

# Evaluation des impacts de l'écrevisse exotique envahissante *Cherax quadricarinatus* sur les hydrosystèmes de Martinique

Thomas Baudry

*sous la direction de*  
*Frédéric Grandjean (Université de Poitiers)*  
*Juliette Smith-Ravin (Université des Antilles)*

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

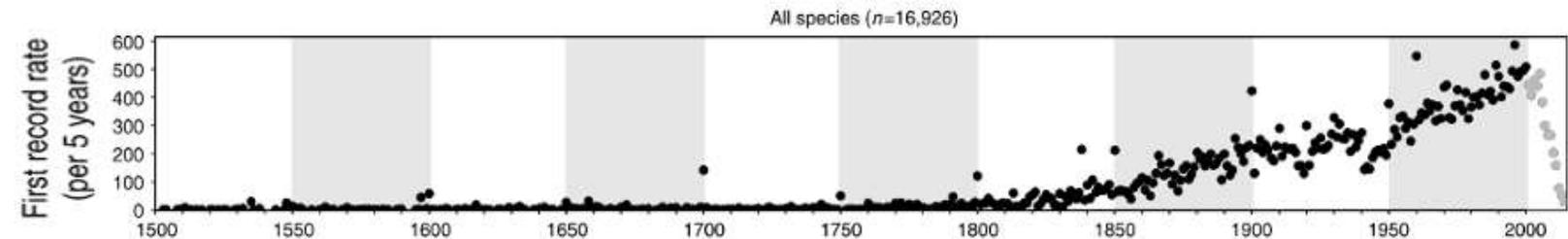
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Les invasions biologiques

- « un phénomène qui correspond à l'introduction volontaire ou non, par l'Homme, d'espèces animales ou végétales, en des lieux où elles ne sont pas naturellement présentes »
- Phénomène qui s'est accru avec l'essor des transports et des échanges internationaux





Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Les invasions biologiques

- « un phénomène qui correspond à l'introduction volontaire ou non, par l'Homme, d'espèces animales ou végétales, en des lieux où elles ne sont pas naturellement présentes »
- Phénomène qui s'est accru avec l'essor des transports et des échanges internationaux
- Toutes les espèces ne deviennent pas automatiquement envahissantes
  - importance du milieu
  - et des caractéristiques intrinsèques de l'espèce



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

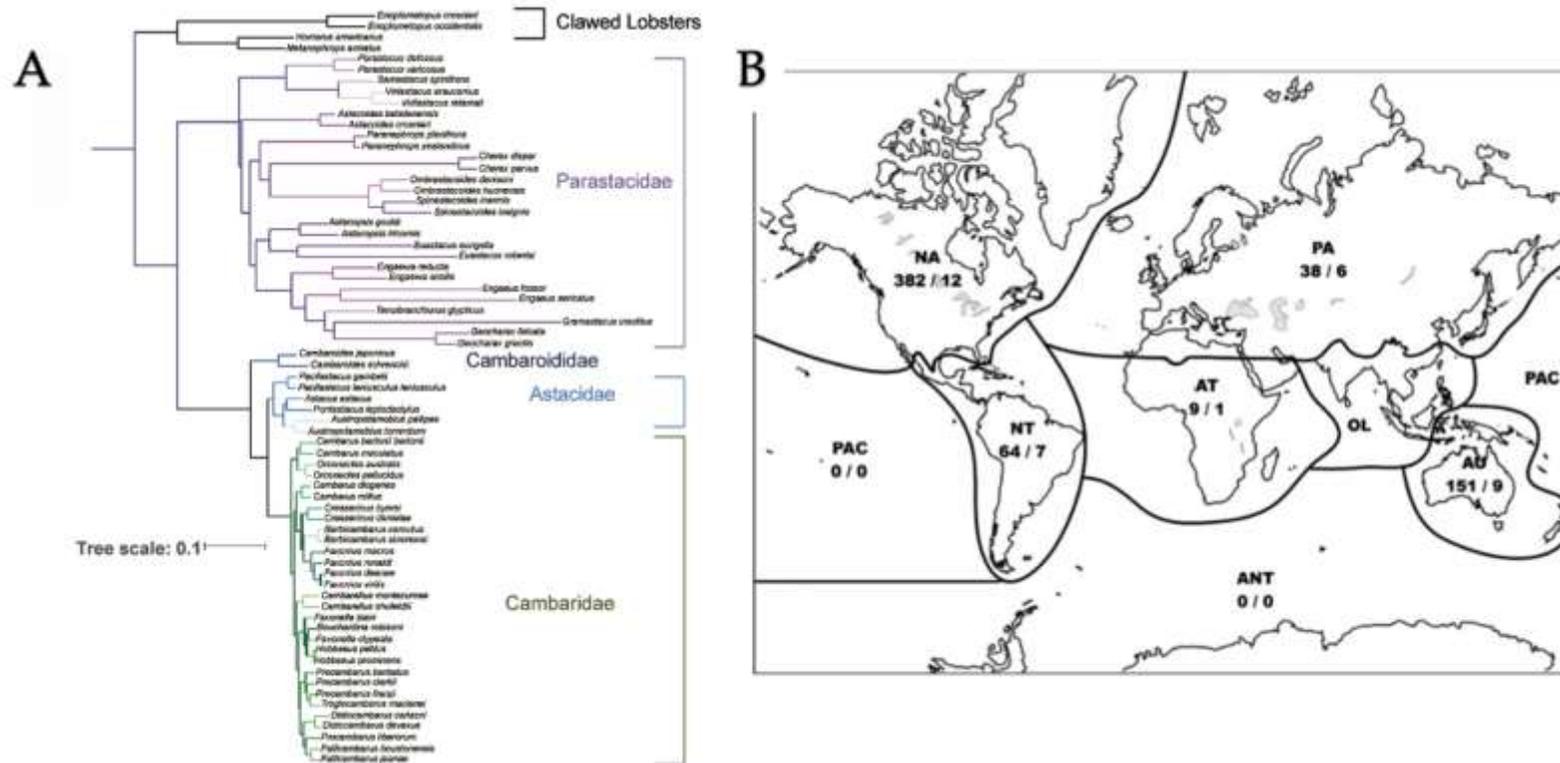
Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

# Les écrevisses exotiques envahissantes

- Groupe taxonomique de crustacés décapodes comprenant plus de 600 espèces, sur presque tous les continents du monde



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie tropique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Les écrevisses exotiques envahissantes

- Groupe taxonomique de crustacés décapodes comprenant plus de 600 espèces, sur presque tous les continents du monde
- Toujours très appréciée par l'Homme



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Les écrevisses exotiques envahissantes

- Groupe taxonomique de crustacés décapodes comprenant plus de 600 espèces, sur presque tous les continents du monde
- Toujours très appréciée par l'Homme
- Notamment pour l'astaciculture : *exemple en Europe...*

*Faxonius limosus*



*Pacifastacus leniusculus*



*Procambarus clarkii*



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

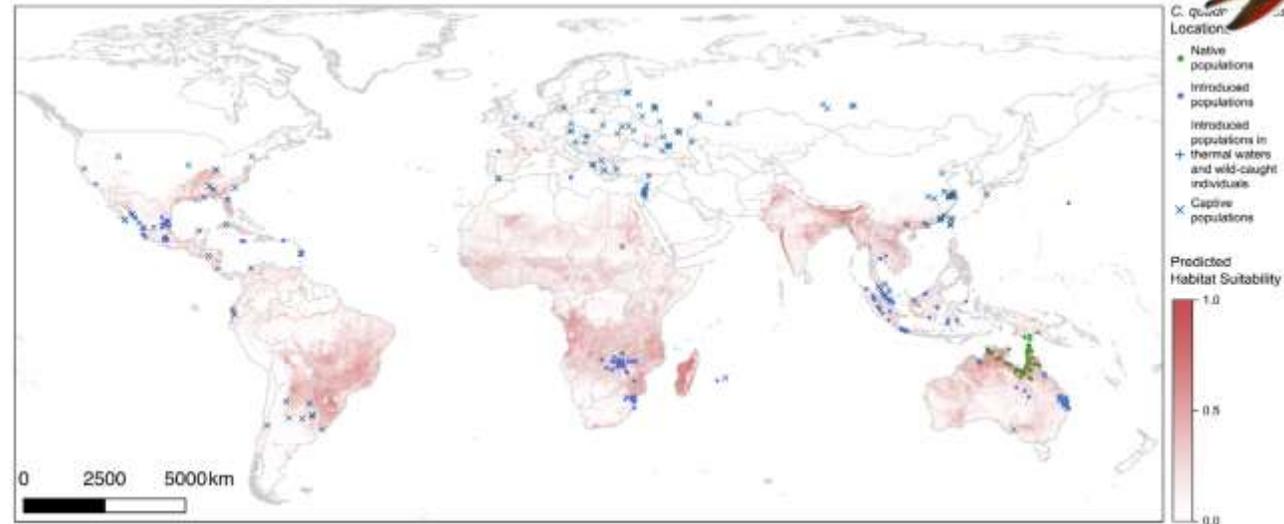
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## *Cherax quadricarinatus* ...

- Originaire du Nord de l'Australie et du sud de la Papouasie Nouvelle-Guinée



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

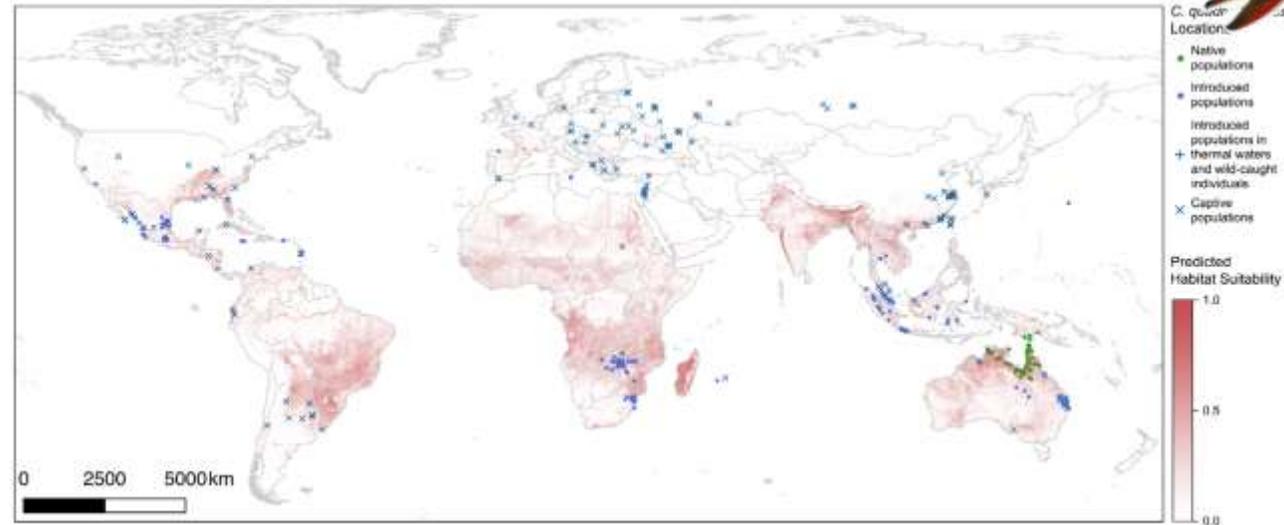
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## *Cherax quadricarinatus* ...

- Originaire du Nord de l'Australie et du sud de la Papouasie Nouvelle-Guinée
- Fortes capacités de croissance et de reproduction
- et de très faibles exigences écologiques !



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

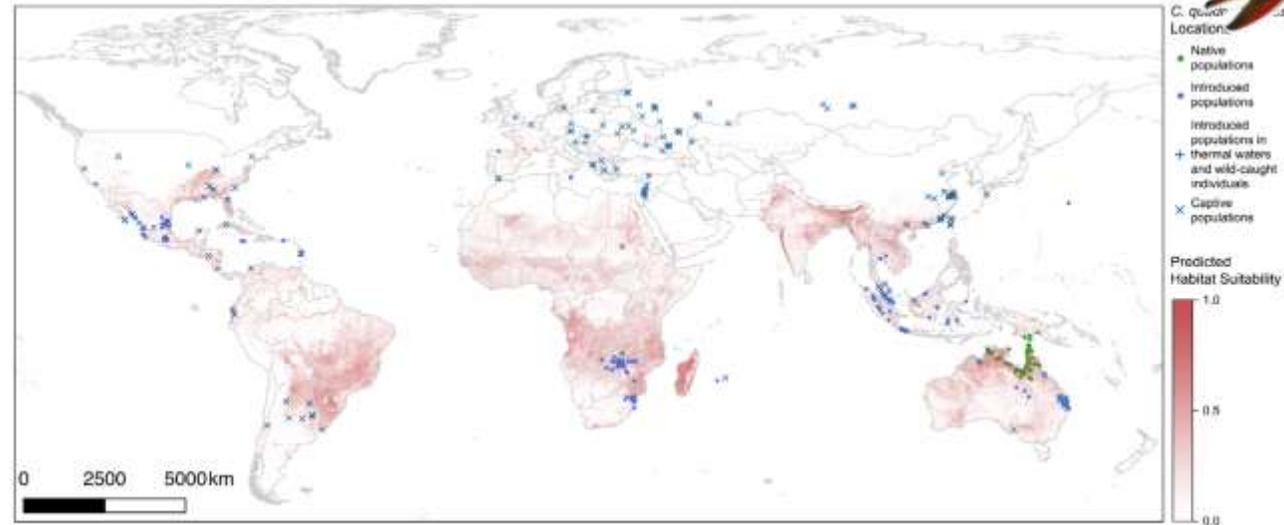
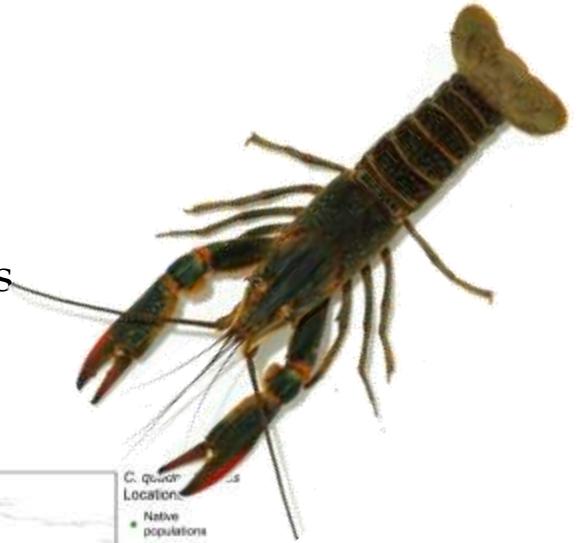
Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## *Cherax quadricarinatus* ...

- Originaire du Nord de l'Australie et du sud de la Papouasie Nouvelle-Guinée
- Fortes capacités de croissance et de reproduction
- et de très faibles exigences écologiques !
- Introduite pour l'astaciculture dans de nombreuses régions

