

Suivi de l'écrevisse de Louisiane,
Procambarus clarkii, dans l'embouchure du Fangu
(Corse) et propositions de gestion



Stage réalisé au Parc Naturel Régional de Corse à Galéria

Sous la direction de Julien INNOCENZI et Catherine SOUTY-GROSSET

Du 01 mars au 31 août 2016

Université de Poitiers
UFR Sciences Fondamentales et Appliquées
Département de Biologie des Organismes et des Populations
Bât B8-B35 - 5 rue Albert Turpin TSA 5106 - F-86073 Poitiers Cedex 9
Tél. : 33 (0)5 49 45 39 81 • Fax : 33 (0)5 49 45 40 15 • <http://sfa.univ-poitiers.fr/BOP>

Remerciements

Je tiens à remercier grandement mes encadrants, Julien Innocenzi et Catherine Souty-Grosset, pour leur disponibilité, leurs remarques et d'avoir permis que le stage se déroule dans de bonnes conditions.

Je remercie le Parc naturel régional de Corse et son président, Jacques Costa, de m'avoir accueilli durant toute la durée du stage.

Je remercie Eric Guyon (DDTM) pour sa disponibilité et l'aide qu'il m'a apporté.

Je remercie également les différents acteurs (dont Mme. De-Basquiat, Mme. Benoit-Sisco, M. Albertini) de l'étude pour leurs contributions et leurs conseils lors de ce projet.

Je remercie aussi la mairie de Galeria et Jean-Marie Seité pour ses conseils et la mise à disposition d'un bureau durant le stage.

J'ai une pensée particulière pour le fantasque géomètre et topographe Baptiste Cumoura pour son amitié et sa passion de tous les instants.

J'ai également une pensée pour Brice Albertini avec qui j'ai le même intérêt pour les écrevisses, Gabrielle Valesi pour son incroyable bonne humeur, Jean-Baptiste D'Angeli et Pauline Deniset pour leur sympathie et Julien Tavernier pour avoir facilité le stage à un moment compliqué.

Enfin, je pense à mes parents et à mon frère pour leur support et qui ont toujours été là quand c'était nécessaire.

Sommaire

Acronymes

Introduction.....	1
Cadre de l'étude.....	4
1 - Parc Naturel Régional de Corse et Réserve de biosphère.....	4
2 - Zone de protection et périmètre Natura 2000.....	5
3 - Le Conservatoire du Littoral (et des Rivages Lacustres).....	6
4 - Les espèces invasives présentes sur l'embouchure du Fangu.....	8
5 - L'écrevisse de Louisiane en Europe.....	8
5.1 Définition et historique.....	8
5.2 Impacts et traits d'histoire de vie.....	9
5.3 Statut réglementaire.....	11
6 - Objectifs de l'étude dans l'embouchure du Fangu.....	11
Matériels & Méthodes.....	12
1 - Site d'étude : L'embouchure du Fangu.....	12
2 - Matériel biologique : L'écrevisse de Louisiane.....	15
3 - Protocole de piégeage.....	16
4 - Technique de Capture-Marquage-Recapture.....	17
5 - Traitement des données.....	19
Résultats.....	20
1 - Observations générales	20
2 - Mesures biométriques.....	21
2.1 - Caractéristiques générales.....	21
2.2 - Caractéristiques par point de piégeage.....	23
2.3 - Caractéristiques par ensemble.....	25
3 - Observations des effectifs par point de piégeage.....	26
3.1 - Nombre de captures.....	26

3.2 – Sex-ratio.....	29
3.3 – CPUE.....	30
4 – Conditions environnementales.....	31
4.1 – Assec.....	31
4.2 – Paramètres physico-chimiques.....	33
4.3 – Relations avec les mesures biométriques.....	33
5 – Capture-Marquage-Recapture.....	34
5.1 – CMR.....	34
5.2 – Migrations.....	37
6 – Manipulations hors protocole.....	38
Discussion.....	39
1 – Nombre de captures.....	39
2 – Paramètres physico-chimiques.....	41
3 – CMR.....	42
4 – Propositions de gestion.....	42
Conclusion.....	45
Bibliographie.....	46
Webographie.....	50
Glossaire	
Annexes	
Résumé	

Acronymes

Cdl : Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres

CENC : Conservatoire des Espaces Naturels de Corse

CG2B : Conseil départemental de Haute-Corse

COFIL : Comité de Pilotage

CPUE : Catch Per Unit Effort

DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

DOCOB : Documents d'objectifs

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

GSC : Grillage Semi-Cylindrique (type de nasse)

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

PNRC : Parc Naturel Régional de Corse

QMM : Ecoulement Mensuel Mesuré

RB : Réserve de biosphère

Réserve MAB : Réserve Man and Biosphere

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux

ZNIEFF 1 : Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique de type 1

ZSC : Zone Spéciale de Conservation

Les photos incluses dans le rapport sont la propriété de Jérémy Daydé sauf photo de couverture : Nicolas Robert, PNRC.

Introduction

Au cours des dernières décennies, une forte érosion de la biodiversité est observée à l'échelle mondiale se traduisant par des disparitions en termes d'habitats et d'espèces aussi bien végétales qu'animales. Il est estimé une disparition d'environ 30% des vertébrés (Rapport WWF, 2014). Chez certains groupes d'invertébrés, un taux d'extinction similaire est observé : un tiers des espèces d'amphibiens et de mollusques d'eau douce est menacé, ainsi que 10% des espèces d'oiseaux, tout comme les lépidoptères et les odonates (Collen *et al.*, 2012). Ce fort nombre d'extinction fait état d'un constat alarmant car il intervient sur un intervalle de temps excessivement court comparé aux précédentes crises d'extinction (Ceballos *et al.*, 2015). Les pertes de biodiversité sont majoritairement dues à des facteurs anthropiques directs comme la modification des milieux naturels, la déforestation, l'agriculture ou encore l'urbanisation (McKinney, 2002), et indirects par les changements climatiques notamment qui se traduisent par une hausse de la température, une modification des aires de répartition des espèces, une modification de l'intensité des précipitations et des épisodes de sécheresse (GIEC, 2014). L'introduction d'espèces invasives par l'Homme, volontaire ou non, constitue également une des causes les plus importantes de la perte de biodiversité (Mack *et al.*, 2000). Elle est susceptible de prendre encore plus d'ampleur en raison de l'augmentation des échanges mondiaux et du changement climatique (Souty-Grosset *et al.*, 2016). L'étude de l'adaptation de ces espèces à leur nouvel environnement -et de leur succès à établir des populations pérennes- est nécessaire pour entreprendre des mesures de gestion et de réduction des dégâts qu'elles engendrent.

En Europe, les espèces invasives les plus nombreuses dans les écosystèmes aquatiques sont les espèces de crustacés (Hänfling *et al.*, 2011). L'écrevisse de Louisiane, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), est actuellement considérée comme la pire espèce d'écrevisse invasive dans le monde ; elle est incluse dans la liste des « 100 pires espèces » invasives d'Europe (site web DAISIE) et ses impacts font l'objet d'un très grand nombre d'études (Savini *et al.*, 2010). Récemment, l'Union Européenne a adopté une liste des espèces exotiques envahissantes préoccupantes parmi lesquelles figure *P. clarkii* (JO L, 2016). Cette espèce est caractérisée par une très forte plasticité dans ses traits d'histoire de vie (Chucholl, 2011). Parmi toutes les espèces invasives élevées en aquaculture en Europe,

il s'agit de celle qui entraîne le plus grand nombre de dégâts dans les écosystèmes (Savini *et al.*, 2010). Parmi eux, on peut relever l'altération de la chaîne alimentaire, la bioaccumulation de substances toxiques, la consommation des végétaux aquatiques ou encore la compétition et la prédation envers les espèces natives (Savini *et al.*, 2010). De plus, elle peut entraîner l'extinction des écrevisses autochtones, notamment celle de l'écrevisse à pattes blanches, *Austropotamobius pallipes*, phénomène accentué par le fait que *P. clarkii* est porteuse saine de la peste de l'écrevisse, *Aphanomyces astaci* (Holdich *et al.*, 2009).

Originnaire du nord-est du Mexique et du sud-central des États-Unis (Hobbs et Horton, 1972), l'arrivée de *P. clarkii* en Europe eut lieu en Espagne où elle fut introduite volontairement pour de l'aquaculture en 1973 (Chucholl, 2011), et illégalement par la suite au Portugal, en France et en Italie (Loureiro *et al.*, 2015), pays à partir desquels elle s'est répandue dans le reste de l'Europe. De plus, sa progression risque d'être accentuée par le changement climatique qui va faciliter son introduction, sa colonisation et son succès reproducteur (Walther *et al.*, 2009).

L'écrevisse de Louisiane fut officiellement détectée en Corse une première fois en 2007 dans le lac de Padula, à proximité de Bastia (com. pers. DREAL). Sa présence a aussi été indiquée en 2008 dans l'embouchure de la rivière du Fangu. Puis cela a été confirmé en 2012, suite à une étude sur la Cistude d'Europe menée par le Conservatoire des Espaces Naturels de Corse (CENC). Ce site, situé au nord-ouest de la Corse sur la commune de Galéria, est la propriété du Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres (Cdl). Or, la Corse, du fait de son insularité (Pietri *et al.*, 2006), possède un fort taux d'espèces endémiques avec notamment le mouflon de Corse, la truite Corse, le porte-queue de Corse ou encore l'Armeria de Soleirol. La présence de l'écrevisse de Louisiane représente donc une menace majeure envers la biodiversité présente dans les écosystèmes aquatiques.

Afin d'engager une lutte contre l'écrevisse de Louisiane, une étude préliminaire a consisté en une mise en place d'un protocole de piégeage qui fut menée en 2013 en collaboration avec : le Cdl, le Parc Naturel Régional de Corse (PNRC), la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement), l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques), la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM), le conseil départemental de

Haute-Corse (CG2B) et les mairies de Galéria et de Manso, afin de localiser les endroits propices à l'installation de *P. clarkii*. Il a été mis en évidence que la présence de l'écrevisse restait localisée sur l'embouchure en raison du relief ainsi que des crues et des variations du débit d'étiage de la rivière au cours des saisons (Hautecoeur, 2013). A partir de 2014, un protocole portant sur trois ans fut établi avec pour objectifs; 1) d' avoir une idée de la densité d'écrevisses en fonction des micro-habitats fréquentés, 2) de réaliser un suivi de la population sur les trois années de captures, 3) d'observer les déplacements des individus entre les différents lieux de piégeages et 4) d'améliorer les connaissances sur leur activité au sein de l'embouchure du Fangu, tout ceci afin de proposer des orientations de gestion pour les années à venir. S'agissant de l'année finale d'application du protocole, l'ensemble des données récoltées devraient permettre de répondre aux attentes fixées.

Cadre de l'étude

1 - Parc Naturel Régional de Corse et Réserve de biosphère

Le PNRC couvre une superficie totale de 350 510 ha s'étendant à travers la Haute-Corse et la Corse-du-Sud, soit environ un tiers de l'île (Fig. 1). Le PNRC fût créé en 1972 dans le but d'œuvrer avec différents partenaires en faveur de la protection et de la valorisation du patrimoine naturel, culturel et humain. Les actions sont définies selon plusieurs axes dont ; la revitalisation de l'espace rural afin de lui rendre sa place comme territoire de vie sociale et économique, le développement des activités de randonnées (sentiers balisés, création de gîtes et refuges), la protection d'espèces en danger de disparition (suivi, réintroduction d'individus) ou de sites sensibles (lacs d'altitude), et l'information et la sensibilisation du public notamment scolaire (centres d'initiation à l'environnement, manifestations...).

Localisée dans le département de la Haute-Corse, la Réserve de biosphère (RB) de la Vallée du Fangu ou Réserve MAB (Man And Biosphere) s'étend sur une superficie de 26 825 ha, allant de la mer Méditerranée jusqu'à la Punta Minuta (altitude de 2 556m) et englobe la totalité du bassin versant de la vallée du Fangu. Elle est constituée des trois communes de Galéria, Manso et Calenzana en partie, et rassemble environ 450 habitants. Désignée en 1977, la RB est l'une des plus anciennes de France et est gérée par le PNRC. Sa création répond aux objectifs de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) souhaitant établir un programme scientifique intergouvernemental visant à établir une base scientifique pour concilier la conservation de la biodiversité et son utilisation durable. Ceci dans le but d'améliorer les relations homme-nature au niveau mondial en traitant les aspects écologiques, sociaux et économiques (<http://fr.unesco.org/>).

Les missions menées par le personnel de la Réserve de biosphère de la Vallée du Fangu sont en accord avec celles du PNRC. Elles favorisent le développement durable, la conservation des habitats et des espèces ainsi que la communication auprès du public (conférences et sensibilisation auprès d'un grand nombre de touristes durant l'été).

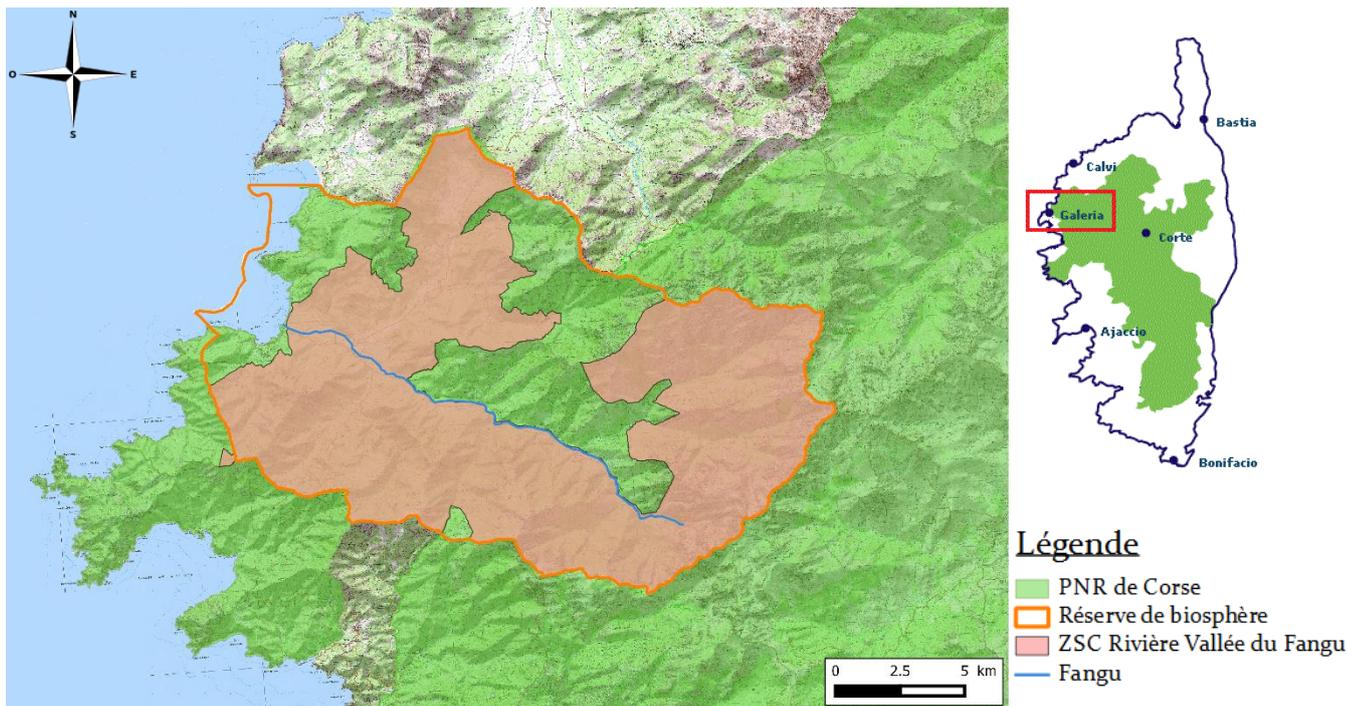


Figure 1: Localisation du PNRC et de la Réserve de Biosphère de la Vallée du Fangu.

2 - Zone de protection et périmètre Natura 2000

Le réseau Natura 2000 a pour objectif de favoriser le maintien de la biodiversité sur les sites qui ont fait l'objet d'une désignation de la part de l'Union Européenne et de l'Etat français. L'embouchure du Fangu fait partie du site Natura 2000 FR9400577 « Rivière et Vallée du Fangu ». Celui-ci est une Zone Spéciale de Conservation (ZSC) au titre de la directive « Habitats, Faune, Flore » de 1992, s'étendant sur une surface de 18 963 ha. Les ZSC sont des sites marins et/ou terrestres à protéger en raison du caractère menacé des habitats ou des espèces qu'ils abritent, et également en raison du caractère remarquablement exemplaire des habitats naturels ou de la spécificité des espèces qu'ils comportent. Le PNRC a eu le rôle d'animateur du DOCOB Natura 2000 établi en 2006, jusqu'à la fin de l'année 2015. Depuis 2016, la communauté de communes Calvi-Balagne a repris l'animation. La DDTM assure la gestion des financements ainsi que l'aspect technique et scientifique des opérations du DOCOB Natura 2000.

Le site est recouvert majoritairement par des habitats de classe maquis, broussailles, garrigues et phrygana à 34%, forêts sempervirentes à 23% et rocheux intérieurs et éboulis rocheux à 20%.

Au regard du patrimoine écologique remarquable qu'il renferme, le site de l'embouchure du Fangu est concerné par divers inventaires et autres mesures de protection. L'embouchure représente un périmètre d'inventaire au sein duquel on distingue une Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique de type I (ZNIEFF) et une Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) (Fig. 2). De plus, le cours d'eau est concerné par un contrat de rivière depuis 2012, il s'agit du premier cours d'eau à en bénéficier en Corse. Il vise à maintenir et préserver l'équilibre naturel du cours d'eau au regard des usages (alimentation en eau potable, baignade et assainissement) qui pourraient impacter la bonne qualité de l'eau. De plus, l'embouchure fait partie du site inscrit de la « Côte nord occidentale et de son arrière-pays ». A ce titre, toutes les modifications des lieux et tous les travaux sont soumis à l'avis préalable de l'Architecte des Bâtiments de France.

3 - Le Conservatoire du Littoral (et des Rivages Lacustres)

Il s'agit de l'organisme à l'origine de ce projet et qui est propriétaire des terrains de l'embouchure du Fangu, situés au cœur d'une plaine alluviale. Le Cdl a créé un périmètre d'intervention en 1985, date à partir de laquelle il commença à acquérir des terrains afin d'assurer la protection définitive de ce site d'intérêt écologique et paysager exceptionnel, et de lui assurer un caractère public. En effet, le site est composé d'une mosaïque d'entités paysagères passant des milieux les plus secs aux plus humides, et abritant une faune et une flore remarquable. A l'heure actuelle, le domaine protégé représente 128 ha (Fig. 2) et les objectifs fixés par le plan de gestion de l'embouchure sont; 1) Préserver la qualité des paysages et conserver la diversité des habitats et des espèces patrimoniales (en préservant la mosaïque d'habitats, en entretenant et valorisant le patrimoine arboré et en améliorant l'état des connaissances sur les espèces sensibles remarquables), 2) Organiser les modalités de fréquentations et d'usages dans le respect du site (en coordonnant les activités humaines et en accueillant le public dans le respect du site) et 3) Conforter la gestion du site et élargir le périmètre géré.

