



Étude préliminaire à la mise en place d'un bioindicateur de suivi de l'impact des eaux usées sur les mangroves en Martinique



M.Safi, M.A. Castets, M. Rivolet, B. de Montgolfier

Rapport final
Client: Office de l'Eau Martinique
-Juillet 2018-

Étude préliminaire à la mise en place d'un bioindicateur de suivi de l'impact des eaux usées sur les mangroves en Martinique

Rapport Final

Juillet 2018

Mots clés: Martinique, perturbations anthropiques, crabe, bioindicateur, eaux usées

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante:

Safi M., Rivolet M., de Montgolfier B. - 2018 - Étude préliminaire à la mise en place d'un bioindicateur de suivi de l'impact des eaux usées sur les mangroves en Martinique. Rapport Final pour l'office de l'Eau Martinique. 33 pages.

© Aquasearch 2018, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du client (ODE Martinique)

Sommaire

1. Contexte	5
2. Matériel et méthode	7
2.1 Sites d'échantillonnage	7
2.2 Protocole	8
3. Résultats	9
3.1 Abondance et densité	10
3.2 Sexe-ratio.....	11
3.3 Biométrie	13
3.3.1 Taille des individus	13
3.3.2 Poids des individus	14
3.4 Morphotypes	15
3.5 Bioturbation du sol	16
3.6 Evaluation de l'impact des conditions environnementales	17
3.7 Comparaison de la morphologie des individus	17
3.8 Comparaison de la bioturbation du sol	19
4. Discussion	20
5. Conclusion	26
6. Vulgarisation et présentation de l'étude au grand public.....	28
7. Bibliographie.....	30
Annexes	33
Annexe 1	34
Annexe 2	35
Annexe 3	36

Liste des illustrations

Figure 1: Carte représentant les sites échantillonnés	7
Figure 2 : Cartographie des rejets des stations d'épurations de la Martinique et identification des sites de prélèvements (ODE 2017)	8
Figure 3 : Prise de mesures d'un crabe violoniste.....	9
Figure 4 : Pesée d'un crabe violoniste.....	9
Figure 5 : Crabe violoniste (<i>Uca rapax</i>) (M.Safi).....	11
Figure 6 : Crabe de palétuviers (<i>Aratus pisonii</i>) (M.A Castets).....	11
Figure 7 : Crabe mantou (<i>Ucides cordatus</i>).....	11
Figure 8 : Crabe cirique (<i>Callinectes sp.</i>) (M.Safi).....	11
Figure 9 : Identification d'une femelle crabe violoniste (M.A Castets)	12
Figure 10 : Identification d'un mâle crabe violoniste (M.A Castets)	12
Figure 11 : Représentation des sexe-ratio par site	12
Figure 12 : Femelle de crabe violoniste grainée échantillonnée sur le site de Belfond (M.A Castets) .	13
Figure 13 : Largeurs moyennes pour les deux sexes sur les différents sites.....	14
Figure 14 : Longueurs moyennes pour les deux sexes sur les différents sites.....	14
Figure 15 : Poids moyen par sexe pour les différents sites.....	15
Figure 16 : Photos représentant les différents morphotypes d' <i>Uca rapax</i> récoltés.	16
Figure 17 : Comparaison de la morphologie des femelles et mâles crabes violonistes échantillonnés sur les différents sites entre la période avant Carême (blanc) et pendant Carême (gris) (<i>les étoiles indiquant les différences significatives</i>	18
Figure 18 : Présentation de la mangrove et de ses habitants au centre nautique Le Neptune au Lamentin.....	28
Figure 19 : Présentation du protocole et de données prélevées sur les crabes	28
 Tableau 1 : Tailles moyennes des deux sexes pour les différents sites	13
Tableau 2 : Poids moyens en gramme pour les différents sexes par site	15
Tableau 3 : Nombre de terriers comptés dans les quadrats pour chaque site	16
Tableau 4 : Largeurs et longueurs moyennes des crabes violonistes en fonction des sexes et des périodes (gauche : avant Carême, droite : pendant Carême).....	17
Tableau 5 : Poids moyens des crabes violonistes en fonction des sexes et des périodes (gauche : avant Carême, droite : pendant Carême)	17
Tableau 6 : Nombre de terriers comptés et de crabes échantillonnés (gauche : avant Carême, droite : Carême)	19

1. Contexte

Les mangroves en Martinique couvrent une superficie de 1857 ha, situées sur le littoral elles représentent un écosystème spécifique de l'interface terre-mer. Longtemps dénigré, cet écosystème ne bénéficie que depuis récemment d'une attention particulière quant à son rôle patrimonial et aux services écosystémiques rendus.

Malgré les 86 stations d'épurations publiques présentent en Martinique, seulement la moitié de la population de l'île n'est raccordable au réseau d'assainissement collectif. Le restant utilisant des systèmes d'assainissement autonomes dit « non collectifs » souvent défaillant ou déversent directement les eaux usées dans le milieu naturel. Se retrouvant dans le milieu naturel ces eaux usées ont un impact sur les écosystèmes.

La Directive européenne Cadre sur l'Eau a fixé aux Etats Membres l'objectif de maintenir ou restaurer le bon état écologique des masses d'eau d'ici à 2015, des dérogations de délais étant autorisée jusqu'en 2021 voire 2017 selon les bassins versants et les masses d'eau. Pour se faire différentes mesures sont mises en place ainsi que des suivis de ces mesures. Des réflexions sur les suivis des mangroves et le développement d'indicateur ont été lancé récemment.

Plusieurs auteurs ont montré un impact des eaux usées domestiques non-traitées sur les espèces de macroinvertébrés que ce soit sur la richesse spécifique ou l'abondance (Dyer *et al.*, 2003), ainsi que sur la diminution de l'abondance des juvéniles de crabe et la modification des assemblages des communautés de crustacés en fonction de la distance avec la source du rejet (Wear and Tanner, 2007). Pour certaines espèces de gastropodes, les eaux usées ont même un impact négatif sur le taux de survie et de croissance (Penha-Lopes *et al.*, 2010). L'impact du rejet des eaux domestiques dans les mangroves sur les communautés de crabes des mangroves a également fait l'objet d'une étude à Mayotte. Il en ressort une modification de l'abondance des espèces, du nombre de taxa ainsi qu'une diminution de l'abondance des crabes mais que les apports (organiques, nutritifs, chimiques ou autres) sont profitables aux espèces du genre *Uca* (Herteman, 2010)

Dans ce cadre, nous proposons de développer un indicateur de pression des eaux usées sur l'écosystème mangrove en se basant sur les populations de crabes vivant dans les mangroves de Martinique. Ces espèces ingénieuses de cet écosystème remarquable voient leur écologie impactée par les pressions sur le milieu naturel et ne jouent plus leur rôle primordial au maintien des fonctionnalités de l'écosystème. En effet dans les mangroves les crabes sont des marqueurs fonctionnels important par leur activité de bioturbation du sol, l'enfouissement dans le substrat de la matière organique en décomposition et leur activité de prédation sur les plantules ayant un impact sur la dynamique de peuplement des palétuviers.

Afin de déterminer les impacts des eaux usées sur les populations de crabes de mangroves et mettre en avant leur rôle bio-indicateur de cet écosystème nous proposons de réaliser une étude préliminaire sur trois sites : peu ou pas impacté, moyennement impacté et fortement impacté.

Le but de cette étude est de déterminer l'impact des eaux usées sur les populations de crabes de mangroves en comparant les différentes communautés présentes dans les mangroves de Martinique ainsi que leur activité de bioturbation sur des sites plus ou moins impactés par les eaux usées.

Ce rapport comprend les résultats finaux de l'étude financée par l'Office de l'eau de Martinique pour la mise en place d'un bioindicateur de suivi de l'impact des eaux usées sur les mangroves en Martinique ainsi que les résultats d'un stage de Master 1 réalisé de mars à mai 2018 au sein d'Aquasearch traitant de l'influence des variations environnementales sur les populations de crabes de mangroves de Martinique (Castets, 2018).

2. Matériel et méthode

2.1 Sites d'échantillonnage

Afin de répondre à la question de l'impact des eaux usées sur les communautés de crabes des mangroves de Martinique il a été nécessaire de déterminer 3 sites présentant des caractéristiques de pollutions distinctes. Les 3 sites d'échantillonnage ont été identifiés en concertation avec l'équipe de l'ODE (Figures 1 et 2) :

- Site 1 « Acajou » : situé dans la mangrove proche du rejet de la station d'épuration d'Acajou et de la zone industrielle des mangles sur la commune du Lamentin, ce site a été identifié comme étant le plus impacté par les rejets d'eaux usées.
- Site 2 « Belfond » : situé dans la mangrove à proximité de la station d'épuration de Belfond, reçoit les eaux traitées de la STEP et proche de la marina du Marin sur la commune de Sainte-Anne ce site est considéré comme étant moyennement impacté par les rejets d'eaux usées.
- Site 3 « Baie du trésor » : situé dans la mangrove sur le site de la Réserve naturelle nationale de la presqu'île de la Caravelle, bénéficiant d'un statut de protection ce site est considéré comme le site ne subissant aucune pression due aux eaux usées.

