minima* des hydro-écorégions et de la position dans le gradient longitudinal ;
- ✓ les pressions anthropiques, soit *a minima* des types dominants dans le bassin amont (par exemple urbanisation, agriculture, élevage activités minières et autres industries....).

Le fonctionnement des peuplements de poissons en NC, fortement influencé par les espèces migratrices, mériterait également une surveillance particulière des impacts sur la continuité écologique des seuils, barrages, buses routières... Ainsi, en s'inspirant des réseaux mis en place pour l'application de la DCE, et pour aider notamment au développement d'un indicateur adapté au contexte Néo-Calédonien, nous conseillons la mise en place de sous-réseaux aux objectifs bien identifiés :

- ✓ Un **réseau de référence**, homologue du RRP<sup>2</sup> de France métropolitaine, permettant de décrire les peuplements de poissons dans des conditions naturelles ou sub-naturelles et de suivre leur évolution dans le temps (notamment en lien avec les changements globaux). Il serait construit selon le principe d'une certaine réplication (par exemple au moins 3 stations) par type de cours d'eau et devrait tendre vers une représentation proportionnelle au linéaire de cours d'eau par type. Il serait échantillonné au moins annuellement, voire 2 fois par an dans le contexte de variabilité de la NC.
- ✓ Un **réseau spécifique** au suivi des activités minières (entre RCO<sup>3</sup> et contrôle d'enquête) avec mise en place préférentielle d'une approche de type BACI<sup>4</sup> (i.e. prise en compte de témoins). Elle consiste à sélectionner des stations témoins (impactés, non impactés) afin de suivre les évolutions avant et après un évènement impactant (pollutions, aménagements...), pour séparer la part de la variabilité naturelle des impacts anthropiques. Cette approche doit être accompagnée d'un bilan des différentes sources de pressions à l'échelle des bassins étudiés, dont les ruptures de continuité. Par exemple, les peuplements de poissons étant exclusivement constitués d'espèces migratrices, les obstacles à la migration constituent un impact majeur et donc un biais potentiellement important pour l'évaluation des impacts des activités minières.
- ✓ Un **réseau global représentatif** (équivalent au RCS<sup>5</sup>) de l'ensemble des types naturels et des pressions et reprenant tout ou partie des deux précédents.

---

<sup>2</sup> Réseau de référence pérenne

<sup>3</sup> Réseau de contrôle opérationnel

<sup>4</sup> Before After Control Impact

<sup>5</sup> Réseau de Contrôle de Surveillance

Rigoureusement, de tels réseaux devraient être définis en termes de nombre de stations, de maillage spatial et de répétition temporelle, à partir d'analyse de puissance réalisée sur la base d'hypothèses sur la précision des paramètres étudiés (par exemple la détection d'un doublement d'effectif d'une espèce, d'une variation d'une classe d'indice...). Mais, dans un premier temps, il est possible d'établir une esquisse de réseau dont on peut déjà décrire les objectifs et la représentativité à partir de variables connues décrivant les caractéristiques naturelles (altitude, pentes, largeurs...) et certaines pressions (occupation de sols à l'échelle des bassins versant amont ou d'autres échelles complémentaires = tronçon, station...).

### **ADNe : une méthode prometteuse**

Les méthodes récentes d'investigation de la faune et de la flore des milieux aquatiques par les techniques d'analyse de l'ADNe ouvrent de nouvelles perspectives pour la connaissance des espèces (Taberlet *et al.*, 2012). En milieu aquatique, à partir de la filtration d'une certaine quantité d'eau, on est aujourd'hui capable de détecter avec beaucoup de finesse les espèces présentes dans le milieu à partir des traces d'ADN laissées par celle-ci (fèces, mucus...). Pour les poissons en eau douce, la méthode a été récemment mise au point (Valentini *et al.*, 2016 ; Civade *et al.*, 2016). Elle commence à être mise en œuvre de façon expérimentale et les premiers retours sont particulièrement positifs (Pont *et al.* 2018). Du moment que les bases de données de référence génétique sont au point, la méthode donne de très bons résultats et revêt un intérêt particulier :

- pour les espèces rares, y compris les espèces exotiques en phase précoce de colonisation (primo-arrivants) ;
- pour les milieux peu accessibles à d'autres méthodes d'investigation (profonds, ...)
- pour détecter les différentes espèces à une certaine échelle spatiale (plusieurs kilomètres contre quelques dizaines ou centaines de mètres pour la pêche électrique sur une station par exemple).

Dans le contexte des cours d'eau de NC, caractérisés par des peuplements de poissons peu denses et très variables, cette méthode constitue une perspective particulièrement prometteuse. Elle pourrait notamment participer à mieux connaître les pools d'espèces par bassin et leur variabilité dans le temps (caractère migrateur des espèces dont on connaît mal les patrons d'évolutions). Toutefois elle nécessite en préalable la mise au point (ou la mise à jour) des référentiels génétiques et la détermination de la fiabilité pour les différents groupes, notamment les crevettes. En effet, en métropole, la méthode s'avère actuellement pas ou peu efficace sur les écrevisses.

Pour déterminer le domaine d'application (détectabilité des différentes espèces, distance de détection...), un croisement avec d'autres méthodes d'investigation et en premier lieu la pêche électrique est nécessaire.

Un programme d'action sur cette thématique est lancé en NC en collaboration avec différents partenaires (SPYGEN, BIOEKO...) et il convient de le connecter avec les réflexions en cours sur l'échantillonnage.

Une fois la méthode définitivement validée et mise en œuvre, de nouvelles perspectives s'ouvriront, notamment des applications en matière de bioindication. En effet, des études récentes montrent

qu'il est possible d'utiliser ces nouvelles méthodes pour la mise au point et le calcul d'indicateurs biologiques (cf. par exemple Rimet & Bouchez 2017 et Meyer et al. 2017, in Poulet & Basilico, 2019). Toutefois les tests les plus probants portent principalement sur des groupes diversifiés pour lesquels les indicateurs peuvent être construits presque exclusivement sur des métriques d'occurrence, ou pour lesquels les analyses sont faites directement sur des « broyats » d'organismes (ex. diatomés, invertébrés). Pour les poissons, groupe moins diversifié et pour lesquels on travaille indirectement sur les traces laissées dans l'eau, il est probable qu'il faille atteindre un niveau de fiabilité important, non seulement sur l'occurrence des espèces, mais aussi sur l'estimation de niveaux d'abondance.