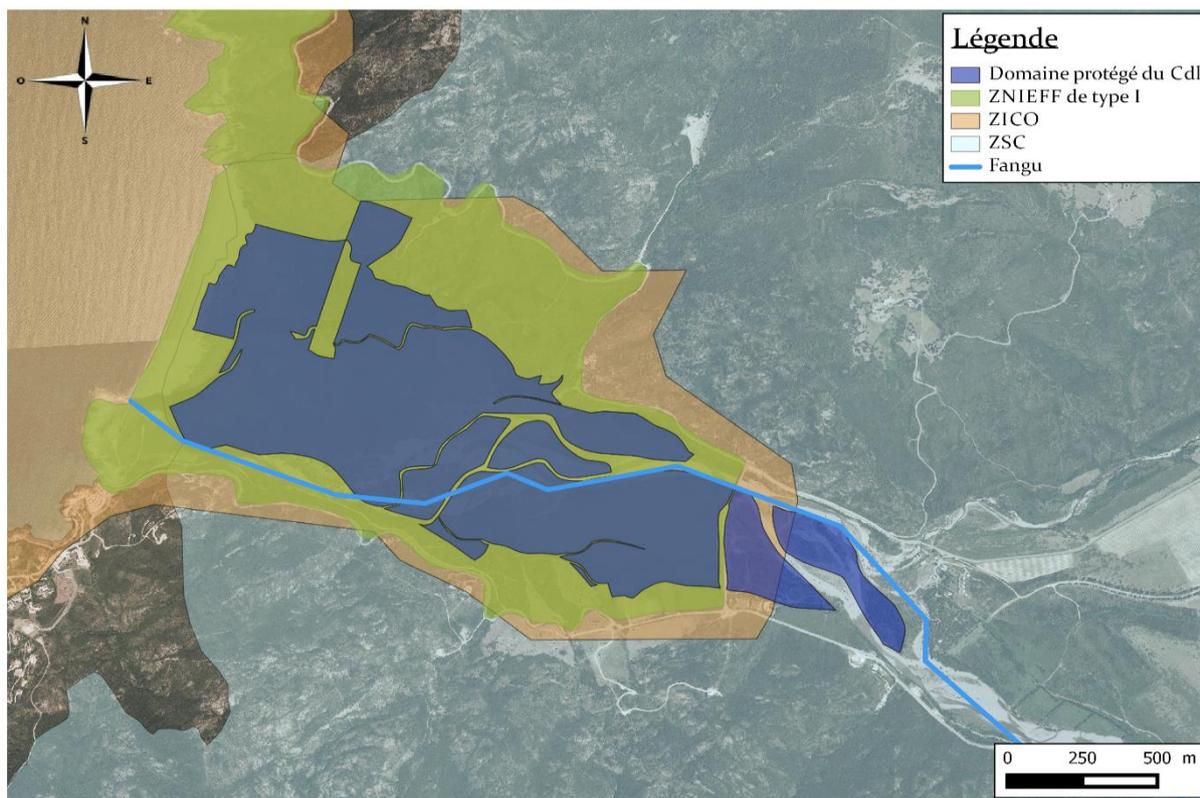


Figure 2 : Périmètres d’inventaire et du domaine protégé du Cdl sur l’embouchure du Fangou.

Le site de l’embouchure du Fangou abrite une importante biodiversité et une remarquable mosaïque d’habitats de type côtiers, rocheux, forestiers, humides, agropastoraux, artificiels et terres agricoles. De nombreuses espèces animales sont inscrites à la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l’Europe, la Convention de Bonn relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage et la Convention de Washington sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacées d’extinction. Il est observé sur ce site 12 des 22 espèces de chauve-souris de Corse, 4 espèces d’amphibiens sur 7 présentes en Corse et 8 espèces de reptiles parmi les 11 connues en Corse dont 3 sont endémiques. On retrouve également une avifaune très variée avec des oiseaux d’eau, forestiers, de maquis et une quarantaine d’espèces d’oiseaux nicheuses (Benoit-Sisco et Soulas, 2013). Parmi les espèces inscrites à l’annexe II de la directive « Habitats, Faune, Flore », on retrouve notamment le Porte queue de Corse, *Papilio hospiton*, la truite à grosse tâches, *Salmo trutta macrostigma*, ou encore la Cistude d’Europe, *Emys orbicularis*. En ce qui concerne la flore, on relève parmi les espèces endémiques de Corse l’Armeria de Soleirol, *Armeria soleirolii*, la lavande de mer,

Limonium corsicum, ou encore l'érodiolium de Corse, *Erodium corsicum*.

4 - Les espèces invasives présentes sur l'embouchure du Fangou

De nombreuses espèces invasives menacent la biodiversité de l'embouchure du Fangou. Parmi les espèces végétales invasives, on distingue notamment la Griffes de sorcières, *Carpobrotus edulis*, qui est de plus en plus présente ces dernières années, le Flamboyant de Hyères, *Sesbania punicea*, ou encore le Faux cotonnier, *Gomphocarpus fruticosus*. Concernant la faune, une menace majeure a été relevée récemment lorsque l'écrevisse de Louisiane, *Procambarus clarkii*, a été observée une première fois en 2008 (com. pers. P. Perret, CNRS cefe Montpellier) puis en seconde fois en 2012 durant une étude sur la Cistude d'Europe. Cette espèce d'écrevisse est en particulier une menace pour les juvéniles de la Cistude d'Europe dont une population est présente sur l'embouchure (Benoit-Sisco et Soulas, 2013).

5 - L'écrevisse de Louisiane en Europe

5.1 Définition et historique

L'écrevisse de Louisiane est considérée comme une espèce invasive car il s'agit d'une espèce qui a été déplacée hors de son aire de répartition originelle et qui s'installe dans un nouvel environnement en causant des effets négatifs sur la santé humaine, l'économie, la biodiversité autochtone et le fonctionnement des écosystèmes (Kolar et Lodge, 2001). *P. clarkii*, aussi appelée Ecrevisse rouge de Louisiane ou Ecrevisse rouge des marais, est l'espèce d'écrevisse la plus répandue dans le monde (Huner, 1977 ; Huner et Avault, 1979). Elle est uniquement absente du continent australien et de l'Antarctique (Hobbs *et al.*, 1989). Son introduction en Europe, dans la péninsule Ibérique au début des années 1970, fut volontaire à des fins d'aquaculture et elle y rencontra un fort succès commercial (Chucholl, 2011). Elle se répandit ensuite en France et en Italie, et même dans des pays du centre et du nord de l'Europe (Fig. 3) où on pensait que les conditions climatiques et l'altitude seraient un obstacle à son installation (Chucholl, 2011). Sa répartition actuelle est aussi due à son transport à l'état vivant et à sa commercialisation, notamment par internet (élevage, remise en liberté depuis des aquariums) (Souty-Grosset *et al.*, 2016).

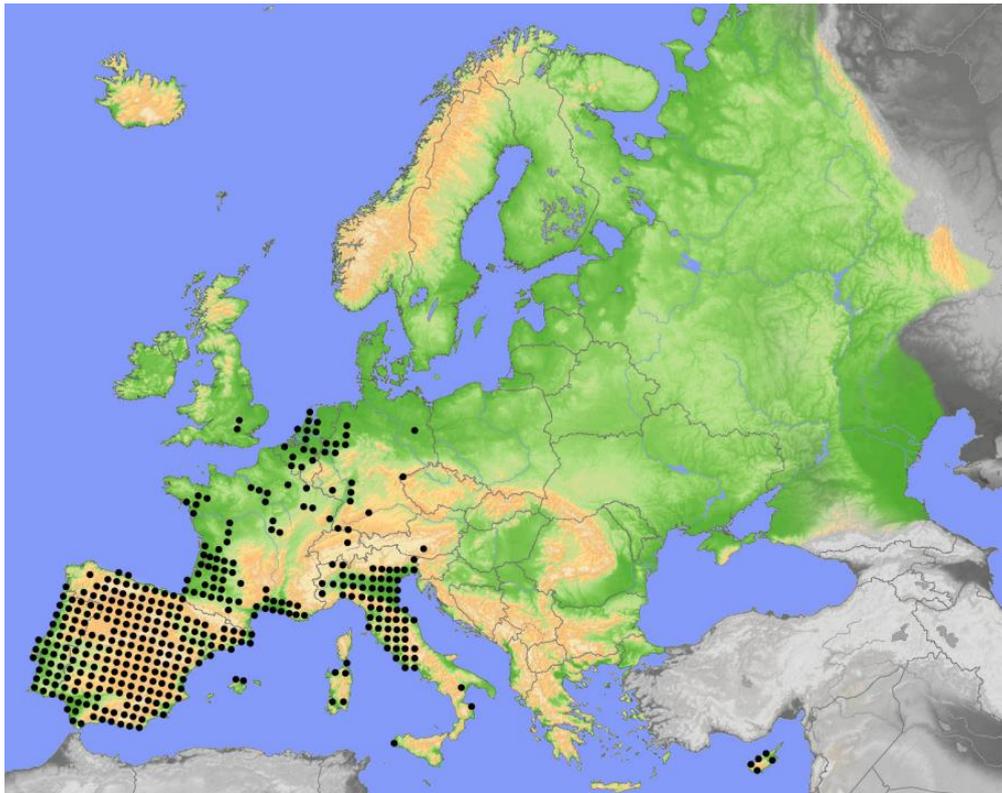


Figure 3 : Répartition de *P. clarkii* en Europe (Kouba *et al.*, 2014).

Les causes de sa répartition sont aussi accidentelles. En 2014, Banha *et al.* ont mis en évidence la forte capacité de dispersion d'écrevisses de Louisiane par l'intermédiaire de transports motorisés humains (voiture). Des écrevisses venant tout juste d'éclore étaient capables de survivre à un trajet moyen de 83,2 km, dans des conditions sèches, lorsqu'elles se retrouvent accidentellement dans de la boue qui se fixe au véhicule lors de son passage.

5.2 Impacts et traits d'histoire de vie

P. clarkii a été désignée comme l'espèce invasive causant le plus grand nombre de dégâts sur les écosystèmes aquatiques européens, juste devant l'écrevisse de Californie, *Pacifastacus leniusculus* (Savini *et al.*, 2010). Ces dégâts comprennent : l'altération de la chaîne alimentaire, la bioaccumulation de substances toxiques, la dominance, prédation et compétition pour les ressources alimentaires ou le territoire avec les espèces natives, la modification des habitats, ainsi que la consommation des végétaux aquatiques et des algues (Savini *et al.*, 2010). Elle cause également d'importantes pertes économiques notamment en riziculture, où elle s'attaque aux jeunes pousses, et de part les moyens financiers mise en œuvre pour lutter contre cette espèce (Souty-Grosset *et al.*, 2016).

Les dégâts qu'elle provoque sont dus à ses traits d'histoire de vie particuliers. Cette écrevisse à une très forte tolérance face aux variations de température et des taux de salinité et d'oxygène (Loureiro *et al.*, 2015). Il a été démontré que les juvéniles pouvaient survivre en dehors de l'eau durant plus de 3h, à une température de 24°C et à un taux d'humidité de 35% (Banha *et al.*, 2014), et que les adultes pouvaient facilement survivre plus de 10h dans des conditions similaires (Banha et Anastacio, 2013). Elle accumule également les métaux lourds, du cadmium, du nickel et du plomb qui sont retrouvés notamment dans ses muscles abdominaux (Tricarico *et al.*, 2008) ainsi que des pesticides. De plus, de part sa capacité à creuser des terriers, elle peut survivre pendant plusieurs mois avant de reprendre son activité. Elle s'y réfugie généralement lorsque les températures deviennent trop élevées, lors de périodes de sécheresse ou pour se protéger des prédateurs (Huner et Barr, 1991), voire même du cannibalisme (Ilhéu *et al.*, 2003). La réalisation de terriers modifie la structure des berges et peut même entraîner leur effondrement (Souty-Grosset *et al.*, 2014). Leur construction nécessite une composition du sol riche en fines particules et faible en quantité d'eau (Ilhéu *et al.*, 2003). Les écrevisses ne semblent pas retourner dans le même terrier mais utilisent le premier qu'elles trouvent inoccupé (Gherardi *et al.*, 2002).

Elle possède un fort pouvoir de dispersion puisqu'elle peut couvrir une distance maximale de 90 mètres par heure sur terrain sec (Ramalho, 2012). Suivant les conditions, elle peut se déplacer jusqu'à une distance de 4 km par jour (Gherardi et Barbaresi, 2000).

Une autre caractéristique qui fait d'elle une espèce invasive des plus redoutables, est la forte plasticité de son cycle biologique. En effet, la période d'accouplement, la maturation sexuelle et le nombre d'œufs varient en fonction des conditions environnementales (Loureiro *et al.*, 2015). Bien que l'écrevisse de Louisiane soit une espèce dite « d'eau chaude », c'est-à-dire habituée à des températures en eaux de 20°C à 28°C, elle peut évoluer dans des gammes de températures allant de 10°C à 41°C et se retrouvera favorisée par le réchauffement climatique (Anastacio *et al.*, 1999 ; Gherardi *et al.*, 2013). Si la température est inférieure à 10°C, le développement embryonnaire se retrouve inhibé (Sûko, 1953). Il s'agit d'une espèce ayant une stratégie de développement de type r (Dörr et Scalici, 2013). Deux voire trois périodes de reproduction (Dörr *et al.*, 2006) peuvent avoir lieu dans une même année, au printemps et à l'automne (Chucholl, 2011), et une portée peut contenir jusqu'à 700 œufs (Loureiro *et al.*, 2015).

5.3 Statut réglementaire

Au vu des menaces que représente l'écrevisse de Louisiane, l'espèce fait l'objet de plusieurs mesures législatives en France. Le transport et la commercialisation de *P. clarkii* sont soumis à une autorisation par l'arrêté du 21 juillet 1983, relatif à la protection des écrevisses autochtones. Elle est considérée comme une « espèce susceptible de provoquer des déséquilibres biologiques et dont l'introduction est interdite » selon l'article R432-5 du Code de l'Environnement. Son introduction dans les cours d'eau français est d'ailleurs punie d'une amende de 9 000€, depuis septembre 2000, par l'article R432-10 du Code de l'Environnement (Légifrance).

L'absence d'une politique commune à l'échelle européenne ne permet pas de lutter efficacement contre la propagation de *P. clarkii*. En effet, des mesures des plus dures aux plus laxistes sont observées suivant les pays. Il est par exemple légal de la vendre à l'état vivant en Espagne (Vedia et Miranda, 2013) tandis que cela est interdit dans quelques régions de l'Italie, au Portugal et en France (Souty-Grosset *et al.*, 2016).

6 - Objectifs de l'étude dans l'embouchure du Fangu

L'étude a pour but d'approfondir les connaissances sur les activités *P. clarkii* dans l'embouchure du Fangu car bien qu'il s'agisse d'une espèce énormément étudiée, on sait qu'elle réagit différemment en fonction de l'écosystème où elle se trouve. Etant donné la récente détection de l'écrevisse de Louisiane sur ce site, il est important de connaître le niveau de colonisation de la rivière et la stratégie de colonisation de l'écrevisse. Ainsi, il sera observé l'évolution des effectifs sur les trois années de piégeage, en termes de nombre de captures et de quantité d'adultes et de juvéniles, et si des migrations ont lieu entre les différents points de piégeage. Puis les résultats seront analysés en fonction des habitats et des paramètres physico-chimiques telles que la température de l'eau et la profondeur. Les migrations seront observables grâce à la technique de Capture-Marquage-Recapture (CMR), qui permettra également de faire une estimation des effectifs sur les données récoltées en 2016. Une fois l'ensemble des données synthétisées, il sera alors possible de préconiser des orientations de gestion spécifique à la situation actuelle.

Matériels & Méthodes

1 - Site d'étude: L'embouchure du Fangu

Deux habitats majoritaires se distinguent au sein l'embouchure du Fangu (Fig. 4). Les habitats forestiers constitués notamment de chênaie verte, d'une aulnaie marécageuse, de ripisylve pionnière à saule pourpre ou encore de forêt riveraine à saule, aulne et orme. Les habitats agropastoraux sont eux caractérisés entre autre par des prairies humides inondées, des fruticées de cistes, d'oliviers et de lentisques et des fourrés à fougère aigle et ronciers. Des troupeaux de vaches et de chèvres exercent régulièrement une pression de pâturage. Il est à noter aussi que des sangliers se déplacent sur l'ensemble du site. Concernant les habitats humides, certaines portions du Fangu subissent un fort étiage allant jusqu'à leur assec avec la montée de la température. Cependant, le secteur de l'embouchure reste en eau toute l'année, dû en partie à la présence de la nappe alluviale.

Dix points de piégeage sont répartis en 2 ensembles relativement distincts géographiquement à travers les différents types d'habitats, à l'exception des habitats côtiers et rocheux (Fig. 4). Un ensemble au Nord-Est constitués des points 1, 2, 3, 4, 5 et 6 (Fig. 5), et un autre au Sud-Ouest rassemblant les points 7, 8, 9 et 10 (Fig. 6). La plupart des points de piégeage sont situés dans des mares (points 1, 4, 5, 6, 7, 8 et 9), alors que le point 10 est localisé sur un des bras morts du Fangu et les points 2 et 3 au sein d'un même cours d'eau. Les mares sont de superficies variables et celles situées aux points 4 et 5 communiquent, mais une végétation abondante empêche le passage de l'une à l'autre pour l'Homme ou le bétail.

La localisation des points fait suite à une étude réalisée en 2013 par Hauteceur, par des piégeages effectués à plusieurs endroits de l'embouchure, dont certains en marge du site, afin d'affiner l'aire de présence de l'écrevisse (Annexe 1).