=> **Envahisseur parfait**





Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Historique



Début 21<sup>ème</sup> siècle:  
Introduction en Martinique



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Historique



Début 21<sup>ème</sup> siècle:  
Introduction en Martinique

2010: Première détection en milieu naturel



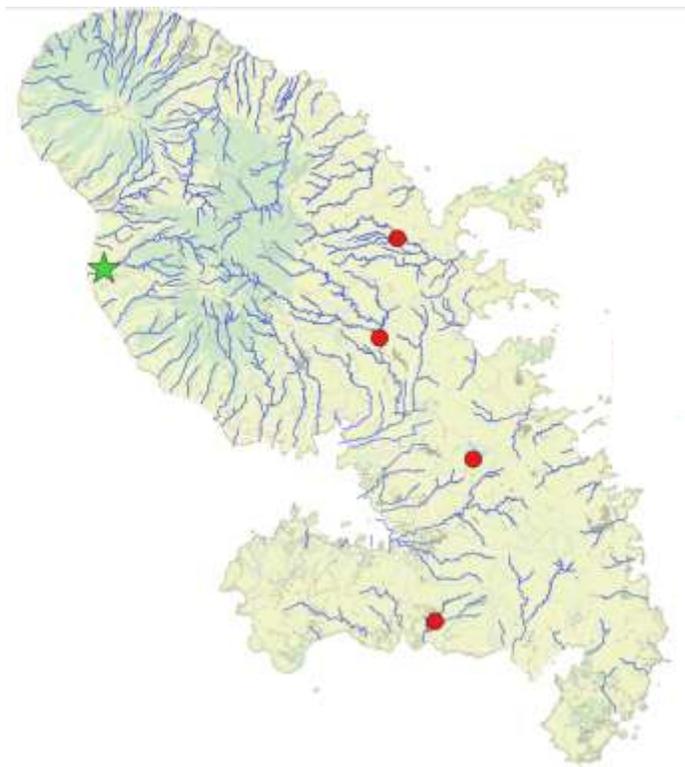
# Historique



Début 21<sup>ème</sup> siècle:  
Introduction en Martinique

2015: 4 populations connues

2010: Première détection en milieu naturel





Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

# Historique

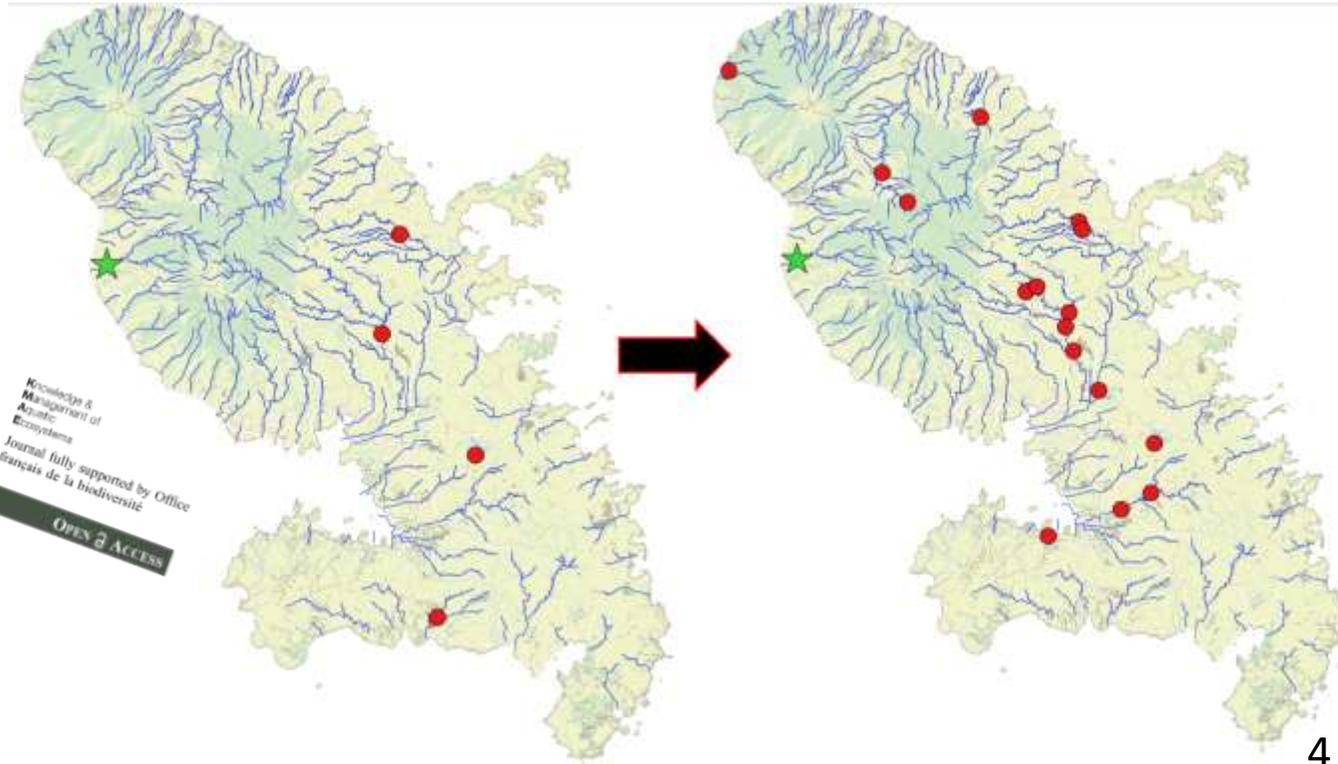


Début 21<sup>ème</sup> siècle:  
Introduction en Martinique

2015: 4 populations connues

2010: Première détection en milieu naturel

2018: Stage de M2 : 34 stations prospectées => 10 populations



Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst. 2020, 421, 50  
 © T. Baudry et al., Published by EDP Sciences 2020  
<https://doi.org/10.1051/kmae/2020041>  
[www.kmae-journal.org](http://www.kmae-journal.org)

RESEARCH PAPER

**Invasion and distribution of the redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in Martinique**

Thomas Baudry<sup>1,2,3,4,\*</sup>, Thomas Becking<sup>3</sup>, Jean-Pierre Gout<sup>1</sup>, Alexandre Arqué<sup>2</sup>, Han Ming Gan<sup>5</sup>, Chris M. Austin<sup>5</sup>, Carine Delaunay<sup>3</sup>, Juliette Smith-Ravin<sup>4</sup>, Jonathan A.C. Roques<sup>4</sup> and Frédéric Grandjean<sup>3</sup>

Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems  
 Journal fully supported by Office français de la biodiversité

OPEN ACCESS



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Historique



Début 21<sup>ème</sup> siècle:  
Introduction en  
Martinique

2010: Première détection  
en milieu naturel

2015: 4 populations  
connues

2018: Stage de M2 :  
34 stations prospectées  
=> 10 populations

2019: Début des travaux de  
thèse

### Objectifs:

- ❑ Chapitre 1 : Actualisation de la distribution de *C. quadricarinatus* en Martinique :
  - ❑ Développement de la méthodologie ADNe
  - ❑ Méthode traditionnelle
- ❑ Chapitre 2: Ecologie trophique et impacts sur les communautés sauvages
  - ❑ Double approche : Isotopique / Choix alimentaires
- ❑ Chapitre 3: Contexte écotoxicologique (CLD) : Evaluation du risque sanitaire lié à la consommation d'écrevisses.

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*



Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

## Chapitre 1 :

# Actualisation de la distribution de *C. quadricarinatus* en Martinique

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## La méthode ADNe

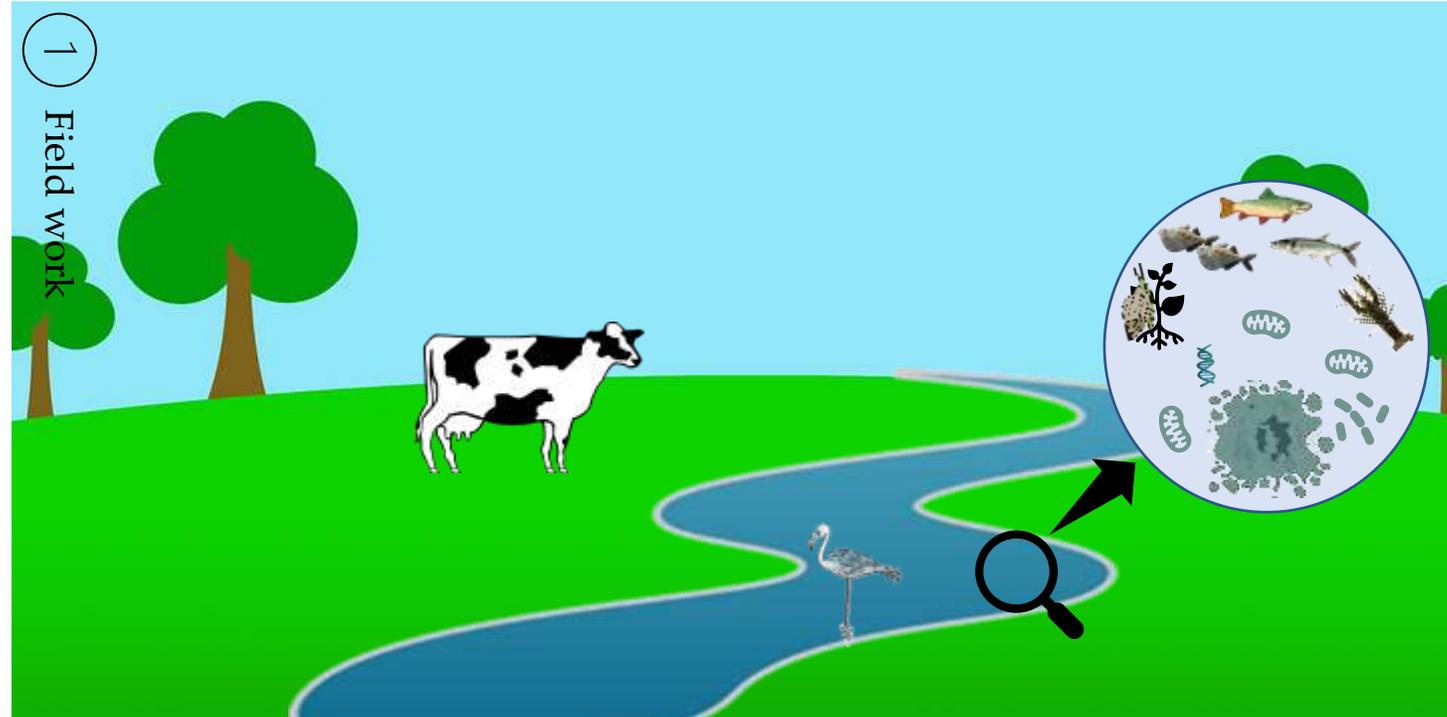
Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

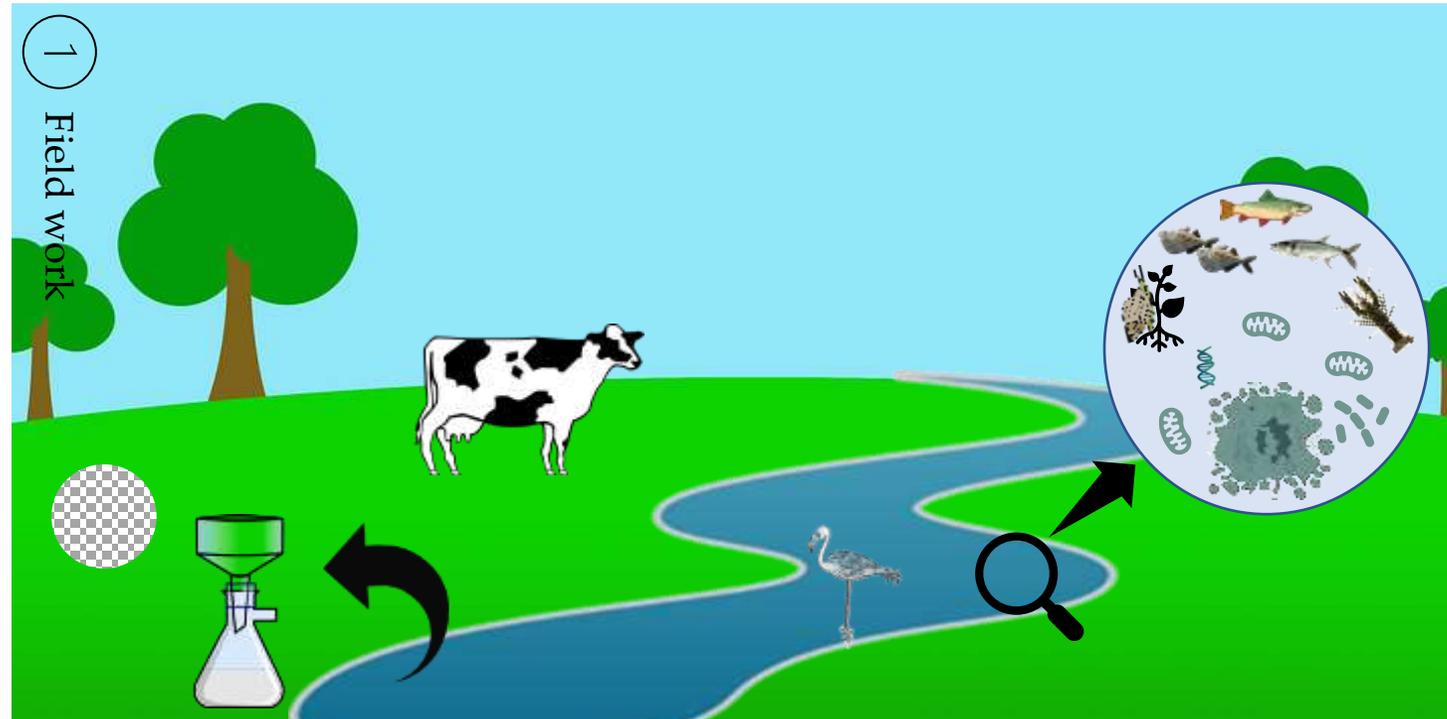
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives



## La méthode ADNe



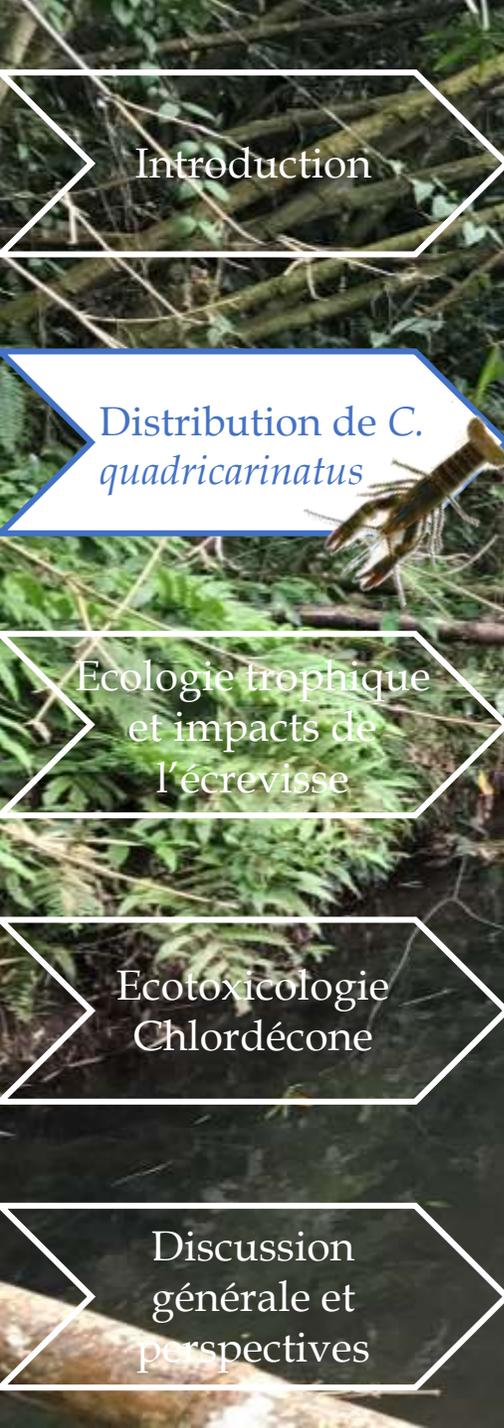
Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

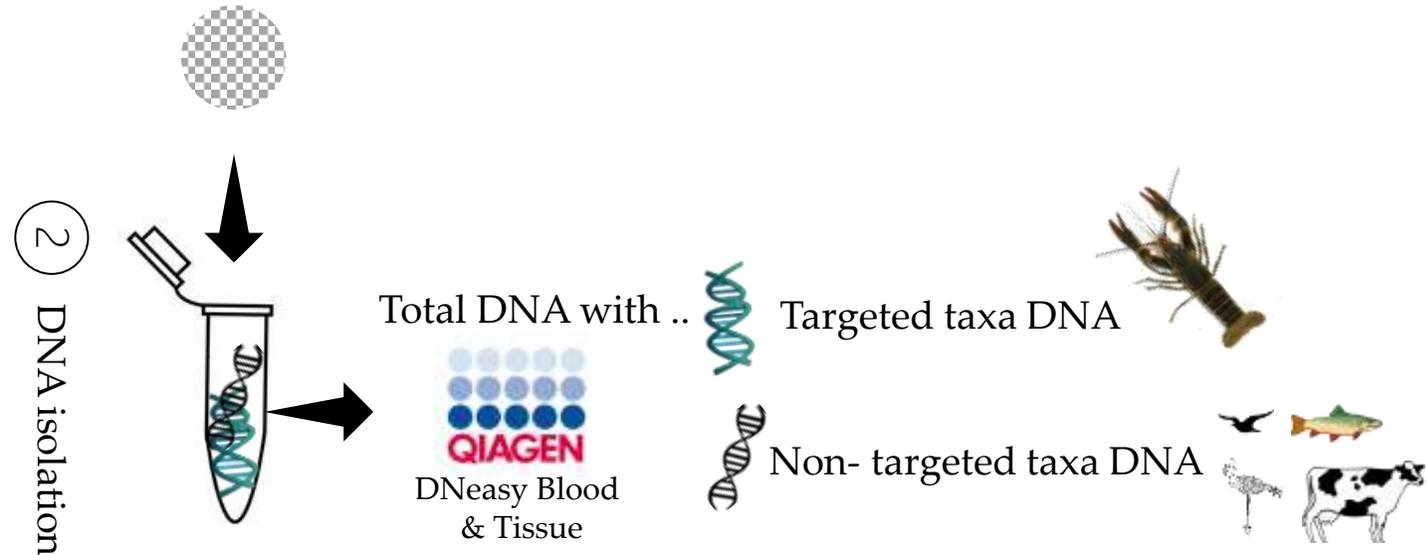
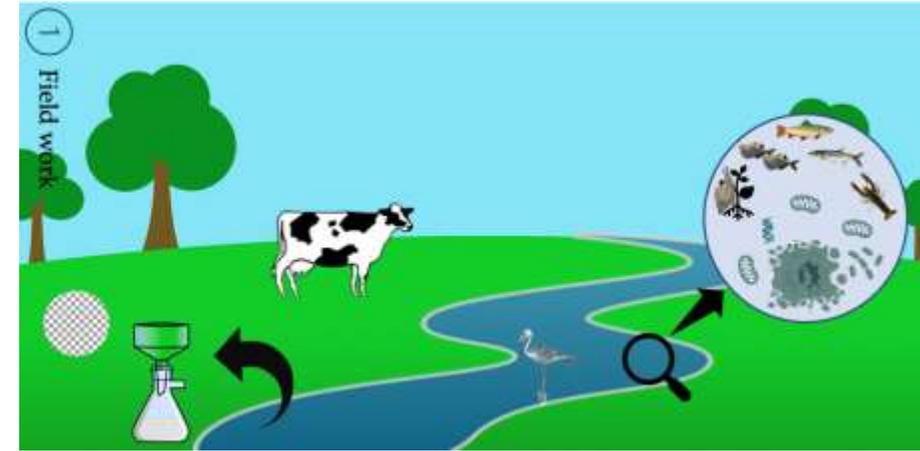
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