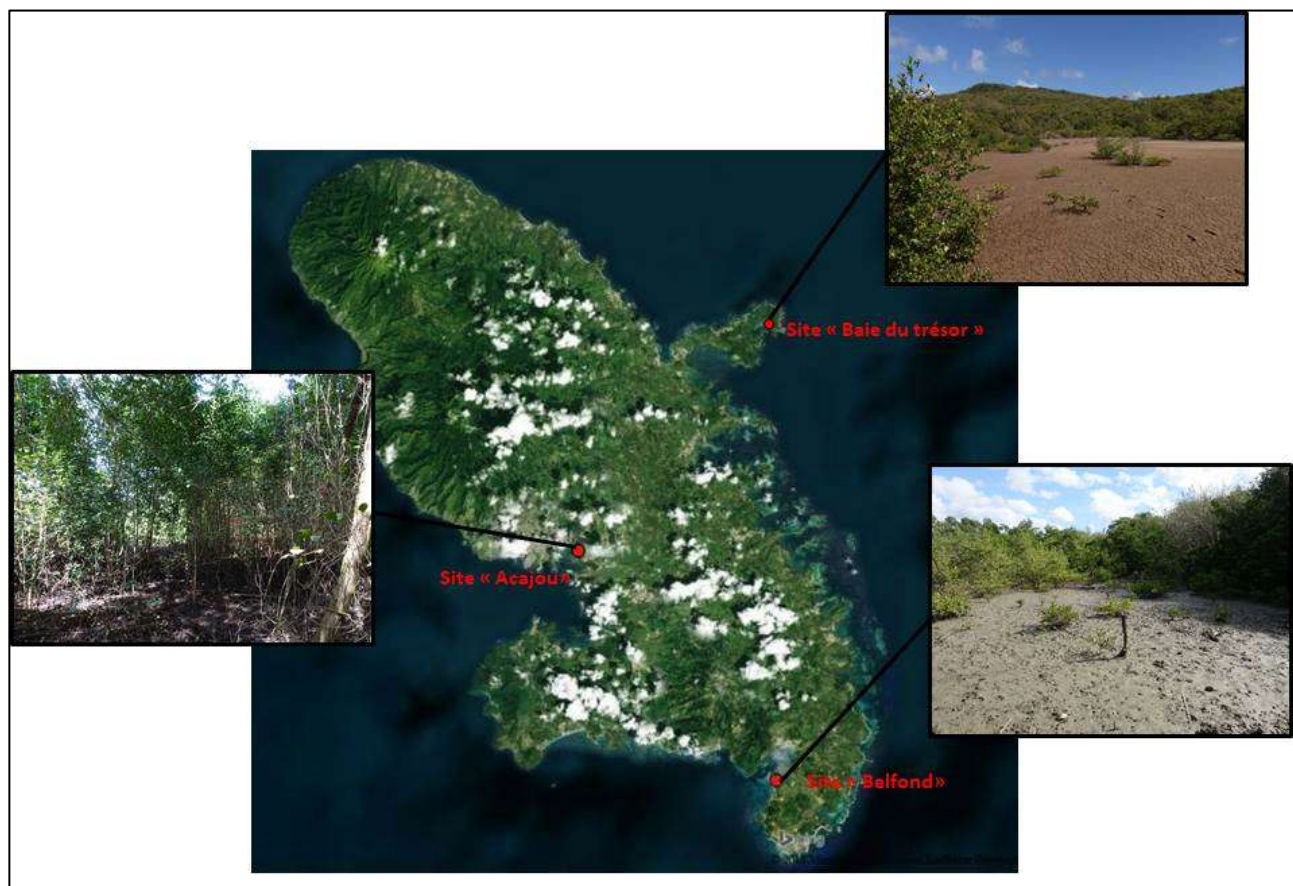


Figure 1: Carte représentant les sites échantillonnés

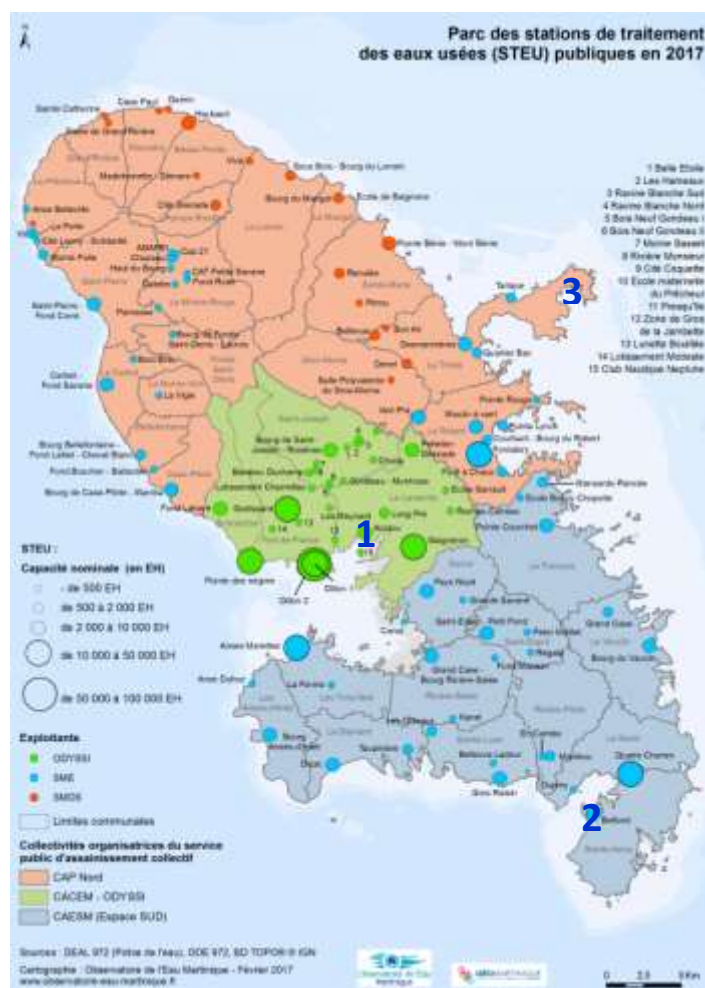


Figure 2 : Cartographie des rejets des stations d'épurations de la Martinique et identification des sites de prélèvements (ODE 2017)

Concernant le site « Acajou » une prospection afin d'identifier le point de rejet et l'accès à la zone d'échantillonnage a été réalisée le 17 janvier 2018. Ce site ne pouvant être accessible directement par la route, l'accès s'est effectué en kayak depuis le centre nautique « Le Neptune ».

Les échantillonnages des trois sites ont été réalisés les 8 et 12 février 2018 pour « Belfond », le 16 février 2018 pour « Baie du trésor » et le 13 mars 2018 pour « Acajou » par l'équipe d'Aquasearch : Benjamin de Montgolfier, Morjane Safi et Marie-Alix Castets (étudiante en Master 1).

2.2 Protocole

Pour chacun des trois sites, 3 quadras de 9 m² (3m x 3m) ont été échantillonnés, soit 27 m² de surface échantillonnée par site et 81 m² pour l'ensemble de l'étude.

Pendant 20 minutes, 2 observateurs ont ramassé tous les crabes repérés dans les terriers ou en déplacement sur le quadra et les ont disposés dans des bassines. Les différentes espèces ont été placées dans des bassines différentes afin de limiter les

interactions agressives entre elles. En effet lors du premier échantillonnage un juvénile de crabe de terre (*Cardisoma guanhumi*) placé dans la même bassine que des crabes violonistes (*Uca rapax*) avait été retrouvé mort avec la carapace perforée.

Pour chaque crabe, l'espèce et le sexe des individus ont été déterminés (critères morphologiques), les largeurs et longueurs maximales ont été mesurées au millimètre près à l'aide d'un pied à coulisse (Figure 2) et les individus ont été pesés à l'aide d'une balance électronique à précision de 0,01g (Figure 3) puis relâchés vivants sur les lieux de prélèvements.



Figure 3 : Prise de mesures d'un crabe violoniste.



Figure 4 : Pesée d'un crabe violoniste.

3. Résultats

3.1 Abondance et densité

Au total, 717 individus ont été prélevés, soit 5 espèces différentes sur l'ensemble des 3 sites : 705 crabes violonistes (*Uca rapax*) (Figure 5), 6 crabes de palétuviers (*Aratus pisonii*) (Figure 6), 3 mantous (*Ucides cordatus*) (Figure 7), 2 ciriques (*Callinectes sp*) (Figure 8), 1 crabe de terre (*Cardisoma guanhumi*).