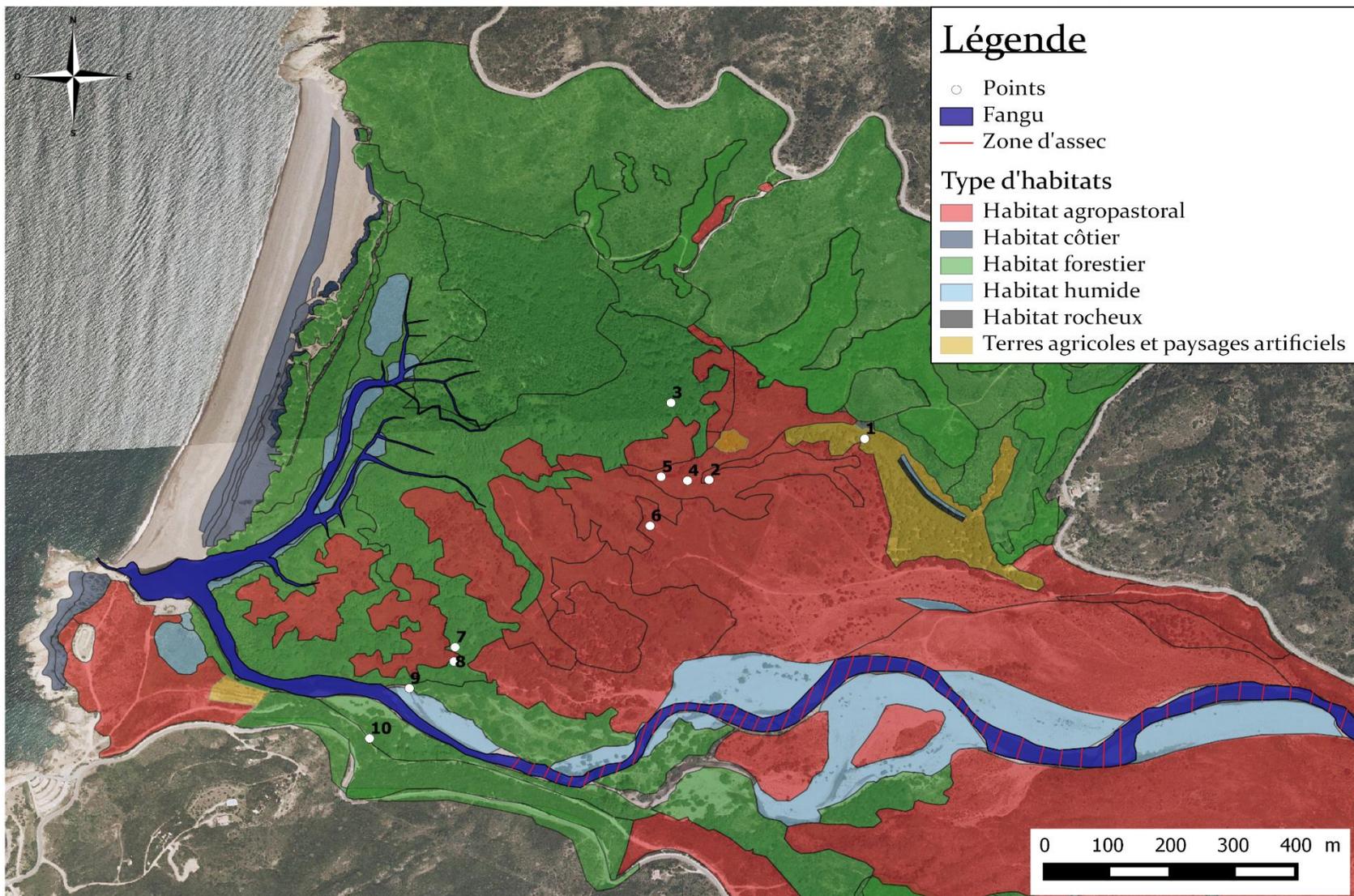


Figure 4 : Carte représentant les types d'habitats et les points de piégeage sur l'embouchure du Fangu.



1. Terres agricoles et paysages artificiels



2. Habitat agropastoral



3. Habitat forestier



4. Habitat agropastoral



5. Habitat agropastoral



6. Habitat agropastoral

Figure 5 : Photos des points de piégeage de l'ensemble nord-est.



7. Habitat forestier



8. Habitat forestier



9. Habitat humide



10. Habitat forestier

Figure 6 : Photos des points de piégeage de l'ensemble sud-ouest.

2 - Matériel Biologique: L'écrevisse de Louisiane

P. clarkii est une espèce de crustacé appartenant à l'ordre des Décapodes et à la famille des Cambaridae. Elle est morphologiquement caractérisée par une paire de pinces massives rugueuses et tachetées de rouge ainsi que par un rostre convergent et un céphalothorax rugueux. Le corps, composé du céphalothorax et de l'abdomen, est généralement de couleur rouge foncé, orange ou marron rougeâtre (Gherardi et Panov, 2006) mais il est possible d'observer une gamme de couleur composée du bleu, du jaune, du blanc ou du noir (Gherardi, 2011). Les individus ayant effectué une mue sont de couleur claire, verdâtre tout comme les juvéniles (Souty-Grosset *et al.*, 2006). Un dimorphisme sexuel existe et permet de différencier les femelles qui ont un réceptacle séminal situé entre la base des pattes postérieures locomotrices, des mâles sexuellement matures

possédant des crochets sur la 2ème et 3ème paire d'ischions (Gherardi et Panov, 2006). *P. clarkii* est une espèce omnivore opportuniste avec un régime alimentaire principalement à base de plante pour les adultes alors que les juvéniles se nourrissent majoritairement d'animaux (Correia, 2004). La taille maximale est de 15cm mais la plupart des individus mesurent 10cm. La maturité sexuelle peut être atteinte dès l'âge de 3 mois (Dorr *et al.*, 2006) et l'espérance de vie dans la nature est d'environ de 12 à 18 mois (Souty-Grosset *et al.*, 2006). A l'âge de 1 mois, l'écrevisse atteint une taille d'environ 2 cm, à 6 mois elle a une taille de 4-5 cm et à 1 an elle mesure environ 7-8 cm (COPIL, 2014). L'écrevisse de Louisiane a une activité majoritairement diurne (Sarat *et al.*, 2015).

3 - Protocole de piégeage

Le protocole porte sur une durée de 3 mois, du 1er mai au 31 juillet, et comprend 10 points de piégeage constitués de 2 nasses chacun. La période de piégeage correspond au moment à partir duquel la température de l'eau permet une activité suffisante des écrevisses de Louisiane. Les points de piégeage ont été choisis après prospection et sélection en 2013 des endroits susceptibles d'accueillir *P. clarkii* sur l'embouchure du Fangu (Hauteceur, 2013). La relève des nasses, de type grillagé semi-cylindrique GSC, est effectuée 3 fois par semaine (lundi, mercredi et vendredi). Elles sont constituées de 2 entrées latérales d'un diamètre de 4 cm, le maillage (10 mm) et la taille de l'entrée des nasses permettent d'éviter la capture de la Cistude d'Europe (Fig. 7). Des croquettes pour chien et des sardines ont été utilisées comme appât dans chaque nasse.



Figure 7 : Matériels utilisés pour les mesures biométriques et nasse de type GSC.

Une fois capturés, les individus ont été tués sur place par enlèvement du tube digestif puis ils ont été sexés, pesés et mesurés avec un pied à coulisse (longueur totale : du rostre au telson, céphalothorax et pince droite) (Fig. 7). La manipulation des écrevisses de Louisiane a nécessité la mise en place d'un arrêté pour le personnel chargé des piégeages (Annexe 2).

Des paramètres physico-chimiques ont été relevés 1 fois par semaine. Plusieurs ont été rajoutés au fur et à mesure des 3 années afin de compléter le protocole (Tab. 1).

Tableau 1 : Détails de l'enregistrement des paramètres physico-chimiques.

	Profondeur	Température	pH	Conductivité	Salinité
2014	Oui	-	-	-	-
2015	Oui	Oui	Oui	-	-
2016	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

4 – Technique de Capture-Marquage-Recapture

La technique de CMR a été utilisée afin d'observer d'éventuelles migrations entre les différents points de piégeage ainsi que pour estimer les effectifs d'écrevisses. Une première séance de marquage constituée de 4 sessions a été réalisée en mai, puis une deuxième au début du mois de juin et une troisième début juillet, constituées elles de 2 sessions, ont été effectuées (Tab. 2). Lors de la première séance de mai, les écrevisses de tous les points de piégeage ont été marquées 3 fois et il y a eu 3 sessions de recapture afin de pouvoir appliquer les formules appropriées pour estimer les effectifs. Suite aux résultats de cette séance et après réflexion avec les partenaires de cette étude, il a été décidé de procéder à une séance par mois (juin et juillet) composée d'une seule session de marquage et de recapture. De plus, elle a été réalisée sur 2 points de piégeage, les points 5 et 7 en juin et les points 3 et 7 en juillet, soit un pour chaque ensemble. Un code couleur spécifique à chaque lieu a été appliqué (Annexe 3).

Tableau 2 : Détails du déroulement de la CMR.

	Mois	Points concernés	Jours de recaptures
CMR 1	Mai	Tous	3
CMR 2	Juin	5 et 7	1
CMR 3	Juillet	3 et 7	1

Afin de différencier les sessions de marquage pour la CMR₁, le premier marquage a été appliqué sur le haut du céphalothorax, le deuxième sur le côté droit et le troisième sur le côté gauche. Pour les CMR₂ et 3, il n'y a eu besoin que d'un seul marquage, il s'agit d'un trait de vernis effectué soit dans la longueur (CMR₂), soit dans la largeur le céphalothorax (CMR₃) (Fig. 8).



Figure 8 : Application du code couleur pour la CMR 1 (à gauche), la CMR 2 (au milieu) et la CMR₃ (à droite).

Concernant l'estimation de la population, plusieurs méthodes furent initialement envisagées. Schnabel et Jolly-Seber pour celles nécessitant un minimum de 10 recaptures et 3 sessions de marquage. La méthode de Jolly-Seber présume que la population est ouverte, c'est-à-dire qu'il y a de la mortalité, des naissances et des migrations, et vient en complément de la méthode de Schnabel qui fait l'hypothèse d'une population fermée. Dans le cas de recapture inférieure à 10 individus, les formules corrigées de Petersen et Chapman seront utilisées comme préconisé par Coignet (2010), elles ne nécessitent qu'une seule session de marquage. Elles font toutes les deux l'hypothèse d'une population fermée. Les estimations d'effectifs s'effectuent de la manière suivante :

• **Formule corrigée de Petersen** (recapture inférieure à 10 individus) :

$$N_t = \frac{m_t(R_t+1)}{(r_m+1)} \quad \text{et de variance} \quad \sigma^2 = \frac{m_t^2(R_t+1)(R_t-r_m)}{(r_m+1)^2(r_m+2)}$$

• **Formule de Chapman** (recapture inférieure à 10 individus) :

$$N_t = \frac{(m_t+1)(R_t+1)}{(r_m+1)} - 1 \quad \text{et de variance} \quad \sigma^2 = \frac{(m_t+1)(R_t+1)(m_t-r_m)(R_t-r_m)}{(r_m+1)^2(r_m+2)}$$

Avec : N_t = Nombre d'individus dans la population

m_t = Nombre d'individus marqués

R_t = Nombre d'individus recapturés

r_m = Nombre d'individus recapturés marqués

5 – Traitement des données et analyses statistiques

Les données ont été analysées avec le logiciel Microsoft Excel 2013 (graphiques et tableaux de données) et les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R Core Team (2016). Le seuil de significativité a été fixé à 5%, c'est-à-dire que pour toute valeur de la p-value inférieure à 5%, l'hypothèse nulle a été rejetée. Dans le cas de données ne respectant pas les conditions de normalité (test de Shapiro-Wilk et lecture graphique avec le package car), des tests non-paramétriques ont été utilisés. Les différences d'effectif au niveau du sex-ratio et entre les ensembles de point de piégeage ont été étudiées avec le test de Chi². Le test de Kruskal-Wallis a été employé pour étudier la variation des paramètres physico-chimiques au cours du temps. Le test de corrélation de Spearman a été employé dans le cas de données non paramétriques. Les ACP ont été utilisées pour observer les relations entre les mesures biométriques et les paramètres physico-chimiques. Elles ont été réalisées avec les packages Rcmdr 2.2-5 et RcmdrPlugin.FactoMineR.

Les cartes ont été réalisées avec le logiciel QGIS 2.8. Les valeurs d'Écoulement Mensuel Mesuré (QMM) ont été récupérées sur le site <http://www.hydro.eaufrance.fr/>. La longueur des individus est exprimée en centimètre et la masse en gramme. La CPUE (Catch Per Unit Effort) est calculée en prenant en compte le nombre de jour où les points de piégeages sont en eau et le nombre de captures qui lui est associé de manière à obtenir un nombre moyen de captures par 24h.

Résultats

1 – Observations générales

Un total de 4048 écrevisses a été capturé au cours des 3 années de piégeage. L'année 2015 enregistre le plus faible nombre de captures comparé aux années 2014 et 2016 qui sont relativement similaires (Tab. 3).

Tableau 3 : Caractéristiques générales des captures.

	2014	2015	2016
Effectifs	1422	996	1630
Sex-Ratio (%M-F)	52,53 - 47,47	53,58 - 46,42	53,25 - 46,75

Le sex-ratio est à l'équilibre en 2014 ($X\text{-squared} = 3,6456$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0,0562$) et est légèrement en faveur des mâles en 2015 et 2016 (2015 : $X\text{-squared} = 5,0765$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0,0243$, 2016 : $X\text{-squared} = 6,8933$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0,0087$) (Tab. 3).

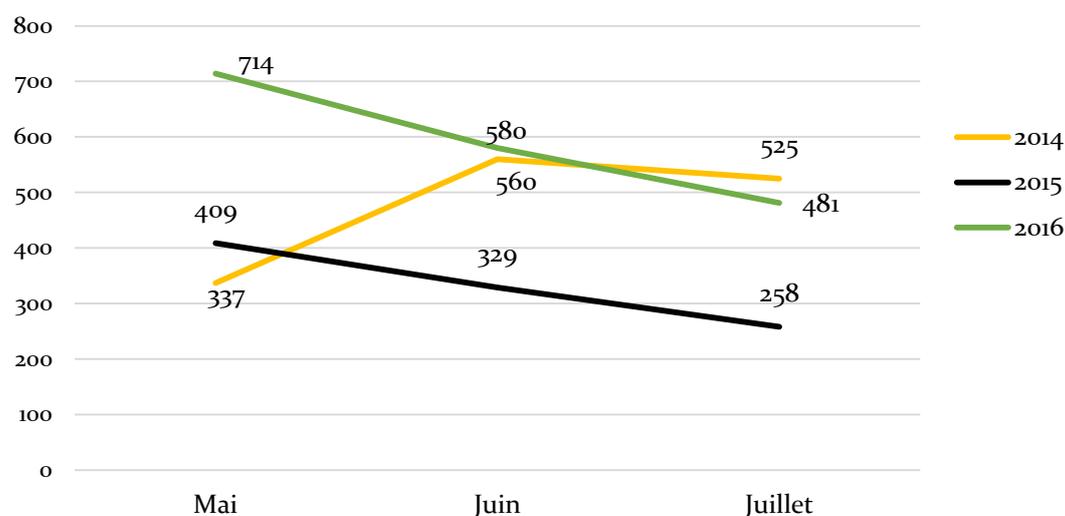


Figure 9 : Evolution des captures au cours des 3 années de piégeage.

Les effectifs varient au cours des mois comme indiqué par la figure 9. Lors de la première année de piégeage, en 2014, une augmentation des captures est observée entre le mois de mai et de juin puis le nombre d'écrevisse n'évolue pas en juillet. Les 2 années suivantes, l'inverse se produit avec une diminution constante au cours du temps. Cependant, bien que les courbes aient la même allure pour les années 2015 et 2016, le nombre de captures est fortement supérieur en 2016 pour chaque mois.

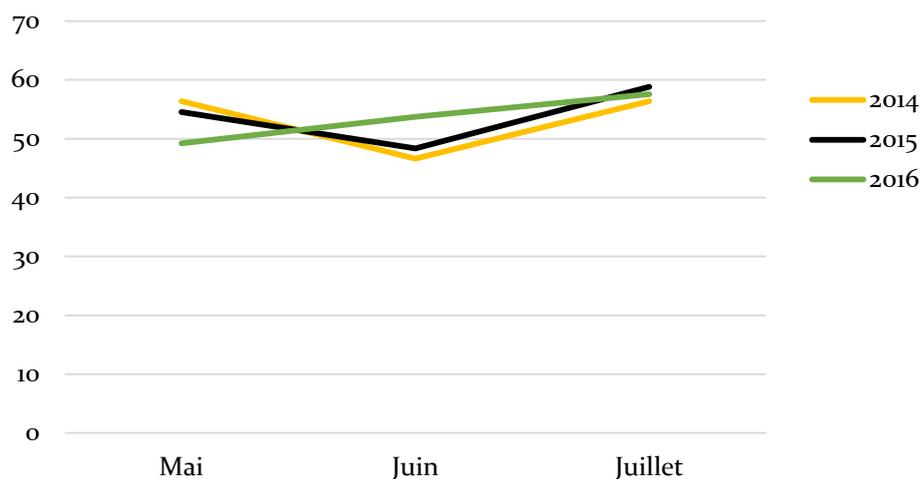


Figure 10 : Evolution du sex-ratio (pourcentage de mâles) au cours des 3 années de piégeage.

Tableau 4 : Analyse statistique (test du Chi²) sur le sex-ratio, résultat de la p-value.

	2014	2015	2016
Mai	0,0192	0,0673	0,7098
Juin	0,1083	0,5442	0,0770
Juillet	0,0035	0,0048	<0,001

Le sex-ratio est à l'équilibre au mois de juin et en faveur des mâles au mois de juillet au cours des 3 années. En mai 2014 il est en faveur des mâles et en 2015 et 2016 il est à l'équilibre (Fig. 10 et Tab. 4).

2 – Mesures biométriques

2.1 – Caractéristiques générales

D'après la figure 11, la longueur totale de l'écrevisse et la longueur du céphalothorax sont très fortement corrélées ($r=0.94$), la masse est aussi fortement corrélée à ces deux mesures ($r=0,89$ par rapport à L_{tot} et $r=0,85$ par rapport à L_{ceph}). La

longueur de la pince est corrélée à 77% avec la masse et à 71% et 70% avec respectivement la longueur totale et la longueur du céphalothorax.

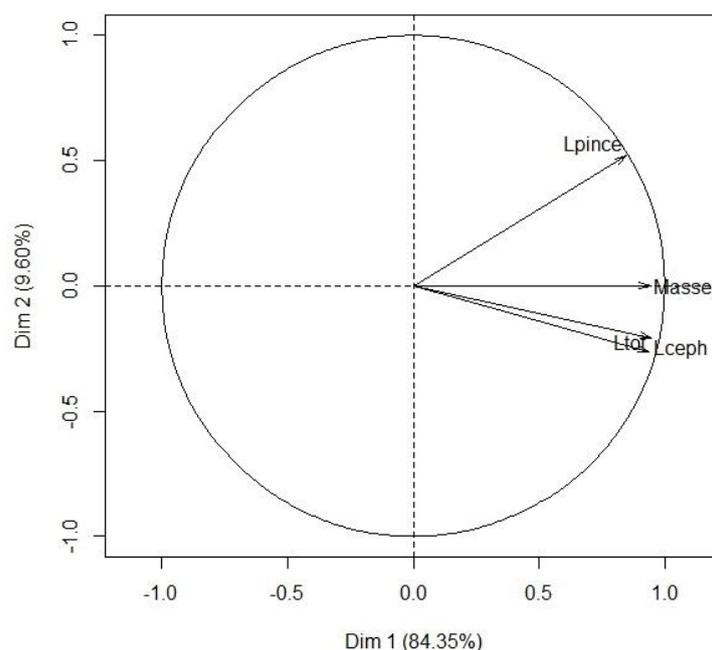


Figure 11 : ACP réalisée sur les mesures biométriques.

La longueur totale moyenne des écrevisses a très faiblement varié en 2014 (Kruskall-Wallis chi-squared = 6,062, df = 2, p-value = 0,0483). Alors que en 2015, il y a eu une forte diminution (Kruskall-Wallis chi-squared = 19,766, df = 2, p-value < 0,001), lors du passage au mois de juin. En 2016, il est également enregistré une diminution fortement significative de la taille au mois de juillet (Kruskall-Wallis chi-squared = 133,18, df = 2, p-value < 2,2^{e-16}) (Tab. 5). L'évolution de la longueur du céphalothorax, de la pince et de la masse est très similaire à celle de la longueur totale au cours des mois et des années (Tab. 6, Tab. 7 et Tab. 8). Les mesures les plus importantes sont de 59 g pour la masse, de 17 cm pour la longueur totale, de 7,8 cm pour la longueur du céphalothorax et de 8 cm pour la longueur de la pince.