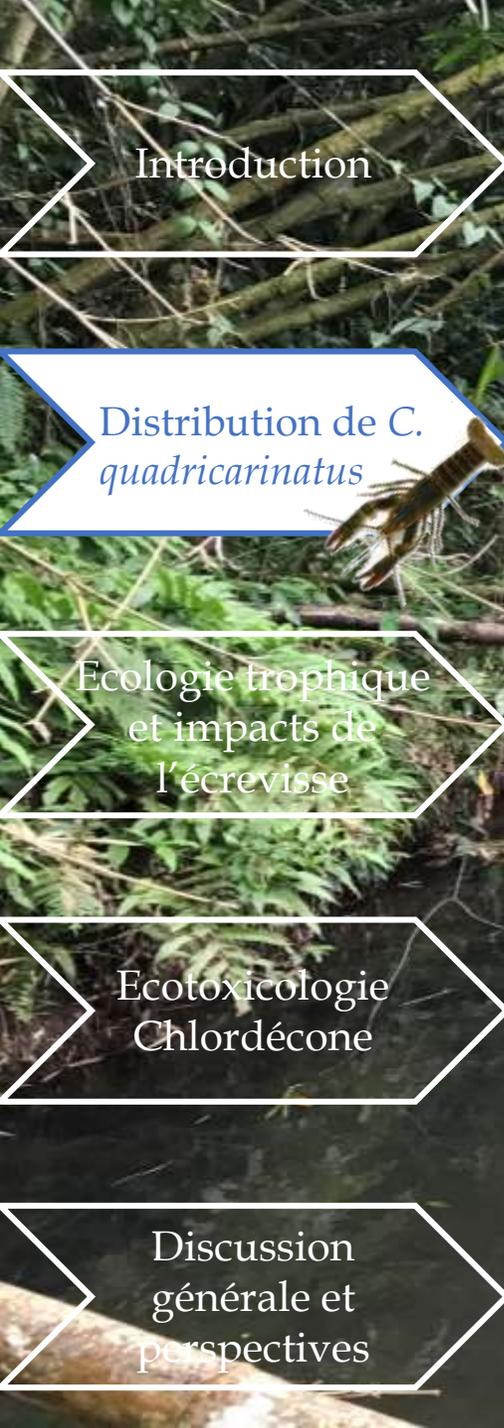
Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

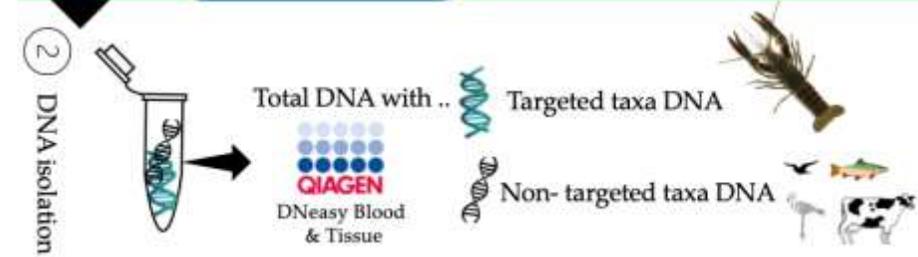


## La méthode ADNe

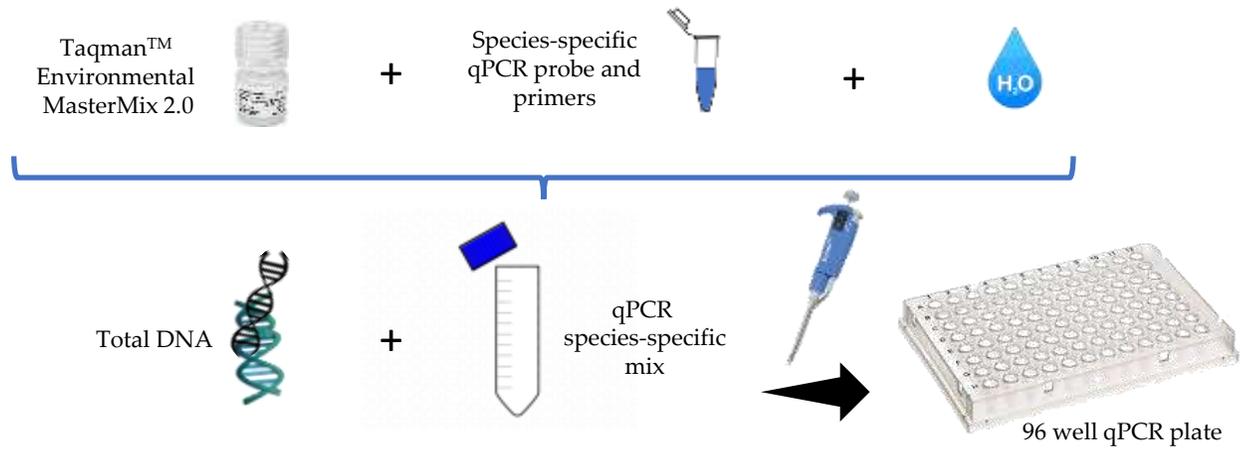




## La méthode ADNe



3 qPCR preparation



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

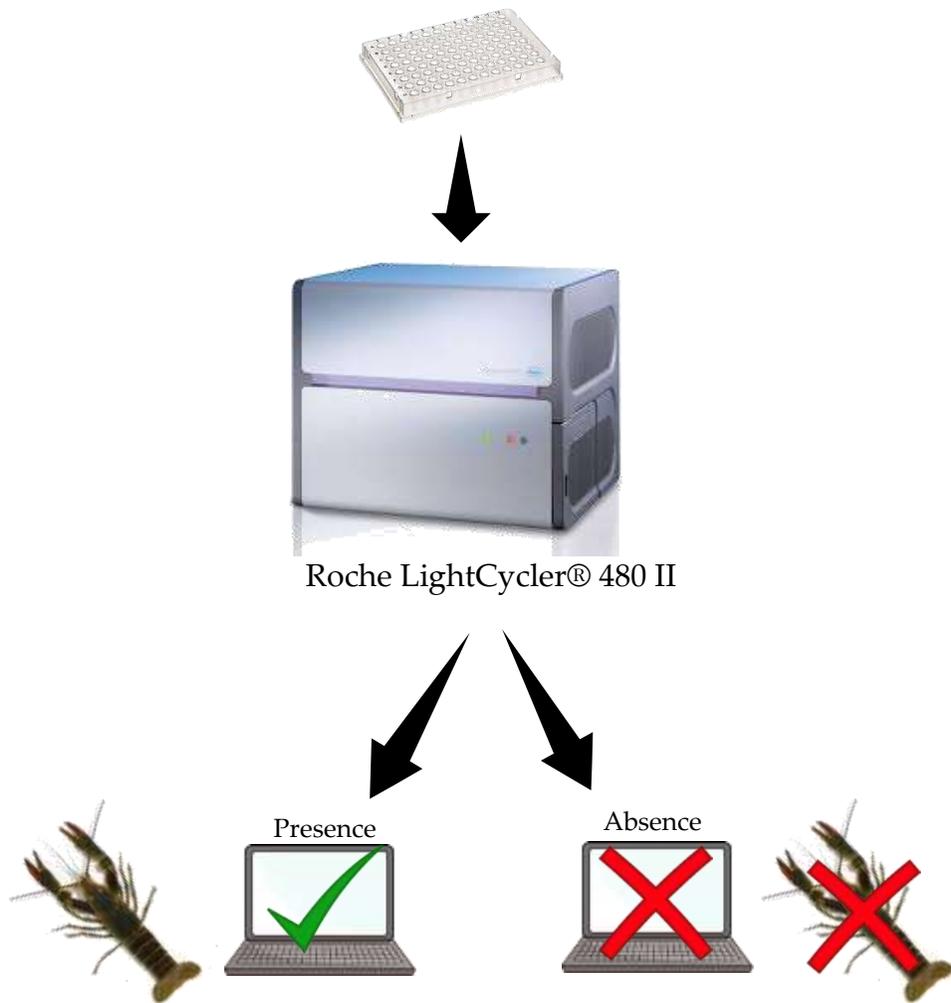
Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

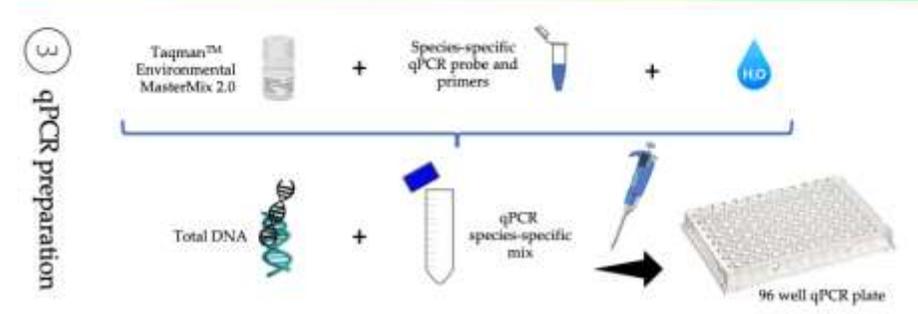
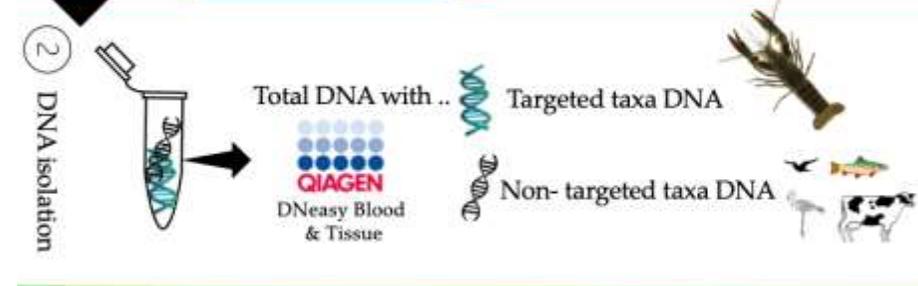
Discussion générale et perspectives

## La méthode ADNe

④ qPCR treatment



Ficetola et al. (2008)



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

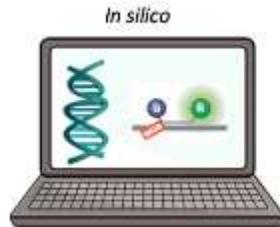
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthode

- Nécessité de valider la spécificité de la méthode et de l'optimiser



Alignement avec les  
bases de données  
Genbank *via Geneious*

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

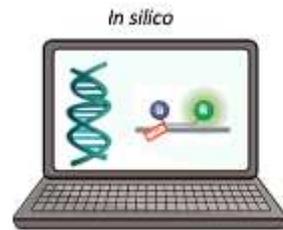
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

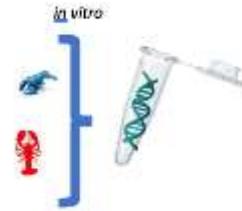
Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthode

- Nécessité de valider la spécificité de la méthode et de l'optimiser



Alignement avec les  
bases de données  
Genbank *via Geneious*



Test des amorces en  
qPCR sur de l'ADN  
cible et non cible

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

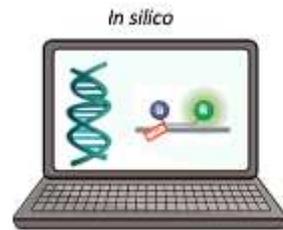
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

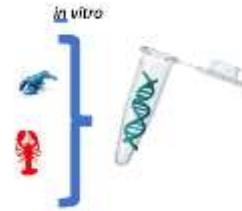
Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthode

- Nécessité de valider la spécificité de la méthode et de l'optimiser



Alignement avec les  
bases de données  
Genbank *via Geneious*



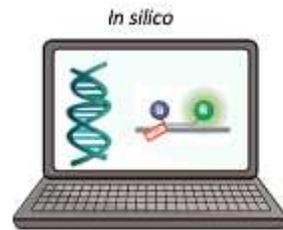
Test des amorces en  
qPCR sur de l'ADN  
cible et non cible



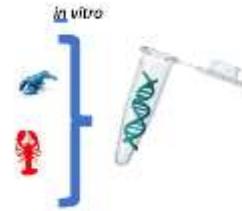
Validation sur des  
échantillons de terrain  
(présence et absence  
connue de la cible)

## Matériel et méthode

- Nécessité de valider la spécificité de la méthode et de l'optimiser



Alignement avec les bases de données Genbank *via Geneious*



Test des amorces en qPCR sur de l'ADN cible et non cible



Validation sur des échantillons de terrain (présence et absence connue de la cible)



Modélisation des probabilités de faux-positifs et faux-négatifs

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

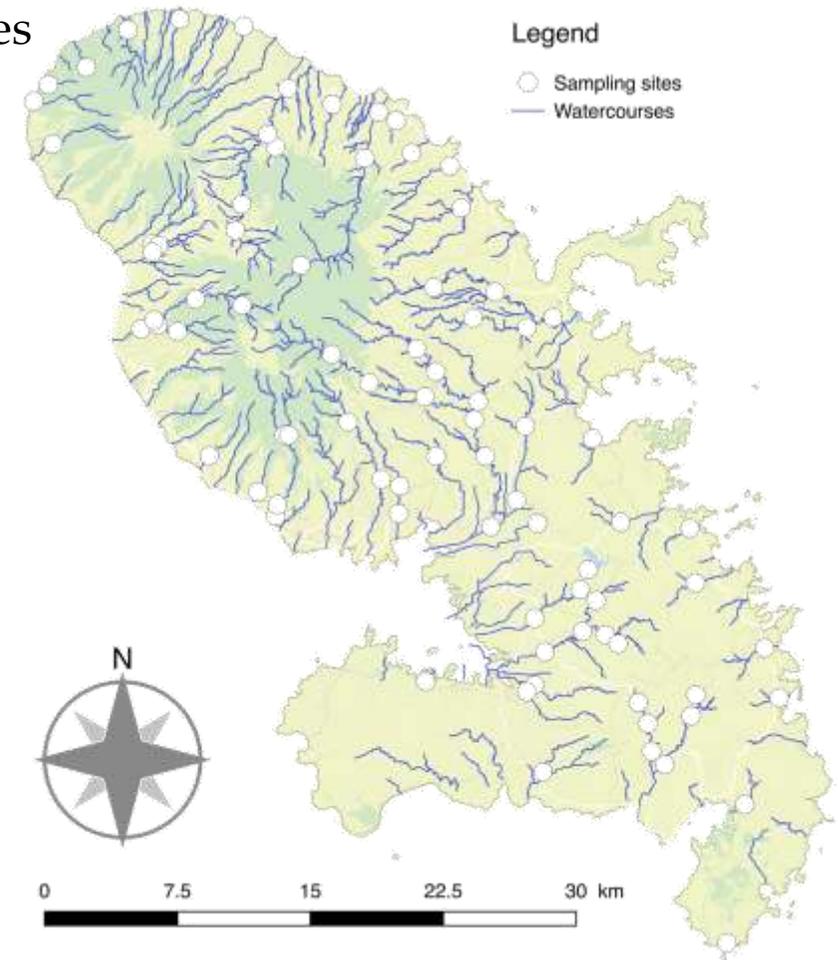
Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Matériel et méthode

- 83 stations retenues, sur 53 rivières permanentes



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

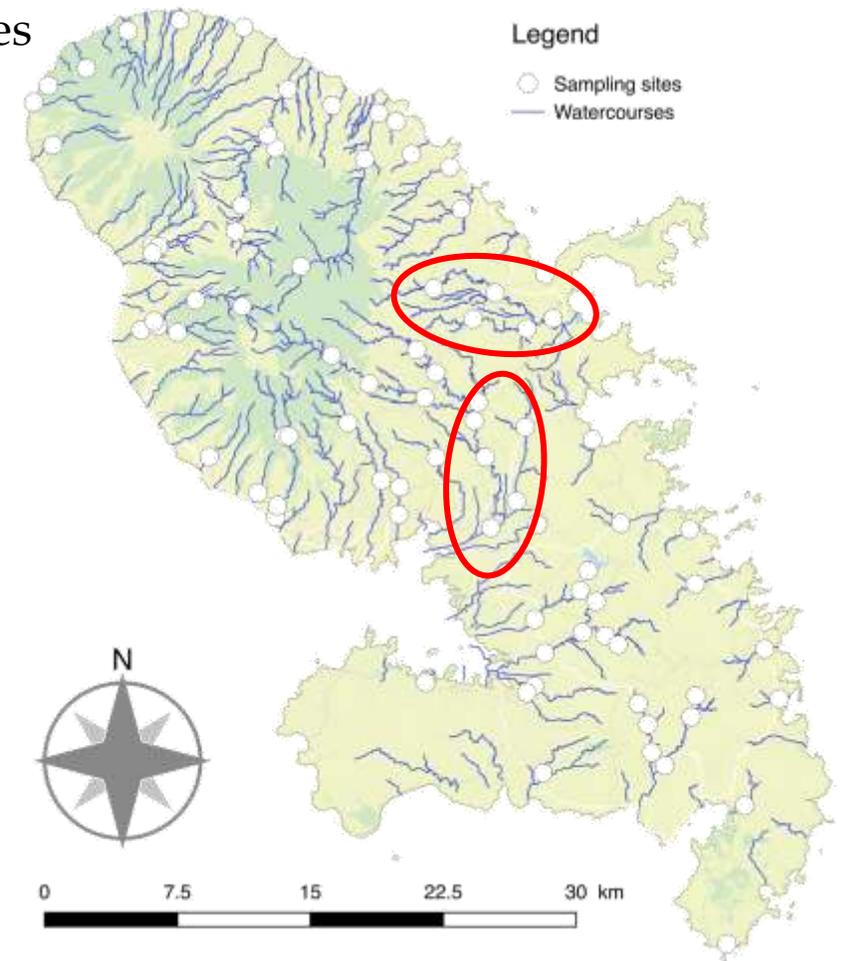
Ecologie tropique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthode

- 83 stations retenues, sur 53 rivières permanentes
- Stations contrôles positives