### Vers la bioindication

Des pistes pour le développement d'un indice biotique basé sur les peuplements de poissons ont été proposées par Pöllabauer & Alliod (2010). Mais la standardisation des méthodes d'échantillonnage est un préalable assez incontournable au développement d'outils à la fois sensibles et robustes de bioindication. D'autres étapes sont également essentielles dont les principales et prioritaires nous semblent être :

- **Développer un réseau de suivi** équilibré entre les différents contextes naturels et les différents types et niveaux de pressions, incluant l'identification de cours d'eau/stations de référence, i.e. pas ou peu perturbées dans chacun des grands types naturels (cf. paragraphe précédent).
- **Approfondir la typologie des cours d'eau** qui permettra outre la description synthétique des communautés piscicoles et carcinologiques par type de cours d'eau, la sélection des espèces/métriques les plus pertinentes selon les situations.
- **Accroître les connaissances sur les exigences des espèces** et leurs réponses à des types de perturbations fréquentes en Nouvelle-Calédonie comme par exemple les apports de matière organique, de nutriments et de pesticides en contexte agricole ; le colmatage des fonds par des fines dont le dépôt est accru par les activités minières et les incendies ; la toxicité des sédiments en lien avec des concentrations de métaux lourds issus des activités minières.... Sur la base des données existantes, il semble possible de développer des analyses ciblées qui donnent de premières conclusions et des pistes pour aboutir sur ces différents aspects. Cela passe par une sélection de stations adaptées (référence et plus ou moins impactées) et le classement préalable des espèces en guildes fonction de leurs exigences à différentes étapes de leur développement. Outre de proposer une liste d'espèces codifiée, le tableau (cf. Annexe 1) qui a été constitué dans le cadre de cette mission est une première approche de cette problématique.
- **Approfondir les questions de variabilité saisonnière de richesse spécifique.** L'analyse des données montre qu'il y a bien une différence en terme de présence /absence d'espèces selon la saison et il conviendra d'améliorer cette connaissance en multipliant les doubles campagnes à plus large échelle que le grand sud.
- **Améliorer les connaissances sur les pressions** à partir de suivis physico-chimiques et des pressions hydromorphologiques (cf. Syrah-CE – Chandresis *et al.*, 2008 ; CarHyce – Baudoin *et al.*, 2017), avec une attention particulière sur la continuité (cf. ICE – Burgun *et al.*, 2015).
- **Approfondir les connaissances sur les variations spatio-temporelles des peuplements.** La spécificité des peuplements de NC et notamment un caractère marqué par les espèces amphihalines nécessite, à l'instar de ce qui a pu être fait dans des contextes comparables

comme La Réunion (cf. par exemple Olivier *et al.*, 2004 ; Forcellini *et al.*, 2012 ; Olivier *et al.*, 2014 ; Valade, 2014) de caractériser les peuplements de référence sur plusieurs années. Ceci permet de prendre en compte leur forte variabilité naturelle et par conséquent d'évaluer avec plus de robustesse l'état des peuplements à un moment donné, en lien avec les pressions, indépendamment des variations hydro-climatiques naturelles.

## 6. Conclusion

Le présent rapport de mission a, conformément au cahier des charges de l'expertise, permis une analyse détaillée des pratiques locales en matière d'échantillonnage par pêche électrique et une analyse des besoins des opérateurs pour l'adaptation des protocoles aux spécificités locales. Ces analyses se sont appuyées sur une analyse de la bibliographie locale et sur des éléments bibliographiques métropolitains sur la pêche électrique et notamment les récentes recherches en matière de réglages du matériel (Pottier *et al.* à paraître). L'expertise a également été enrichie par les retours d'expériences d'autres DOM (La Réunion notamment) en matière d'échantillonnage et de bioindication. Il nous est apparu important de concentrer notre travail sur les protocoles et leur application car il s'agit de la première pierre à poser pour la mise en place d'une démarche de bioindication.

Ce premier travail a permis de caractériser les disparités dans les protocoles mis en œuvre pour l'inventaire des communautés piscicoles en Nouvelle-Calédonie. Les différences observées dans les pratiques compromettent de fait la comparabilité des résultats obtenus par les opérateurs locaux. Des recommandations ont donc été formulées pour contribuer à la standardisation des méthodes d'inventaires.

Compte tenu des difficultés de captures observées, du faible nombre de tests réalisés et de certaines incertitudes en matière de type de courant électrique, nous ne pouvons cependant conclure de manière définitive sur une proposition de protocole de pêche partielle. Ainsi, le guide technique associé à cette expertise présente une proposition de protocole de pêche partielle, la pêche par traits Nouvelle-Calédonie, qui vise principalement à doubler la surface pêchée par rapport à la pêche par points standard mise en œuvre en France métropolitaine. Il conviendrait donc de tester rapidement cette nouvelle méthode et d'en analyser les résultats afin de confirmer ou non sa pertinence, et le cas échéant, de proposer une autre alternative de pêche partielle à tester (la pêche par ambiances par exemple).

Aussi, ce rapport n'est pas conclusif à propos du dimensionnement d'un réseau pérenne et de la bioindication. Effectivement, un outil fiable de bioindication ne pourra être développé que sur la base de données standards et pluriannuelles, prenant en compte à la fois des milieux de références et des zones perturbées. Les lacunes en matière de connaissances de l'écologie et des cycles des espèces amphihalines sont également un frein pour le développement de bio-indicateurs.

## Références citées

**AFNOR-CEN (2003).** Qualité de l'eau - Echantillonnage des poissons à l'électricité (NF-EN 14011). Normes européennes et françaises : 18 p

**AFNOR (2008).** Qualité de l'eau -Échantillonnage des poissons à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons en lien avec la qualité des cours d'eau (XP T90-383). Normes Françaises : 30 p

**Alliod, R. (2011).** Etude de suivi ichtyologique et carcinologique du Creek de la Baie Nord, la Kwé et la Kuébini. – Campagne de juin 2011. Rapport final. ERBIO : 178 p

**Alliod, R. (2013).** Etude de suivi ichtyologique et carcinologique du creek de la Baie Nord, la Kwé, la Kuébini et de la Truu. Campagne de juin 2013. Rapport final (Version 2 du 16/12/2013). ERBIO : 193 p

**Alliod, R. (2014).** Rapport synthétique de l'inventaire ichtyologique et carcinologique réalisé par pêche électrique sur les deux stations CBN-40 et CBN-30 du creek de la Baie Nord et par plongée apnée au niveau de l'embouchure, suite à l'incident du 7 mai 2014. Inventaire du 20 mai 2014- Inventaire de la ripisylve. Rapport (Version 2 du 05/06/14). ERBIO : 31 p