Tableau 5 : Longueur totale moyenne (± écart-type) des écrevisses par année.

	2014	2015	2016
Mai	8,13 ± 0,09	8,22 ± 0,1	8,44 ± 0,05
Juin	8,32 ± 0,07	7,73 ± 0,1	8,27 ± 0,06
Juillet	8,16 ± 0,07	7,72 ± 0,09	7,61 ± 0,06
Année	8,21 ± 0,04	7,92 ± 0,06	8,14 ± 0,03

Tableau 6 : Longueur moyenne du céphalothorax (\pm écart-type) des écrevisses par année.

	2014	2015	2016
Mai	3,94 \pm 0,04	4,02 \pm 0,05	4,11 \pm 0,03
Juin	4 \pm 0,04	3,75 \pm 0,05	3,99 \pm 0,03
Juillet	3,91 \pm 0,04	3,86 \pm 0,04	3,58 \pm 0,03
Année	3,95 \pm 0,02	3,89 \pm 0,03	3,91 \pm 0,02

Tableau 7 : Longueur moyenne de la pince (\pm écart-type) des écrevisses par année.

	2014	2015	2016
Mai	2,62 \pm 0,06	3,3 \pm 0,1	2,53 \pm 0,04
Juin	2,72 \pm 0,05	2,17 \pm 0,07	2,64 \pm 0,05
Juillet	2,78 \pm 0,06	2,46 \pm 0,06	2,34 \pm 0,04
Année	2,72 \pm 0,03	2,7 \pm 0,05	2,51 \pm 0,03

Tableau 8 : Masse moyenne (\pm écart-type) des écrevisses par année.

	2014	2015	2016
Mai	17,92 \pm 0,5	16,06 \pm 0,57	17,95 \pm 0,34
Juin	18,74 \pm 0,61	13,22 \pm 0,54	17,36 \pm 0,38
Juillet	16,94 \pm 0,45	12,88 \pm 0,38	12,87 \pm 0,29
Année	17,88 \pm 0,26	14,3 \pm 0,31	16,25 \pm 0,21

2.2 – Caractéristiques par point de piégeage

Les écrevisses de plus grandes tailles sont retrouvées aux points 1 et 6 (ensemble nord-est), ce sont les seuls points de piégeage où la longueur moyenne totale dépasse les 10cm (en 2015). Au point 6, elle dépasse à de nombreuses reprises les 9cm durant les autres mois. Les écrevisses de plus petites tailles ont été piégées au point 8, avec une taille moyenne minimum de 5,13 cm en juillet 2015. Des variations significatives entre les mois sont observées aux points 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 (cases en orange), il s'agit dans tous les cas, excepté au point 1, d'une diminution constante au cours des mois. Le point 4 est le seul point à enregistrer une diminution significative chaque année. Les écrevisses les plus longues pour l'ensemble sud-ouest sont observées au point 7 (Tab. 9).

Tableau 9 : Longueur totale moyenne (\pm écart-type) par point de piégeage.

Lieux	2014			2015			2016		
	Mai	Juin	Juillet	Mai	Juin	Juillet	Mai	Juin	Juillet
1	8,83 $\pm 0,16$	9,39 $\pm 0,17$	-	10,55 $\pm 0,54$	11,75 $\pm 0,25$	-	8,73 $\pm 0,22$	8,93 $\pm 0,21$	-
2	8,36 $\pm 0,62$	7,39 $\pm 0,47$	7,34 \pm 0,24	7,9 $\pm 0,9$	8,19 $\pm 0,34$	7,24 $\pm 0,42$	8,35 $\pm 0,23$	8,35 $\pm 0,21$	-
3	9,2 \pm NA	8,6 $\pm 0,2$	7,94 \pm 0,24	8,7 $\pm 0,36$	8,26 $\pm 0,24$	7,9 $\pm 0,11$	8,43 $\pm 0,25$	8,66 $\pm 0,13$	7,5 \pm 0,07
4	8,06 $\pm 0,2$	7,98 $\pm 0,11$	7,03 \pm 0,11	8,03 $\pm 0,14$	7,31 $\pm 0,10$	6,55 $\pm 0,05$	8,08 $\pm 0,08$	7,75 $\pm 0,09$	-
5	8,35 $\pm 0,11$	8,56 $\pm 0,1$	8,16 \pm 0,17	8,53 $\pm 0,16$	7,92 $\pm 0,45$	-	8,46 $\pm 0,05$	8,26 $\pm 0,08$	-
6	8,36 $\pm 0,79$	9,61 $\pm 0,21$	9,04 \pm 0,11	10,59 $\pm 0,27$	9,82 $\pm 0,31$	8,17 $\pm 0,73$	9,57 $\pm 0,21$	9,35 $\pm 0,14$	8,33 $\pm 0,68$
7	8,44 $\pm 0,44$	8,53 $\pm 0,21$	8,86 \pm 0,16	8,85 $\pm 0,27$	7,74 $\pm 0,2$	7,77 $\pm 0,18$	8,53 $\pm 0,29$	7,72 $\pm 0,15$	7,87 $\pm 0,09$
8	7,32 $\pm 0,23$	6,22 $\pm 0,28$	6,11 \pm 0,19	6,29 $\pm 0,23$	5,77 $\pm 0,3$	5,13 $\pm 0,43$	7,75 $\pm 0,27$	7,25 $\pm 0,05$	-
9	7,86 $\pm 0,46$	8,21 $\pm 0,41$	7,91 \pm 0,39	8,2 $\pm 0,38$	6,86 $\pm 0,37$	6,98 $\pm 0,18$	8,5 $\pm 0,32$	8,25 $\pm 1,17$	6,9 $\pm 1,03$
10	-	-	9,23 \pm 0,26	6,92 $\pm 0,75$	7,73 $\pm 0,42$	8,42 $\pm 0,2$	6,54 $\pm 0,59$	6,48 $\pm 0,29$	7,21 $\pm 0,9$

2.3 – Caractéristiques par ensemble

Pour les points de l'ensemble nord-est, la longueur totale moyenne est supérieure à 8 cm la plupart du temps, alors que pour les points de l'ensemble sud-ouest, la longueur totale moyenne ne dépasse qu'une seule fois les 8 cm (mai 2016). Les différences de taille entre les 2 ensembles sont tout le temps significatives au mois de juin sur les 3 ans, ainsi qu'aux mois de mai 2014 et 2015 et au mois de juillet 2016 (Tab. 10).

Tableau 10 : Longueur totale moyenne (\pm écart-type) par ensemble et test de Kruskal-Wallis sur la différence de Ltot entre les 2 ensembles.

Ens.	2014			2015			2016		
	Mai	Juin	Juillet	Mai	Juin	Juillet	Mai	Juin	Juillet
1	8,33 \pm 0,09	8,53 \pm 0,07	8,22 \pm 0,08	8,58 \pm 0,11	8,04 \pm 0,12	7,79 \pm 0,11	8,49 \pm 0,05	8,44 \pm 0,06	7,51 \pm 0,07
2	7,73 \pm 0,2	7,47 \pm 0,02	7,98 \pm 0,16	7,76 \pm 0,18	7,28 \pm 0,16	7,64 \pm 0,14	8,17 \pm 0,2	7,54 \pm 0,15	7,76 \pm 0,08
p-value	0,0255	<0,001	0,187	<0,001	<0,001	0,2058	0,2563	<0,001	0,0209

En 2014 et 2015, une plus grande quantité d'écrevisses de petite taille (classe 4-6 cm) est retrouvée dans l'ensemble sud-ouest par rapport à l'ensemble nord-est, lequel contient plus d'écrevisses de classes de taille 7-9 cm et 10-12 cm. En 2016, les proportions de l'ensemble 1 sont similaires comparées aux années précédentes. Pour l'ensemble sud-ouest, il y a une forte diminution des effectifs de la classe 4-6 cm et une forte augmentation pour la classe 7-9 cm. Dans les deux ensembles, la présence d'individus de classe de taille 0-3 cm est quasi nulle (Fig. 12).

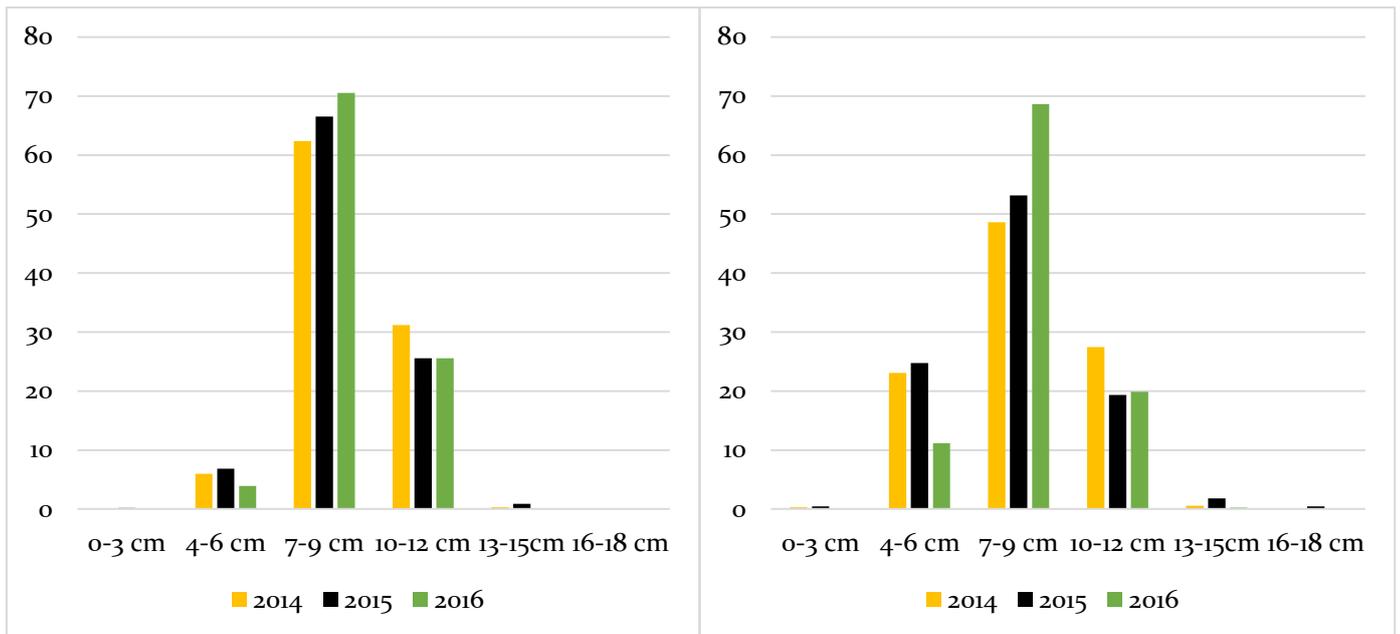


Figure 12 : Evolution des effectifs par classe de taille pour l'ensemble nord-est (à gauche) et l'ensemble sud-ouest (à droite) en pourcentage.

3 – Observations des effectifs d'écrevisses par point de piégeage

3.1 – Nombre de captures

Le nombre d'écrevisses capturées varie très fortement en fonction du lieu où elles sont piégées ainsi qu'en fonction de l'année (Fig. 13). Les points 3 et 7 enregistrent une importante et constante augmentation du nombre d'écrevisses au cours des 3 ans. Cette caractéristique est également observée chez les points 2 et 10 mais avec un nombre d'écrevisses beaucoup plus faible. A l'inverse, le point 8 est l'unique point de piégeage enregistrant une forte et constante régression au cours de l'étude. Les effectifs des autres points ne varie pas de manière constante et très souvent l'année 2015 est la plus faible.

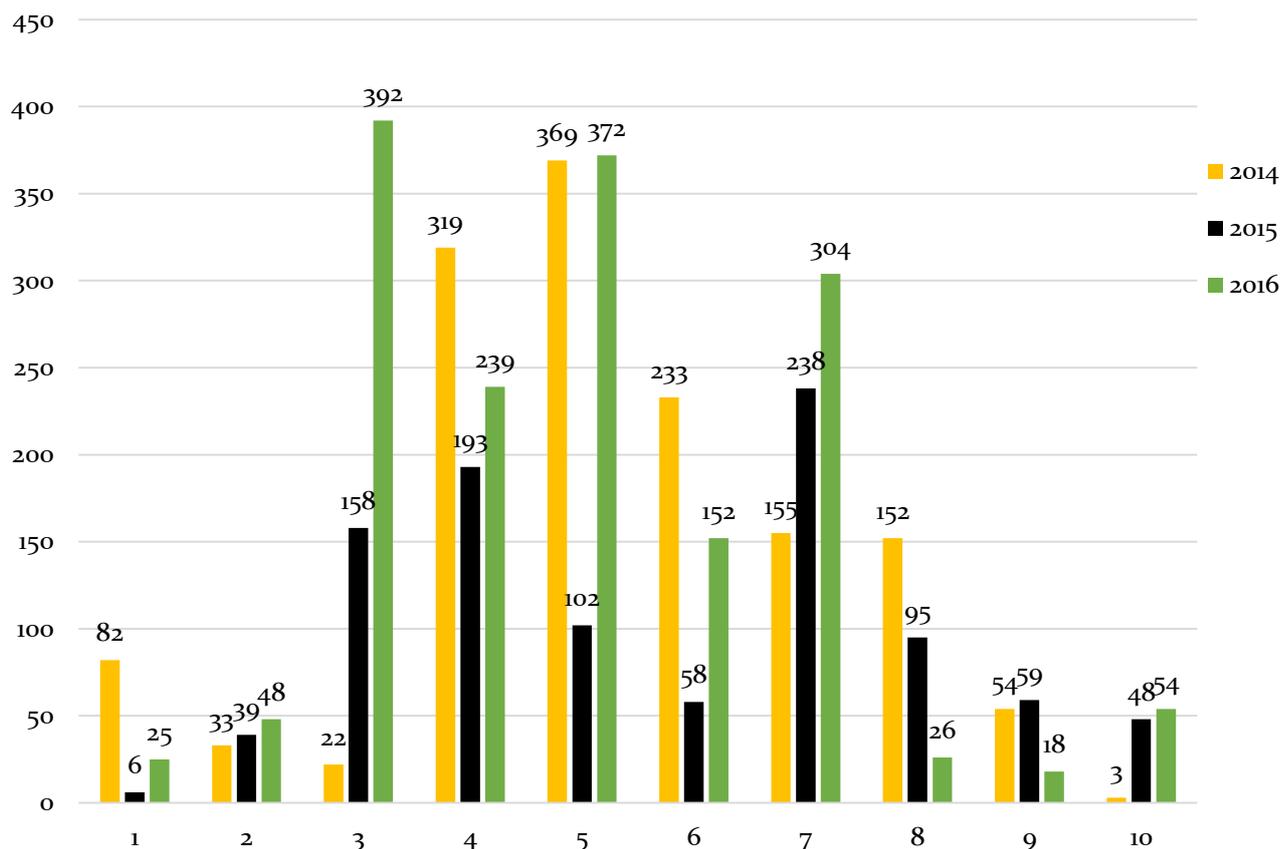


Figure 13 : Graphique représentant les effectifs capturés par point de piégeage.

D'après les figures 14 et 15, les courbes des points 3, 7 et 10 présentent une évolution similaire. Il y est observé une augmentation constante du nombre de captures entre les mois et les années, bien que pour l'année 2015 au point 7, les effectifs restent relativement stables. Les points 1, 4, 5 et 8 ont enregistré de très fortes baisses du nombre de captures au mois de juillet, avec le point 8 étant le seul point où les effectifs diminuent constamment au cours des mois et des années. Le point 6 est le seul point qui enregistre une très forte augmentation du nombre d'écrevisses piégées au mois de juillet, lors de la première année de piégeage.



Figure 14 : Evolution du nombre de captures de l'ensemble nord-est au cours du temps par point de piégeage.

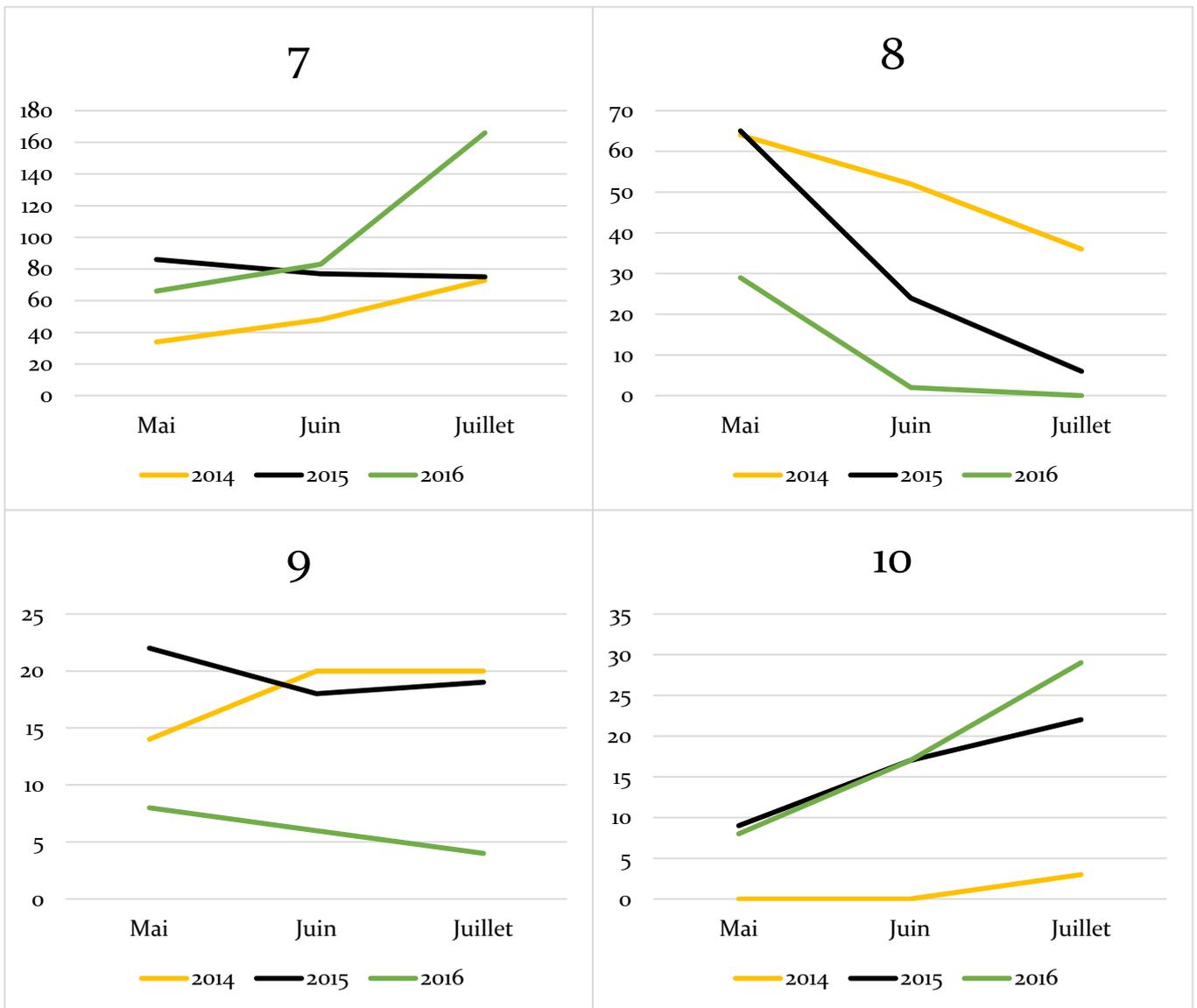


Figure 15 : Evolution du nombre de captures de l'ensemble sud-ouest au cours du temps par point de piégeage.