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

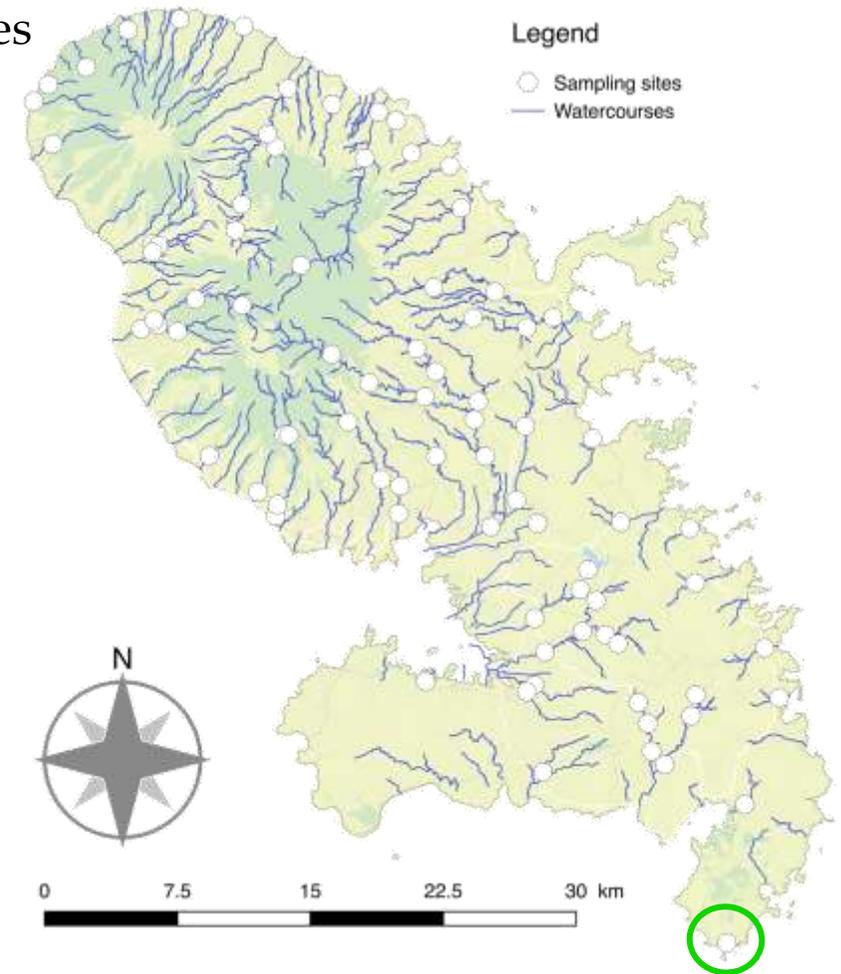
Ecologie tropique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthode

- 83 stations retenues, sur 53 rivières permanentes
- Stations contrôles positives et négatives



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

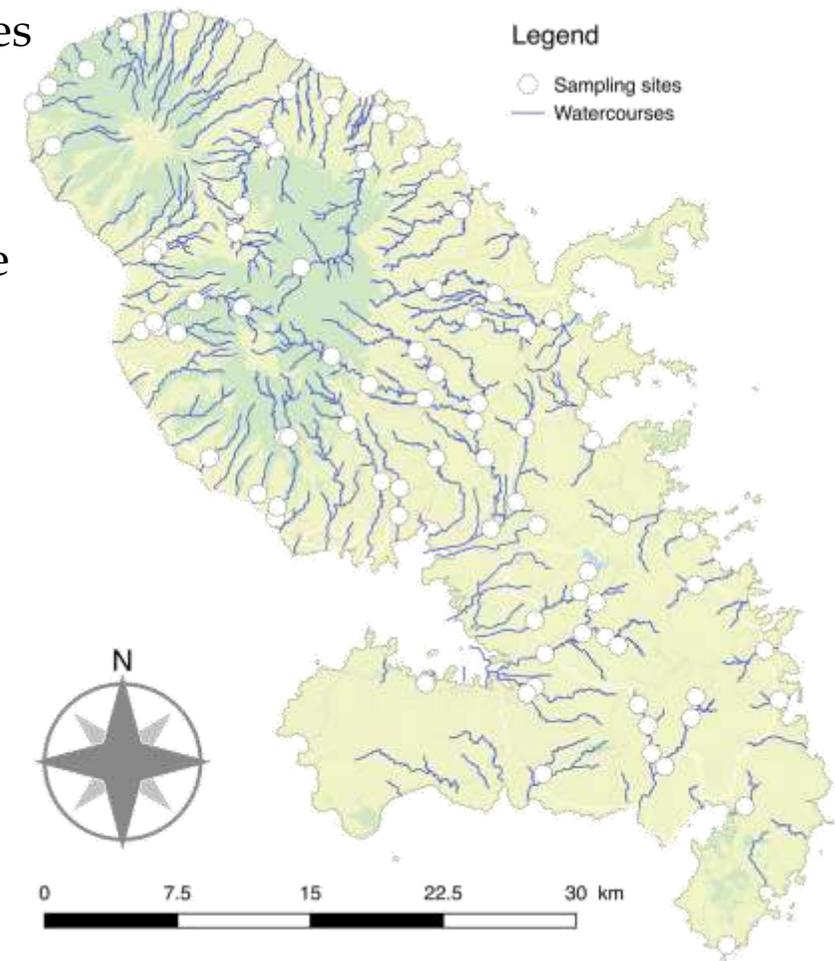
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthode

- 83 stations retenues, sur 53 rivières permanentes
- Stations contrôles positives et négatives
- 3 filtrations par station + 2 sessions de piégeage
- Contrôles négatifs entre station (dH<sub>2</sub>O)



## Résultats

Test	Résultats
Validation <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>In-silico</i></li><li>- <i>In-vitro</i></li><li>- <i>In-situ</i></li></ul>	 Spécifique à <i>C. quadricarinatus</i>

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Résultats

Test	Résultats
Validation - <i>In-silico</i> - <i>In-vitro</i> - <i>In-situ</i>	 Spécifique à <i>C. quadricarinatus</i>
Optimisation	 Très haute sensibilité de l'ordre du ng d'ADN par $\mu\text{L}$ Pas de faux positifs / faux négatifs

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

Introduction

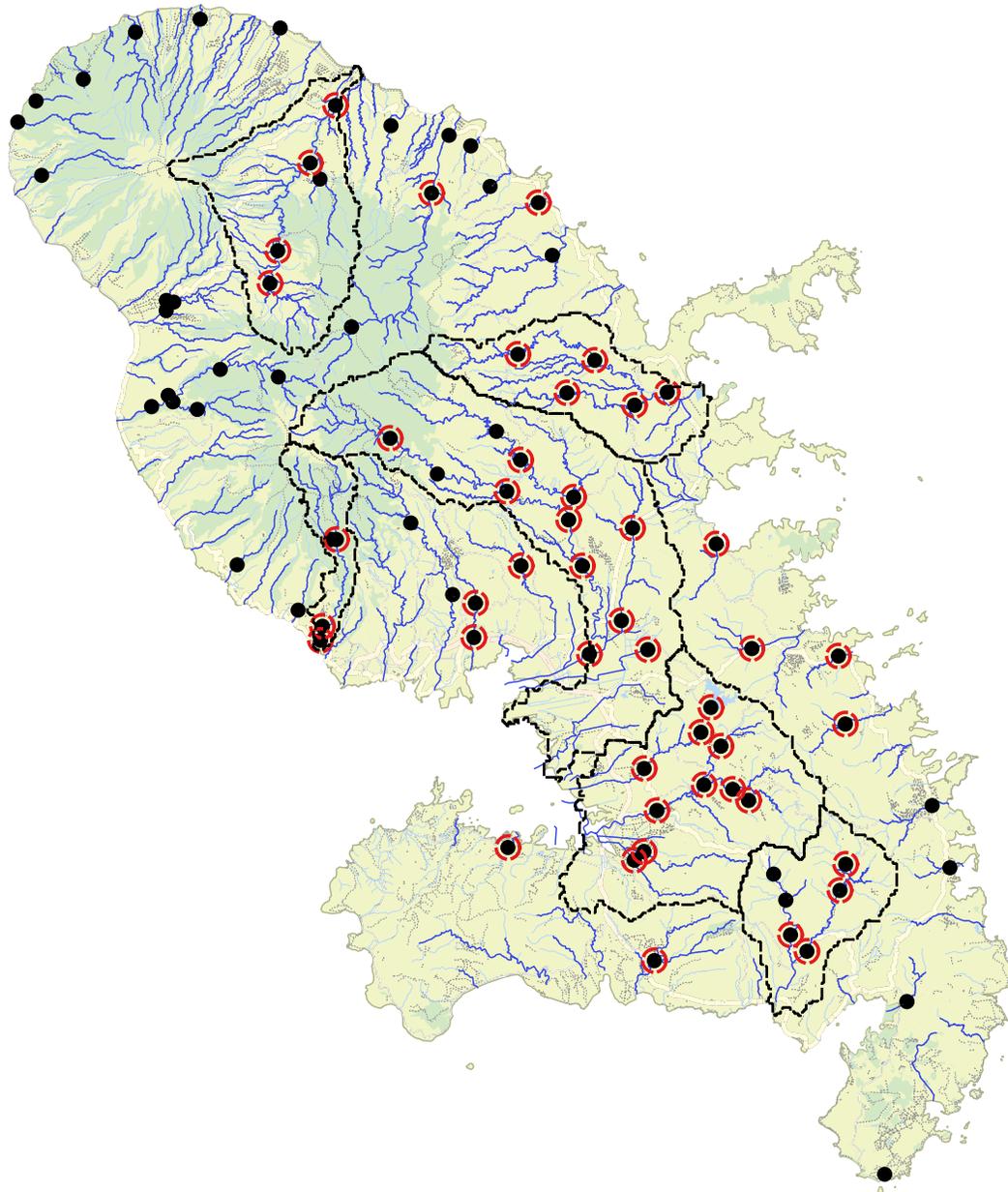
Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Résultats



### Résultats



Spécifique à *C. quadricarinatus*



Très haute sensibilité  
de l'ordre du ng d'ADN par  $\mu\text{L}$   
Pas de faux positifs / faux négatifs

47 stations positives (56.6%)  
(6 bassins versants totalement envahis)

## Résultats

Test	Résultats
Validation - <i>In-silico</i> - <i>In-vitro</i> - <i>In-situ</i>	 Spécifique à <i>C. quadricarinatus</i>
Optimisation	 Très haute sensibilité de l'ordre du ng d'ADN par $\mu\text{L}$ Pas de faux positifs / faux négatifs
Distribution de <i>C. quadricarinatus</i>	47 stations positives (56.6%) (6 bassins versants totalement envahis) 28 stations positives au piégeage (33.7%) (Toutes positives en ADNe)

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## ***Discussion***

- Méthode au point pour la détection de *C. quadricarinatus*

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## ***Discussion***

- Méthode au point pour la détection de *C. quadricarinatus*
- ADNe (56.6%) >> Méthode par trapping (33.7%)
  - Dépendant de l'effort
  - Des densités de population
  - Activité de l'écrevisse

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

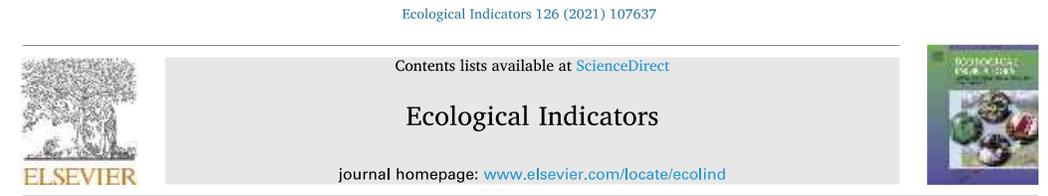
## *Discussion*

- Méthode au point pour la détection de *C. quadricarinatus*
- ADNe (56.6%) >> Méthode par trapping (33.7%)

- Dépendant de l'effort
- Des densités de population
- Activité de l'écrevisse

- *C. quadricarinatus* largement répandue au sein des hydrosystèmes

- 47 stations envahies (23 rivières permanentes)
- 6 bassins versants totalement envahis



Mapping a super-invader in a biodiversity hotspot, an eDNA-based success story

Thomas Baudry<sup>a,b,c,d,\*</sup>, Quentin Mauvisseau<sup>e,f</sup>, Jean-Pierre Goût<sup>a</sup>, Alexandre Arqué<sup>b</sup>, Carine Delaunay<sup>c</sup>, Juliette Smith-Ravin<sup>d</sup>, Michael Sweet<sup>f</sup>, Frédéric Grandjean<sup>c</sup>



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

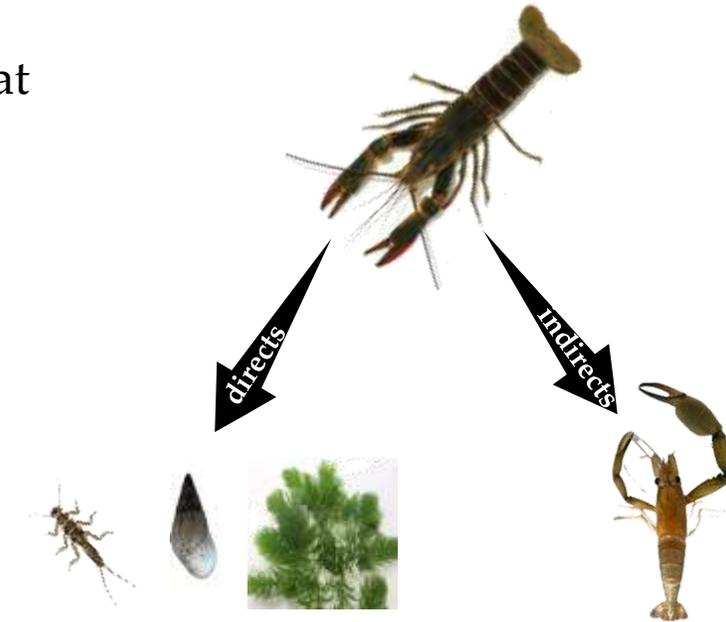
## Chapitre 2 :

# Ecologie trophique et impacts de *C. quadricarinatus* sur les communautés de Martinique



## Contexte

- Impacts des écrevisses exotiques envahissantes bien connus
  - Modifications physiques et chimiques de l'habitat



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

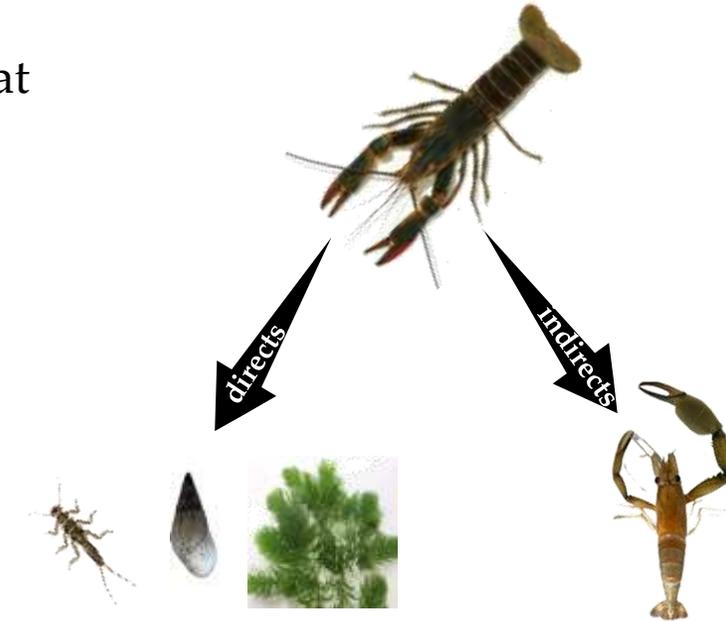
Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Contexte

- Impacts des écrevisses exotiques envahissantes bien connus
  - Modifications physiques et chimiques de l'habitat
  - Impacts sur les macrophytes



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

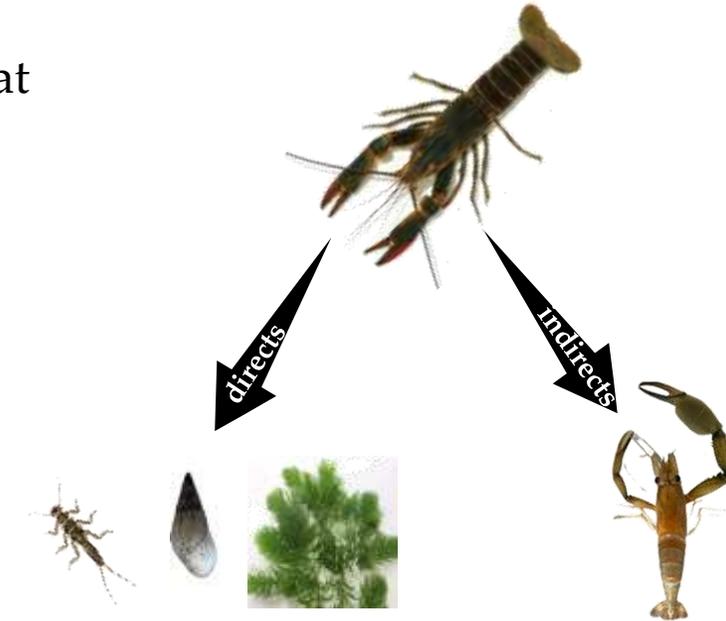
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Contexte

- Impacts des écrevisses exotiques envahissantes bien connus
  - Modifications physiques et chimiques de l'habitat
  - Impacts sur les macrophytes
  - Impacts sur les invertébrés benthiques



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

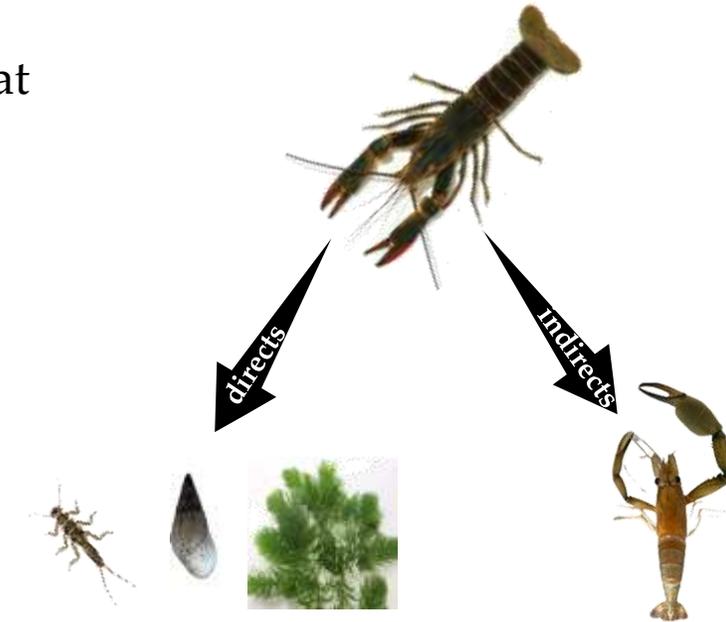
Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Contexte