Le plus grand nombre de crabes a été prélevé sur le site de Belfond avec un total de 272 crabes répartis en 2 espèces : 1 crabe de terre et 271 crabes violonistes. Pour le site de la Baie du trésor 249 crabes ont été capturés, 3 espèces ont été prélevées dans les quadras : 2 individus de ciriques, 3 crabes mantous et 244 crabes violonistes. Sur le site d'Acajou, 196 crabes ont été échantillonnés, ces derniers se répartissent entre 2 espèces avec 6 individus de crabes de palétuviers et 190 crabes violonistes. Pour les 3 sites l'espèce la plus abondante est le crabe violoniste.

En termes de densité, la plus grande densité est retrouvée à Belfond avec une estimation de 10 individus par m², suivi de la Baie du trésor avec une densité de 9 individus par m². Enfin à Acajou la densité totale de crabes a été évaluée à 7 individus par m².

Le nombre d'individus récoltés pour les espèces *Callinectes sp*, *Ucides cordatus*, *Aratus pisonii* et *Cardisoma guanhumi* étant trop faible pour réaliser des tests statistiques les résultats présentés ci-dessous ne concerne que l'espèce *Uca rapax*, la plus abondante sur les 3 sites. Les mesures effectuées sur les autres espèces sont présentées en Annexe 1.



Figure 5 : Crabe violoniste (*Uca rapax*) (M.Safi)



Figure 6 : Crabe de palétuviers (*Aratus pisonii*) (M.A Castets)



Figure 7 : Crabe mantou (*Ucides cordatus*) (M. Safi)



Figure 8 : Crabe cirique (*Callinectes sp.*) (M.Safi)

3.2 Sexe-ratio

La reconnaissance des différents sexes chez les crabes violonistes peut se faire de deux façons. Les mâles ayant une pince hypertrophiée (droite ou gauche) il est facile de pouvoir les différencier. Toutefois il arrive que les deux pinces ne soient pas présentes chez tous les individus (autotomie), la détermination des sexes se fait donc par l'observation du clapet renfermant les branchies situé sur la face ventrale. Celui-ci sera fin et allongé pour les mâles (Figure 10) et plutôt large et rond pour les femelles (Figure 9).



Figure 9 : Identification d'une femelle crabe violoniste (M.A Castets)



Figure 10 : Identification d'un mâle crabe violoniste (M.A Castets)

Pour l'ensemble des crabes violonistes échantillonnés le sexe-ratio tend en faveur des mâles avec un effectif de 304 femelles pour 400 mâles. Ce sexe-ratio est variable entre les 3 sites. Pour les sites Acajou et Belfond, le sexe-ratio est en faveur des mâles avec 76 femelles et 114 mâles pour Acajou et 87 femelles et 183 mâles pour Belfond. Seul le site de la Baie du Trésor est en faveur des femelles avec 141 femelles pour 103 mâles (Figure 11).

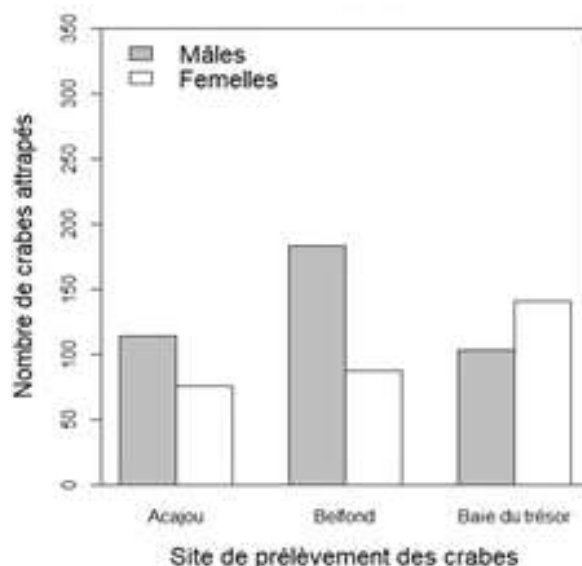


Figure 11 : Représentation des sexe-ratio par site

Des femelles grainées ont également été échantillonnées notamment sur le site de Belfond (Figure 12).



Figure 12 : Femelle de crabe violoniste grainée échantillonnée sur le site de Belfond (M.A Castets)

3.3 Biométrie

3.3.1 Taille des individus

Pour l'ensemble des crabes violonistes échantillonnées sur les 3 sites, les largeurs maximales varient de 24 à 4mm et les longueurs maximales de 16 à 3mm tous sexes confondus.

Sur le site d' Acajou, les largeurs et longueurs maximales varient respectivement de 24 à 6 mm et de 16 à 4mm. Pour Belfond, les largeurs et longueurs maximales mesurées varient respectivement de 23 à 5 mm et de 17 à 4mm. Enfin sur le site de la Baie du trésor, les largeurs et longueurs maximales varient respectivement de 21 à 4mm et de 14 à 3mm.

Les longueurs et largeurs maximales moyennes ont été calculées pour les deux sexes et sur chaque site (Tableau 1).

Tableau 1 : Tailles moyennes des deux sexes pour les différents sites

	ACAJOU		BELFOND		BAIE DU TRESOR	
	Largeurs moyennes (mm)	Longueurs moyennes (mm)	Largeurs moyennes (mm)	Longueurs moyennes (mm)	Largeurs moyennes (mm)	Longueurs moyennes (mm)
Femelles	13,07	9,53	11,47	7,75	10,53	7,21
Mâles	14,30	10,12	14,07	9,52	10,51	7,11

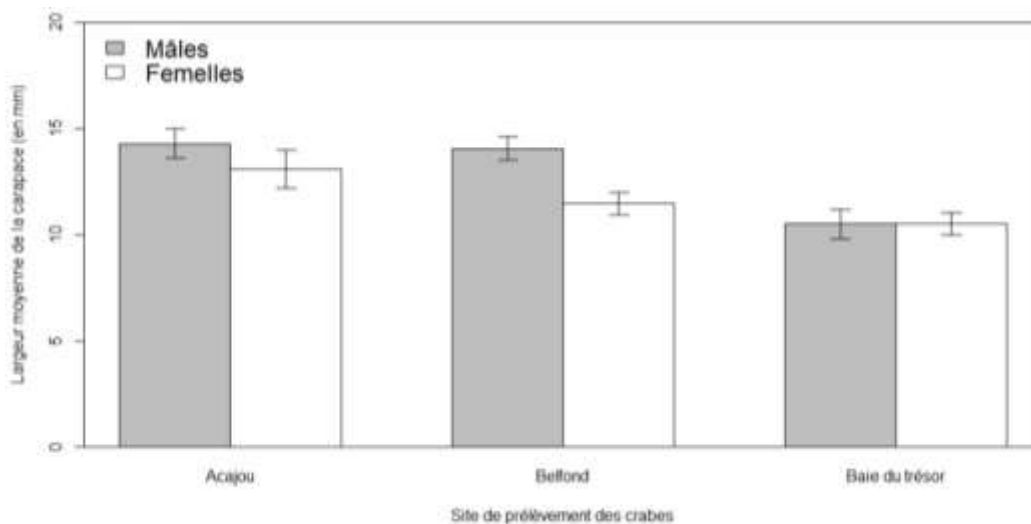


Figure 13 : Largeurs moyennes pour les deux sexes sur les différents sites

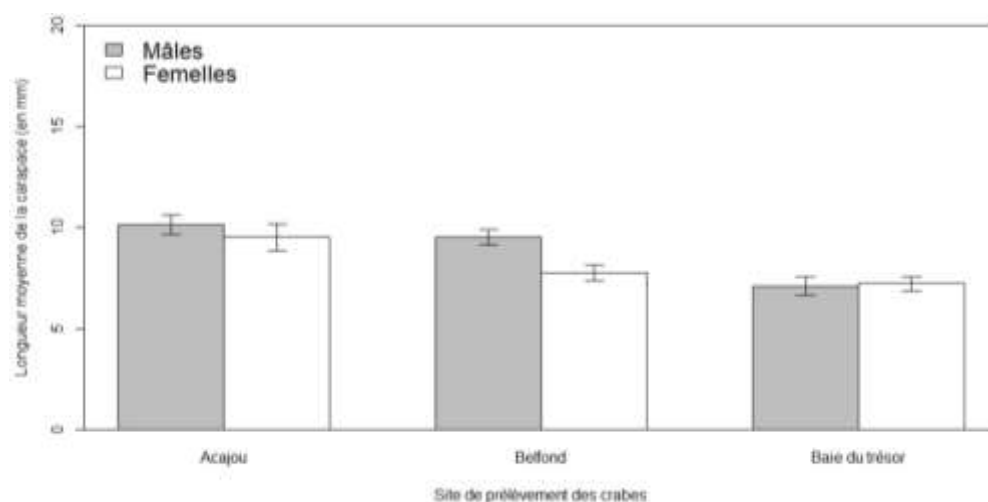


Figure 14 : Longueurs moyennes pour les deux sexes sur les différents sites

Pour les sites de Acajou et Belfond il en ressort que les femelles sont plus petites que les mâles et que la différence entre les deux sexes est plus importante et significative pour le site de Belfond. Pour le site Baie du trésor, les résultats montrent que les femelles sont légèrement plus grandes que les mâles toutefois cette différence n'est pas significative.