3.2 – Sex-ratio

Le sex-ratio est à l'équilibre pour la majorité des points. A chaque fois qu'il ne l'est pas, il est en faveur des mâles. C'est le cas pour les 3 années au point 3, et en 2014 et 2015 pour le point 2 (Fig. 16). Dans le cas du point 1 en 2015, du point 8 en 2016, du point 9 en 2016 et du point 10 en 2014, les effectifs sont trop faibles pour que les analyses soient fiables (Annexe 4).

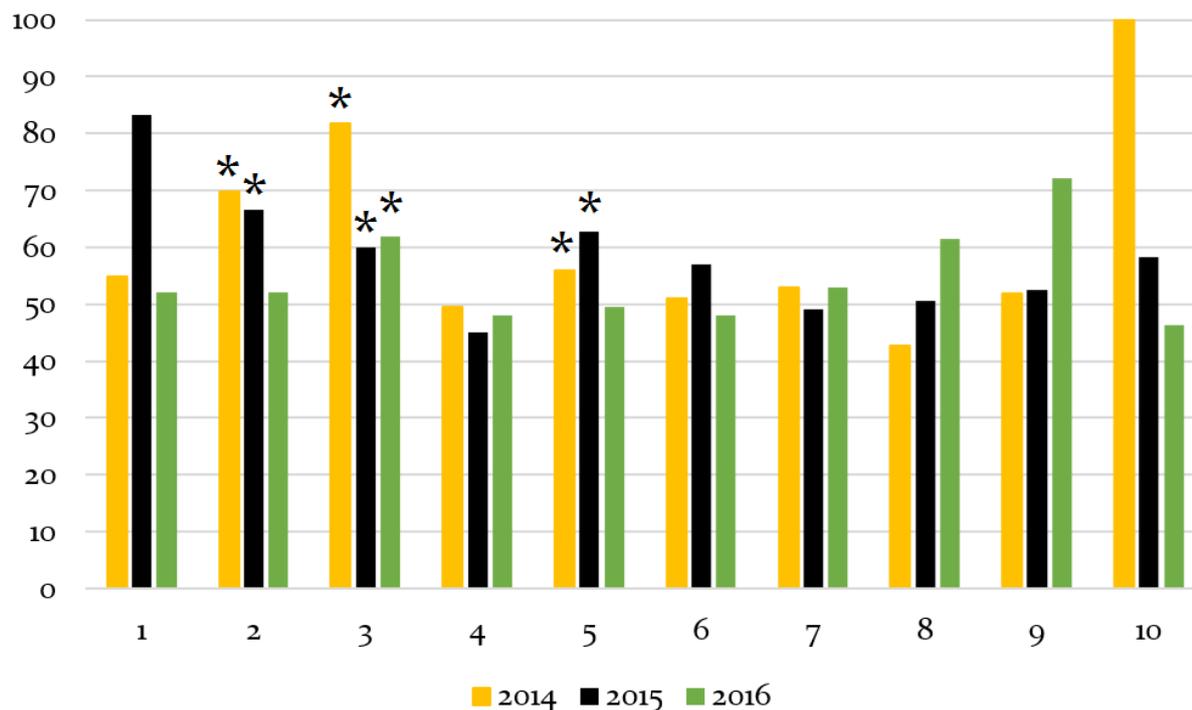


Figure 16: Evolution du sex-ratio (pourcentage de mâles) au cours du temps par point de piégeage (* : p-value < 0.05).

3.3 – CPUE

Les points 4 et 5 sont ceux qui ont une CPUE parmi les plus fortes durant les 3 ans et les points 1, 2, 9 et 10 ont une CPUE parmi les plus faibles. Le point 10 a une CPUE augmentant constamment, à l'inverse du point 8, où de moins en moins d'écrevisses sont capturées. En 2014, la CPUE de l'ensemble des points augmentent au cours des mois, sauf aux points 1 et 8, alors qu'en 2015 et 2016 elles ont tendance à diminuer. En 2016, les points 3 et 7 ont des CPUE qui augmentent très fortement, ils font partie du peu de points n'ayant pas subi d'assec tout au long de l'année et notamment au mois de juillet (Tab. 11).

Tableau 11 : CPUE (par 24h) par point de piégeage au cours du temps (les valeurs soulignées indiquent s'il y a eu un assec).

Lieux	2014			2015			2016		
	Mai	Juin	Juillet	Mai	Juin	Juillet	Mai	Juin	Juillet
1	1,12	<u>1,86</u>	<u>0</u>	<u>0,17</u>	<u>0,18</u>	<u>0</u>	1	<u>0,27</u>	<u>0</u>
2	0,28	0,27	0,60	0,08	0,57	0,65	0,96	0,93	<u>0</u>
3	0,04	0,07	0,63	0,38	1,23	3,58	1,5	2,6	9,59
4	2,48	5	<u>5,35</u>	3,65	3,2	<u>0,4</u>	5,57	<u>4,46</u>	<u>0</u>
5	4,76	6,27	<u>7,75</u>	<u>3,96</u>	<u>0,85</u>	<u>0</u>	11,11	<u>6,86</u>	<u>0</u>
6	0,32	1,27	6,23	0,96	1	0,1	2,25	3,23	<u>0,4</u>
7	1,36	1,6	2,43	3,31	2,57	2,42	2,54	3,03	5,72
8	2,56	1,73	1,2	2,5	0,8	<u>1,2</u>	1,07	<u>0,07</u>	<u>0</u>
9	0,56	0,67	0,67	0,85	0,6	0,61	0,29	0,20	0,14
10	0	0	0,1	0,35	0,57	0,71	0,29	0,57	1

4 – Conditions environnementales

4.1 – Assec

La figure 17 indique qu'il y a eu de plus en plus de jours en assec au cours du temps. 2016 est l'année avec le plus grand nombre de jours en assec, 47,7 % de la totalité de jours d'assec de l'étude ont eu lieu cette année-là. Les points sont restés le plus longtemps en eau lors de la première année de piégeage avec un pourcentage de jours d'assec équivalent à 16,07 % du total de jours d'assec.

Les points de piégeage ne sont pas tous concernés par des assecs et ils ne le sont pas sur une même durée (Tab. 12). En 2014 et 2016, aucun point n'est en assec au mois de mai alors qu'en 2015 les points 1 et 5 le sont. Concernant le mois de juin, seul le point 1 est en assec en 2014 sur une très courte durée alors qu'en 2015 il y a les points 1 et 5, et en 2016 les points 1, 4, 5 et 8. Pour ce qui est du mois de juillet, 2014 est l'année avec les moins de points en assec (points 1, 4 et 5), et 2016 l'année avec les plus de points en assec (points 1, 2, 4, 5, 6 et 8). Le point 1 a été en assec durant tout le mois de juillet au cours des 3 ans. La CPUE moyenne est fortement corrélée avec le QMM du Fangu ($r=-0,93$).

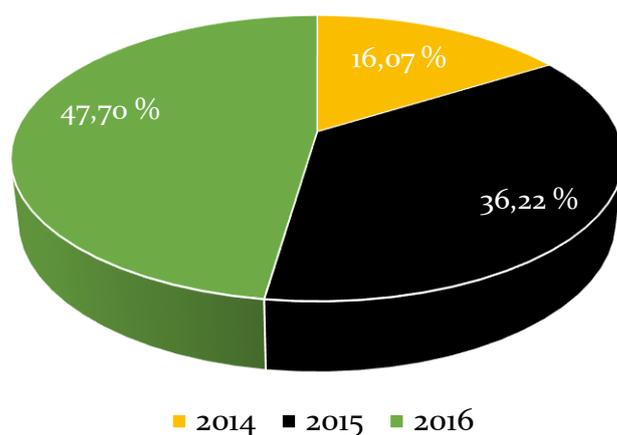


Figure 17 : Pourcentage de jours d'assec sur les 3 ans de protocole.

Tableau 12 : Pourcentage de jours en assec par point de piégeage.

Lieux	2014			2015			2016		
	Mai	Juin	Juillet	Mai	Juin	Juillet	Mai	Juin	Juillet
1	0	3,33	100	11,54	63,33	100	0	50	100
2	0	0	0	0	0	0	0	0	75,86
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	33,33	0	0	83,87	0	13,33	100
5	0	0	73,33	11,54	56,67	54,84	0	26,67	100
6	0	0	0	0	0	0	0	0	65,52
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	83,87	0	10	100
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0,33	20,67	2,31	12	32,26	0	10	54,14
QMM (m3/s)	1,12	1,42	0,15	0,80	0,80	0,15	1,42	0,95	0,07

4.2 – Paramètres physico-chimiques

La profondeur et la température de l'eau sont les paramètres physico-chimiques qui ont le plus variés au cours des 3 ans. Les points 1, 4, 5 et 6 ont eu des variations de profondeur significatives chaque année. Concernant les assecs, les points de piégeage 1, et 5 ont subi un assec durant chaque année de l'étude. Les points ayant eu des variations significatives de températures sont les mêmes en 2015 et 2016, il s'agit des points 2, 3, 7 et 9. Le pH et la conductivité sont restés dans des valeurs constantes et ont faiblement variés au sein de peu de points de piégeage (Tab. 13). La salinité est toujours nulle pour la totalité des points de piégeage.

Tableau 13 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques (en rouge celles ayant varié significativement entre les mois d'une même année, les valeurs soulignées indiquent si il y a eu un assec).

	Profondeur (cm)			Température (C°)		pH		Conductivité (µS/m)
	2014	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2016
1	<u>26,5</u>	<u>20</u>	<u>10</u>	<u>18,5</u>	<u>20,3</u>	<u>6,92</u>	<u>6,68</u>	<u>171,3</u>
2	<u>21,9</u>	15,5	<u>16,6</u>	<u>16,5</u>	<u>15,8</u>	6,92	<u>6,68</u>	<u>94,9</u>
3	56,1	30,7	42,2	<u>17,8</u>	<u>17,3</u>	<u>7,16</u>	6,73	<u>113,6</u>
4	<u>28,8</u>	<u>41,1</u>	<u>23,3</u>	<u>17,2</u>	<u>16,3</u>	<u>7,21</u>	<u>6,57</u>	<u>91,4</u>
5	<u>24</u>	<u>26,2</u>	<u>13,3</u>	19	<u>18,1</u>	<u>6,88</u>	<u>6,6</u>	<u>87,3</u>
6	<u>46,5</u>	<u>38,4</u>	<u>29,3</u>	18,7	<u>18,5</u>	6,93	<u>6,73</u>	<u>127,3</u>
7	42	31,9	28,4	<u>20,9</u>	<u>18,6</u>	6,7	6,73	<u>122,8</u>
8	32,4	<u>22,2</u>	<u>10,6</u>	19	<u>16,4</u>	<u>6,24</u>	<u>6,75</u>	<u>98</u>
9	40,3	29,8	19,9	<u>20,8</u>	<u>19,5</u>	6,73	6,7	<u>89,6</u>
10	-	-	<u>59,5</u>	18,8	18,1	6,63	6,67	123,6

4.3 – Relations avec les mesures biométriques

Les différentes mesures biométriques de l'écrevisse ne sont pas corrélées avec les paramètres physico-chimiques. La profondeur et la température semblent légèrement négativement corrélées. Bien que les flèches du pH et de la profondeur aient la même direction, celle du pH est plus courte et n'est donc vraisemblablement pas dans le même

plan, et elles sont très proches de l'axe 2 qui indique un pourcentage d'information de 21.47 %. Il n'est donc pas possible de déterminer une corrélation entre ces 2 variables (Fig. 18A). D'après la figure 18B, il n'y a toujours pas de véritables corrélations entre ces mêmes paramètres mais avec l'ajout de la conductivité, celle-ci semble positivement corrélée avec la température. Les flèches de ces 2 variables sont similaires en taille et pointent en effet dans la même direction.

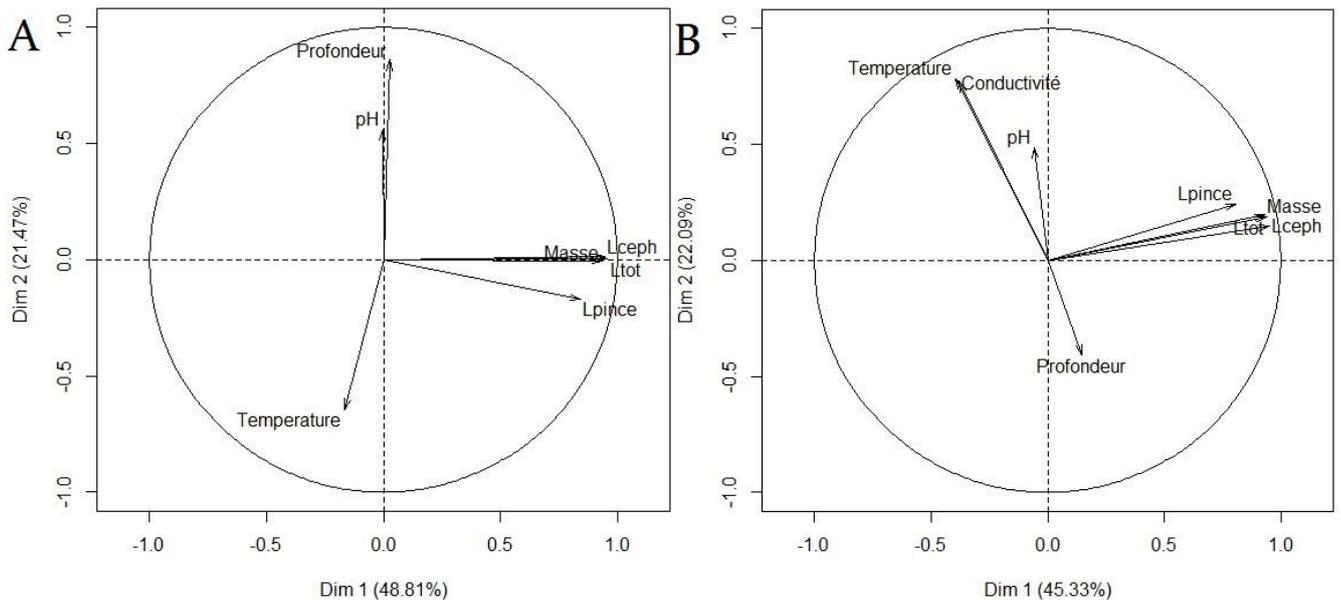


Figure 18 : ACP indiquant les relations entre la longueur totale et les paramètres physico-chimiques pour les années 2015 et 2016 (A) et 2016 (B).

5 – Capture-Marquage-Recapture

5.1 – CMR

Lors de la CMR 1, 159 écrevisses ont été marquées pour 10 recapturées, dont 5 qui ont été recapturées deux fois (Tab. 14). 20 écrevisses marquées lors de cette séance ont été recapturées depuis la fin de la CMR 1 jusqu'à la fin du protocole mais celles-ci ne peuvent pas être prises en compte dans les formules d'estimation d'effectif. Un total de 30 recaptures sur 159 écrevisses marquées a donc été observé pour la CMR 1. Il n'y a pas eu de recaptures aux points de piégeage 1, 3, 6, 7, 9 et 10.

Compte tenu du faible nombre de recaptures et que des migrations ont eu lieu durant la CMR 1, il a été décidé de réduire le nombre de point pour faire les CMR prévues

par la suite. Un point par ensemble a été sélectionné, le point 5 étant en assec au mois de juillet, la CMR 3 a porté sur le point 3. Le nombre de recaptures est inférieur à 10 pour les CMR 2 et 3 et reste très faible (Tab. 15 et 16). Il n'y a pas eu de recapture au point 3.

Tableau 14 : Détail des effectifs d'écrevisses capturées lors de la CMR 1.

Lieux	Marquage 1	Recap 1	Marquage 2	Recap 2	Marquage 3	Recap 3
1	5	0	0	0	1	0
2	4	1	3	0	2	0
3	2	0	2	0	3	0
4	9	0	7	0	11	2
5	28	1	10	3	26	2
6	5	0	5	0	7	0
7	8	0	5	0	5	0
8	2	0	1	0	7	1
9	0	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	1	0
Total	63	2	33	3	63	5

Tableau 15 : Effectifs d'écrevisses capturées lors de la CMR 2.

Lieux	Marquées	Recapturées
5	18	3
7	8	1
Total	26	4

Tableau 16 : Effectifs d'écrevisses capturées lors de la CMR 3.

Lieux	Marquées	Recapturées
3	13	0
7	27	2
Total	40	2

Le nombre de recaptures étant très faible et n'ayant pas eu lieu pour certains points, une estimation par ensemble de points a été effectuée plutôt que par points pour la CMR1. D'après le tableau 17, une bien plus grande quantité d'écrevisse est présente dans l'ensemble nord-est par rapport à l'ensemble sud-ouest. La population du point 7 estimée lors de la CMR2 est plus nombreuse que celle du point 3 (Tab. 18). Lors de la CMR 3, le point 7 aurait une population estimée d'environ 170 individus (Tab. 19). Pour le point 3, l'estimation est réalisée avec aucune recapture.

Tableau 17 : Estimations d'effectifs réalisées par ensemble de points lors de CMR 1.

Méthodes	CMR 1			
	Ensemble nord-est		Ensemble sud-ouest	
	Petersen	Chapman	Petersen	Chapman
Nt	494.67	503	70	76
Erreur-standard	17.32	17.15	4.63	4.86

Tableau 18 : Estimations d'effectifs réalisées par ensemble de points lors de CMR 2.

Méthodes	CMR 2			
	Point 5		Point 7	
	Petersen	Chapman	Petersen	Chapman
Nt	81	84.5	104	116
Erreur-standard	5.65	5.3	9.46	9.45

Tableau 19 : Estimations d'effectifs réalisées par ensemble de points lors de CMR 3

Méthodes	CMR 3			
	Point 3		Point 7	
	Petersen	Chapman	Petersen	Chapman
Nt	221	237	171	176.33
Erreur-standard	5.38	5.38	14.36	6.56

5.2 – Migrations

Un total de 4 migrations, toutes au sein de l'ensemble nord-est, ont été observées grâce aux CMR réalisées (Fig. 19). Tous les individus qui ont migré viennent de points différents, certains ont été retrouvés environ 1 mois après avoir été marqués (Tab. 20).