- Impacts des écrevisses exotiques envahissantes bien connus
  - Modifications physiques et chimiques de l'habitat
  - Impacts sur les macrophytes
  - Impacts sur les invertébrés benthiques
  - Impacts sur les poissons



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Contexte

- Impacts des écrevisses exotiques envahissantes bien connus
  - Modifications physiques et chimiques de l'habitat
  - Impacts sur les macrophytes
  - Impacts sur les invertébrés benthiques
  - Impacts sur les poissons
- Effets ontogénétiques



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthodes

- Double approche

### 1) Analyse des isotopes stables (azote $\delta^{15}\text{N}$ et carbone $\delta^{13}\text{C}$ ) ...

- Analyse à un niveau communautaire
- sur du long terme
- et à des coûts raisonnables

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthodes

- Double approche

### 1) Analyse des isotopes stables (azote $\delta^{15}\text{N}$ et carbone $\delta^{13}\text{C}$ ) ...

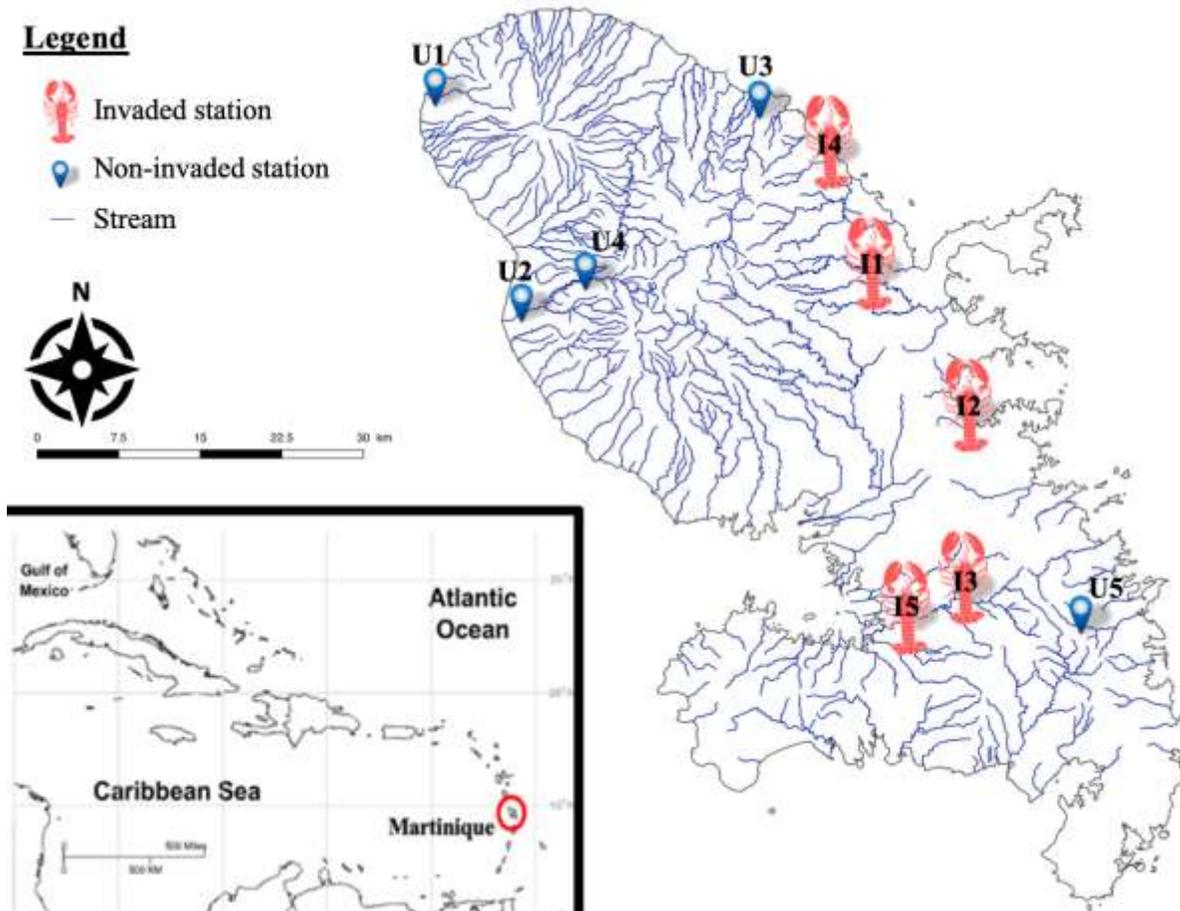
- Analyse à un niveau communautaire
- sur du long terme
- et à des coûts raisonnables

### 2) Choix alimentaire

- Mise en place rapide
- Coûts réduits

## Matériel et méthodes - *Isotopes stables*

- 5 sites envahis et 5 sites non-envahis



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Matériel et méthodes - *Isotopes stables*

- 5 sites envahis et 5 sites non-envahis

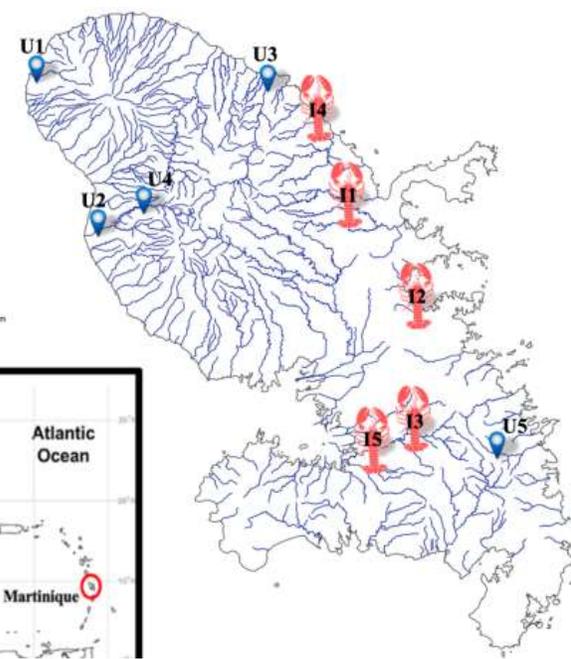
- Echantillonnage qualitatif

Végétaux

- Biofilm
- Litière / détritus
- Macrophytes
- Mollusques
- Crevettes
- Poissons
- Ecrevisses

### Legend

-  Invaded station
-  Non-invaded station
-  Stream



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

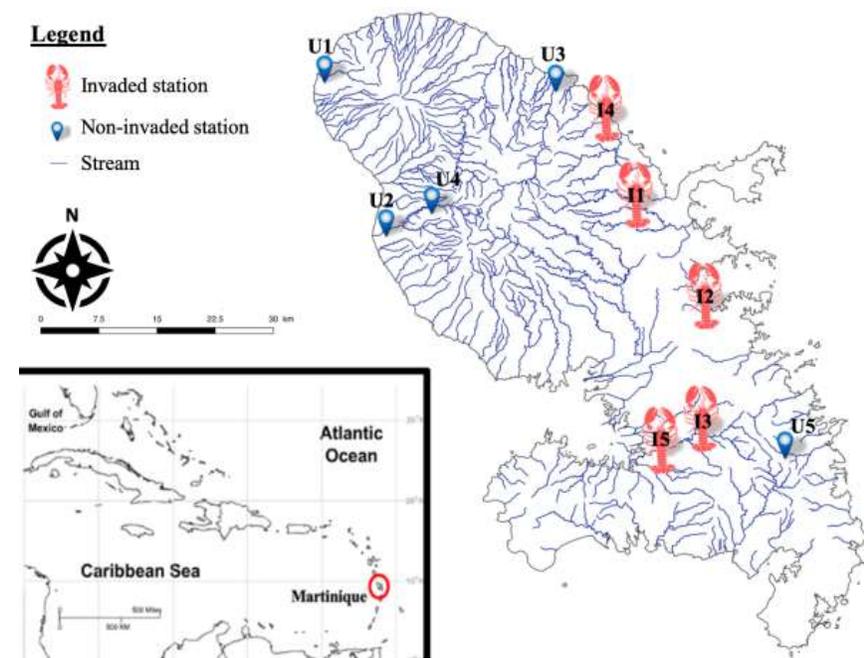
Discussion générale et perspectives

## Matériel et méthodes - *Isotopes stables*

- 5 sites envahis et 5 sites non-envahis
- Echantillonnage qualitatif
- **Végétaux**
  - Biofilm
  - Litière / détritus
  - Macrophytes
  - Mollusques
  - Crevettes
  - Poissons
  - Ecrevisses
- Différents modes de prélèvement

### Legend

-  Invaded station
-  Non-invaded station
-  Stream



The Department of  
**Ecology & Evolutionary Biology**

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthodes – *Isotopes stables*

*Analyses isotopiques et standardisation des données*

- $\delta^{15}\text{N}$  -> TP (Positions trophiques)
- $\delta^{13}\text{C}$  ->  $\delta^{13}\text{C}$  corrigée

} Permettant les comparaisons entre stations

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthodes – *Isotopes stables*

### *Analyses isotopiques et standardisation des données*

- $\delta^{15}\text{N}$  -> TP (Positions trophiques)
  - $\delta^{13}\text{C}$  ->  $\delta^{13}\text{C}$  corrigée
- } Permettant les comparaisons entre stations
- Calcul des aires de niches trophiques de chaque taxon
  - et des chevauchements entre taxons
  - Comparaison des structures de niches trophiques entre stations envahies *vs.* non-envahies

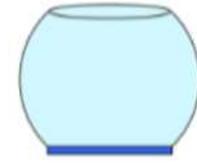
Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthodes – *Expériences en milieu contrôlé*

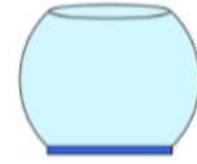
- Stage de Master 2
- Classe *Cherax* I, II, III, IV
- Mollusques : petits (< 1 cm), moyens (1 – 1.5 cm) et grands (> 1.5 cm)



*Tarebia  
granifera*



*Melanoides  
tuberculata*



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

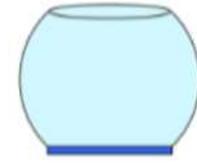
Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthodes – *Expériences en milieu contrôlé*

- Stage de Master 2
- Classe *Cherax* I, II, III, IV
- Mollusques : petits (< 1 cm), moyens (1 – 1.5 cm) et grands (> 1.5 cm)
- Aquarium 55 x 19 x 39 cm ; 25 – 27°C, pH 7.5 et photopériode 12h/12h L/D





## Matériel et méthodes – *Expériences en milieu contrôlé*

- Stage de Master 2
- Classe *Cherax* I, II, III, IV
- Mollusques : petits (< 1 cm), moyens (1 – 1.5 cm) et grands (> 1.5 cm)
- Aquarium 55 x 19 x 39 cm ; 25 – 27°C, pH 7.5 et photopériode 12h/12h L/D
- 20 répliquas de 48h :



x 10



x 10

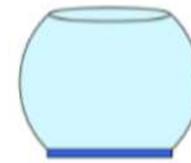
Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives



## Matériel et méthodes – *Expériences en milieu contrôlé*

- Stage de Master 2
- Classe *Cherax* I, II, III, IV
- Mollusques : petits (< 1 cm), moyens (1 – 1.5 cm) et grands (> 1.5 cm)
- Aquarium 55 x 19 x 39 cm ; 25 – 27°C, pH 7.5 et photopériode 12h/12h L/D
- 20 répliques de 48h
- 10 répliques « contrôle » :



x 10



x 10

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

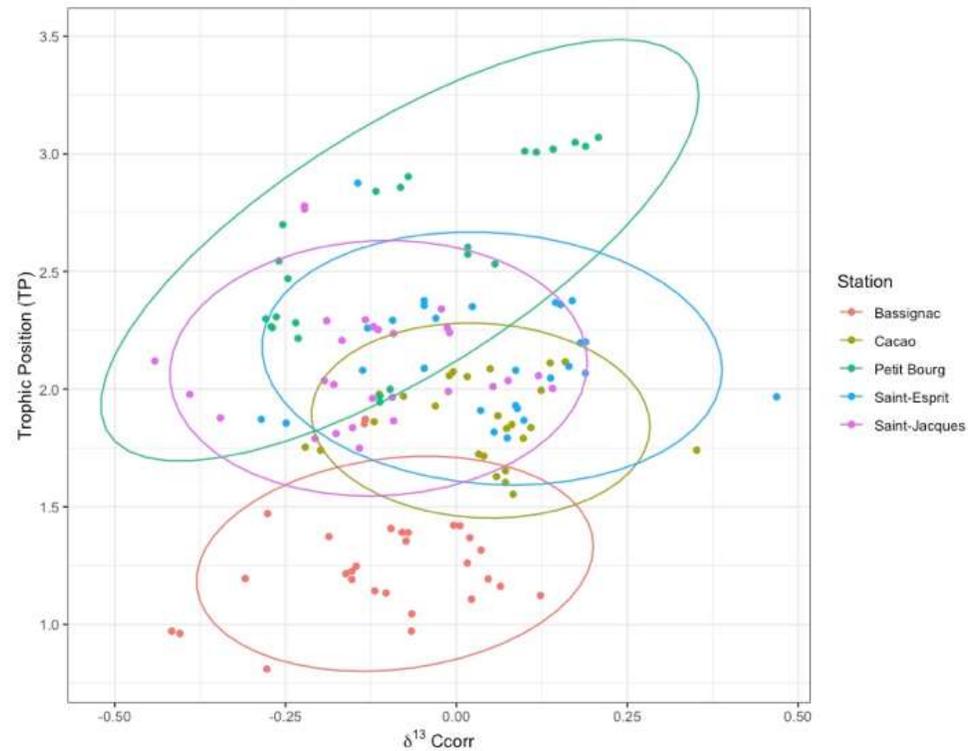
Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives



## Résultats – *Ecologie trophique de C. quadricarinatus*

- Position trophique intermédiaire (TP = 2)



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

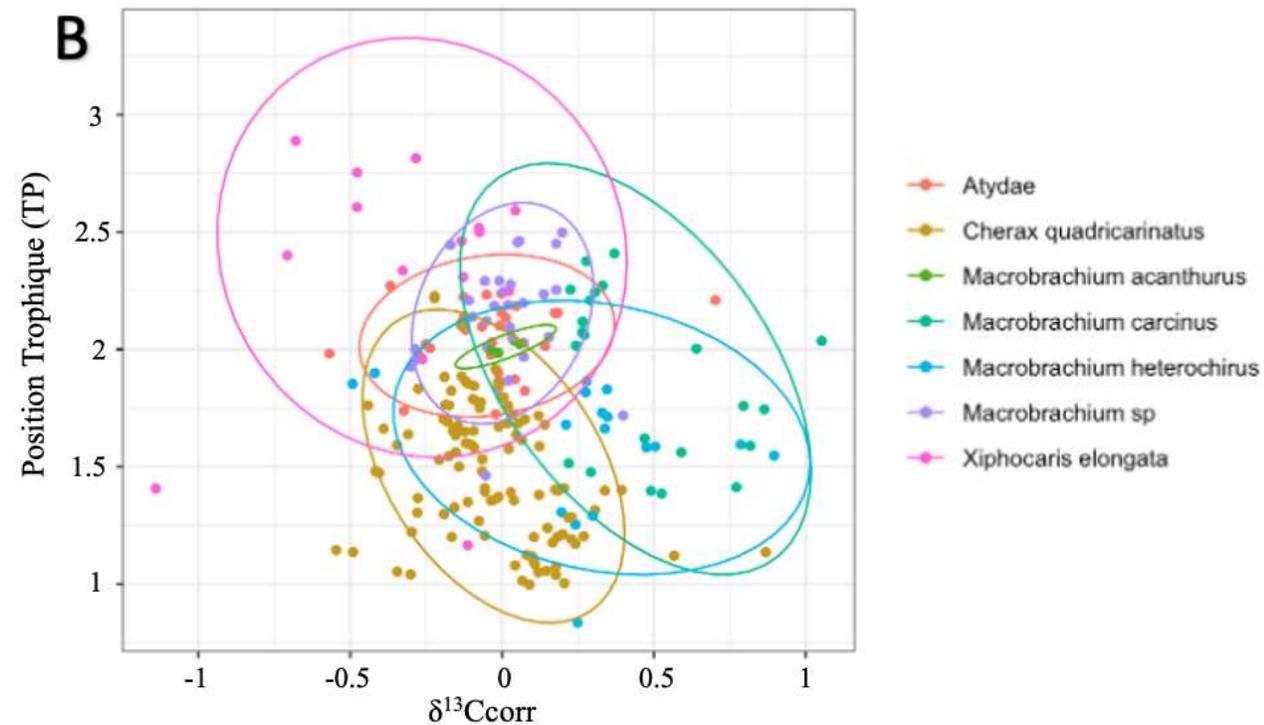
Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives



## Résultats – Impacts sur la niche trophique

- Forts chevauchements de niche trophique observés avec les crevettes



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

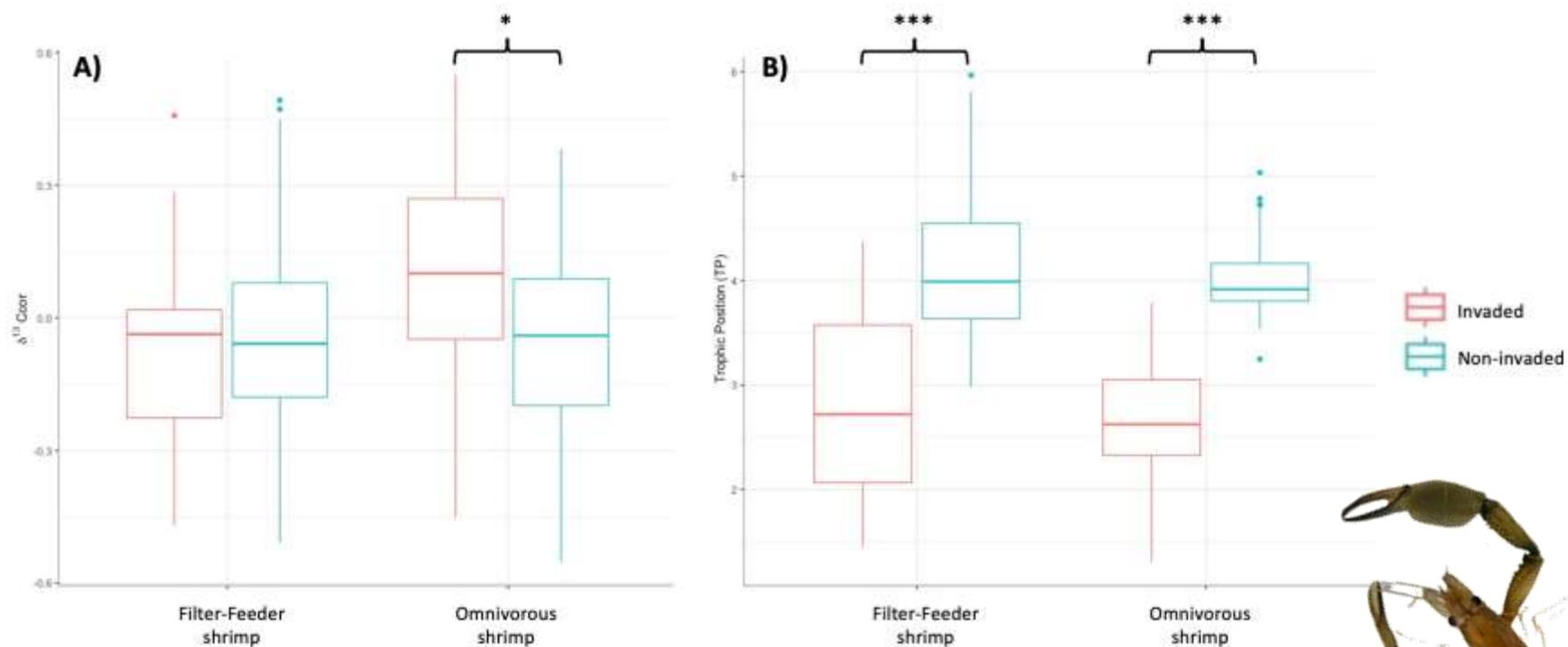
Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

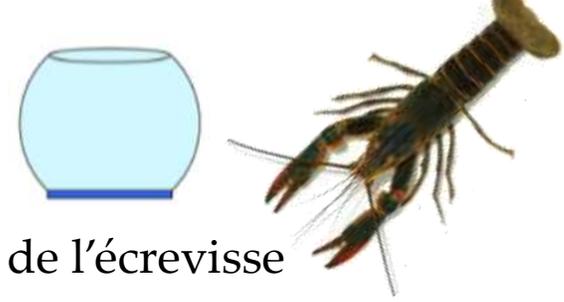
Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Résultats – Impacts sur la niche trophique

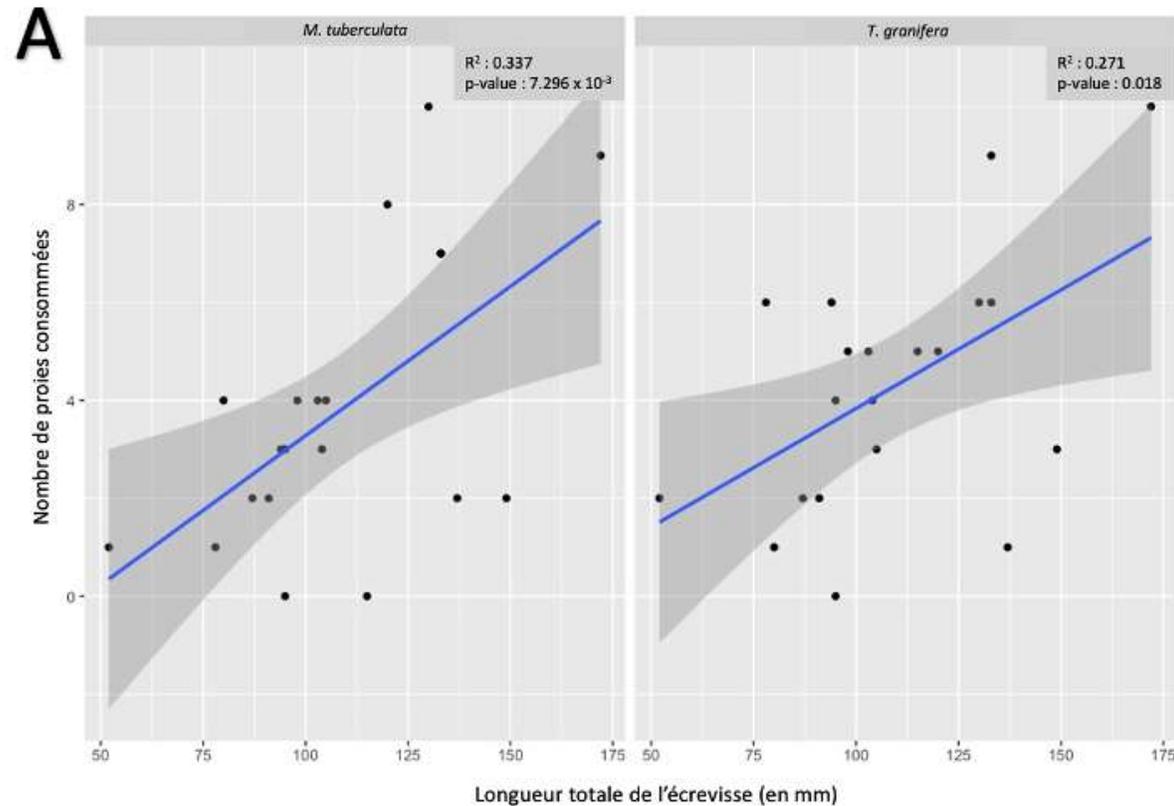
- Forts chevauchements de niche trophique observés avec les crevettes
- Baisse significative de la TP des crevettes (toutes espèces confondues)
- et du  $\delta^{13}\text{C}$  chez les *Macrobrachium*





## Résultats – Expériences en milieu contrôlé

- Nombre de proies consommées positivement corrélé à la taille de l'écrevisse  
*M. tuberculata* :  $R^2 = 0.337$  , **p-value < 0.001**  
*T. granifera* :  $R^2 = 0.271$  , **p-value = 0.018**



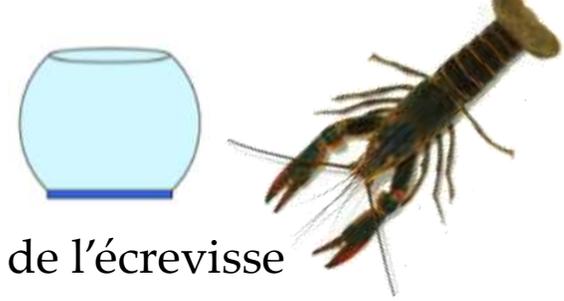
Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

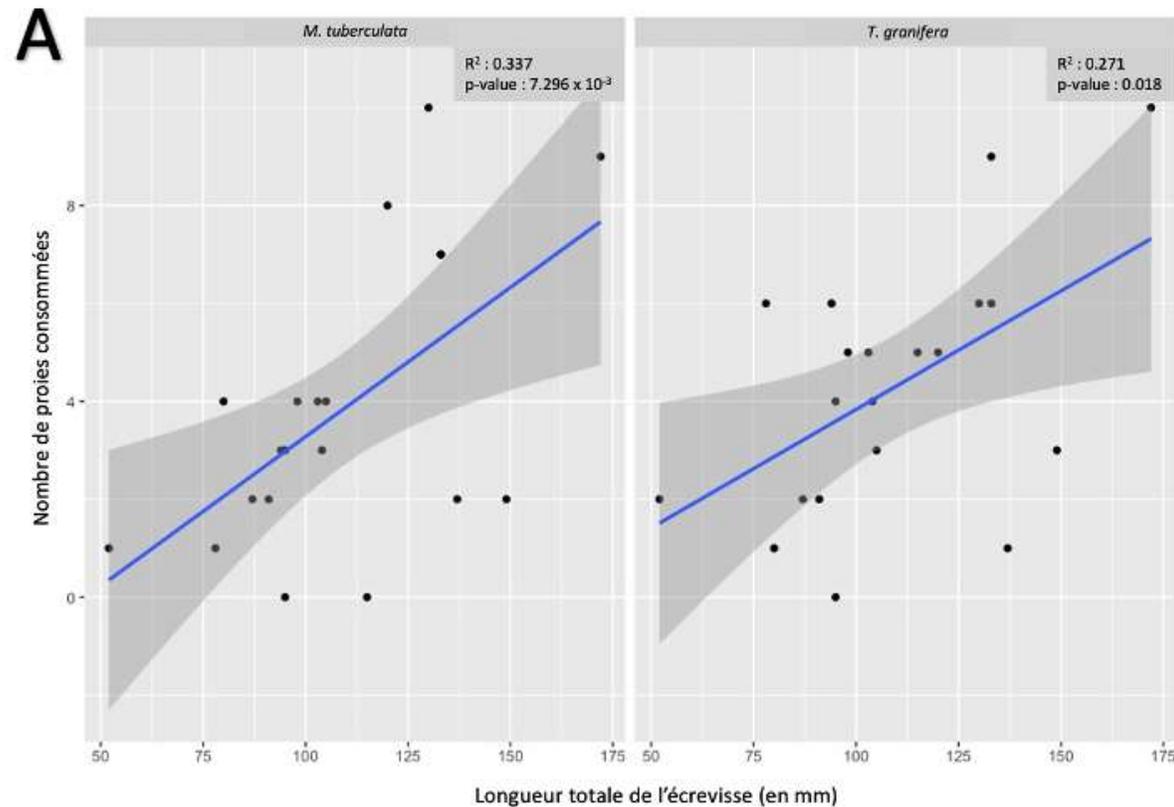
Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives



## Résultats – Expériences en milieu contrôlé

- Nombre de proies consommées positivement corrélé à la taille de l'écrevisse  
*M. tuberculata* :  $R^2 = 0.337$  , **p-value < 0.001**  
*T. granifera* :  $R^2 = 0.271$  , **p-value = 0.018**
- Jusqu'à 9 mollusques par espèce consommés par jour (*M. tuberculata* et *T. granifera*)
- Aucune différence significative entre les deux espèces :  $t = -0.864$ , **p-value = 0.398**



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

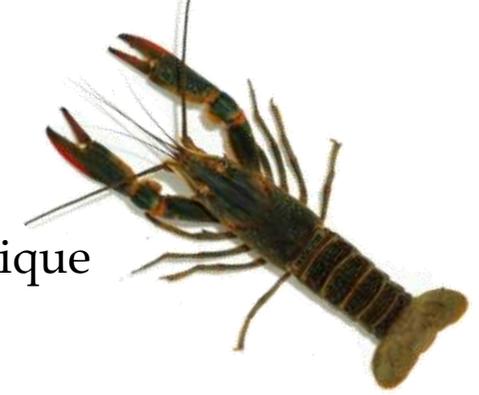
Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Discussion

- Insertion de *C. quadricarinatus* dans la niche trophique, en Martinique



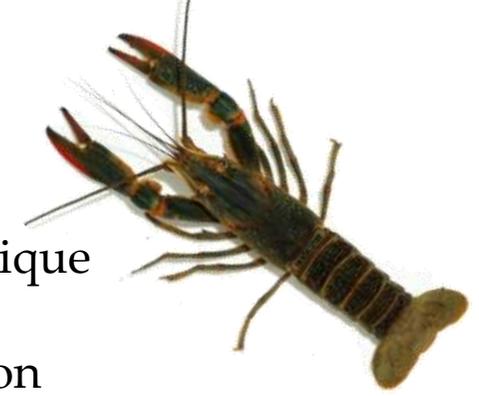
Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives



## Discussion

- Insertion de *C. quadricarinatus* dans la niche trophique, en Martinique
- Impacts sur les communautés locales, par compétition et prédation
  - Exclusion compétitive des crevettes
  - Consommation de mollusques

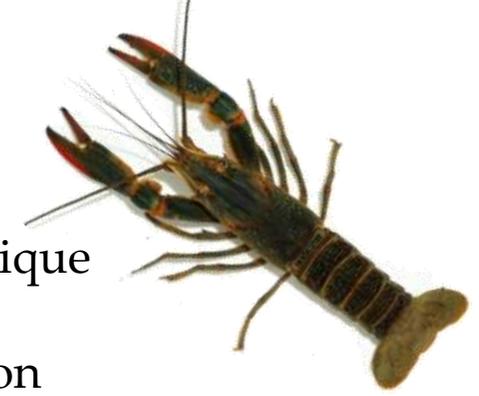
Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Discussion

- Insertion de *C. quadricarinatus* dans la niche trophique, en Martinique
- Impacts sur les communautés locales, par compétition et prédation
  - Exclusion compétitive des crevettes
  - Consommation de mollusques
- Participe à l'homogénéisation de la niche trophique ?
  - Calculs des indices de biodiversité

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Discussion  
générale et  
perspectives

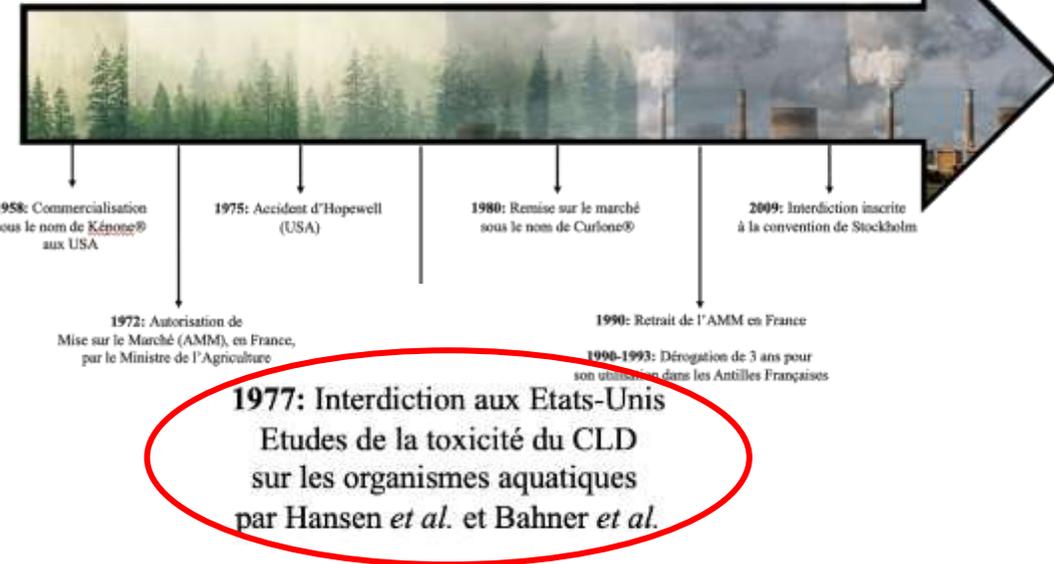
Ecotoxicologie  
Chlordécone

## Chapitre 3 :

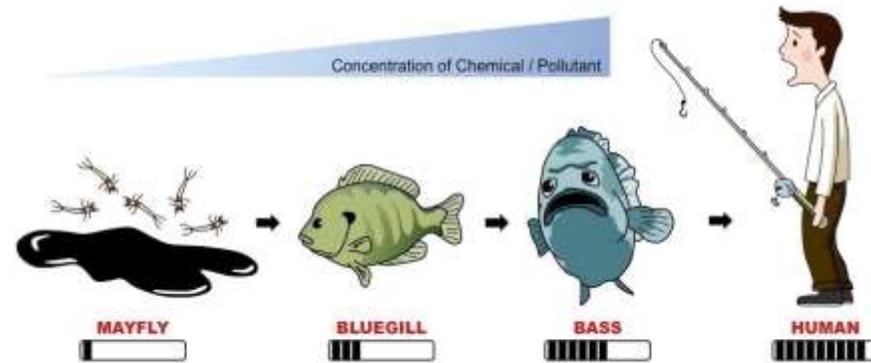
Contexte écotoxicologique (CLD):  
Évaluation du risque sanitaire lié à la  
consommation d'écrevisses



## Historique et contexte



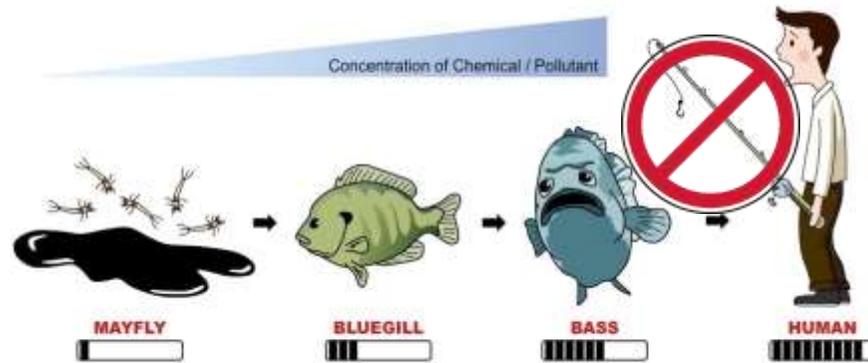
- Bioaccumulation le long des chaînes trophiques, des plantes jusqu'à l'Homme ...
- Risques sanitaires connus (perturbateur endocrinien, cancers ...)