**Alliod, R. & M. Retailaud (2013).** Rapport de l'inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini, de la Wadjana, du Trou Bleu et de la Truu-Campagne de juin 2012.Rapport final - Version 2 du 05/03/13. ERBIO: 254 p

**Alliod, R. (2015).** Suivi de la faune ichtyologique et carcinologique dans la zone d'activité de Vale NC. Campagne de février-mars 2015: rivières Baie Nord, Kwé, Kuébini et Truu. Version 2. BioImpact-NC : 198 p

**Alliod, R. & A. Laffont (2015).** Suivi de la faune ichtyologique et carcinologique dans la zone d'activité de Vale NC. Campagne de mai-juin 2015 : rivières Baie Nord, Kwé, Kuébini et Truu -Version 1. ECOTONE (anciennement BioImpact NC) : 174 p

**Alliod, R. & A. Laffont (2016).** Suivi de la faune ichtyologique et carcinologique dans la zone d'activité de Vale NC - Campagne de janvier 2016: rivières Baie Nord, Kwé, Kuébini et Truu. ECOTONE : 218 p

**Alliod, R. & A. Laffont (2017).** Suivi de la faune ichtyologique et carcinologique dans la zone d'activité de Vale NC -Campagne de mai-juin 2016: rivières Baie Nord, Kwé, Kuébini,Truu, Wadjana et Trou Bleu - Version 2 du 20/03/2017. ECOTONE : 305 p

**ASCONIT & BIOTOP (2011).** Définition des hydroécorégions dans le cadre des conseils de l'eau. Rapport d'état d'avancement : phase 1 & 2. ASCONIT ; BIOTOP : 40 p

**Baudoin, J.-M., L. Boutet-Berry, Cagnant, M., Gob, F., Kreutzenberger, K. (Coord.), Lamand, F., Malavoi, J.-R., Marmonier, P., Pénil, C., Rivière, C., Sadot, M., Tamisier, V. & M. Tual(2017).** CARHYCE - CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau. Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur des cours d'eau prospectables à pied. Guides et protocoles. AFB ; IRSTEA-Lyon ; IRSTEA-Antony ; Pôle AFB-IRSTEA-Aix-en-Provence : 43 p + Annexes

**Beaumont, W.R.C. (2011).** Electric fishing: a complete guide to theory and practice. Wareham, Game & Wildlife Conservation Trust: 98 p

**Belliard, J., Ditché, J.-M., Roset, N. & S. Dembski (2012)** Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons. ONEMA : 23 p

**BIOEKO (2014).** Suivi de la qualité écologique des creeks de la ZES du projet Koniambo. Inventaire de la faune ichthyenne 2013-2014. BIOEKO

**BIOEKO (2015).** Suivi de la qualité écologique des creeks de la ZES du projet Koniambo. Inventaire de la faune ichthyenne 2015. BIOEKO : 52 p

**BIOTOP (2012a).** Projet Koniambo Nickel SAS. Inventaire de la faune ichthyenne et benthique - Phase de construction- 2011-2012. BIOTOP : 72 p

**BIOTOP (2012b).** Recolonisation du creek de la Baie Nord par les communautés piscicoles 3 ans après l'accident environnemental de 2009. 97 p

**BIOTOP (2013).** Etude de suivi ichtyologique et carcinologique du creek de la Baie Nord, la Kwé, la Kuébini et de la Truu. Campagne mars 2013. Rapport final (Version 2 du 20/09/13). BIOTOP ; DAVAR – Service de l'eau, des statistiques et études rurales : 34 p + Annexes et fiches espèces

**BIOTOP (2014).** Etat des lieux de la flore et de la faune du Creek Baie Nord suite à un déversement accidentel d'effluent industriel. BIOTOP ; Province Sud: 31 p

**Burgun, V., M. Chanseau, Kreutzenberger, K., Marty, V., Pénil, C., Tual, M. & B. Voegtle (Eds.) (2015).** ICE - Informations sur la continuité écologique. Protocole de terrain pour l'acquisition des données. Guides et protocoles. ONEMA : 77 p

**Carle, F. L. & M. R. Strub (1978).** A new method for estimating population size from removal data. Biometrics 34: 621-630

- Chamberland, J.-M., Lanthier, G. & D. Boisclair (2014).** Comparison between electrofishing and snorkeling surveys to describe fish assemblages in Laurentian streams. *Environ. Monit. Assess.* 186: 1837–1846
- Chandesris, A., Mengin, N., Malavoi, J., Souchon, Y., Pella, H. & J.G. Wasson (2008).** Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau : principes et méthodes. Rapport Pôle Hydroécologie Onema-Cemagref, Lyon MAEP-LHQ : 64 p
- Civade, R., Dejean, T., Valentini, A., Roset, N., Raymond, J-C., Bonin, A., Taberlet, P. & Pont, D. (2016).** Spatial representativeness of environmental DNA metabarcoding signal for fish biodiversity assessment in a natural freshwater system. *Plos One* DOI:10.1371/journal.pone.0157366 June 30, 1:19
- EIFAC (2005).** EIFAC working Party on Fish Monitoring in Fresh Waters - DRAFT Information. Note - Electric Fishing Best Practice. EIFAAC/CECPAI/CAEPCA
- ERBIO (2005).** Projet Goro Nickel. Demande d'autorisation d'exploiter des installations classées. Milieu écologique terrestre / Faune d'eau douce – Annexe III-A-5 Ecosystème d'eau douce, Partie I : état initial, janvier 2005. ERBIO : 41 p + Annexes
- ERBIO (2006).** Projet Koniambo Nickel SAS. Inventaire de l'ichtyofaune d'eau douce. Rapport intermédiaire. ERBIO : 29/83 p (partiel)
- ERBIO (2009).** Inventaire faunistique du Creek de la Baie Nord et de la rivière Kwé - juin à juillet 2009- Rapport final. ERBIO : 177 p
- ERBIO (2015).** Rapport de l'inventaire ichtyologique et carcinologique dans les bassins versants du creek de la Baie Nord, de la Kwé, de la Kuébini et de la Truu. Campagne de Janvier 2014- Rapport final-Version 2 du 21/01/15. ERBIO : 343 p
- Forcellini, M., Grondin, H., Mathieu, C., Péru, N., Richarson, M., Sagnes, P., Usseglio-Polatera, P. & P. Valade (2012).** Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques. Office de l'eau de la Réunion-CNRS : 27p
- Halsband, E. (1968).** Principes fondamentaux de la pêche à l'électricité, *in Applications de l'électricité à la biologie et à l'aménagement des pêches continentales. Symposium de Belgrade, mai 1966.*, Paris, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. INRA, p.79-85
- Macnaughton, C. J., Harvey-Lavoie, S., Senay, C., Lanthier, G., Bourque, G., Legendre, P. & D. Boisclair (2014).** A comparison between of electrofishing and visual surveying method for estimating fish community structure in temperate rivers. *River Res. Applic.*: 12