La comparaison des longueurs et largeurs moyennes montre que les individus échantillonnés sur le site Acajou sont plus grands, pour les deux sexes, que ceux échantillonnés sur Belfond et la Baie du trésor (Figures 13 et 14).

3.3.2 Poids des individus

Pour l'ensemble des crabes échantillonnés les poids varient de 0,05 g à 5,8 g. Les crabes les plus lourds sont retrouvés à Belfond avec un poids moyen de 1,24 g et

une variation de 0,1 g à 5,8 g selon les individus, pour Acajou le poids moyen est de 1,10 g et les variations sont comprises entre 0,05 g à 5,2 g et les crabes les plus légers sont retrouvés pour la Baie du trésor avec un poids moyens de 0,49 g avec une variation comprise entre 0,05 g à 3,9 g.

Tableau 2 : Poids moyens en gramme pour les différents sexes par site

	ACAJOU	BELFOND	BAIE DU TRESOR
Femelles (g)	0,85	0,63	0,45
Mâles (g)	1,27	1,44	0,54

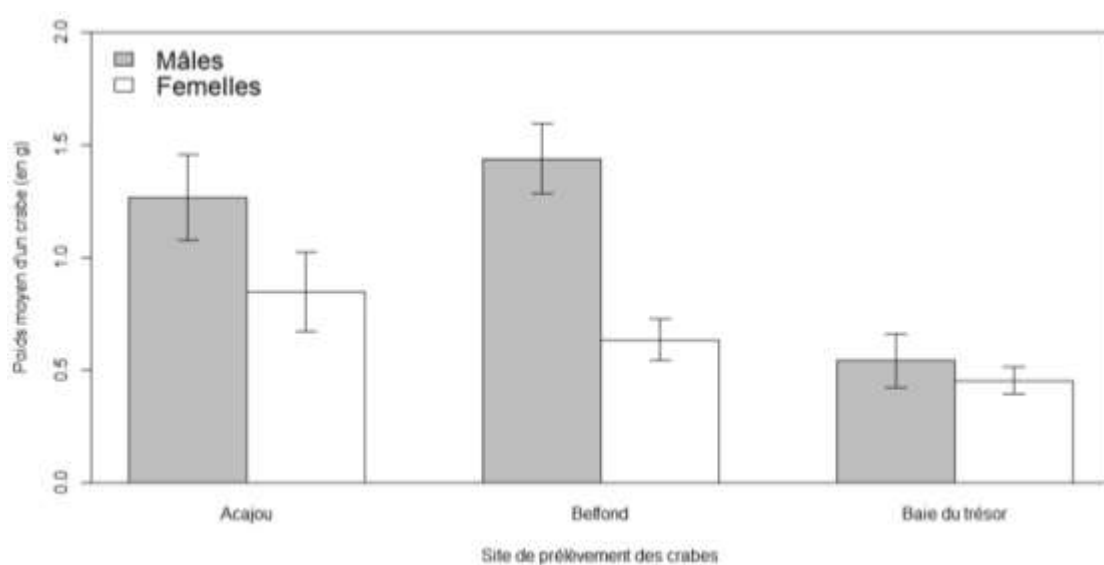


Figure 15 : Poids moyen par sexe pour les différents sites

La comparaison des poids en fonction des sexes montre que globalement les mâles sont plus lourds que les femelles pour l'ensemble des trois sites échantillonnés (Tableau 2). Toutefois la différence de poids la plus importante entre les deux sexes est retrouvée pour le site de Belfond avec un poids moyen pour les mâles de 1,44 g et 0,63 g pour les femelles. Pour Acajou le poids moyen calculé pour les mâles est de 1,27 g alors que les femelles ont un poids moyen de 0,63 g. Pour le site Baie du trésor, la différence entre les poids moyens pour les deux sexes est faible, en effet le poids moyens calculés pour les mâles est de 0,54 g alors qu'il est de 0,45 g pour les femelles (Figure 15).

3.4 Morphotypes

Parmi les individus récoltés, différents morphotypes chez l'espèce *Uca rapax* ont été identifiés (Figure 16). Le morphotype le plus représenté correspond à celui le plus

couramment observé pour cette espèce, soit une couleur de carapace et des pattes brun sombre avec, pour les mâles, une pince hypertrophiée de couleur jaune orangée. Pour le deuxième morphotype observé, la carapace des crabes présente des marbrures et des motifs beiges clairs et bruns avec des pattes brun foncé et toujours pour les mâles une pince hypertrophiée jaune orangée. Enfin pour le dernier morphotype retrouvé chez les crabes violonistes, les individus présentent une couleur de carapace et des pattes beige claire.



Figure 16 : Photos représentant les différents morphotypes d'*Uca rapax* récoltés.

3.5 Bioturbation du sol

Afin d'évaluer l'impact des eaux usées sur l'activité des crabes de mangroves et plus particulièrement sur l'espèce *Uca rapax*. Le nombre de terriers par sites échantillonnés a été évalué (Tableau 3).

Tableau 3 : Nombre de terriers comptés dans les quadras pour chaque site

Sites	Acajou	Belfond	Baie du Trésor
Nombre total de trous	1912	2514	2592
Nombre total d' <i>U.rapax</i>	190	271	244

Le site comptant le plus petit nombre de terriers est le site Acajou avec 1912 terriers évalués pour un effectif de 190 crabes violonistes échantillonnés, suivi du site de Belfond avec 2514 terriers avec 271 crabes violonistes et enfin le site Baie du Trésor avec 2592 terriers et 244 crabes.

3.6 Evaluation de l'impact des conditions environnementales

Afin d'évaluer si les facteurs environnementaux pouvaient également influencer sur la biométrie et l'activité des crabes violonistes, une étude a été réalisée Marie-Alix Castets (étudiante de Master 1 de l'Université de Saint-Etienne), sur l'impact de la période de Carême (plus chaude et plus sèche). Les analyses ont été réalisées sur un échantillon de 1817 crabes violonistes. Le nombre de crabes violonistes échantillonnés durant la période de Carême par stations est de 337 pour le site Acajou, 364 pour le site Belfond et 411 pour Baie du trésor. Un plus grand nombre de crabes a été récolté pour les différents sites en période de Carême avec toujours un nombre plus important pour Baie du trésor, puis Belfond et enfin Acajou.

3.7 Comparaison de la morphologie des individus

Les crabes échantillonnés durant la période de Carême sont légèrement plus grands que ceux échantillonnés avant Carême. Quels que soient les sites et la période échantillonnée, les femelles sont en moyenne plus petites que les mâles. Quels que soient les sexes, les individus les plus petits sont retrouvés sur le site Baie du trésor (Tableau 4).

Tableau 4 : Largeurs et longueurs moyennes des crabes violonistes en fonction des sexes et des périodes (gauche : avant Carême, droite : pendant Carême)

	ACAJOU		BELFOND		BAIE DU TRESOR	
	Largeurs moyennes (mm)	Longueurs moyennes (mm)	Largeurs moyennes (mm)	Longueurs moyennes (mm)	Largeurs moyennes (mm)	Longueurs moyennes (mm)
Femelles	13,07 / 12,7	9,53 / 9,67	11,47 / 11,81	7,75 / 8,45	10,53 / 11,11	7,21 / 7,91
Mâles	14,30 / 15,07	10,12 / 10,98	14,07 / 14,6	9,52 / 10,18	10,51 / 12,97	7,11 / 9,12

La comparaison des poids moyens montre que les femelles sont toujours plus légères que les mâles quelle que soit la période ou les sites. Toutefois les femelles échantillonnées en période de Carême ont un poids moyen inférieur à celles échantillonnées avant Carême. Les mâles les plus légers sont, une nouvelle fois, retrouvés pour le site Baie du trésor (Tableau 5).

Tableau 5 : Poids moyens des crabes violonistes en fonction des sexes et des périodes (gauche : avant Carême, droite : pendant Carême)

	ACAJOU	BELFOND	BAIE DU TRESOR
Femelles (g)	0,85 / 0,76	0,63 / 0,39	0,45 / 0,4
Mâles (g)	1,27 / 1,54	1,44 / 1,04	0,54 / 0,83

L'analyse des tailles et poids pour chaque sexe en fonction des sites et de la période, montre que les mâles sont significativement plus grands en période de Carême qu'avant Carême sur l'ensemble des sites. Cette différence n'est pas observée chez les femelles. Concernant les poids des individus, les mâles sont plus lourds en période de Carême pour les sites Acajou et Baie du trésor et plus légers pour le site Belfond qu'en période avant Carême. Les femelles sont plus légères en période de Carême qu'avant Carême (Figure 17).