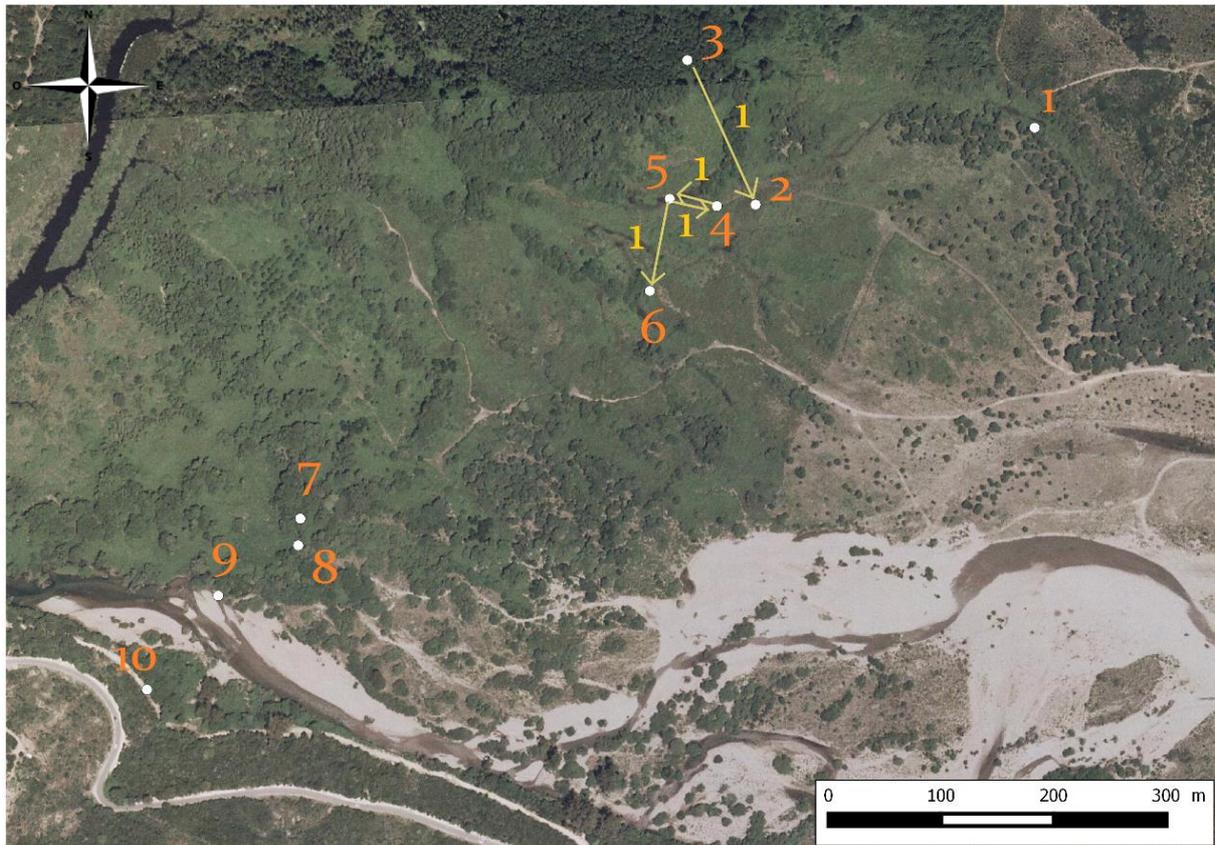


Figure 19 : Carte synthétisant les migrations par ensemble.

Tableau 20 : Détail des migrations dans l'ensemble nord-est.

Sens de migration	Marquées le	Retrouvées le
5 -> 6	09 mai	25 mai
4 -> 5	13 mai	30 mai
5 -> 4	01 juin	06 juin
3 -> 2	11 mai	06 juin

6 – Manipulations hors protocole

La figure 20 indique que la présence de l'écrevisse de Louisiane ne se limite pas aux points de piégeage utilisés dans cette étude. Sa présence est détectée bien plus en aval, vers l'embouchure du Fangu, il s'agit des points « Testés positifs » et « Testés négatifs » prospectés en 2013. Bien qu'il n'y ait pas de points représentés plus en amont, des prospections ont eu lieu en 2015 et la présence de *P. clarkii* n'a pas été détectée.

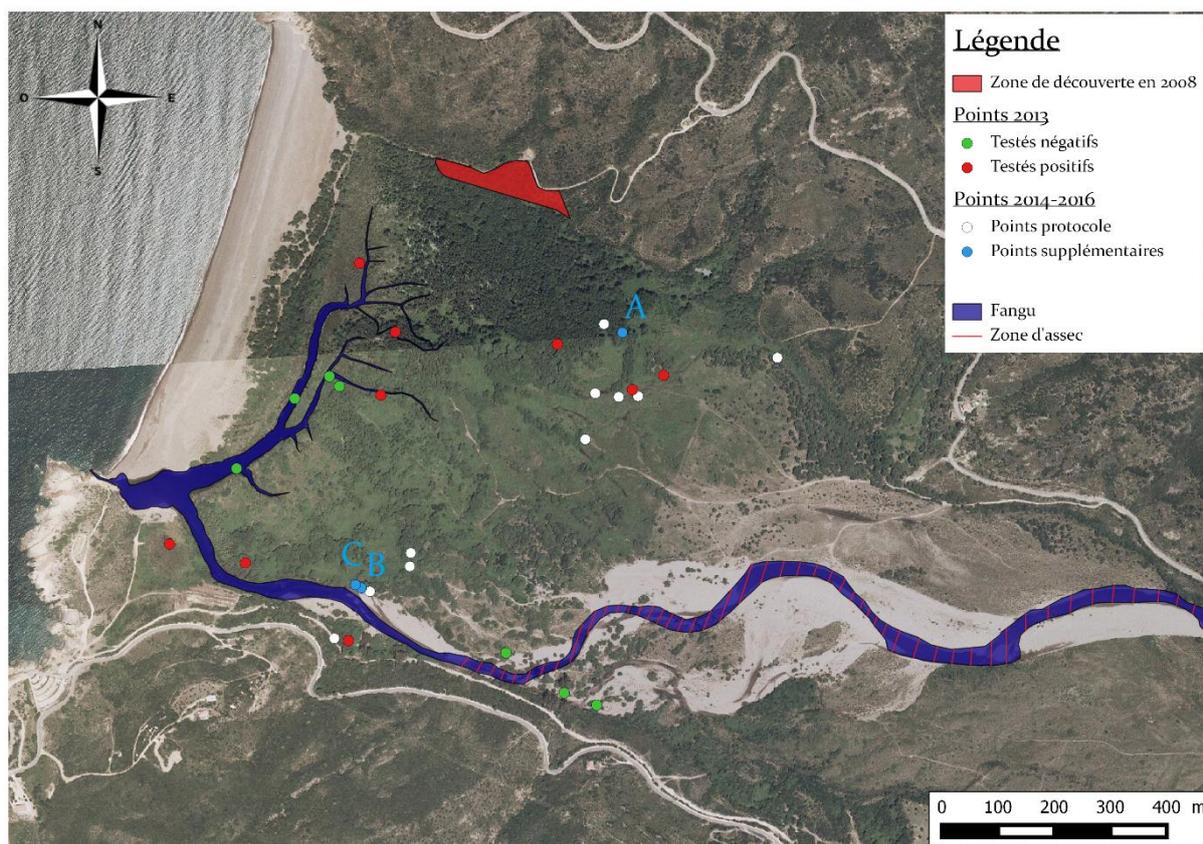


Figure 20: Carte synthétisant l'ensemble des endroits piégés sur la vallée du Fangu.

Etant donné le grand nombre de points en assec, j'ai récupéré les nasses pour les disposer aux points A, B et C en fin de protocole de cette année (2016). Les nasses des points A et B ont été modifiées avec du géotextile afin de diminuer le diamètre de la maille pour permettre la capture des juvéniles (Annexe 5). Une nasse classique a été utilisée au point C, il est directement connecté au Fangu. Aucun juvénile n'a été capturé dans ces 3 points (Tab. 21).

Tableau 21 : Détail des captures pour les points supplémentaires testés en 2016.

	A	B	C
Date de mise en place	11 juillet	08 juillet	08 juillet
Ecrevisses capturées	100	3	0
Juvéniles	0	0	

Discussion

1 – Nombre de captures

2016 a été l'année la plus touchée par les assecs (47,7 % du temps de piégeage), mais c'est également celle avec le plus grand nombre de captures. Cependant, 2015 a aussi un fort taux d'assec (36.22 %) mais les effectifs d'écrevisses ont fortement chuté par rapport à l'année précédente. Le taux d'assec n'est donc pas le seul facteur responsable de la baisse du nombre de captures. Cette baisse peut être due à l'impact du piégeage en 2014 car il s'agissait de la première année d'application du protocole, ce qui a pu modifier la structure et la dynamique au sein des points de piégeage. Cependant, les proportions des classes de taille sont très similaires ces 2 années et la différence se traduit en nombre de captures. Le fort nombre d'écrevisses en 2016 pourrait être due au fait qu'elles se dispersent à l'intérieur du site à la recherche de milieux favorables, elles se concentrent dans les points en eau lors de période d'assec et comme l'espèce est en train de s'installer, il en résulte une augmentation des effectifs. Les habitats qui semblent être privilégiés sont les habitats agropastoraux et forestiers alors que ceux à proximité du Fangu (points 9 et 10) sont faibles en écrevisses. Cependant, il faut prendre en compte que le lieu d'introduction de l'écrevisse n'est pas connu. La première apparition de l'écrevisse est répertoriée bien plus au nord, ce qui peut expliquer les faibles effectifs des points 9 et 10. L'ensemble des habitats semblent tout à fait adapté pour accueillir l'écrevisse de Louisiane, le niveau de colonisation tend donc plus à expliquer les différences d'effectifs entre les sites en supposant que son introduction a eu lieu dans l'ensemble nord-est.

La détection de *P. clarkii* sur le site étant assez récente (2008), l'écrevisse est peut-être en phase de colonisation et elle ne s'est pas installée dans les milieux qui lui sont le plus favorables. De fortes variations de captures sont d'ailleurs observées à certains points, en particulier aux points 3, 7 et 8, laissant suggérer que l'écrevisse est en cours d'installation. Les effectifs du point 8, souvent touché par les assecs et de petite superficie, ont fortement décliné, alors que ceux des points 3 et 7, en eau lors de fortes températures et de superficie supérieure, ont fortement augmenté. Le point 3 peut avoir un rôle de « refuge » car il s'agit d'un des plus grands point d'eau qui est assez éloigné du Fangu et que les CPUE ont été bien plus fortes en fin de protocole, qu'en début de

protocole lorsque tous les points de piégeages étaient en eau. Néanmoins, la diminution de la superficie en eau peut aussi entraîner une plus forte concentration des écrevisses et donc augmenter l'effet du piégeage.

Les écrevisses semblent bien installées aux points 4, 5 et 6 où les effectifs sont parmi les plus importants au cours des 3 ans, et ce malgré le fait qu'ils ne soient pas en eau toute l'année. Lors de période d'assec, les écrevisses peuvent se réfugier sous la végétation dense (beaucoup de ronces notamment) entourant les points d'eau pour avoir accès à plus d'humidité, creuser des terriers et être à l'abri des prédateurs en attendant le retour de conditions plus adaptées. Cruz et Rebelo (2007) indiquent que *P. clarkii* peut migrer vers un habitat favorable à la construction de terriers lorsque c'est nécessaire. Un très faible nombre de terrier a été observé sur ces points, ce qui laisse penser qu'elles ne restent pas sur le site même. Cependant, ilhéu *et al.*, (2003) ont mis en évidence que le faible nombre de terriers peut être due aux trop grosses particules empêchant leur constructions et les écrevisses s'abriteraient plutôt dans des refuges naturels, notamment sous les pierres. Les écrevisses du point 6 sont globalement les plus grandes, ce qui laisse penser que l'arrivée de l'écrevisse à cet endroit est plus ancienne par rapport aux autres. Il peut aussi s'agir d'un habitat plus favorable où la densité serait moindre par rapport autres comme cela a été observé par Hervé (2007).

Le point 2 est beaucoup moins riche en écrevisses alors qu'il est situé en amont du point 3. Cependant, ses effectifs, bien qu'assez faibles, augmentent au cours du temps mais son assec au mois de juillet 2016 ne permet pas de confirmer cette tendance. L'habitat est très similaire au point 3, bien que répertorié dans l'habitat agropastoral, il se trouve à la frontière avec l'habitat forestier, il est donc fort probable qu'il soit un lieu attractif pour les écrevisses à l'avenir.

Les points 9 et 10 sont situés à proximité du Fangu et sont restés en eau durant la totalité de l'étude mais sont peu peuplés, même en juillet lorsque les autres points sont en assec. Le point 10 étant le seul point situé sur la rive gauche du Fangu, le trajet pour rejoindre ce lieu est peut être difficile pour l'écrevisse qui doit composer avec le courant et les prédateurs (anguilles, hérons...). Néanmoins, il y a de plus en plus d'écrevisses et au vu de ses caractéristiques de reproduction, la population pourrait se maintenir et se développer sans la venue d'individus extérieurs.

L'étude des cohortes par ensemble géographique indique qu'il y a une différence de structure avec de plus jeunes écrevisses capturées dans l'ensemble sud-ouest. Cependant, en 2016 les proportions sont similaires à celles de l'ensemble nord-est. Il est possible que ce soit une conséquence de la pression de piégeage exercée depuis 2 ans qui a retiré les individus dominants, donc se reproduisant le plus et régulant la population. Les plus jeunes ont ainsi pu se développer avec plus de facilité et être plus actifs. Les 2 ensembles présentent des proportions en juvéniles (de taille inférieure à 3cm) quasiment nulle, cela est due en partie aux nasses utilisées qui ne sont pas adaptées à la captures des juvéniles en raison d'un trop grand diamètre de maille. L'information sur la quantité de juvéniles est donc absente et empêche de déterminer la période de reproduction. De plus, l'absence de femelles grainées au cours des 3 ans laisse également penser que la période de reproduction ne se situe pas durant la période de piégeage. Cependant, le plus grand nombre de mâles aux points 2, 3 et 5 pourrait s'expliquer par le fait que la période de reproduction à uniquement lieu dans ces trois points et que les femelles vont se réfugier dans les terriers une fois l'accouplement réalisé. Etant donné la forte plasticité de l'espèce, ceci n'est pas impossible. D'autant plus que *P. clarkii* peut choisir un habitat pour se reproduire et se développer, et un autre pour creuser les terriers si besoin (Cruz et Rebelo, 2007). Néanmoins aucune femelle grainée n'a été observée. Il pourrait aussi bien s'agir d'une plus faible activité des femelles à cette période.

2 – Paramètres physico-chimiques

La profondeur, le pH, la conductivité et la température de l'eau se situant dans les gammes de tolérances tout à fait classiques pour l'écrevisse de Louisiane, ils ne semblent pas influencer son activité, ni sa morphologie. D'autant plus que le pH et la conductivité sont très stables par point de piégeage. Le taux d'assec est le facteur déterminant de l'activité de *P. clarkii*. La salinité est toujours nulle, même aux endroits les plus proches de l'embouchure.

3 – CMR

Les estimations d'effectifs calculées ne sont pas fiables en raison du très faible nombre de recaptures ainsi que des migrations des individus. Les conditions d'applications ne sont donc pas respectées car ces formules s'appliquent à des populations fermées. Cependant, la CMR a permis de mettre en évidence la capacité de migration des écrevisses. Les migrations du point 5 au point 6 et du point 3 au point 2 indiquent qu'elles arrivent à se déplacer malgré les difficultés du terrain et la pression de prédation. En effet, les points 5 et 6, bien qu'assez peu distants pour l'écrevisse de Louisiane (environ 90m), sont séparés par un couvert végétal assez haut (environ 50cm) et dense pour l'écrevisse et parcourue par de nombreux sangliers. La migration qui a eu lieu du point 3 au 2 s'est effectuée à contre-courant.

En période de pluie, de nombreux passages en eau et mares temporaires se créent, facilitant la dispersion des écrevisses au sein de ce site. Le point 1 en est l'exemple type car il est très sujet aux assecs mais il est facilement en eau dès qu'il pleut et des écrevisses sont retrouvées chaque année.

4 – Propositions de gestion

Cette première étude sur l'écrevisse de Louisiane dans l'embouchure du Fangu a permis de faire un état des lieux de la présence de l'espèce. Néanmoins, il reste de nombreuses interrogations auxquelles il est nécessaire de répondre. C'est pourquoi il faut améliorer la stratégie de lutte et continuer les piégeages afin de limiter au mieux l'installation et la pérennisation de l'espèce. L'implication des partenaires est un élément essentiel à la continuité des actions menées pendant ces 3 années, deux réunions ont eu lieu pendant le stage afin de suivre l'avancée de l'étude et d'envisager les actions à mener à l'avenir (Annexes 6 et 7).

Période de reproduction

Dans le but d'augmenter l'impact des piégeages, il est nécessaire de déterminer **la/les période(s) de reproduction** de l'espèce. Aucune femelle grainée n'ayant été capturée sur les 3 ans, il faut décaler la période de piégeage ou piéger durant toute l'année afin d'observer le cycle complet de l'espèce. Il est possible d'envisager de faire

quelques séances de piégeage par mois, cela serait moins lourd et étalé sur l'année. La période de reproduction peut avoir lieu à n'importe quel moment de l'année en raison de la plasticité biologique de l'espèce, elle a notamment été répertoriée au printemps et à l'automne (Chucholl, 2011), et de juillet à novembre (Galet, 2014). Piéger durant la période de reproduction et juste avant, permettrait de diminuer la quantité d'individus reproducteurs et de diminuer les effectifs. Cependant, il est aussi important de piéger les plus jeunes individus car leur reproduction est théoriquement possible dès 3 cm. Pour cela, il faudrait compléter la stratégie de piégeage avec des **nasses adaptées à la capture des juvéniles**, ce qui permettrait d'avoir un impact sur les petites classes de taille. De cette manière, toutes les classes de taille seraient piégées. Les nasses modifiées à la fin du protocole ne sont pas pratiques et n'assurent pas une totale fiabilité quant à la capture des juvéniles.

Points de piégeage

Il faudrait tester à nouveau les points de piégeages qui ont été prospectés pour la mise en place de l'étude en 2013 afin d'observer la progression de l'écrevisse. En effet, sa présence ne se limite pas aux 10 points de piégeages du protocole, et il est fort possible qu'il existe des endroits aussi riches en écrevisses que les points 4 et 5 dans l'embouchure. Ensuite, il serait intéressant **d'actualiser les endroits piégés**, soit en ajoutant de nouveaux points de piégeage, si les moyens humains le permettent, soit en remplaçant certains, comme par exemple les points 8 et 9. Il s'agit toutefois d'un aspect délicat car la diminution des effectifs peut être due aux piégeages, et au vu de la capacité reproductrice de l'écrevisse, quelques individus suffisent pour relancer la dynamique de la population. Le QMM (Ecoulement Mensuel Mesuré) peut indiquer les points de piégeage qui sont susceptibles d'être en assec et permettre d'adapter la stratégie de piégeage. Par exemple, pour un QMM supérieur à 1 m³/s, tous les points sont en eau mais le point 1 est à surveiller, pour un QMM légèrement inférieur à 1 m³/s, le point 5 est peut-être en assec, pour un QMM de 0,15 m³/s, les points 4 et 8 sont susceptibles d'être en assec et enfin pour un QMM inférieur à 0,1 m³/s, les points 2 et 6 sont sujets à des assecs.