**Marchand, F., Sacré, B. & D. Azam (2013).** Dispositifs de pêche à l'électricité - Etude préliminaire sur les caractéristiques des différents matériels et des réglages possibles. Rapport final ONEMA-INRA : 25 p

**Marquet, G., Keith, K. & E. Vigneux (2003).** Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de Nouvelle Calédonie. MNHN (Paris) : 282 p

**Munsch, C. (2012).** Etude des méthodes de décontamination du matériel et élaboration d'une procédure de gestion du risque. ONEMA-DR3 : 52p

**Nelva, A., Persat, H. & D. Chessel (1979).** Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. Compte Rendu de l'Académie des Sciences. III-Vie 289: 1295-1298

**OEIL (2017)** Rapport technique 2017 : Estimation de la qualité des milieux dans le Grand Sud pour l'année 2016 – Des données de suivis aux scores environnementaux. Rapport technique - version finale

**Olivier, J.-M., Valade, P. & P. Bosc (2004).** Analyse des données du Réseau Piscicole de la Réunion : étude de faisabilité d'un outil d'expertise de la qualité des peuplements piscicoles et de la fonctionnalité des milieux aquatiques associés. ARDA – CNRS UMR 5023 – DIREN Réunion.

**Olivier, J.M., Péru, N., Valade, P., Grondin, H., Richarson, M. & P. Sagnes (2014).** Bioindication cours d'eau. L'indice Réunion Poissons (IRP). *Présentation orale réalisée à l'occasion du séminaire "Méthodes de bioindication adaptées aux départements d'Outre-Mer"- Session "Poissons et macrocrustacés ».* ONEMA - Paris, le 21 mars 2014

**Plichard, L., Capra, H., Mons, R., Pella, H. & N. Lamouroux (2017).** Comparing electrofishing and snorkelling for characterizing fish assemblages over time and space. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 74 : 75–86

**Pöllabauer, C. (2007).** Inventaire piscicole de la Kwé Nord- Complément du rapport de l'Inventaire piscicole du Creek de la Baie Nord, de la Kwé principale, de la Wadjana et du Trou bleu du 11 octobre 2007. ERBIO

**Pöllabauer, C. (2008).** Inventaire piscicole de la Kwé Nord-Complément du rapport de l'Inventaire piscicole du Creek de la Baie Nord, de la Kwé principale, de la Wadjana et du Trou bleu du 11 octobre 2007. ERBIO

**Pöllabauer, C. (2009).** Inventaire faunistique d'une station du Creek de la Baie Nord. Rapport final. ERBIO

- Pöllabauer, C. (2014).** Inventaire piscicole du Creek de la Baie Nord des rivières Kwé (principale), Wadjana et Trou bleu. ERBIO : 91 p
- Pöllabauer, C. & R. Alliod (2010a).** Etude de suivi ichtyologique et carcinologique dans le Creek de la Baie Nord, la Kwé, le Trou Bleu, la Wadjana et la Kuébini. Campagne mai-juin 2010. Rapport final, ERBIO. 217 p
- Pöllabauer, C. & R. Alliod (2010).** Indice d'Intégrité Biotique. Les poissons indicateurs d'état des cours d'eau de Nouvelle-Calédonie. Présentation orale réalisée à l'occasion de « l'Atelier sur les indicateurs environnementaux en eau douce » – *Séminaire du 12 au 16 mars 2010. OEIL*
- Pöllabauer, C. & C. Huet (2015).** Suivi de la faune dulcicole 2014 pour Vale Nouvelle-Calédonie. Rapport d'étude. ERBIO : 484 p
- Pont, D., M. Rocle, Valentini, A., Civade, R., Jean, P., Maire, A., Roset, N., Schabuss, M., Zornig, H. & T. Dejean. (2018).** Environmental DNA reveals quantitative patterns of fish biodiversity in large rivers despite its downstream transportation. *Scientific Reports* 8 (10361) : 2-13
- Pottier, G. (2014).** Dispositifs de pêche à l'électricité. Les facteurs qui ont une influence sur l'efficacité de la pêche électrique. INRA, 1036 (U3E), Pôle GEST'AQUA. 27 p
- Pottier, G. (2017).** Notion d'électricité dans le cas de la pêche électrique – Présentation orale – *colloque « pêche électrique » INRA-AFB*  
<https://colloque.inra.fr/pecheelectrique2017/content/download/3676/37866/version/1/file/Théorie+pêche+électrique+GPottier.pdf>
- Pottier, G. (2017) a.** Influence du substrat sur la propagation dans l'eau d'un champ électrique produit par un engin de pêche électrique. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 91, Article 3, 7 p
- Pottier, G., Marchand, F. & D. Azam (2015).** Test d'efficacité des dispositifs de pêche à l'électricité. INRA, 1036 (U3E) ; Pôle GEST'AQUA. 85 p
- Pottier, G., Marchand, F. & D. Azam (2017).** Comparaison de l'attractivité de différentes formes de courant et de leur impact sur les poissons. INRA, 1036 (U3E) ; Pôle GEST'AQUA
- Pottier, G., Azam, D., Baulaton, L., Vigneron, T. & F. Marchand (à paraître).** La pêche électrique dans les milieux aquatiques continentaux. INRA ; AFB : 116 p + annexes
- Poulet, N. & L. Basilico (2019).** L'ADN environnemental pour l'étude de la biodiversité. Etat de l'art et perspectives pour la gestion. *Synthèse du séminaire organisé par l'AFB à Paris le 18 octobre 2017.* Agence Française pour la Biodiversité. *Collection « Les Rencontres-Synthèse »*. 72 pages

**Ringelstein, J. (2016).** Préconisations pour la mise en place d'une bioindication DCE basée sur les poissons et macrocrustacés amphihalins dans les DOM insulaires - Suite à l'expertise du groupe de travail « Amphihalins dans les DOM insulaires ». Onema- MNHN : 16 p

**Ross L.G., Ross B. (2008).** Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals. 3rd ed., Oxford ; Ames, Iowa, Blackwell : 222 p

**Scholten, M. (2003).** Efficiency of point abundance sampling by electro-fishing modified for short fishes. Journal of Applied Ichthyology, 19-5: 265–277

**Taberlet, P., Coissac, E., Pompanon, F. Brochmann, C., Willerslev, E. (2012).** Towards next-generation biodiversity assessment using DNA metabarcoding. Molecular Ecology 21-8 - Special Issue: Environmental eDNA: 2045-2050