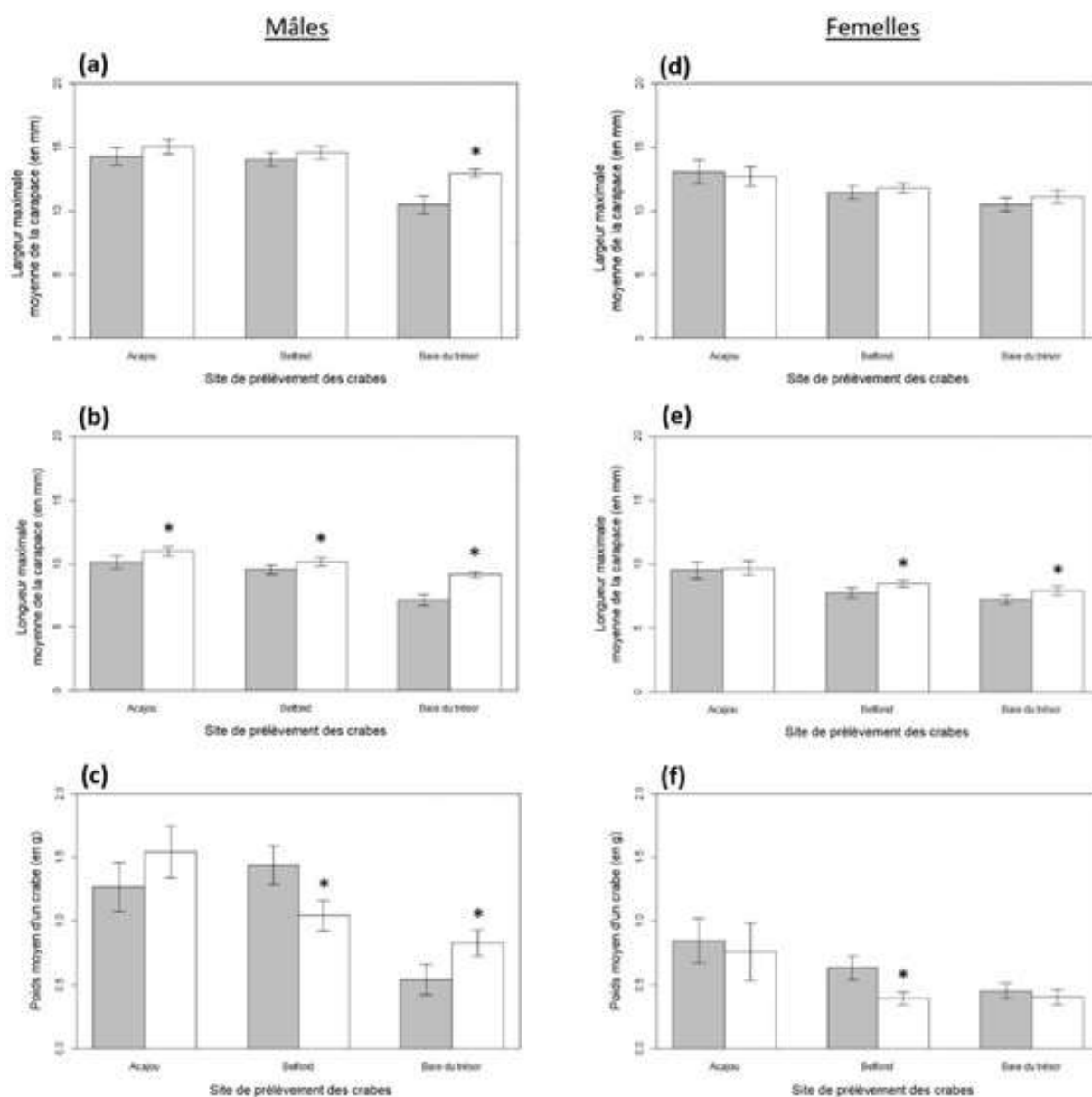


Figure 17 : Comparaison de la morphologie des femelles et mâles crabes violonistes échantillonnés sur les différents sites entre la période avant Carême (blanc) et pendant Carême (gris) (les étoiles indiquant les différences significatives p-value < 0,05)

3.8 Comparaison de la bioturbation du sol

La comparaison du nombre de terriers comptés avant Carême et pendant Carême montre des différences pour chaque site. En effet plus de terriers ont été recensés pendant Carême pour le site Acajou alors que pour Belfond et Baie du trésor, moins de terriers ont été compté pendant Carême. Le site Baie du Trésor est celui où le nombre de terriers est le moins important (Tableau 6).

Tableau 6 : Nombre de terriers comptés et de crabes échantillonnés (gauche : avant Carême, droite : Carême)

Sites	Acajou	Belfond	Baie du Trésor
Nombre total de trous	1912 / 2138	2514 / 2367	2592 / 1747
Nombre total d' <i>U.rapax</i>	190 / 337	271 / 364	244 / 411

4. Discussion

Cette étude est une première en Martinique, l'utilisation des crabes comme bioindicateurs n'avait pas encore été testée. Si l'on peut affiner encore les résultats obtenus, il en ressort tout de même des observations très intéressantes, qui suggèrent l'intérêt du suivi de ces espèces.

Concernant l'évaluation des densités et abondance de crabes prélevés sur l'ensemble des trois sites il en ressort que l'espèce la plus abondante est le crabe violoniste (*Uca rapax*). Toutefois parmi les 6 espèces de crabes rencontrées dans les mangroves de Martinique 4 autres espèces ont été échantillonnées : le crabe de terre (*Cardisoma guanhumi*), le crabe mantou (*Ucides cordatus*), le crabe cirique (*Callinectes sp*) et enfin le crabe de palétuvier (*Aratus pisonii*). La richesse spécifique la plus importante est retrouvée pour le site Baie du Trésor avec trois espèces échantillonnées (crabe violoniste, crabe cirique et crabe mantou). Sur Acajou et Belfond seulement deux espèces ont été prélevées, des crabes violonistes et des crabes de palétuvier pour Acajou et des crabes violonistes et un crabe de terre pour Belfond. Sur le site de Belfond le plus grand nombre d'individus a été échantillonné avec 272 individus (271 crabes violonistes et 1 crabe de terre), 249 individus ont été prélevés sur Acajou dont 244 crabes violonistes, trois crabes mantou et deux crabes ciriques, enfin 196 individus ont été échantillonnés sur Belfond dont 190 crabes violonistes et 6 crabes de palétuviers.

Il en ressort des assemblages de communautés différents entre les trois sites d'étude, ces différences peuvent être dues au statut de protection des sites, en effet le site Baie du trésor étant sur le territoire de la Réserve naturelle de la Caravelle (arrêté du 2 mars 1976) sur lequel l'impact anthropique est limité et présentant une continuité de la mangrove intacte ce qui pourrait expliquer cette richesse spécifique plus importante. Contrairement aux sites Acajou et Belfond qui subissent une pression anthropique importante.

Il a été démontré une modification des assemblages de communautés de crabes et de crevettes en fonction de la distance de la source du rejet (Wear and Tanner, 2007), ainsi qu'une modification de l'abondance et du nombre de taxa sur des sites impactés par les eaux usées (Herteman, 2010) ce qui correspond aux résultats de cette étude où un nombre d'espèces moins important est retrouvé pour les deux sites impactés par les rejets des eaux usées ainsi qu'un assemblage différent entre ces deux sites.

Sur les trois sites, les espèces prélevées étant différentes à l'exception du crabe violoniste, les assemblages peuvent également être influencés par l'habitat. Ces trois sites présents dans l'écosystème de la mangrove sont caractérisés par des espèces

de palétuvier différentes. Pour Acajou une végétation dense de palétuviers rouges et de palétuviers blancs entoure les zones échantillonnées, les crabes de palétuviers étant inféodés aux racines de palétuviers rouges expliquerait leur présence dans les prélèvements. Toutefois les individus de cette espèce ont été prélevés dans des terriers (dont une femelle grainée) et non pas sur les racines échasses des palétuviers rouge, il se pourrait donc que cette espèce utilise les terriers au sol pour se protéger. Pour Belfond la végétation avoisinant les sites d'échantillonnage était principalement constituée de palétuviers blancs, noirs et gris ainsi que quelques acacias avec un couvert végétal moins dense que sur le site Acajou. Pour le site Baie du trésor la végétation présente est composée de palétuviers gris et palétuviers noirs clairsemés.

Il est à souligné que le site Acajou compte le plus petit nombre de crabes prélevé, ce site est considéré comme celui étant le plus impacté par les eaux usées dans cette étude. Il se pourrait donc que les rejets d'eaux usées aient un impact sur la densité de crabes.