Activité et alimentation de l'écrevisse

Afin de mieux comprendre l'activité de l'écrevisse, la **téléométrie** pourrait être effectuée sur un petit nombre d'individus. Comme cela a déjà été fait par Barbaresi *et al.* (2004) ou encore par Aquiloni *et al.*, (2005), la téléométrie renseignerait sur les vitesses et périodes de migrations, et potentiellement la découverte de nouveaux endroits colonisés par l'espèce, mais également sur leur stratégie durant les assecs et sur la période de reproduction puisque les femelles restent dans les terriers après l'accouplement.

L'**analyse de contenus stomacaux** révélerait les préférences alimentaires et permettrait de prédire des milieux d'actions prioritaires. Quelques estomacs d'écrevisses ont été analysés afin d'avoir un premier regard, les résultats indiquent une forte consommation de végétaux et détritiques par rapport à des éléments d'origine animale. Cependant, ces analyses n'ont pas été précises au point de déterminer les végétaux consommés (Annexe 9).

Opérations supplémentaires

Réaliser un véritable **suivi des espèces piégées** dans les nasses comme les **anguilles** et les **amphibiens**. Les anguilles étant des prédateurs de l'écrevisse de Louisiane, il serait intéressant de quantifier avec exactitude leur présence afin de pouvoir éventuellement adapter le piégeage en fonction de leur abondance. D'après les observations sur le terrain, les anguilles sont le plus présentes aux points 3, 7, 9 et 10. Les amphibiens pourraient avoir un rôle de bio-indicateur par rapport à la variation des effectifs d'écrevisses. La lutte est renforcée grâce à la population de Cistude d'Europe puisque les adultes exercent une pression de prédation sur les écrevisses. Il est intéressant de souligner le rôle des sangliers en période d'assec : en effet, les assecs subis par les points de piégeages sont très forts (Annexe 8) et cela leur permet de chasser les écrevisses à même leur lieu de vie. Dès que le niveau d'eau baissait, les parties en assecs et les caches potentielles étaient retournées et creusées.

Suivant les moyens humains et le temps disponible, la prise des mesures biométriques pourraient être modifiée. Afin de toujours pouvoir analyser les cohortes, il est nécessaire de relever au moins la longueur totale ou celle du céphalothorax, surtout

si les nasses à juvéniles sont utilisées. Concernant la pince, le taux de mutilation peut renseigner sur l'abondance car plus il y a d'écrevisses, plus elles sont susceptibles d'interagir et de s'attaquer.

Sensibilisation du public

Enfin, l'amélioration de la stratégie de lutte se fera aussi en informant la population sur les travaux menés dans l'embouchure. La présence de l'écrevisse est plus ou moins connue de la population locale et il est important de les informer des menaces que représente cette espèce ainsi que du statut réglementaire dont elle fait l'objet. Pour cela, j'ai rédigé un article de presse en collaboration avec les différents acteurs de cette étude (Annexe 10). Une réunion publique a eu lieu à la fin du stage où j'ai présenté les conclusions de l'étude. L'accès à ce rapport peut également être un moyen de sensibilisation.

Conclusion

Cette étude, synthétisant les données récoltées sur trois années, a permis de mettre en évidence la présence accrue de l'écrevisse de Louisiane sur le site de l'embouchure du Fangu. Le taux d'assec a été très différent au cours des trois années de piégeage, et a fait ressortir la capacité de l'écrevisse à la fois d'y faire face et d'augmenter ses effectifs. L'ensemble du site ne semble pas encore touché mais les habitats et les conditions environnementales sont tout à fait propices à l'installation et à la pérennisation de l'espèce. S'agissant de la première étude sur ce milieu, elle peut servir de point de référence aux travaux futurs. *P. clarkii* n'a sûrement pas atteint son état d'équilibre et sa progression risque de continuer, il est donc important de pouvoir observer comment elle modifie sa stratégie, au niveau des effectifs mais aussi au niveau des modifications du milieu. Il est donc essentiel de poursuivre le piégeage tout en l'améliorant afin de compléter les connaissances sur le fonctionnement de l'espèce sur ce site. Il est nécessaire de déterminer la période de reproduction pour augmenter significativement l'impact du piégeage, d'utiliser des nasses adaptées à la capture des juvéniles pour piéger toutes les classes d'âges d'écrevisses et enfin, d'actualiser les zones de présence-absence au sein de l'embouchure.

Bibliographie

- Anastácio P.M., Nielsen S.N. & Marques J.C. (1999). CRISP -crayfish rice integrated system of production. 2. Modelling crayfish (*Procambarus clarkii*) population dynamics. *Ecological Modelling*, **123**: 5-6.
- Aquiloni L., Ilhéu M. & Gherardi F. (2005). Habitat use and dispersal of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* in ephemeral water bodies in Portugal. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, **38**(4): 225-236.
- Banha F. & Anastacio P. M. (2013). Dessication survival capacities of two invasive crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Environment*, **413**: 01. DOI: 10.1051/kmae/2013084
- Banha F., Marques M. & Anastacio P.M. (2014). Dispersal of two freshwater invasive macroinvertebrates, *Procambarus clarkii* and *Physella acuta*, by off-road vehicles. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **4**(5): 582-591. DOI: 10.1002/aqc.245
- Barbaresi S., Santini G., Tricarico E. & Gherardi F. (2004). Ranging behavior of the invasive crayfish, *Procambarus clarkii*. *Journal of natural History*, **29**: 2821-2832.
- Benoit-Sisco B. & Soulas S. (2013). Plan de Gestion de l'Embouchure du Fangu. Site N°232. Commune de Galeria-HauteCorse.
- Ceballos G., Ehrlich P.R., Barnosky A.D., García A., Pringle R.M. & Palmer T.M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, **1**, No. 5. DOI: 10.1126/sciadv.1400253.
- Chucholl C. (2011). Population ecology of an alien « warm water » crayfish (*Procambarus clarkii*) in a new cold habitat. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **401**: 29. DOI: 10.1051/kmae/2011053
- Coignet A. (2010). L'écrevisse rouge de Louisiane (*Procambarus clarkii*) : Estimation de son effectif dans différents étangs du Parc naturel régional de la Brenne (Indre) dans le cadre d'un projet de lutte. *Mémoire Master 2*. Université de Poitiers. 77p.
- Collen B., Böhm M., Kemp R. & Baillie J.E.M. (2012). Spineless: status and trends of the world's invertebrates. *Zoological Society of London*, United Kingdom. Spineless: status and trends of the world's invertebrates (4.84 MB)
- COPIL. (2014). Compte rendu comité de pilotage des sites Natura 2000 "Rivière et vallée du Fangu" du 05/12/2014.
- Correia A.M. (2004). Food choice by the introduced crayfish *Procambarus clarkii*. *Annales Zoologici Fenici*, **40**: 517-528.

Cruz M.J.M. & Rebelo R. (2007). Colonization of freshwater habitats by an introduced crayfish, *Procambarus clarkii*, in Southwest Iberian Peninsula. *Hydrobiologia*, **575**: 191-201.

Dörr A.J.M., La Porta, G., Pedicillo G. & Lorenzoni M. (2006). Biology of *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in Lake Trasimeno. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **380**: 1155-1167.

Dörr A.J.M & Scalici M. (2013). Revisiting reproduction and population structure and dynamics of *Procambarus clarkii*, eight years after its introduction into Lake Trasimeno (Central Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **408**: 10.

Galet M. (2014). Evaluation des effets d'une méthode de contrôle d'une espèce invasive par la pêche professionnelle : l'écrevisse de Louisiane *Procambarus clarkii* sur le lac de Grand-Lieu. *Mémoire Master 2*. Université Rennes 1. 63p.

GIEC. (2014). Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea et L.L. White]. Organisation météorologique mondiale, Genève (Suisse), 34 pages (publié en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol, en français et en russe).

Gherardi F. & Barbaresi S. (2000). Invasive crayfish: activity patterns of *Procambarus clarkii* in the rice fields of the Lower Guadalquivir (Spain). *Archiv für Hydrobiologie*, **150**: 153-168.

Gherardi F., Tricarico E. & Ilhéu M. (2002). Movement patterns of an invasive crayfish, *Procambarus clarkii*, in a temporary stream of southern Portugal. *Ethology Ecology and Evolution*, **14**: 183-197.

Gherardi F. & Panov V. (2006). *Procambarus clarkii*. Delivering Alien Invasive Species Inventories Europe.

Gherardi F. (2011). Crayfish. In: D. Simberloff and M. Rejmánek (eds), Encyclopedia of Biological Invasions. Berkeley, *University of California Press*, 129-135.

Gherardi F., Coignet A., Souty-Grosset C., Spigoli D. & Aquiloni L. (2013). Global warming and the agonistic behaviour of invasive crayfishes in Europe. *Freshwater Biology*, **58**: 1958-1967.

Hänfling B., Edwards F. & Gherardi F. (2011). Invasive Alien Crustacea: dispersal, establishment, impact and control. *BioControl*, **56**: 573-595. DOI: 10.1007/s10526-011-9380-8

- Hautecoeur V. (2013). Etude préliminaire de la population de l'écrevisse invasive *Procambarus clarkii* dans la vallée du Fango (Haute Corse). *Mémoire Master 1*. Université Rennes 1. 34p.
- Hervé T. (2007). Invasion biologique et espèces menacées: Cas de l'écrevisse de Louisiane, *Procambarus clarkii*, aux marais de Vigueirat. Essai.
- Hobbs H. & Horton H. (1972). Biota of freshwater ecosystems, identification manual 9: Crayfishes (Astacidae) of North and Middle America. Water Pollution Control Research Series. Washington DC, US Environmental Protection Agency.
- Hobbs H.H., Jass J.P. & Huner J.V. (1989). A review of global crayfish introductions with particular emphasis on two North American species. *Crustaceana*, **56**: 299-316.
- Holdich D.M., Reynolds J.D., Souty-Grosset C. & Sibley P.J. (2009). A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **11**: 394-395, 46 p.
- Huner J. (1977). Introductions of the Louisiana red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard): an update. *Freshwater Crayfish*, **3**: 193-202.
- Huner J.V. & Avault J.W. (1979). Introductions of *Procambarus* spp. *Freshwater Crayfish*, **4**: 191-194.
- Huner J.V. & Barr J.E. (1991). Red swamp crayfish: biology and exploitation. The Louisiana Sea Grant College Program, Center for Wetland Resources. *Baton Rouge, LA*, Louisiana State University, 148p.
- Ilhéu M., Acquistapace P., Benvenuto C. & Gherardi F. (2003). Shelter use of the Red-Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*) in dry-seasonstream pools. *Archiv für Hydrobiologie*, **157**(4): 535-546. DOI: 10.1127/0003-9136/2003/0157-0535
- JO L. (2016). Journal Officiel de l'Union Européenne du 17.7.2016.
- Kolar C.S. & Lodge D.M. (2001). Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology & Evolution*, **16**: 199-204.
- Kouba A., Petrusek A. & Kozák P. (2014). Continental wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **413**,05.
- Loureiro T.G., Anastácio P.M.S.G., Araujo P.B., Souty-Grosset C. & Almerão M.P. (2015). Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion – an overview. *Nauplius*, **23**: 1-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-64972014002214>
- Mack R.N., Simberloff D., Lonsdale W.M., Evans H., Clout M. & Bazzaz F.A. (2000). Biotic invasion cause, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, **10**(3): 689-710.

McKinney M.L. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, **52**(10): 883-890. DOI: 10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.o.CO;2

Pietri C., Casteli M.L., Andrei-Ruiz M.C. & Boisaubert B. (2006). La faune sauvage endémique: une priorité pour les ORGFH Corse. *Faune sauvage*, n°270/janvier.

R Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ramalho R. (2012). Dispersal and population regulation of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Phd. Thesis. University of Évora, Portugal.

Rochotte P. (2015). Lutte contre l'écrevisse rouge de Louisiane (*Procambarus clarkii*) dans les étangs du Parc naturel régional de la Brenne : tests en conditions naturelles contrôlées des interactions poissons-écrevisse et analyse du régime alimentaire du crustacé.

Sarat E., Mazaubert E., Dutartre A., Poulet N. & Soubeyran Y. (2015). Les espèces exotiques envahissantes dans les milieux aquatiques : connaissances pratiques et expériences de gestion. Volume 2 – Expériences de gestion. Onema. Collection *Comprendre pour agir*. 240p.

Savini D., Occhipinti-Ambrogi A., Marchini, A., Tricarico E., Gherardi F., Olenin S. & Gollasch S. (2010). The top 27 animal alien species introduced into Europe for aquaculture and related activities. *Journal of Applied Ichthyology*, **26**, Issue Supplement s2. P 1-7.

Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noël P.Y., Reynolds J. & Haffner P. (2006). Atlas of crayfish in Europe. *Publications scientifiques du Museum national d'Histoire naturelle*, **64**. 187 p.

Souty-Grosset C., Reynolds J., Gherardi F., Aquiloni L., Coignet A., Pinet F. & Del Mar Mancha Cisneros M. (2014). Burrowing activity of the invasive red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in fishponds of La Brenne (France). *Ethology, Ecology & Evolution*. DOI: 10.1080/03949370.2014.892538

Souty-Grosset C., Anastacio P.M., Aquiloni L., Banha F., Choquer J., Chucholl C. & Tricarico H. (2016). The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: Impacts on aquatic ecosystems and human well-being. *Limnologica*, **58**: 78-93.

Sukô T. (1953). Studies on the development of the crayfish I. The development of secondary sex characters appendages. *The Science Reports of Saitama University*, **1B**: 77-96.

Tricarico E., Bertocchi S., Brusconi S., Casalone E., Gherardi F., Giorgi G., Mastromei, G. & Parisi, G. (2008). Depuration of microcystin-LR from the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* with assessment of its food quality. *Aquaculture* **285**: 90-95.

Vedia I. & Miranda R. (2013). Review of the state of knowledge of crayfish species in the Iberian Peninsula. *Limnetica*, **32**: 269-286.

Walther G.R., Roques A., Hulme P.E., Sykes M., Pysek P., Kuhn I., Zobel M., Bacher S., Botta-Dukát Z., Bugmann H., Czucz B., Dauber J., Hickler T., Jarosík V., Kenis M., Klotz S., Minchin D., Moora M., Nentwig W., Ott J., Panov V.E., Reineking B., Robinet C., Semchenko V., Solarz W., Thuiller W., Vilà M., Vohland K. & Settele J. (2009). Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends Ecol. Evol.* **24**: 686-693.

World Wildlife Funds (2014). Rapport Planète Vivante. 176p.

Webographie

<http://www.europe-aliens.org/speciesTheWorst.do>

<http://fr.unesco.org/>

<http://www.europe-aliens.org/>

<https://www.legifrance.gouv.fr/>

<http://www.hydro.eaufrance.fr/>

Glossaire

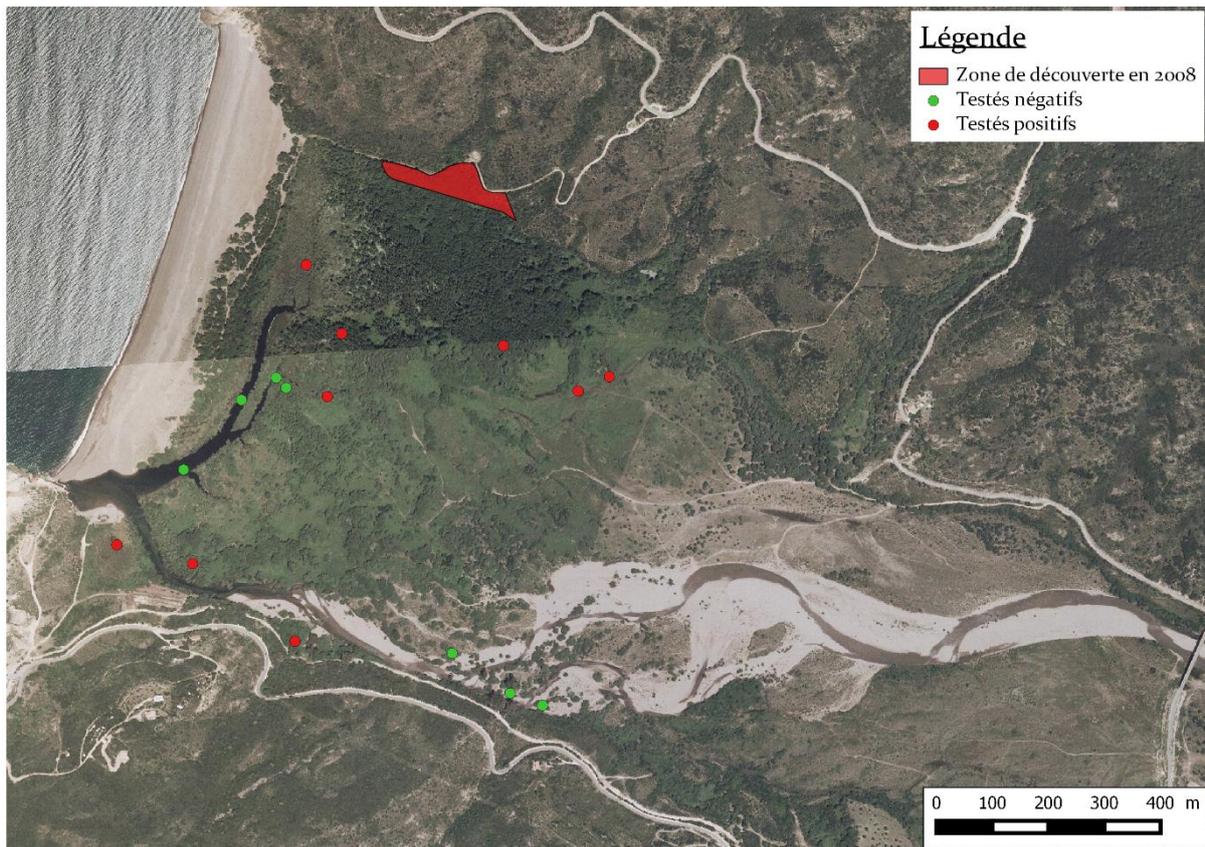
Forêt sempervirente : Forêt permanente dont les arbres gardent leur feuillage toute l'année.

Phrygana : Végétation constituée de broussailles et petits buissons de hauteur de 30-50 cm, très épineux et aromatiques.

Stratégie de reproduction r : Stratégie de développement impliquant notamment une fécondité élevée, un cycle de vie court, une croissance rapide et une maturité sexuelle précoce.

Annexes

Annexe 1



Annexe 1 : Points de piégeages réalisés avant le début du protocole en 2013 (d'après Hauteceur, 2013) et localisation de la zone de première détection de l'écrevisse.