**Tomanova, S., Tedesco, P.A., Roset, N., Berrebi dit Thomas, R. & J. Belliard, J. (2013).** Systematic point sampling of fish communities in medium- and large-sized rivers: sampling procedure and effort. Fisheries Management and Ecology 20: 533-543

**Touron-Poncet, H. (2016).** Acquisition de données sur un réseau de stations de référence en milieu dulçaquicole– Rapport de mission –rapport final. BIOEKO-Consultants ; OEIL : 21 p

**Touron-Poncet, H. and Y. Dominique (2015).** Suivi de la remédiation des communautés aquatiques du creek de la Baie-Nord suite à un déversement d'un effluent acide. BIOEKO-Consultants ; CEIL : 45 p

**Valade, P. (2014).** Poissons des cours d'eau de Mayotte - Résultats préliminaires. Séminaire "Méthodes de bioindication adaptées aux départements d'Outre-Mer"- Session "Poissons et macrocrustacés ». ONEMA - Paris, le 21 mars 2014

**Valentini, A., Taberlet, P., Miaud, C., Civade, R., Herder, J., Thomsen, P. F., Bellemain, E., Besnard, A., Coissac, E., Boyer, F., Gaboriaud, C., Jean, P., Poulet, N., Roset, N., Copp, G. H., Genie, P., Pont, D., Argillier, C., Baudoin, J. M, Peroux, T., Crivelli, A. J., Olivier, A., Acqueberge, M., Le Brun, M., Møller, P. R., Willerslev, E. & Dejean, T. (2016)** Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding. Molecular Ecology 25(4): 929-942