La mise en place d'un bioindicateur par l'utilisation d'une espèce animale nécessite de répondre à différents critères tels que :

- une présence abondante de l'espèce dans le milieu naturel,
- être échantillonnée facilement,
- son aire de répartition soit connue,
- elle ait une taille permettant une manipulation facile (Kaiser 2001).

L'espèce commune et la plus abondante pour les 3 sites échantillonnés est le crabe violoniste, il a donc été choisi de focaliser les analyses de l'impact des eaux usées sur cette espèce.

L'estimation du sexe-ratio pour les différents sites montre qu'il y a plus de mâles que de femelles pour les sites Acajou et Belfond alors que les femelles ont été attrapées en plus grand nombre pour sur le site Baie du trésor. Un sexe-ratio en faveur des mâles est commun à de nombreuses études menées sur les crabes du genre *Uca* (Genoni, 1985 ; Castiglioni & Negreiros-Fransozo, 2006). Il est également évoqué que cette différence pourrait être due à une plus forte mortalité des femelles à cause du coup énergétique de la reproduction ou encore à une prédation moins importante sur les mâles du fait de leur pince hypertrophiée leur permettant de se protéger (Johnson, 2003). Toutefois il est à noter que seul le site Baie du trésor, considéré comme le site ne subissant pas d'impact des eaux usées, présente un sexe-ratio en faveur des femelles, les 2 autres sites ayant un sexe-ratio en faveur des mâles et recevant des eaux usées, il se pourrait donc qu'il y ait un impact des eaux usées sur la différenciation des sexes. Une analyse physico-chimique du substrat et des rejets des eaux permettrait de déterminer la présence de perturbateurs endocriniens pouvant avoir un effet sur le développement histologique des animaux.

Concernant la biométrie des individus, les résultats montrent que pour les 3 sites échantillonnés, les mâles sont plus grands et plus lourds que les femelles. Ces différences peuvent être liées au dimorphisme sexuel observé chez l'espèce *Uca rapax*, en effet les mâles possèdent une pince hypertrophiée pouvant représenter 20 à 40% du poids de l'animal influe sur le poids des individus (Ziel *et al*, 2006). Aussi, l'investissement énergétique entre les sexes peut expliquer ces différences de poids et de taille, les femelles investissant d'avantage d'énergie dans la reproduction pour la production et l'entretien des œufs avant la ponte (Castiglioni & Negreiros-Fransozo, 2005, 2006).

Pour les deux sexes confondus les individus les plus grands et les plus lourds sont retrouvés pour les sites considérés comme impactés par les eaux usées (Acajou et Belfond). Wear et Tanner (2007) ont montré que les rejets d'eaux usées affectent l'abondance des juvéniles. Les crabes sont en permanence en contact avec l'eau et la filtrent dans leurs branchies (Bussi-Copin *et al* 2005). Il a été montré que des perturbateurs endocriniens entraînent des modifications sur le développement des crabes et impacteraient même leur survie (Depledge & Billinghamurst, 1999; Brian, 2005 ; Rodríguez *et al*, 2007). Les différences de poids et de tailles entre les sites pourraient donc être dues à la présence de perturbateurs endocriniens ou d'autres polluants dans les rejets d'eaux usées au niveau d'Acajou et Belfond. Il a également été mis en évidence que certains organochlorés auraient tendance à stimuler les mues et accélérer les régénérations (Weis & Mantel, 1976 ; Rodríguez *et al*, 2007). Cette augmentation du nombre de mues pourrait alors accélérer le développement de l'animal et ainsi avoir un impact sur le poids et la taille des individus. En Martinique, un organochloré persistant, le chlordécone, est retrouvé dans tous les cours d'eau et une grande partie des sols agricoles (Office de l'Eau Martinique, 2017). Le site Acajou est situé proche de l'estuaire de la rivière lézarde qui est contaminée par le chlordécone. Les effets du chlordécone sur les crabes de mangroves ne sont pas connus aujourd'hui mais il est fort probable que cette substance ait un effet sur le développement de ces animaux. Des relevés au niveau de l'exutoire de la STEP de Belfond ont été réalisés en 2007 et montrent des modifications du milieu : une hypoxie chronique marquée, une température plus élevée, une dessalure importante ainsi qu'une acidification chronique (Pareto-Asconit, 2007). Des analyses physico-chimiques du milieu ainsi que des dosages des différents polluants dans les tissus des crabes pour les 3 sites seraient donc intéressants en complément de cette étude afin d'évaluer si un impact, notamment du chlordécone, sur le développement des crabes peut être mis en évidence.

Les différences de poids et de tailles peuvent également être mises en corrélation avec la couverture végétale. En effet, l'accès à la nourriture peut avoir une influence considérable sur la taille des crabes (Breteler, 1975). La couverture végétale et la composition en essence est différente d'un site à l'autre. Le site Acajou présente la

végétation la plus dense et donc une disponibilité alimentaire plus importante, pour Belfond la couverture végétale est moins importante mais plus dense que celle de Baie du trésor. Les crabes du genre *Uca* ont tendance à sortir de leurs terriers à marée basse et ne s'en éloignent que très peu lors de leur recherche alimentaire (Crane, 1975; Zeil *et al*, 2006) car se retrouvent vulnérables à la pression de prédation et à la déshydratation (Christy, 1982). Avec un accès plus rapide et en plus grande quantité à la nourriture, il est possible que les crabes d'Acajou et de Belfond aient une alimentation plus régulière et en plus grande quantité contrairement à ceux de la Baie du Trésor qui doivent parcourir des distances plus grandes pour trouver de la nourriture.

Concernant les différents morphotypes échantillonnés, la présence de pigments dans les mélanophores des crabes du genre *Uca* pourraient être à l'origine des différentes couleurs observées. Il a été mis en évidence une migration des pigments en fonction des heures de la journée. Les individus sont plus sombres en journée et plus clairs la nuit (Fingerman, 1956) ce qui expliquerait le plus grand nombre d'individus sombres échantillonnés. La température et les marées ont également un impact sur la migration des pigments (Fingerman *et al*, 1958 ; Silbiger & Munguia, 2008), celle-ci ayant lieu 1-3 heures après la marée basse chez une autre espèce *Uca pugnax* (Fingerman, 1956). Certains prélèvements ont été effectués 1-3 heures après la marée basse et correspondrait donc avec les résultats des autres études. Toutefois, le site Acajou est le site où le plus d'individus de morphotypes différents ont été rencontrés, le rejet des eaux usées pourrait également avoir un effet sur la présence de ces morphotypes.

L'évaluation du nombre de terriers recensés sur les 3 sites, montre que le nombre le moins important de terriers est retrouvé sur le site Acajou. Les nombres de terriers évalués pour Belfond et Baie du trésor ne montrent pas de différences significatives. Le nombre de terriers est à mettre en corrélation avec le nombre de crabes échantillonnés sur les différentes stations, le plus petit nombre d'individus récoltés étant également sur le site Acajou. Toutefois une étude menée au Kenya sur des populations de crabes violonistes présents sur deux sites : un site périurbain recevant les rejets des eaux domestiques non traitées et un site non affecté par les eaux urbaines, montre que sur le site impacté une densité plus importante de crabes est rencontrée mais que l'activité de bioturbation est moins importante (Bartolini, 2010). Il se pourrait donc que l'activité de bioturbation moins importante sur le site Acajou soit aussi liée à l'impact des eaux usées.

La comparaison des effectifs récoltés sur les différents sites a mis en évidence un nombre de crabes collectés plus important en période de Carême. Cette différence entre périodes peut être due aux variations d'humidité des sols. En effet, les précipitations et la marée ont pu avoir une influence sur la présence des crabes en surface. Il s'est avéré que les jours de prélèvements les sols étaient plus humide en période Carême qu'avant Carême. Les crabes ayant besoin d'eau pour maintenir

leurs branchies humides vont avoir tendance à rester à l'abri du soleil et de la chaleur au fond de leur terrier pour se protéger de la déshydratation (Crane, 1975). Les rendant ainsi plus difficile à capturer lorsque les températures sont élevées et que le sol est sec.

Cette augmentation du nombre de crabes peut aussi être due à une arrivée de juvéniles. En regardant la distribution de la largeur des crabes (Annexe 3), il est mis en évidence la présence de crabes de petites tailles à Acajou durant la période de Carême et donc un recrutement de juvéniles pour la population de ce site. Toutefois, seul pour Acajou plus de petits individus ont été attrapés à cette période. Les crabes de petite taille étant plus difficiles à voir et à attraper, il est possible que moins de petits crabes aient été attrapés durant certains échantillonnages. Quelque soit la période le plus grand nombre de crabes a été attrapé sur le site Baie du trésor, cette différence d'abondance pouvant être induite par les eaux s'écoulant des stations d'épuration de Belfond et d'Acajou. Les sites de prélèvements de Belfond et Acajou sont également soumis à d'autres pressions pouvant influencer sur la présence et l'abondance des crabes violonistes (pesticides et autres pollutions chimiques).