Annexe 2



PREFET DE LA HAUTE-CORSE

DIRECTION DEPARTEMENTALE
DES TERRITOIRES ET DE LA MER
SERVICE EAU - BIODIVERSITE - FORÊT
EAU

ARRETE DDTM2B/SEBF/EAU/N°389/2016

en date du 27 avril 2016

portant autorisation de pêches exceptionnelles à des fins scientifiques de l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*) dans la vallée du Fango sur la commune de Galeria du 02 mai 2016 au 29 juillet 2016

**LE PREFET DE LA HAUTE-CORSE,
CHEVALIER DE LA LEGION D'HONNEUR
CHEVALIER DE L'ORDRE NATIONAL DU MERITE**

- Vu** le code de l'environnement, notamment ses articles L.436-9 et R.432-6 ;
- Vu** la demande du Parc Naturel Régional de Corse en date du 1^{er} mars 2016 ;
- Vu** l'avis favorable du chef du service interdépartemental de l'office national de l'eau et des milieux aquatiques en date du 07 mars 2016 ;
- Vu** l'avis favorable du directeur de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Corse en date du 07 mars 2016 ;
- Vu** l'arrêté PREF2B/SG/BCIC N°105 en date du 28 octobre 2015 portant délégation de signature à Monsieur Pascal VARDON, directeur départemental des territoires et de la mer de la Haute-Corse (actes administratifs) ;

Sur proposition du Directeur départemental des territoires et de la mer,

ARRETE

Article 1 : Bénéficiaires de l'autorisation

Dans le cadre du contrôle des espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres dans les eaux, sont autorisés à procéder à la capture, à l'étude à des fins scientifiques et à la destruction de l'espèce *Procambarus clarkii* (écrevisse de Louisiane), selon les prescriptions des articles 2 à 10 qui suivent, les bénéficiaires suivants :

- La Mairie de Galeria, en la personne de Monsieur Brice ALBERTINI,
- Le Parc Naturel Régional de Corse, en les personnes de :
 - Monsieur Julien INNOCENZI,
 - Madame Gabrielle VALESI,
 - Monsieur Jeremy DAYDE, stagiaire au Parc Naturel Régional de Corse
 - Madame Pauline DENISET.

Article 2 : Durée de l'autorisation

Cette autorisation est valable pour la durée de l'étude : du 02 mai 2016 au 29 juillet 2016.

Article 3 : Lieux de capture

Les captures ont lieu dans le delta du Fango sur la commune de Galeria.

Article 4 : Moyens de capture

Les captures d'écrevisses de Louisiane sont effectuées conformément au protocole de piégeage annexé au présent arrêté.

Article 5 : Destination des pêches

Tous les individus de cette espèce, sans limite de quantité, sont détruits par enlèvement du tube digestif, sans distinction d'âges, ni de sexe, y compris au terme des opérations de relâchage.

Les individus détruits sont évacués en vue de leur élimination.

Tout matériel mis en contact avec cette espèce doit faire l'objet d'un nettoyage minutieux et javellisé sur place.

Article 6 : Transport

La prise des mesures et les données sont réalisées de préférence sur le lieu du piégeage et exceptionnellement dans la mairie de Galeria. Le transport des individus de l'espèce n'est autorisé que détruits dans les conditions fixées à l'article 4 sus-visé.

Article 7 : Rapport des opérations réalisées

Au terme des interventions et de l'étude, un rapport de synthèse des opérations sera communiqué à la Direction Départementale des Territoires et de la Mer, à l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques et à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

Article 8 : Présentation de l'autorisation

Les bénéficiaires doivent être porteurs de la présente autorisation lors des opérations de capture. Ils sont tenus de la présenter à toute demande des agents commissionnés au titre de la police de la pêche en eau douce.

Article 9 : Retrait de l'autorisation

La présente autorisation peut être retirée à tout moment si les bénéficiaires ne respectent pas les clauses ou les prescriptions qui lui sont liées.

Article 10 : Publication et exécution

Monsieur le Directeur départemental des territoires et de la Mer,

Monsieur le chef du service interdépartemental de l'office national de l'eau et des milieux aquatiques

Monsieur le Colonel du groupement de gendarmerie de Haute-Corse,

sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui est notifié aux bénéficiaires et publié au recueil des actes administratifs de la préfecture.

Le Directeur départemental
des Territoires et de la Mer,



Pascal JARDON

Annexe 2: Arrêté décerné pour la pêche de l'écrevisse de Louisiane.

Annexe 3

CMR₁ : Les écrevisses sont marquées avec des points de couleur :

- Point 1 : Rouge Blanc
- Point 2 : Blanc Rouge
- Point 3 : Rouge Crème
- Point 4 : Rouge
- Point 5 : Crème
- Point 6 : Crème Rouge
- Point 7 : Blanc
- Point 8 : Blanc Crème
- Point 9 : Crème
- Point 10 : Blanc Rouge

CMR₂ : Les écrevisses sont marquées avec un trait de couleur :

- Point 5 : Rouge
- Point 7 : Blanc

CMR₃ : Les écrevisses sont marquées avec un trait de couleur :

- Point 3 : Rouge
- Point 7 : Blanc

Annexe 3 : Code couleur attribué lors des 3 séances de CMR.

Annexe 4

Lieux	2014		2015		2016	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
1	45	37	5	1	13	12
2	23	10	26	13	25	23
3	18	4	93	62	243	149
4	158	161	87	106	115	124
5	206	163	64	38	184	188
6	119	114	33	25	73	79
7	82	73	117	121	161	143
8	65	87	48	47	16	10
9	28	26	31	28	13	5
10	3	0	28	20	25	29

Annexe 4 : Effectifs du sex-ratio par années et points de piégeages.

Annexe 5



Annexe 5 : Nasse à juvéniles (nasse classiquement utilisée durant le protocole mais doublée avec du géotextile).

Annexe 6

Compte rendu des piégeages dans le Delta du Fangu pour le mois de mai 2016

715 écrevisses ont été capturées au mois de mai 2016.

Parmi elles, **159 ont été marquées** et relâchées au cours de 3 séances de marquage. La valeur est bien différente de celle annoncée lors de la réunion (qui était de 223) car j'ai fait une erreur lors de l'estimation. **29 ont été recapturées à ce jour.**

On dispose des mesures biométriques pour 585 écrevisses.

Le nombre de captures enregistré au mois de mai est le plus fort des 3 années de piégeages. Il y en avait 337 en 2014 et 409 en 2015.

A l'exception des points 8 et 9, tous les autres points de piégeages voient leur nombre d'écrevisses augmenter ou rester stable par rapport aux mois de mai 2014 et 2015.

Les points les plus riches en écrevisses étant le 4 avec 62 captures en 2014, 95 en 2015 et 156 en 2016. Ainsi que le point 5 avec 119 captures en 2014, 91 en 2015 et 311 en 2016.

Le sex-ratio est à l'équilibre avec 288 mâles et 297 femelles.

Il était légèrement en faveur des mâles les 2 années précédentes.

Des migrations ont été observées :

Une écrevisse marquée au point 4 a été retrouvée au point 5. Ce phénomène n'est pas inattendu puisque les 2 points communiquent (comme cela a été dit à la réunion).

Une écrevisse marquée au point 5 a été retrouvée au point 6. Ces 2 points sont distants d'environ 80-90m et un point d'eau est présent à mi-chemin ce qui peut faciliter le déplacement malgré une végétation assez haute et dense.

Concernant les espèces hors écrevisse de Louisiane capturées dans les nasses, on relève chez les amphibiens la présence de la **grenouille de Berger** (à gauche) et de la **rainette Sarde** (à droite).



Quelques **anguilles** se retrouvent assez couramment dans les nasses.

Une **couleuvre à collier** a aussi été retrouvée point 6.

Pour le début du mois de juin, une session de marquage a été effectuée aux points 5 et 7 :

- Point 5 : 18 écrevisses marquées pour 3 recaptures à ce jour.
- Point 7 : 8 écrevisses marquées pour 1 recapture à ce jour.

Annexe 6 : Compte rendu de la réunion du 19/05/2016 à Bastia.

Annexe 7

Compte-Rendu de la réunion sur l'étude de l'écrevisse de Louisiane dans le delta du Fangu

24 juin 2016 - Galeria

Personnes présentes :

Nom	Prénom	Fonction	Adresse mail
Albertini	Brice	Mairie de Galeria	albertinibrice@yahoo.fr
Dayde	Jérémy	Stagiaire PNRC	jeremydayde@live.fr
Ferrandi	Paul Vincent	CD2B/SDTC	pvferrandi@haute-corse.fr
Guyon	Eric	DDTM2B	eric.guyon@haute-corse.gouv.fr
Innocenzi	Julien	Animateur Réserve de biosphère - PNRC	innocenzi.julien@gmail.com jinnocenzi@pnr-corse.fr
Paolacci	Virginie	CD2B/SDTC	vpaolacci@haute-corse.fr
Souty-Grosset	Catherine	Chercheur UMR CNRS 7267 , Université de Poitiers	catherine.souty.grosset@univ-poitiers.fr

Présentation avec diaporama des résultats obtenus à ce jour.

1242 écrevisses capturées depuis le 22 juin. Le nombre d'écrevisses capturées en 2016 devrait être le plus fort des 3 années de piégeages car on avait 1422 écrevisses en 2014 et 996 en 2015. Le mois de mai enregistre le plus fort nombre de captures des 3 années avec 714 contre 337 en 2014 et 409 en 2015.

La baisse entre 2014 et 2015 pourrait être due au fait qu'il y a eu 2 fois plus de période d'assec en 2015.

Le faible nombre de recaptures de la CMR associé aux migrations observées (ayant toutes eu lieu dans l'ensemble n°1 : points 1, 2, 3, 4, 5 et 6) et aux caractéristiques des points d'eau, indiquent que le milieu est ouvert et que les écrevisses ne se limite pas à l'endroit où on les retrouve mais qu'elles se déplacent. De ce fait les estimations sont biaisées puisqu'elles ne s'appliquent qu'à des milieux fermés.

Sur le terrain, des anguilles, des sangliers, des belettes et des couleuvres à collier ont été observés. Tous ces individus sont des prédateurs de l'écrevisse. Les sangliers peuvent notamment éliminer certaines écrevisses migrant sur la terre ferme. Au point 10, les nasses ont été retrouvées à 2 reprises avec des trous, il pourrait s'agir de rats, lui aussi prédateur de l'écrevisse.

Quelques éléments ont été précisés :

L'écrevisse a été observée la première fois en 2008, vers fin mai-début juin, dans une mare qui s'asséchait en bordure nord de l'aulnaie par M. Philippe Perret lors d'une étude sur les mésanges.

Les écrevisses adultes peuvent prédater les juvéniles de Cistude. Les Cistudes adultes prédatent les écrevisses.

Plusieurs pistes de réflexion ont émergées :

Les nasses n'ayant pas un diamètre de maille assez étroit pour retenir les juvéniles, il faudrait diminuer les diamètres (grillage...) des nasses des points en assec et les disposer sur chaque point de piégeage encore en eau au mois durant le mois de juillet.

L'effet des appâts pourrait être amélioré en se procurant de la pâtée pour chien (plus odorante que les croquettes) et en les disposants dans des tissus de type collant afin de limiter les pertes.

Analyser les contenus stomacaux afin de déterminer le régime alimentaire des écrevisses sur le delta. Disposer les écrevisses dans de la glace dès la relève des pièges afin de stopper la digestion.

Disposer les nasses sur les points qui ont été testés en 2012 afin de voir s'il y aurait des déplacements.

Etant donné que très peu de juvéniles ont été capturés et qu'aucune femelle grainée n'a été observées, on ne connaît pas la période de reproduction. Il serait donc intéressant de procéder à des piégeages sur une année complète (1 ou 2 fois par mois ?).

Des anguilles sont piégées dans les nasses, il serait intéressant de voir à quel moment cette population est présente afin de pouvoir adapter la stratégie de piégeage en fonction de leur présence.

Annexe 7 : Compte rendu de la réunion du 24/06/2016 à Galeria.

Annexe 8



1. Terres agricoles et paysages artificiels



2. Habitat agropastoral



3. Habitat forestier



4. Habitat agropastoral



5. Habitat agropastoral



6. Habitat agropastoral



7. Habitat forestier



8. Habitat forestier



9. Habitat humide



10. Habitat forestier

Annexe 8 : Points de piégeage en période d'assez, photos prises le 13/07/2016.

Annexe 9

Points	Sexe	Taux de remplissage (%)	Catégories	
			Végétaux/Détritus	Animaux
3	M	25	85	15
3	M	50	85	15
3	M	85	85	15
3	F	0	-	-
3	F	0	-	-
3	F	75	85	15
5	M	85	85	15
5	M	100	85	15
5	M	60	85	15
5	M	90	85	15
5	F	0	85	15
5	F	100	90	10

Annexe 9 : Résultats des contenus stomacaux basés sur Rochotte (2015).

Annexe 10

L'écrevisse de Louisiane, une espèce invasive qui menace la biodiversité de l'embouchure du Fangu

L'embouchure du Fangu, propriété du Conservatoire du littoral, est un lieu à fort intérêt écologique et paysager inclus dans un site Natura 2000, la Réserve de biosphère de la Vallée du Fangu, au sein du Parc Naturel Régional de Corse. C'est une mosaïque de zones humides et de zones sèches constituant une riche diversité en habitats parmi lesquels on retrouve notamment la rivière, une aulnaie marécageuse, des prairies humides... De nombreuses espèces protégées y sont présentes, composées majoritairement d'amphibiens, de chauves-souris et de reptiles. Un grand nombre de ces espèces bénéficient d'un statut de protection comme la tortue Cistude d'Europe par exemple.

La biodiversité du site de l'embouchure du Fangu est menacée par une espèce exotique envahissante (EEE) : l'écrevisse de Louisiane, *Procambarus clarkii*. Il s'agit d'une espèce non-native dont l'introduction et la propagation menace la diversité biologique patrimoniale. Originaire des Etats-Unis et du Mexique, l'écrevisse de Louisiane est apparue en Europe (Espagne) au début des années 1970 où elle a été légalement introduite pour de l'aquaculture. Elle s'est ensuite répandue illégalement à d'autres pays européens comme le Portugal, la France ou l'Italie. A l'heure actuelle, elle est en pleine expansion et on la retrouve en Europe du Nord, centrale et méditerranéenne. Elle a été officiellement détectée pour la première fois dans l'embouchure du Fangu en 2012, bien que des observations *in situ* permettaient de constater sa présence probable dès 2008.

Cette espèce est considérée comme l'espèce d'écrevisse la plus redoutée dans le monde et fait partie des 100 pires espèces invasives en Europe. Du fait de sa forte plasticité (adaptation à diverses conditions du milieu), de sa potentialité de croissance rapide, elle colonise très vite les habitats et donc induit une régression de la biodiversité locale. En effet cette espèce omnivore est très agressive et possède entre autres, un fort seuil de tolérance vis-à-vis des variations de température et supporte les assecs et tout changement climatique. Elle accumule les métaux lourds et les pesticides et permet leur transfert au sein de la chaîne alimentaire lorsqu'elle est consommée par ses prédateurs. Il en est de même pour l'Homme et elle est d'ailleurs aussi un agent de transmission de la bactérie *Francisella tularensis* qui entraîne la tularémie (zoonose fortement contagieuse). Environ 600 personnes ont d'ailleurs été touchées par cette maladie en Espagne à la fin des années 2000. Cette écrevisse peut avoir 2 à 3 périodes de reproduction par an avec des pontes pouvant aller jusqu'à 700 œufs. Elle entraîne ainsi l'extinction des espèces natives par compétition directe ou indirecte en diminuant fortement la quantité de ressources et d'habitats disponibles.

Etant donné la dangerosité de cette espèce, plusieurs mesures législatives du Code de l'Environnement visent à limiter son expansion. Il est interdit de l'introduire dans les cours d'eau car elle est susceptible de provoquer des déséquilibres biologiques (Article R432-5) et celle-ci est punie d'une amende de 9 000€ (Article R432-10). De plus, son transport et sa commercialisation sont soumis à autorisation (Article R412-1).

Une étude est réalisée depuis 2013 sur l'embouchure du Fangu, elle implique le Parc Naturel Régional de Corse, le Conservatoire du Littoral, la DDTM de Haute-Corse, le CD2B, la DREAL, l'ONEMA, les communes de Galéria et de Manso ainsi qu'une collaboration avec l'Université de Poitiers (Equipe Ecologie Evolution Symbiose). Elle se traduit par la réalisation de piégeages à plusieurs endroits du site, dans le but de déterminer l'état de la population, d'améliorer les connaissances sur son mode de fonctionnement (cycle biologique, activité...) et d'envisager les moyens de lutte nécessaires à mettre en œuvre. Les actions en cours et celles qui seront mises en œuvre doivent permettre à l'embouchure de préserver sa richesse naturelle.

Annexe 10 : Article de presse rédigé durant le stage pour Corse-Matin.

Résumé

Suite à la détection officielle de l'écrevisse de Louisiane, *Procambarus clarkii*, en 2012 dans l'embouchure du Fangu (Haute-Corse), un protocole de piégeage a été mis en place en 2014 pour une durée de 3 ans. La présence de cette écrevisse invasive sur un site accueillant une biodiversité exceptionnelle est des plus préoccupantes. Il est nécessaire de connaître son mode de fonctionnement sur ce site puisque cette espèce possède une forte plasticité. Il a été mis en évidence de fortes variations d'effectifs au cours des années et entre les 10 points de piégeages. La dernière année a été la plus riche en écrevisses alors que le taux d'assec a été le plus fort. Le taux d'assec a permis de mettre en évidence que deux points (les points 3 et 7), restés en eau durant toute la durée du protocole, avaient des CPUE plus fortes lorsque l'ensemble des points se trouvaient en assec en 2016. Ces points pourraient servir de « refuge » lors de fortes températures. La technique de CMR, n'a pas permis d'estimer les effectifs en raison du faible nombre de recaptures et des migrations qui ont eu lieu. L'écrevisse semble en cours d'installation et à la recherche des milieux les plus favorables, en fonction notamment du taux d'assec. L'étude des cohortes a montré qu'un très faible nombre de juvéniles était capturé. Plusieurs propositions de gestion ont été suggérées, elles consistent à poursuivre et à améliorer la stratégie de lutte : en testant notamment d'autres points de piégeage afin de voir la progression de l'écrevisse, en décalant la période de piégeage pour déterminer la période de reproduction de l'espèce et en utilisant des nasses adaptées à la capture des juvéniles afin d'augmenter l'impact du piégeage.

Mots-clés : *Procambarus clarkii*, stratégie de lutte, espèce invasive, gestion, embouchure du Fangu

Abstract

Following the official record of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in 2012 in the Fangu mouth (Haute-Corse), a 3 years trapping protocol has been established in 2014. The presence of this species on an area of high-biodiversity value is extremely alarming. It is necessary to know what is the strategy adopted by this invasive species in this area because of its high plasticity. It has been revealed strong effective variations among years and among 10 trapping points. The last year has been the richest in crayfish whereas the drought rate was the strongest. The drought rate revealed that 2 trapping points (2 and 7), full of water during the entire protocol length, showed highest CPUE when the majority of points were drought in 2016. These locations could be used as refuge areas when temperature is high. CMR technique was enabled to estimate effective properly because of low number of recaptures and migrations were observed. The installation of *P. clarkii* seems to be in progress and its seems looking for suitable places, depending on the drought rate. Cohort study showed that a very low number of juveniles has been trapped. Several management proposals have been considered by carrying out and improving trapping strategy : by testing other locations in order to observe crayfish progression, by moving the trapping period to be able to determine the reproduction period and by using trap specifically adapted for capturing juveniles in order to increase the trapping efficiency.

Keywords : *Procambarus clarkii*, trapping strategy, invasive species, management, Fangu mouth