# ANNEXES

## ANNEXE 1 – Tableau des espèces représentées et leurs principales caractéristiques écologiques

Famille	Sp	Vernac	CodSp/Sp#	End/Exot	Litté/Rouge	Distrib	Typol	Eau	Regim	habitt	Milieu	Migrat	Repro	Oeufs	Pêche
Athyidae	Antecardinia laevis		AntLau			Louvetis	cavernicole		detr	rheo+	saumâtre/marin				
Athyidae	Athyoida pilipes	safranille koros	AtyPi			Cote Est	creeks-faible larg	fraiche/oxygénée	detr	rheo+				amphid	
Athyidae	Athyopsis spinipes	crevette des cascades	AthySp			Cote Est	cascades/creeks-faible larg	fraiche/oxygénée	detr	rheo+				amphid	
Athyidae	Paratya bouvieri	crevette de Bouvier	ParBou			SudGrTer	creeks		detr	rheo+				amphid	
Athyidae	Paratya caladonica	crevette de Caladonia	ParCal	End		SudGrTer	creeks inf./lacs		detr	rheo+					
Athyidae	Paratya intermedia	crevette intercale	ParInt	End		SudGrTer	creeks		detr	rheo+					
Athyidae	Paratya sp1	crevette du sud	ParSp	End		SudGrTer	creeks sup.		detr	rheo+					
Athyidae	Paratya sp2		ParSp2	End			creeks sup.		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina leucostriata	cardine du sud	CarLau			SudGrTer	creeks inf./moy.		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina leucostriata	cardine à rostre fin	CarLF			SudGrTer	creeks inf./estu.		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina longirostris	cardine à long rostre	CarLr				creeks		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina nilotica	cardine du Nil	CarNil				creeks/estu./lac		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina novae calcedoniae	cardine calédonienne	CarNov	End			creeks		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina serrulata	cardine serrulée	CarSerr				creeks inf./estu.		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina typos		CarTy				creeks inf./moy.		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina vittata		CarVit				creeks		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina websteri	safranille nez-camus	CarWeb				creeks	oxygéné	detr	limno					
Athyidae	Cardina sp1		CarSp1	End			creeks inf./estu./pièce d'eau		detr	rheo+					
Athyidae	Cardina sp2		CarSp2	End			creeks inf./estu.		detr	rheo+					
Palaeomonidae	Macrobrachium aenumum	chevette imitatrice/des creaks	MacAem		large		creeks inf./moy.		omn	rheo+	adulte eau douce - larv plankton - post larv marin/saumâtre				
Palaeomonidae	Macrobrachium australe	chevette australe	MacAus				creeks inf.		omn	rheo+	repro eau saumâtre-18 incub.		amphid		
Palaeomonidae	Macrobrachium caldonicum	crevette calédonienne/des creaks	MacCal	End	large		creeks inf./moy.		omn	rheo+	pointe eau douce/saumâtre-devpt mer.		amphid		
Palaeomonidae	Macrobrachium equidens	crevette à pinces bleues	MacEqu				estu (creeks inf.)		omn	rheo+	repro eau saumâtre-36 53) incub.; riva-cadées larv				
Palaeomonidae	Macrobrachium gracilirostre	crevette berlingot	MacGac			province N-rare	creeks inf.		omn	rheo+	repro eau saumâtre- repro eau saumâtre-27 à 27°C				
Palaeomonidae	Macrobrachium grandimanus	bouquet hawaïen	MacGan				creeks inf./estu./pièce d'eau/grottes		omn	rheo+	repro eau douce/saumâtre-20 incub.-85) larv 23-30° (10 stades)		amphid		>4000
Palaeomonidae	Macrobrachium lar	chevette/bouquet sirige	MacLar		large		creeks inf./sup.	oxygéné	omn	rheo+	pointe eau douce-devpt mer				
Palaeomonidae	Macrobrachium latimanus	chevette montagne/bouquet/des creaks	MacLat				creeks sup.-moy	oxygéné	omn	rheo+					
Palaeomonidae	Macrobrachium pleros	crevette cavernicole	MacPler			louvetis (l'ifou)-rare	cavernicole		omn	limno					
Palaeomonidae	Macrobrachium placidulum	crevette papillée	MacPla			province N-rare	creeks inf./moy.	oxygéné	omn	rheo+					
Palaeomonidae	Palaeomon concurrens	crevette diamante	PalCon				creeks inf./estu.		detr	limno?	saumâtre/stagnant				
Palaeomonidae	Palaeomon debilis	crevette faible/des mangroves	PalDeb				creeks inf./estu./pièce d'eau		detr	limno?	saumâtre/stagnant				
Alpheidae	Potamalgheps pirinus	crevette de l'île des pins	AlpPin	End		île pin-rare	cavernicole		detr	limno?				gros	
Gnathopidae	Varuna literata	crabe litibie	VarLit	End		cote ouest	creeks inf./estu.		detr	limno?					
Gnathopidae	Australacarina kanaka	crabe kanak	AusKan	End		province N	creeks (-400m)	oxygéné	phyto	rheo				70	
Hymenonemidae	Odiomaris pilosus	dawok-nyo	OdiPil	End		Cote Est	creeks inf.		phyto	rheo					
Anguillidae	Anguilla australis	anguille australe	AngAus	Aau			creeks inf./moy./estu./plans eau		invert/pisc		repro mer				amphihaline-catadrome
Anguillidae	Anguilla marmorata	anguille marbrée	AngMar	Ama			creeks inf./moy./estu./plans eau		invert/pisc		repro mer				amphihaline-catadrome
Anguillidae	Anguilla megastoma	anguille de montagne-rouge	AngMeg	Ame			creeks sup.		invert/pisc		repro mer				amphihaline-catadrome
Anguillidae	Anguilla obscura	anguille de vase	AngObs	Aob			creeks inf./plans eau		invert/pisc		repro mer				amphihaline-catadrome
Anguillidae	Anguilla reinhardtii	anguille tachetée	AngRei	Aoi	large		reks moy./estu./plans eau		invert/pisc		repro mer				amphihaline-catadrome
Moringuidae	Moringua micrachi	anguille spaghetti	MorMic	Mmi			creeks inf.		invert/pisc	limno	repro mer				amphihaline-catadrome
Ophichthyidae	Lamnostoma kampeni	lamnostome oriental	LamKan	M_Lkam			estu./marin odt.		invert/pisc	limno					
Ophichthyidae	Lamnostoma orientalis	anguille serpent	LamOri	Lor			creeks inf.		invert/pisc	limno					
Muraenidae	Gymnura polyura	murenne d'eau douce	GymPol	Gpo			estu./creaks inf./estu.		invert/pisc	limno					
Galaxiidae	Galaxias neocaledonicus	galaxias	GalNeo	Gne	End	menacé ext. sud		fraiche	invert	pot					phyto-pointe multiple 20/25°C
Cyprinidae	Carassius auratus	carasin doré	CarAur	Cau	Exot				omn	limno	stagnant				phyto-pointe multiple 15/25°C
Cyprinidae	Cyprinus carpio	carpe	CypCar	Cca	Exot				omn	limno	stagnant				phyto-pointe multiple 15/25°C
Poeciliidae	Poecilia reticulata	guppy	PoeRet	Pre	Exot				omn(phyt)	limno	stagnant				ooxvivip multiple
Poeciliidae	Xiphophorus helleri	porte-épée	XipHel	Xhe	Exot				omn(phyt)	limno	stagnant				ooxvivip multiple
Syngnathidae	Microphis brachyurus	syngnathe à queue courte	MicBra	MBr	End		creeks inf./estu.		invert/plant	limno-veget	douce/saumâtre				(ooxvivip?)
Syngnathidae	Microphis caledonicus	syngnathe calédonienne	MicCal	MCal	End		creeks inf./estu.		invert/plant	limno-veget	douce/saumâtre				(ooxvivip?)
Syngnathidae	Microphis lelepis	syngnathe 1	MicLel	M_Lle1	End		creeks inf./estu.		invert/plant	limno-veget	douce/saumâtre				(ooxvivip?)
Syngnathidae	Microphis retzi	syngnathe 2	MicRet	M_Mret	End		creeks inf./estu.		invert/plant	limno-veget	douce/saumâtre				(ooxvivip?)
Mugilidae	Cestraeus oxyrinchus	mulet noir1	CesOxy	X			creeks inf.		omn	rheo(phyt?)					forte pression pèche
Mugilidae	Cestraeus pilcatilis	mulet noir2	CesPil	Cpl			creeks inf.		omn	rheo(phyt?)					forte pression pèche
Mugilidae	Crenimall crenilabris	mulet boveur	CreCre	Ccb			estu (creaks inf.)		omn	saumâtre/marin	amphid				mer
Mugilidae	Crenimall heterocheloides	mulet1	CreHet	Che			estu (creaks inf.)		omn	saumâtre/marin	amphid				mer
Mugilidae	Liza melanocephala	mulet2	LizMel	Lme			estu (creaks inf.)		omn	saumâtre/marin	amphid				mer
Mugilidae	Liza tade	mulet tade	LizTad	Lta			estu (creaks inf.)		omn	saumâtre/marin	amphid				mer
Mugilidae	Mugil cephalus	mulet bleu cabot	MugCep	Mce			estu (creaks inf.)		omn	saumâtre/marin	amphid				mer?
Ambassidae	Ambassis intermedia	ambache brisé	AmbInt	Amb			estu (creaks inf./marin odt.)		invert/pisc	limno	saumâtre/marin				mer?
Ambassidae	Ambassis mios	ambache	AmbMio	Ami			estu (creaks inf./marin odt.)		invert/pisc	limno	saumâtre/marin				mer?
Kuhliidae	Kuhlia marginata	doule à queue rouge / kuhlie marginée	KulMar	Kma	X		creaks inf./estu.		invert	rheo+	douce/saumâtre				forte pression pèche
Kuhliidae	Kuhlia mundia	doule à queue jaune	KulMun	M_Kmun			creaks inf./estu.		invert	rheo	douce/saumâtre				amphid
Kuhliidae	Kuhlia nigeri	carpe-doule-maraudeur/kuhlie des rochers	KulNig	Kru			creaks inf./moy.		invert/pisc	limno	douce/saumâtre				mer/estuair-e?)
Scatophagidae	Scatophagus argenteus	scatophage argenté	ScArg	Scu			creaks inf./estu/mangr.		omn	limno	douce/saumâtre				très recherchée
Centrarchidae	Micropterus salmoides	black-bass à grande bouche	MicSal	Mza	Exot		creaks sup./inf./estu./plans eau		plac	limno	douce/saumâtre				phyto-litb./15-25°
Cichlidae	Oreochromis mossambicus	tilapia du Mozambique	OreMos	Omo	Exot		creaks inf./estu.	eurytheme	omn?	limno	douce/saumâtre				10 000-25 000
Cichlidae	Sarotherodon occidentalis	tilapia du Mozambique	SarOcc	Soc	Exot		creaks inf./moy.?		omn?	limno	douce/saumâtre				recherchée
Cichlidae	Trichogaster pectoralis	gourami	TriPec	Tpe	Exot				omn?	limno?	douce/saumâtre				8000-80000
Microdesmidae	Pariglossus neocaledonicus		ParNeo	Pre	End		marin odt./mangr./estu./creaks inf.		plant		douce/saumâtre/marine				mer?
Eleotridae	Butis amboniensis	lochon	ButAmb	Bam			mangr./estu./creaks inf.		invert		douce/saumâtre/marine				
Eleotridae	Eleotris acanthopoma	éléotris épineux	EleAca	Eac			mangr./estu./creaks inf.		invert/pisc	limno?	saumâtre (douce)				amphid
Eleotridae	Eleotris fusca	éléotris brun	EleFus	Efu			mangr./estu./creaks inf.		invert/pisc	limno?	saumâtre (douce)				amphid
Eleotridae	Eleotris melanosoma	éléotris noir	EleMel	Eme			mangr./estu./creaks inf.		invert/pisc	limno?	saumâtre (douce)				amphid
Eleotridae	Hypseleotris guentheri	lochon2	HypGue	Hgu	X		creaks inf.	claire	omn	limno					
Eleotridae	Banaka gymnotoides	lochon léopard	BanGyr	Bgy			creaks inf.	végétation riche	omn	rheo					
Eleotridae	Ophieleotris apotes	éléotris serpent	OphApo	Opa			creaks inf.	végétation riche	omn						
Eleotridae	Ophieleotris apotes	éléotris à tête grosse	OphApo	Opp	End		creaks inf.	végétation riche	invert/pisc						
Gobiidae	Awaous gamseniensis	gobie de Guam	AwaGua	Agu			creaks moy.?	claires	omn	rheo/limno	douce/saumâtre				lithogarder
Gobiidae	Awaous ocellaris	gobie ocellé	AwaOce	Aoc			creaks inf.		omn-zoogant	limno	douce/saumâtre				lithogarder
Gobiidae	Glossogobius bioeleatus	gobie à deux tâches	GloBio	M_Glob			estu. (creaks inf.)		invert	limno	saumâtre (douce?)				lithogarder
Gobiidae	Glossogobius cf. ocellatus	lochon3	GloCel	Gca			estu. (creaks inf.)		invert	limno	saumâtre (douce?)				lithogarder
Gobiidae	Leptogobius laevis	tee-rouge	LeLae	Lla			estu. (creaks inf.)		invert	limno	saumâtre (douce?)				lithogarder
Gobiidae	Mugilogobius notopus		MugNot	Mno			creaks inf./estu.	claires-oxygénées	omn	limno					
Gobiidae	Mugilogobius mertoni		MugMer	Mme			estu./mangr.	végétation	omn	limno					
Gobiidae	Replogobius sikotanus		RepSik	Rsa			estu./mangr.		invert	limno					
Gobiidae	Schmastogobius fuliginosus		SchFul	Sfu	End		creaks inf.		invert/zoopl	limno	saumâtre				pteridote
Gobiidae	Sicyopterus japonicus	sicyoptère à bec de lièvre	SicJap	Sja			creaks sup./moy./inf.		phytoph	limno	douce/saumâtre				50 000-70 000
Gobiidae	Sicyopterus sarasinii	sicyoptère de Sarasin	SicSar	Ssa	End		creaks sup./moy./inf.?		phytoph?	limno	douce/saumâtre				pteridote
Gobiidae	Sicyopterus ohtai	sicyoptère de Ohtai	SicOht	Soo			creaks inf./moy.	tr. rapides oxygénés	invert	limno	douce/saumâtre				amphid
Gobiidae	Sicyopterus jostenoformis	lochon4	SicJos	Syo	End		creaks inf.	tr. rapides oxygénés	invert	limno	douce/saumâtre				amphid
Gobiidae	Stenogobius yatei	gobie de Yate	SteYat	Sya			creaks inf.		d						