Concernant les tailles des individus, les crabes échantillonnés en période de Carême sont plus grands que ceux échantillonnés avant Carême pour les différents sites et quel que soit le sexe des individus. Sur les trois sites les femelles sont plus légères durant Carême, les mâles sont plus lourds durant Carême et moins lourds sur le site de Belfond. Il a été montré que les variations de température et la disponibilité en nourriture ont une influence sur la durée de l'intervalle de mue et le poids des individus ainsi que sur la taille lors du développement larvaire (Breteler, 1975 ; Shirley *et al*, 1987). Les températures durant les deux phases d'échantillonnages ont peu variés (22 à 30°C avant Carême ; 23 à 30°C pendant Carême; Annexe 2), la température ne semble donc pas avoir une influence sur le poids et la taille des individus. Cependant, de fortes précipitations durant la période de Carême 2018 ont eu lieu, amenant un apport d'eau douce pouvant entraîner une modification de la salinité des sols dans les mangroves, celle-ci pouvant avoir une influence sur la survie et développement larvaires. (Breteler, 1975; Darlan *et al*, 2011). Les variations morphologiques pourraient donc être influencées par la salinité du sol, des mesures de salinité seraient à envisager pour compléter cette analyse.

Pour la bioturbation, des différences ont également été observées avec un nombre plus important de terriers à Acajou pendant le Carême, alors que pour Belfond et Baie du trésor l'activité des crabes était moins importante. Ceci est à mettre en corrélation avec le nombre d'individus échantillonnés, plus d'individu ont été récoltés sur les trois sites. Lors des journées d'échantillonnage sur les sites de Belfond et Baie du trésor les relevés ont été effectués à marée montante. Les sols commençant à être inondés au moment de certains relevés, un impact de la marée est à noter sur l'activité et la répartition des crabes dans l'écosystème. Un plus grand nombre de

crabes échantillonnés mais une activité de bioturbation moins importante plus les sols sont humides.

5. Conclusion

Les résultats de cette étude montrent une richesse spécifique des crabes échantillonnés différente entre les trois sites, 3 espèces sont observées sur le site Baie du trésor (site non impacté) et 2 seulement pour Acajou et Belfond (sites impactés). Aussi l'assemblage de ces espèces de crabes est différent selon les sites, correspondant à ce qui est également observé sur d'autres territoires (Mayotte, Australie) subissant des rejets d'eaux usées. Toutefois une espèce est commune aux trois sites : *Uca rapax*. Cette espèce de crabe violoniste répond aux différents critères énoncés par Kaiser (2001) permettant de l'utiliser comme bioindicateur.

Des différences significatives ont été observées au niveau du sexe-ratio entre les différents sites où plus de mâles ont été comptabilisés sur les sites considérés comme impactés par les eaux usées (Acajou et Belfond). Les comparaisons de taille et de poids montrent également des individus plus lourds et plus grands pour ces deux sites. Des études réalisées sur d'autres espèces du genre *Uca*, ont montré que des perturbateurs endocriniens pouvaient avoir un impact sur la croissance et le poids des crabes. La Martinique connaît une forte problématique de contamination des milieux aquatiques par un organochloré, le chlordécone. La présence de ce perturbateur endocrinien pourrait expliquer ces différences de sexe-ratio et de biométrie entre les sites impactés par les eaux usées et le site protégé.

L'analyse de l'activité de bioturbation des crabes sur les différents sites a également mis en évidence des différences entre les différents sites.

Concernant l'influence des variations environnementales, il a été montré dans cette étude que la salinité du sol pourrait avoir un impact sur la taille et le poids des animaux. Ainsi qu'une répartition des individus dans l'écosystème et une activité de bioturbation influencée par la marée.

Il est à rappeler que cette étude est la première pour la mise en place d'un bioindicateur des mangroves de Martinique par l'utilisation de la macrofaune invertébrée. Les résultats de cette étude préliminaire montrent que les crabes violonistes peuvent être considérés comme de bons candidats pour être utilisés comme bioindicateurs des mangroves en Martinique. En effet ils présentent les caractéristiques nécessaires pour être considérés comme bioindicateur et des modifications de sexe-ratio, biométrie et activité ont été mises en évidence entre sites présentant des niveaux de pollution différents.

Toutefois afin d'affiner les résultats et améliorer la gestion de la problématique du déversement des eaux usées dans les mangroves de Martinique, des études complémentaires entre sites présentant des couvertures végétales similaires serait intéressant afin d'écarter le biais potentiel induit par la disponibilité en ressource alimentaire. Des comparaisons entre sites subissant des impacts similaires ainsi que des analyses complémentaires de la physico-chimie des sols et des eaux avoisinant

les sites d'échantillonnés. Enfin des dosages de perturbateurs endocriniens dans le milieu mais aussi dans les tissus des crabes seraient également judicieux.

6. Vulgarisation et présentation de l'étude au grand public

Dans un souci de diffusion de la connaissance scientifique et de sensibilisation du plus grand nombre à la richesse patrimoniale de la Martinique et de communiquer sur l'étude réalisée et de sensibiliser le grand public à la préservation de la mangrove, des ateliers ont été effectués par l'équipe d'Aquasearch. Ces ateliers comprenaient une présentation de la mangrove et des espèces animales et végétales qui la composent. Les notions d'écosystème, de services écosystémiques et d'espèce ingénieuse ont également été abordées et adaptées au public présent. Une partie des ateliers était réservée à la présentation du contexte de l'étude, du protocole mis en place pour attraper les crabes, les caractères permettant d'identifier les espèces. Une visite guidée et commentée dans la mangrove était réalisée lorsque cela était possible.

Le premier atelier s'est tenu le 4 avril 2018 au centre nautique Le Neptune au Lamentin. Le choix du lieu s'est fait suite à la demande d'un animateur du centre nautique voulant sensibiliser les adhérents du centre nautique à la préservation de la mangrove. De plus le centre nautique étant le lieu de départ pour rejoindre le site d'échantillonnage Acajou et un parcours santé proche du centre permet d'accéder facilement à un bout de mangrove, le choix de cet établissement nous a semblé évident. L'animation s'est déroulée en 3 parties : une présentation en salle de la mangrove et de ses habitants, une présentation du protocole (quadra, récolte, etc...) et de la prise de données (mesures et pesées) et enfin une visite commentée dans la mangrove. Au total 64 enfants et sept animateurs du centre nautique ont assisté à cet atelier. Trois personnes d'Aquasearch ont été mobilisées pour la tenue de cet atelier.



Figure 18 : Présentation de la mangrove et de ses habitants
au centre nautique Le Neptune au Lamentin



Figure 19 : Présentation du protocole et de données
prélevées sur les crabes

Le deuxième atelier, s'est déroulé le 14 mai 2018 au Lycée professionnel de Bellefontaine pour une classe de 1^{ère} S. Une présentation de la mangrove et ses habitants a également été faite, ainsi qu'une présentation des résultats préliminaires de l'étude. Les discussions avec les lycéens étaient plus ciblées sur l'acquisition de données scientifiques, des différentes analyses statistiques effectuées. La visite en mangrove n'a pas pu être réalisée avec ce groupe. Cet atelier a été tenu par 2 personnes d'Aquasearch en présence de 23 lycéens et un professeur de SVT.

Le troisième atelier s'est tenu au Centre médico-psycho-pédagogique de la ville de Trinité (CMPP-Sessad Aloès Trinité) auprès d'élèves de 6^{ième} et 5^{ième} en difficulté d'apprentissage. L'intervention a été intégrée dans un programme plus important sur la faune et la flore de Martinique. Pour des raisons de sécurité, d'encadrement et d'assurance il n'a pas été possible d'emmener les enfants sur le terrain. Cet atelier complet (animation et sortie terrain) pourrait être reconduit dans cet établissement pour l'année scolaire 2018-2019.

Les supports pédagogiques développés dans le cadre de ce projet seront présentés lors des événements de vulgarisation et de sensibilisation concernant auxquels Aquasearch sera partenaire.

Remerciements

Nous souhaitons terminer ce rapport en adressant nos chaleureux remerciements à Hervé Baude, moniteur de voile au centre nautique du Lamentin "Le Neptune". Il nous a gentiment mis à disposition un kayak, apporté son aide et organisé les rencontres avec les enfants.

7. Bibliographie

BARTOLINI F., et al (2010). « The effect of sewage discharge on the ecosystem engineering activities of two East African fiddler crab species : Consequences for mangrove ecosystem functioning » *Marine Environmental Research*, vol. 71, p. 53-61.

BRETELER W. K. (1975). « Laboratory experiments on the influence of environmental factors on the frequency of moulting and the increase in size at moulting of juvenile shore crabs, *carcinus maenas* ». *Netherlands Journal of Sea Research*, vol. 9, p. 100-120.

BRIAN J. V. (2005). « Inter-population variability in the reproductive morphology of the shore crab (*Carcinus maenas*) : Evidence of endocrine disruption in a marine crustacean? ». *Marine Pollution Bulletin*, vol. 50, p. 410-416.

BUSSI-COPIN C., et al (2005). « Crustacés divers et varies », Institut océanographique Paris-Monaco.

CASTIGLIONI D. D. & NEGREIROS-FRANSOZO M. L. (2005). « Comparative population biology of *Uca rapax*(Smith, 1870) (Brachyura, Ocypodidae) from two subtropical mangrove habitats on the Brazilian coast » *Journal of Natural History*, vol. 39, p. 1627-1640.

CASTIGLIONI D. D. & NEGREIROS-FRANSOZO M. L. (2006). « Physiologic sexual maturity of the fiddler crab *Uca rapax* (Smith, 1870) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in Ubatuba, Brazil » *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 49, p. 239-248.

CHRISTY J. H. (1982). « Burrow structure and use in the sand fiddler crab, *Uca pugilator* (Bosc) ». *Animal Behaviour*, vol. 30, p. 687-694

CRANE J. (1975). « Fiddler Crabs of the World: Ocypodidae: Genus *Uca* ». *The Princeton Legacy Library*.

DARLAN DE JESUS DE BRITO S. et al (2011). « Influence of salinity on the larval development of the fiddler crab *Uca vocator* (Ocypodidae) as an indicator of ontogenetic migration towards offshore waters". *Helgoland Marine Research*, vol. 66, p. 77-85.

DEPLEDGE M. & BILLINGHURST Z. (1999). "Ecological Significance of Endocrine Disruption in Marine Invertebrates". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 39, p. 32-38.

DYER S. D., PENG C., MCAVOY D. C., FENDINGER N. J., MASSCHELEYN P., CASTILLO L. V. (2003). The influence of untreated wastewater to aquatic communities in the Balatuin River, The Philippines. *Chemosphere*, vol. 52, p. 43-53.

FINGERMAN M. (1956). "Phase Difference In The Tidal Rhythms Of Color Change Of Two Species Of Fiddler Crab". *The Biological Bulletin*, vol. 110, p. 274-290.

FINGERMAN M. et al (1958). "Environmental Factors Involved in Setting the Phases of Tidal Rhythm of Color Change in the Fiddler Crabs *Uca pugilator* and *Uca minax* 1". *Limnology and Oceanography*, vol. 3, p. 271-282.

GENONI G. P. (1985). "Food limitation in salt marsh fiddler crabs *Uca rapax* (Smith) (Decapoda : Ocypodidae)". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 87, p. 97-110.

HERTEMAN M. (2010). Evaluation des capacités bioremédiatrices d'une mangrove impactées par des eaux usées domestiques. Application au site pilote de Malamani, Mayotte. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2010.

JOHNSON, P. (2003). "Biased sex ratios in fiddler crabs (Brachyura, Ocypodidae): A review and evaluation of the influence of sampling method, size class, and sex-specific mortality". *Crustaceana*, vol. 76, p. 559-580.

KAISER J., (2001). Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk assessment pp. 45-52 (Science Publishers, Inc., Enfield (Nh). USA and Plymouth, U.K).

Office de l'Eau Martinique (2017). « Bilan de la qualité des milieux aquatiques de Martinique, Période 2011-2016 ».

PARETO-ASCONIT (2007). Station d'épuration de Belfond (Sainte-Anne), dossier d'autorisation de remise à niveau – Etude d'impact environnementale sur le milieu marin. Rapport final : Phase 2, analyse des impacts, Octobre 2007, 53 p.

PENHA-LOPES G., BARTOLINI F., LIMBU S., CANNICCI S., MGAYA Y., KRISTENSEN E. (2010). Ecosystem engineering potential of the gastropod *Terebralia palustris* (Linnaeus, 1767) in mangrove wastewater wetlands - A controlled mesocosm experiment. *Environmental Pollution* vol. 158, p. 258-266.

RODRÍGUEZ E. M. et al (2007). « Endocrine disruption in crustaceans due to pollutants: A review." *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, vol. 146, p. 661-671.

SILBIGER N. & MUNGUIA P. (2008). "Carapace color change in *Uca pugilator* as a response to temperature". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 355, p. 41-46.

WEAR R. J., TANNER J. E. (2007). Spatio-temporal variability in faunal assemblages surrounding the discharge of secondary treated sewage. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, vol. 73, p. 630-638.

WEIS J. S. & MANTEL L. H. (1976). "DDT as an accelerator of limb regeneration and molting in fiddler crabs". *Estuarine and Coastal Marine Science*, vol. 4, p. 461-466.

ZEIL J. et al (2006). « Fiddler crabs ». *Current Biology*, vol. 16.

Annexes

Annexe 1: Tableau des moyennes du poids et de la largeur et longueur maximales de la carapace des autres espèces de crabes attrapés.

Espèces	Moyennes (± écart type)	
<i>Cardisoma guahumi</i>	femelles	N/A
	mâles	Larg moyenne : 17 ± 9,9 mm Long moyenne : 14 ± 7,07 mm Poids moyen : 2,95 ± 3,75 g
<i>Callinectes sapidus</i>	femelles	N/A
	mâles	Larg moyenne : 40,5 ± 16,26 mm Long moyenne : 24,5 ± 10,61 mm Poids moyen : 9,05 ± 8,98 g
<i>Ucides cordatus</i>	femelles	N/A
	mâles	Larg moyenne : 14,6 ± 4,04 mm Long moyenne : 11 ± 2,92 mm Poids moyen : 1,16 ± 1,32 g
<i>Aratus pisonii</i>	femelles	Larg moyenne : 10,79 ± 3,17 mm Long moyenne : 9,57 ± 3,2 mm Poids moyen : 0,61 ± 0,42 g
	mâles	Larg moyenne : 9,86 ± 2,69 mm Long moyenne : 8,28 ± 2,43 mm Poids moyen : 0,5 ± 0,43 g

Abréviations :

Larg moyenne = Largeur maximale moyenne de la carapace,

Long moyenne = longueur maximale moyenne de la carapace.

Annexe 2: Tableau des variations environnementales recensées durant l'étude

Période	Site de prélèvement	Date de prélèvement	Météo	Temp min (°C)	Temp max (°C)	Nbre de crabes prélevés	Heure de prélèvement	Pleine mer	Hauteur (m)	Basse mer	Hauteur (m)	Coefficients	Précipitations (mm)
Avant Carême	Belfond	08/02/2018	soleil	23	29	Q1 : 81 Q2 : 112	Q1 : 11h50 Q2 : 14h20	10h32	0,48	03h56 18h31	0,35 0,22	AM : 39 PM : 38	1,6
		12/02/2018	nuages	22	28	Q3 : 79	Q3 : 15h05	04h38 13h43	0,41 0,48	08h10 21h28	0,38 0,15	AM : 61 PM : 65	16,3
	Baie du Trésor	16/02/2018	soleil	23	29	Q1 : 76 Q2 : 85 Q3 : 88	Q1 : 09h05 Q2 : 10h45 Q3 : 13h25	04h32 15h43	0,58 0,69	09h37 22h37	0,43 0,29	AM : 87 PM : 88	12
	Acajou	17/01/2018	soleil + averses	22	30	Q1 : 82 Q2 : 55 Q3 : 59	Q1 : 10h05 Q2 : 12h15 Q3 : 14h30	11h36	0,73	19h47	0,52	AM : 58 PM : 64	1,8
Carême	Belfond	26/03/2018	soleil	24	29	Q1 : 117	Q1 : 10h15	1h21 11h35	0,44 0,52	05h48 19h47	0,38 0,17	AM : 57 PM : 63	0
		28/03/2018	soleil + averses	24	28	Q2 : 101 Q3 : 147	Q2 : 11h50 Q3 : 14h20	02h46 14h01	0,49 0,55	08h05 20h50	0,32 0,18	AM : 83 PM : 89	6,7
	Baie du Trésor	24/04/2018	soleil + nuages	25	30	Q1 : 161 Q2 : 174 Q3 : 76	Q1 : 08h03 Q2 : 10h33 Q3 : 11h10	10h34	0,63	04h48 17h42	0,48 0,30	AM : 59 PM : 64	1
	Acajou	11/04/2018	couvert + averses	23	30	Q1 : 140	Q1 : 08h21	10h51	0,73	18h18	0,58	AM : 56 PM : 63	0,8
		27/04/2018	soleil + averses	24	29	Q2 : 97 Q3 : 125	Q2 : 08h31 Q3 : 11h21	01h17 13h44	0,76 0,73	07h31 19h10	0,62 0,63	AM : 88 PM : 91	2,2

Annexe 3: Histogrammes de la largeur maximale de la carapace des crabes à chaque station avant Carême et pendant Carême