## **ANNEXE 2 : Expertise sur l'échantillonnage des poissons en cours d'eau en Nouvelle-Calédonie - Support d'échange avec les bureaux d'études assurant la réalisation d'échantillonnages piscicoles par pêche électrique**

### **Généralités**

1. Depuis combien de temps votre BE réalise-t-il des études/suivis piscicoles en NC ?
2. Combien de suivis/études piscicoles ont – été réalisés (approximativement) ?
3. Pouvez-vous estimer le nombre de pêches réalisées (éventuellement nombre par année) ?
4. Des personnels de votre entreprise ont-ils suivi des formations spécifiques ?
  - Echantillonnage
  - Détermination
5. Sur les suivis réalisés, est-ce que l'équipe est toujours la même : 25% 50% 75% 100%? Pour le responsable de chantier combien de fois a –t-il changé ?
6. Sur quels documents techniques vous appuyez-vous pour la réalisation des pêches ?

### **Echantillonnage**

1. Dans les études dont vous avez la charge, en général, devez-vous positionner les stations en fonctions des objectifs et des questions posées, ou bien est-ce le maître d'ouvrage (MO) qui s'en charge
2. Comment définissez-vous une station (longueur, surface, représentativité / tronçon, distance par rapport à un impact éventuel...) ?
3. Quels sont les critères de choix d'une méthode/stratégie d'échantillonnage ?
4. Quels types de protocoles avez-vous déjà mis en œuvre (complète 1 passage, 2 passages, partielle par points, partielle par traits, par placettes....) ?
  - Complète (toute la largeur de la station est prospectée) à 1 passage
  - Complète à 2 passages ou plus
  - Pêche partielle (toute la largeur de la station n'est pas prospectée)
  - Autres ? préciser
5. Dans le cas des pêches complètes :
  - a. Combien d'anodes avez-vous déjà mis en œuvre?  
 1  2  3  4  +
  - b. Comment définissez-vous le nombre d'anodes à mettre en œuvre ?
  - c. Combien d'épuisettes utilisez-vous par anode ?
  - d. Isolez-vous la station par des « filets barrages » ?

amont  aval

6. **Dans le cas des pêches partielles :**

a. Quelles stratégies d'échantillonnage utilisez-vous ?

aléatoire  stratifié  systématique  autre, préciser

b. La surface d'échantillonnage unitaire est-elle fixe ou variable ?

c. Comment définissez-vous le nombre d'anodes ?

d. Combien d'épuisettes utilisez-vous par anode ?

7. Faites-vous un repérage avant l'opération pour définir la station et les modalités de prospection ?

8. Une cartographie (y/c schématique) est-elle réalisée ?

9. Avez-vous déjà réalisé des pêches en bateau ?

10. Selon quel protocole/modalités ? (si différents de question N°5a)

En cas de présence de zones non-prospectables à l'électricité – utilisez-vous des méthodes complémentaires ? Si oui décrire brièvement le protocole

Apnée

Filets

Autres

11. De manière générale, entrevoyez-vous des difficultés particulières à l'échantillonnage des cours d'eau de Nouvelle-Calédonie ? (type de cours d'eau, types de faciès, physico-chimie des cours d'eau, etc.)

### Matériel électrique

1. Quels types de matériel utilisez-vous ?

Dream électronique - Martin pêcheur

Halltech - Electrofisher HT 2000

Imeo - Volta

Autre – préciser

2. Quel est le diamètre de vos anodes ?

3. Quel type de courant utilisez-vous ?

Continu lissé/ redressé (DC)

Continu pulsé en créneau (PDC)

Continu pulsé exponentiel

Autre – préciser

## Réglages

1. Mesurez-vous la conductivité et la température systématiquement ?
2. Ces paramètres (T°, Conduct., voltage, fréquence...) sont-ils consignés dans la feuille de terrain ?
3. Quels sont vos critères de réglage du voltage ?
  - T°/Cond
  - Réaction des poissons
  - Autre ? préciser
4. Quels sont vos critères de réglage de la fréquence ?
5. Modifiez-vous les réglages en fonctions des variations des caractéristiques du milieu (profondeur) au cours d'une opération ?

## Autre matériel

1. Quelle est la maille des épuisettes ?
2. Avez-vous des épuisettes spécifiques en lien avec les particularités de la faune de NC ?
3. Le cas échéant : maille des filets barrage ?
4. Modèles (type) de matériel isolant utilisés : waders / cuissardes / bottes / gants

## Moyens mis en œuvre

1. Quels sont les moyens humains le plus souvent mis en œuvre pour une opération (variations selon le type de milieu / protocole mis en œuvre) ?
2. Quels pourraient être les moyens humains maximum mobilisables par votre structure pour une opération de pêche électrique ?
3. Combien d'appareils pouvez-vous utiliser simultanément ?
4. Dans quelles situations ?

## Les espèces de NC et leur capturabilité

1. Quelles sont les espèces les plus difficiles à capturer ?
  - benthiques
  - petites tailles
  - pélagiques
  - autre ? préciser
2. Quels sont les habitats les plus attractifs / densément peuplés ?
3. Saisonnalité : selon votre expérience et notamment par rapport au caractère amphihaline des espèces de NC, est-il selon vous impératif de multiplier les campagnes d'échantillonnage au cours d'une année ?
  - Si oui, pour quels types de cours d'eau
    - sources et cours supérieurs
    - cours moyens
    - parties basses et cours inférieurs

autre ? préciser

- Si oui, quelles propositions de saisons d'échantillonnage (au regard du type de cours d'eau)

### Biométrie

1. Chaque poisson/crevette capturé est-il trié/identifié ?
2. Une partie des captures nécessite-t-elle un traitement au laboratoire ?
3. Quel type - Proportion ?
4. Chaque poisson est-il mesuré ? comment ? (fourche, mesure totale, ...)
5. Chaque poisson est-il pesé ?
6. Les crevettes sont-elles mesurées systématiquement ?
7. Si vous procédez par lot (regroupement), décrire les types de lots utilisés ?
8. Procédez-vous aux mesures pendant ou après la pêche ?
9. Les opérateurs biométrie et échantillonnages sont-ils distincts ou non ?

### Description de la station / tronçon

1. Mesurez-vous la station échantillonnée ?
  - Longueur
  - Largeur
  - Surface échantillonnée
2. Décrivez-vous les caractéristiques de l'habitat / abris piscicoles ?
  - Profondeur
  - Vitesse
  - Pente
  - Granulométrie
  - Ombrage
  - Autres – préciser
3. Décrivez-vous des pressions anthropiques (aménagements, pollutions...) ?

### Bioindication

1. Avez-vous identifié des espèces particulièrement sensibles à certaines altérations ?
  - Qualité globale :
  - Charge organique :
  - Colmatage :
  - Température
  - Habitat (hauteur, vitesse, substrats/abris) :

### Standardisation – Contrôle qualité

- D'après votre expérience quels sont les points clefs de l'échantillonnage qui présentent le plus de risque de variabilité « instrumentale » ?
- Les normes (européennes ou métropolitaines) actuelles vous paraissent-elles suffisantes pour minimiser ces risques ?

- Est-ce que des éléments de ces normes vous posent des problèmes d'application ? (contexte local, moyen...)
- Avez-vous connaissance du guide pratique de mis en œuvre des pêches électriques ([http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/guide\\_de\\_peches\\_a\\_electricite.pdf](http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/guide_de_peches_a_electricite.pdf)) ?
- Avez-vous des procédures de contrôle qualité interne ?
- Pouvez-vous les décrire brièvement ?

**ANNEXE 3 : Classement des stations selon leur caractéristiques écologiques (par opportunité décroissante de choix = SP\_MOY en période froide) pour la sélection des stations à échantillonner**

STATION	SP_TOT	SP_MOY	DENS_TOT_MOY	NB_OPERA	Lar_moy	proximité NOUMEA
CBN-70	49	22	1906	8	23.2	OUI
WAD-70	37	17	1729	5	19.4	OUI
TRU-70	28	16	3446	4	5.8	OUI
TBL-70	28	15	1600	5	10.8	OUI
CAR-70	14	14	1071	1	16.2	OUI
KWP-70	25	13	298	8	46.6	OUI
KUB-60	22	12	310	6	48.5	OUI
CBN-30	19	9	943	8	9.3	OUI
CBN-40	19	8	915	7	9.6	OUI
CBN-10	13	7	1088	7	6.8	OUI
TBL-50	12	7	1125	5	7.5	OUI
CAR-60	7	7	204	1	16.6	OUI
KWP-40	8	6	83	5	20.3	OUI
KUB-50	8	5	60	4	22.3	OUI
KWP-10	11	4	60	8	13.4	OUI
CAR-50	4	4	131	1	13.8	OUI
KWO-60	8	4	120	5	11.4	OUI
KWO-10	8	4	157	5	8.8	OUI
KUB-40	9	4	67	5	20.0	OUI
fausse Yaté intermédiaire	3	3	37	1	15.0	OUI
KWO-20	7	3	57	7	10.0	OUI
CBN-AFF-02	5	3	196	7	3.5	OUI
WAD-50	7	2	38	5	8.1	OUI
CAR-40	2	2	37	1	8.2	OUI
CAR-10	2	2	29	1	10.3	OUI
CBN-01	3	1	149	6	4.4	OUI
KWE-10	1	1	48	1	8.3	OUI
KWE-20	1	1	29	1	3.5	OUI
WAD-40	2	1	28	4	6.5	OUI
CAR-20	1	1	19	1	5.3	OUI
KUB-10	2	1	9	2	11.7	OUI