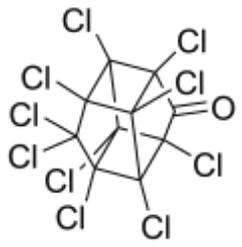


## Historique et contexte



- Bioaccumulation le long des chaînes trophiques, des plantes jusqu'à l'Homme ...
- Risques sanitaires connus (perturbateur endocrinien, cancers ...)
- Interdiction de la pêche en rivière (2009) + LMR fixée à  $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$  de chair





Introduction

## Historique et contexte

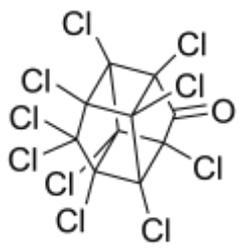
- Problèmes ...
  - La pêche = activité récréative ancestrale

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives



Introduction

## Historique et contexte

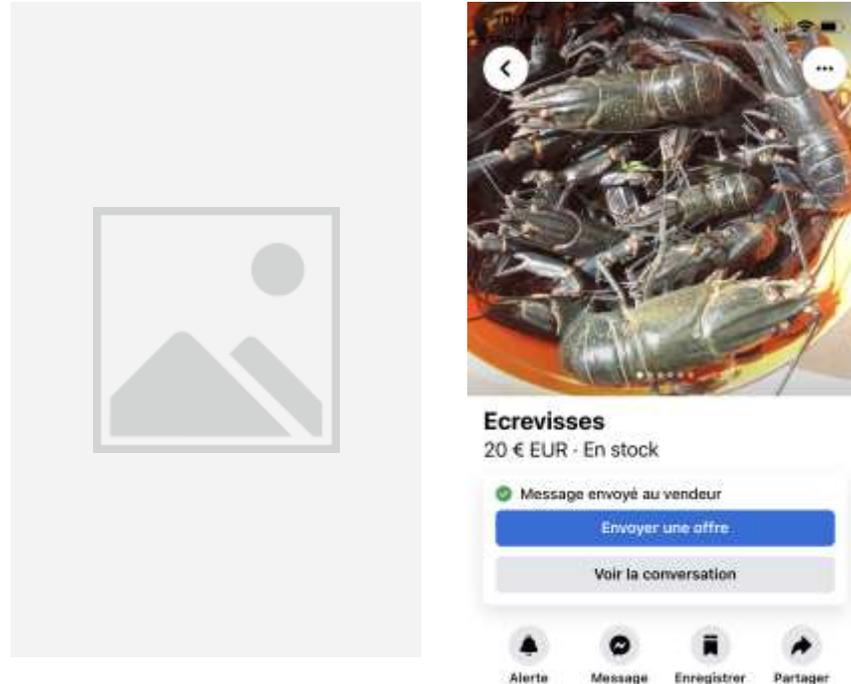
- Problèmes ...
  - La pêche = activité récréative ancestrale
  - Revente illégale de *C. quadricarinatus* est très lucrative (20-25 € / kg)

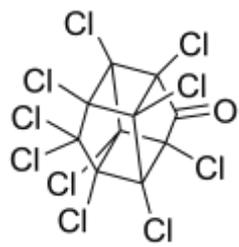
Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives





Introduction

## Historique et contexte

- Problèmes ...
  - La pêche = activité récréative ancestrale
  - Revente illégale de *C. quadricarinatus* est très lucrative (20-25€ / kg)
  - Localisation principalement en zone contaminée ...

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives



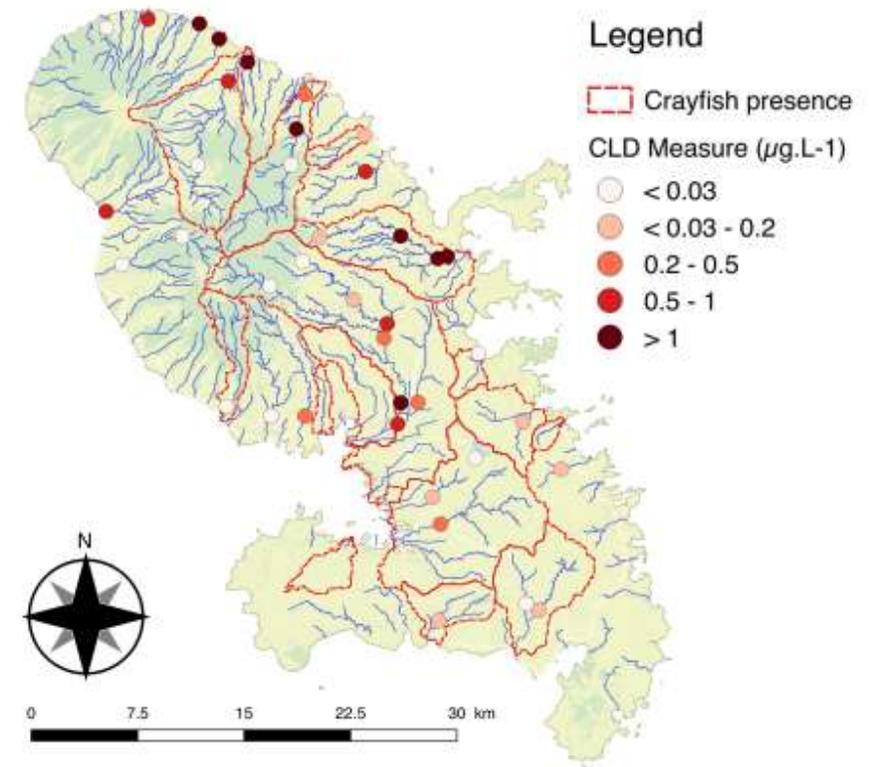
**Ecrevisses**  
20 € EUR · En stock

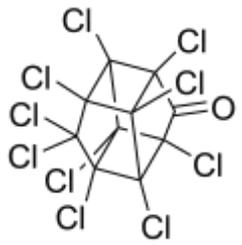
Message envoyé au vendeur

Envoyer une offre

Voir la conversation

Alerte Message Enregistrer Partager





Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

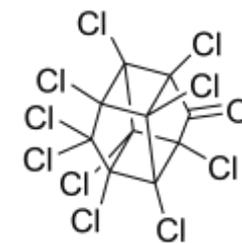
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Objectifs

- Etude *in-situ* => **biosurveillance**
- Cinétique de bioaccumulation *in-vitro*
- Décontamination ?



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

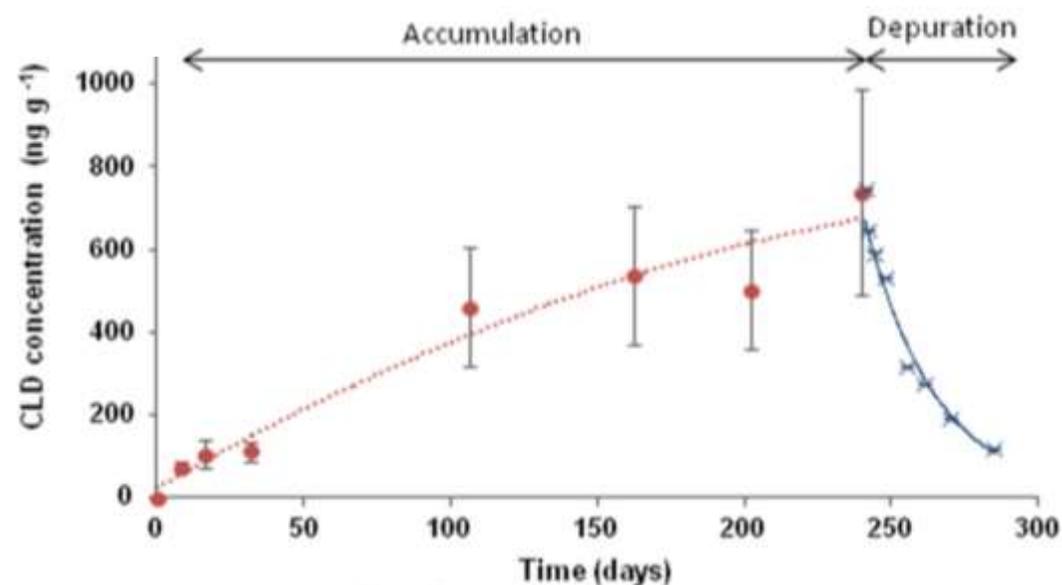
Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

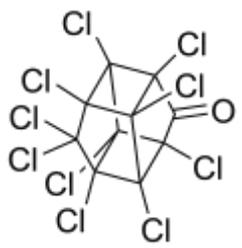
Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Objectifs

- Etude *in-situ* => **biosurveillance**
- Cinétique de bioaccumulation *in-vitro*
- Décontamination ?
  
- Lafontaine *et al.* (2017), chez *Macrobrachium rosenbergii*





Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

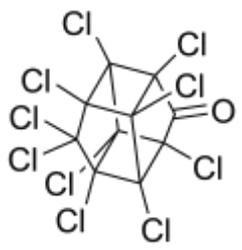
## Matériel et méthodes

*In-situ*

- 4 sites avec un gradient de contamination
- 5 répliquas par station

Station	Statut Expérimental	Moyenne [CLD] $\mu\text{g.L}^{-1}$
Elevage	Non pollué	Pas de traces
Manzo	Peu ou pas pollué	Traces
Coulisses	Moyennement pollué	0.446*
Lézarde	Fortement pollué	2.479*

\*valeurs tirées des rapports pesticides ODE



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

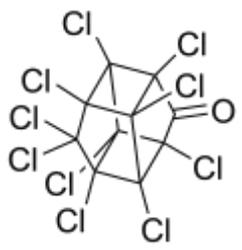
Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthodes

*In-vitro*

- 180 individus, en aquarium de 20 L  
Uniquement des mâles ; de 12 à 14 cm



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

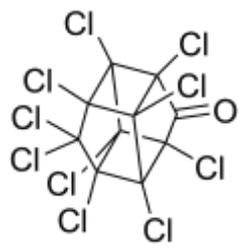
Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Matériel et méthodes

### *In-vitro*

- 180 individus, en aquarium de 20 L  
Uniquement des mâles ; de 12 à 14 cm
- 3 conditions : Contrôle ;  $0.2 \mu\text{g.L}^{-1}$  ;  $2 \mu\text{g.L}^{-1}$



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

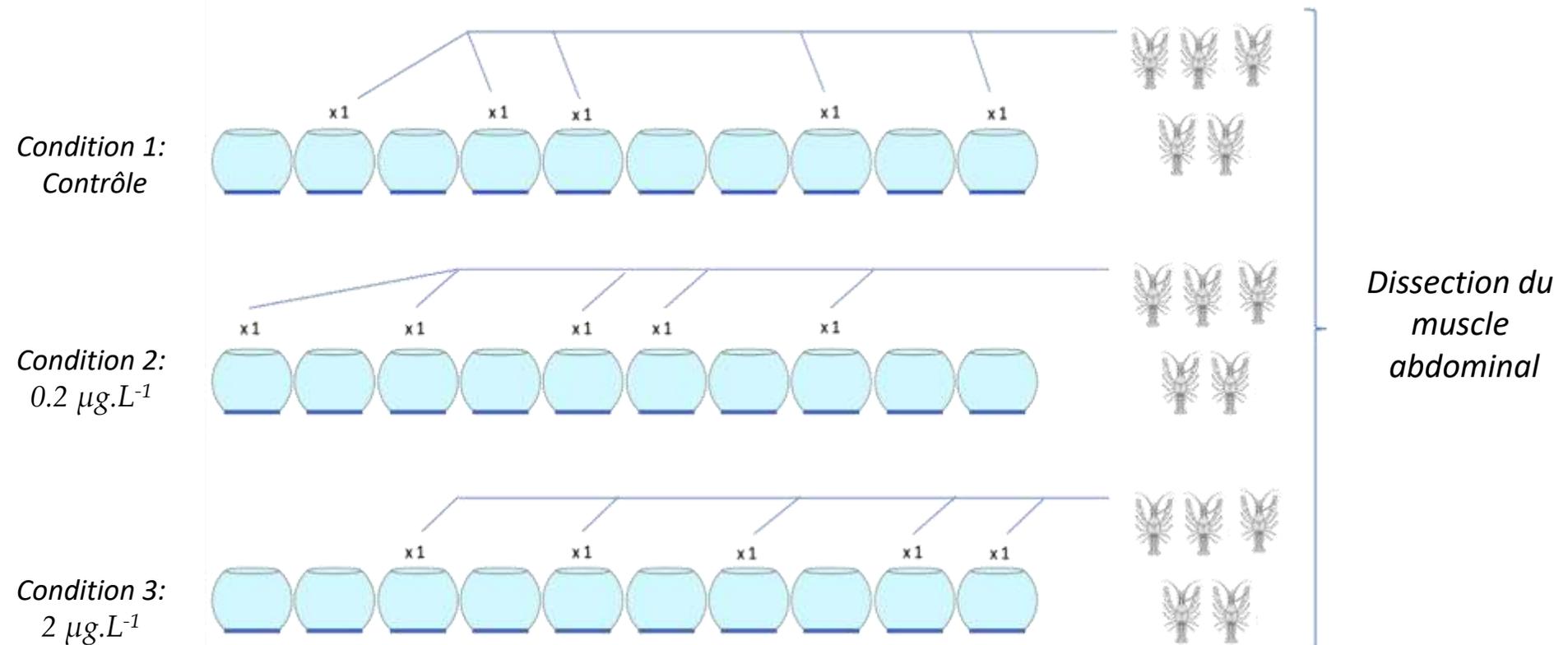
Ecotoxicologie Chlordécone

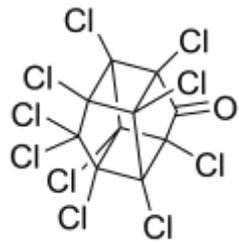
Discussion générale et perspectives

## Matériel et méthodes

### *In-vitro*

- 180 individus, en aquarium de 20 L  
Uniquement des mâles ; de 12 à 14 cm
- 10 aquariums par condition  $\approx$  6 écrevisses / aquarium
- 3 conditions : Contrôle ;  $0.2 \mu\text{g.L}^{-1}$  ;  $2 \mu\text{g.L}^{-1}$
- Pendant 20 jours: 6h, 1j, 2j, 6j, 12j, 20j





Introduction

## Matériel et méthodes

*In-vitro*

- 180 individus, en aquarium de 20 L  
Uniquement des mâles ; de 12 à 14 cm
- 10 aquariums par condition  $\approx 6$  écrevisses / aquarium
- 3 conditions : Contrôle ;  $0.2 \mu\text{g.L}^{-1}$  ;  $2 \mu\text{g.L}^{-1}$
- Pendant 20 jours: 6h, 1j, 2j, 6j, 12j, 20j
- Décontamination pendant 20 jours avec les individus restants: 1j, 2j, 6j, 20j

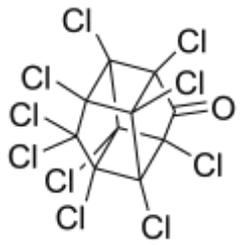
Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives





Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Matériel et méthodes

### Modélisation

- OECD 305 Fish Bioconcentration Guidelines (OECD, Test No. 305)

$$k_2 : \ln(CLDCq) = -k_2 \cdot t + c$$

- $k_1 : CCq = Cw \cdot k_1/k_2 \cdot (1 - e^{-k_2 \cdot t})$

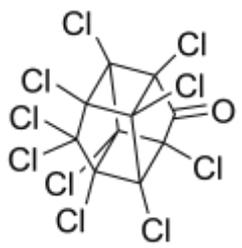
Temps de décontamination théorique jusqu'à la LMR

$$CCq = CCq_0 \cdot e^{-k_2 \cdot t}$$

$$t = \frac{\ln(CCq/CCq_0)}{-k_2}$$

$$CCq = 20 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ (LMR)}$$

$CCq_0$  = Concentration moyenne en CLD à la fin de la phase d'accumulation



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

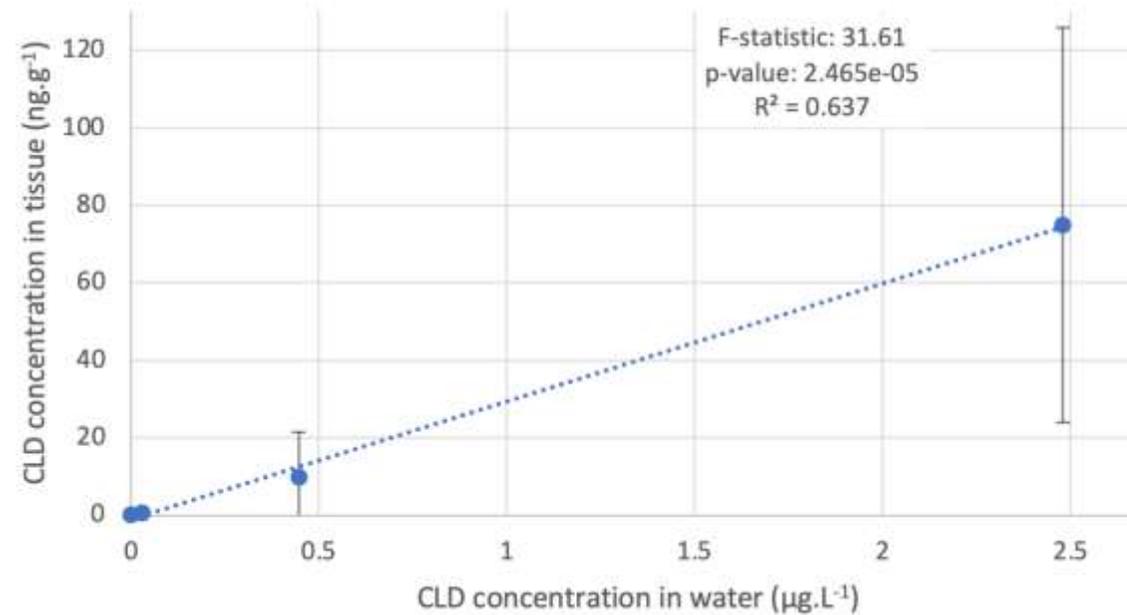
Ecotoxicologie Chlordécone

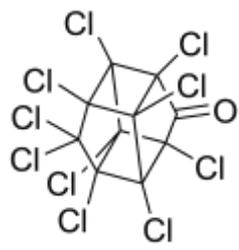
Discussion générale et perspectives

## Résultats

*In-situ*

- Forte contamination des chairs ( $> 100 \mu\text{g.kg}^{-1}$  pour certains specimens)
- Corrélation positive significative ( $R^2 = 0.64$  ; **p-value**  $< 0.001$ )





Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

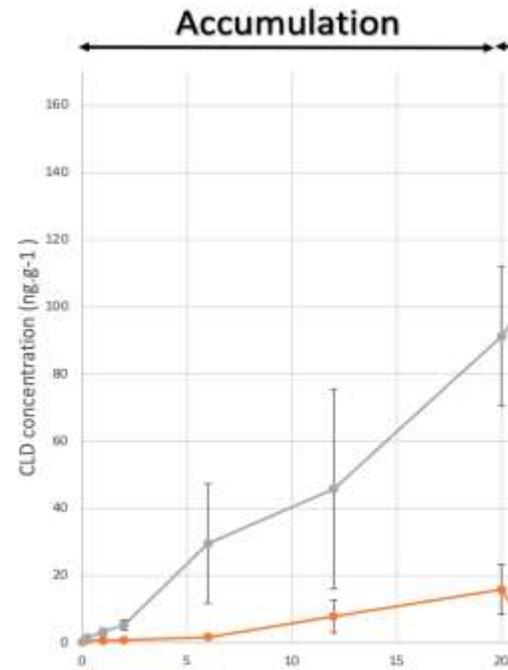
Ecotoxicologie  
Chlordécone

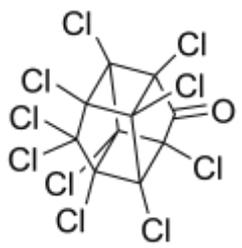
Discussion générale et perspectives

## Résultats

*In-vitro*

- Accumulation très rapide du chlordécone (dès 6h)





Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

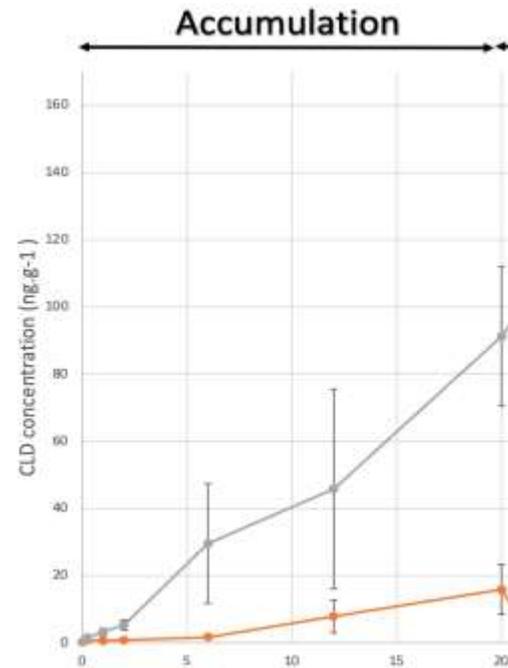
Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion générale et perspectives

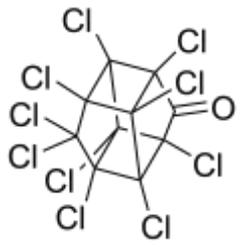
## Résultats

*In-vitro*

- Accumulation très rapide du chlordécone (dès 6h)



- Pas de plateau atteint après t = 20 jours
- Effet positif significatif **temps d'exposition:concentration initiale de l'eau** sur la **concentration en CLD dans les chairs** ( $F = 16.43$  ;  $p < 0.001$ )



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

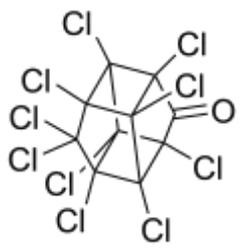
Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Résultats

*In-vitro* - Décontamination

- Condition  $0.2 \mu\text{g.L}^{-1}$  déjà  $<$  LMR



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

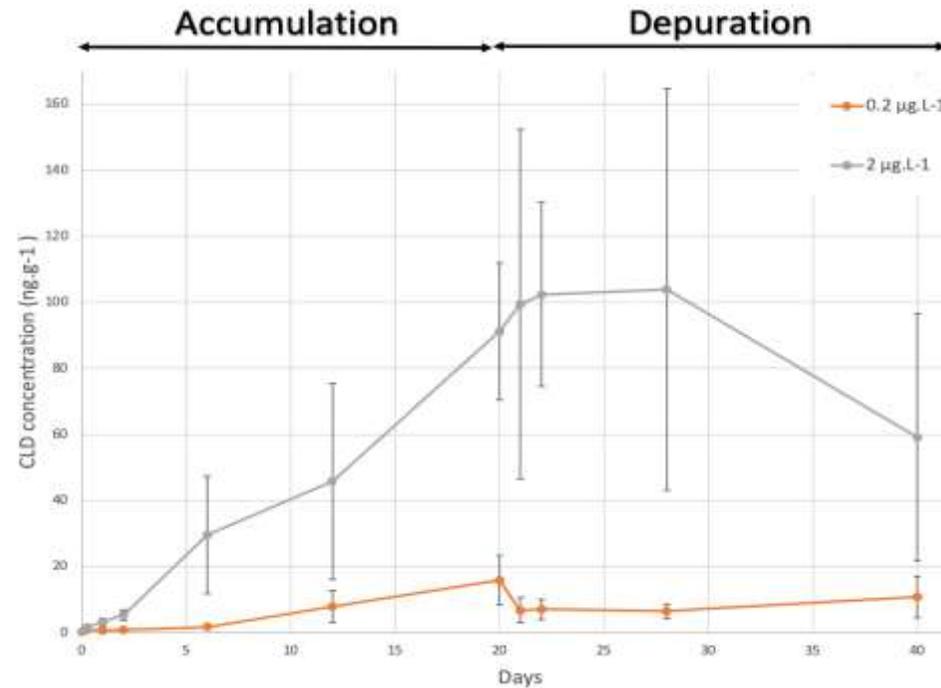
Ecotoxicologie Chlordécone

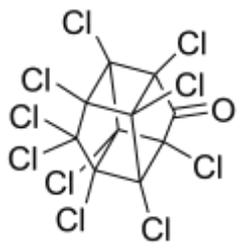
Discussion générale et perspectives

## Résultats

### *In-vitro* - Décontamination

- Condition  $0.2 \mu\text{g.L}^{-1}$  déjà  $<$  LMR
- Condition  $2 \mu\text{g.L}^{-1}$  : décontamination très lente ( $0.03 \text{ jours}^{-1}$ )





Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

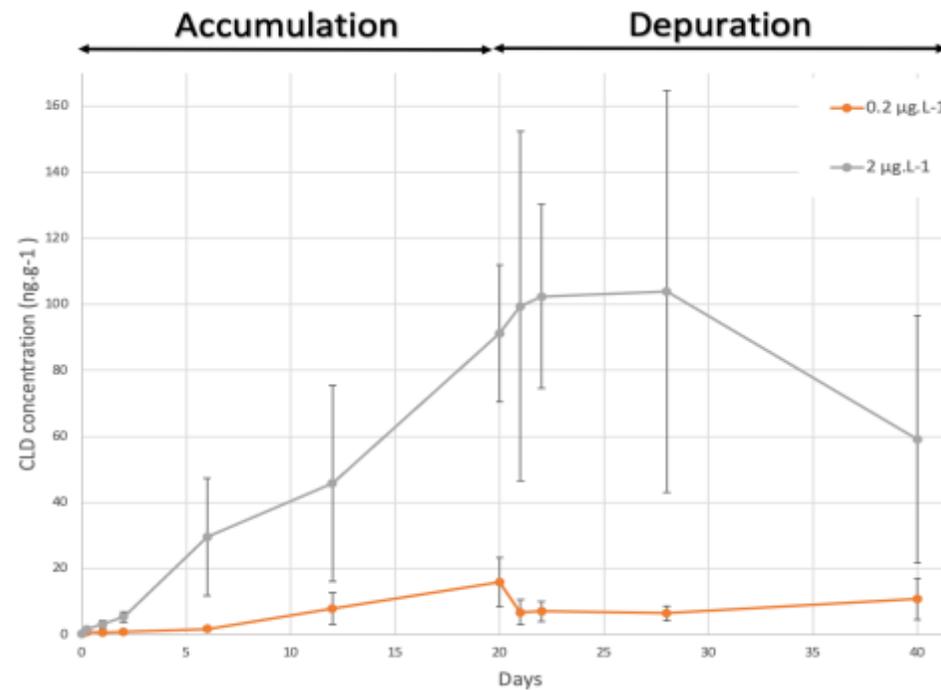
Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

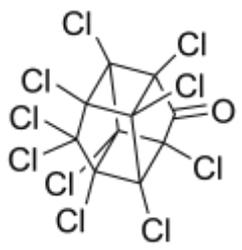
## Résultats

### *In-vitro* - Décontamination

- Condition  $0.2 \mu\text{g.L}^{-1}$  déjà  $<$  LMR
- Condition  $2 \mu\text{g.L}^{-1}$  : décontamination très lente ( $0.03 \text{ jours}^{-1}$ )



- 20 jours pas suffisant = calculs théoriques  $\Rightarrow$  50.57 jours



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

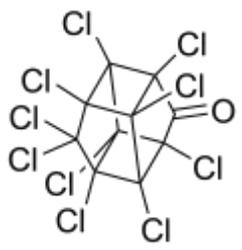
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Discussion

- Bioaccumulation rapide, dès 6h



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

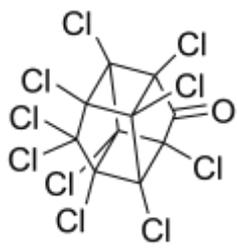
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Discussion

- Bioaccumulation rapide, dès 6h
- Influence positive du temps d'exposition et de la concentration initiale de l'eau



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

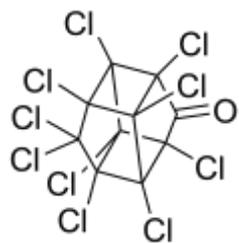
Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Discussion

- Bioaccumulation rapide, dès 6h
- Influence positive du temps d'exposition et de la concentration initiale de l'eau
- Bioaccumulation même lorsque les doses en chlordécone sont faibles ...  
*in-situ* : Manzo =  $0.65 \pm 0.62 \text{ ng.g}^{-1}$  pour des traces de CLD dans l'eau  
*in-vitro* : LMR presque atteinte ( $15.91 \pm 7.44 \text{ ng.g}^{-1}$ ) en 20 jours à  $0.2 \text{ }\mu\text{g.L}^{-1}$



Legend

Crayfish presence

CLD Measure ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )

- $< 0.03$
- $< 0.03 - 0.2$
- $0.2 - 0.5$
- $0.5 - 1$
- $> 1$

Introduction

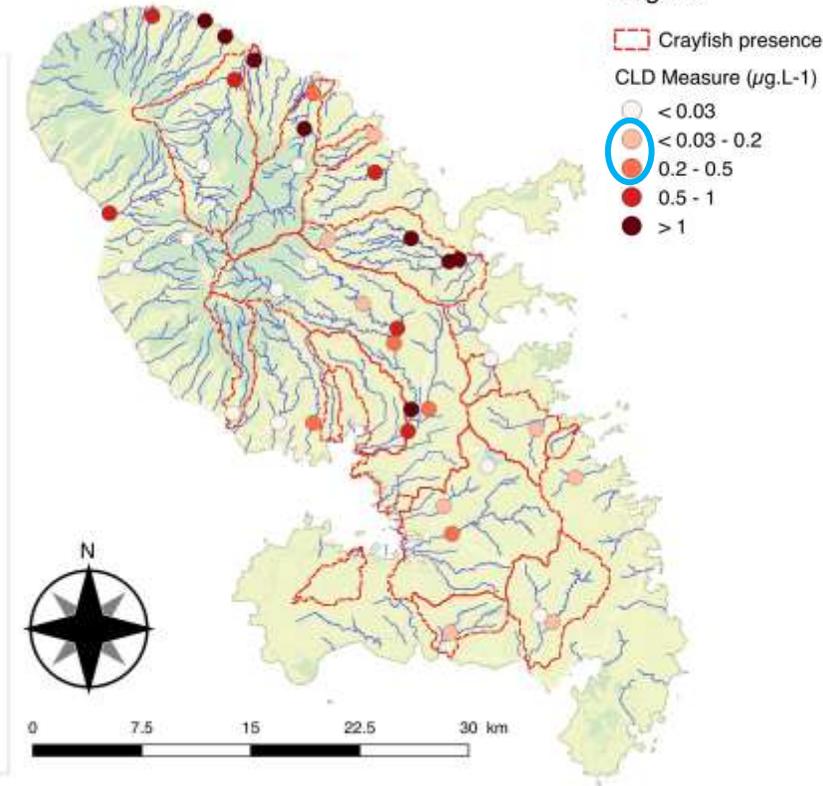
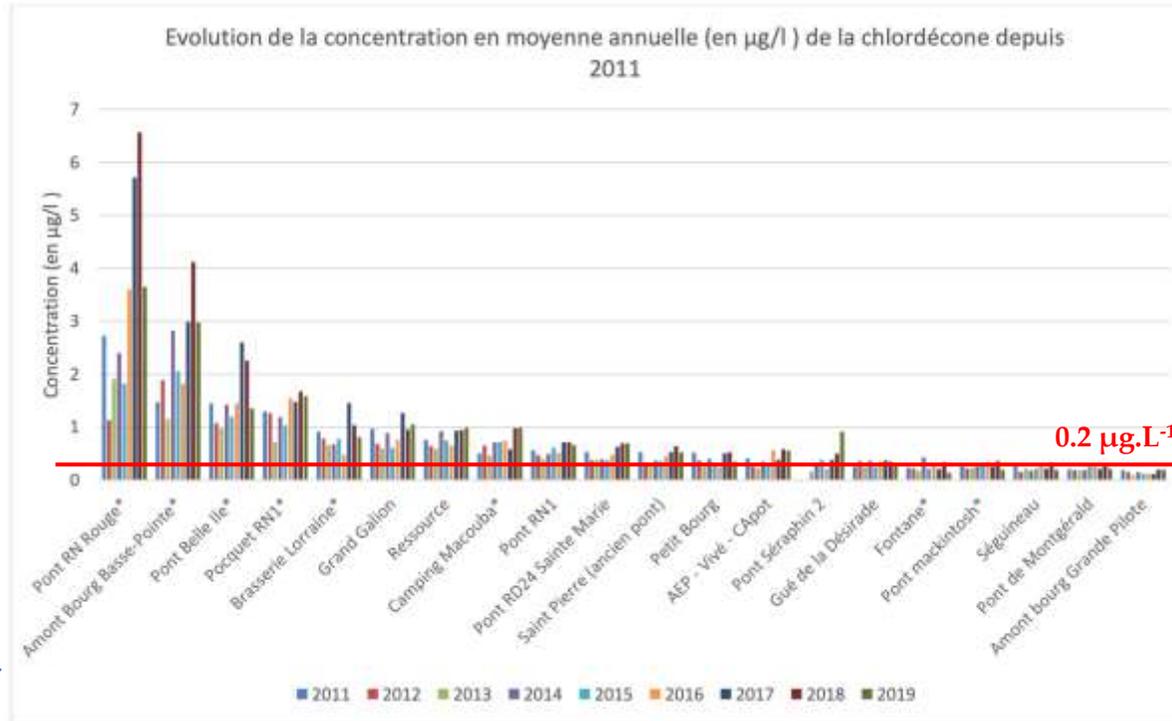
Distribution de *C. quadricarinatus*

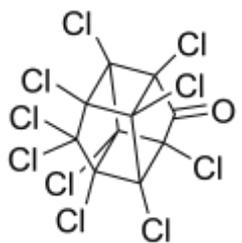
Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives

## Discussion

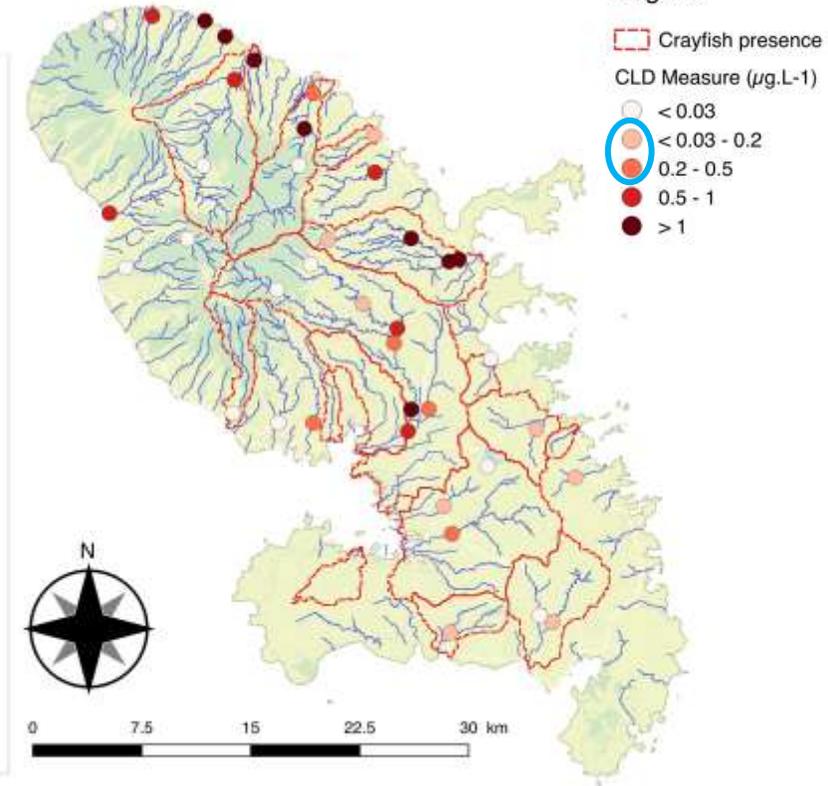
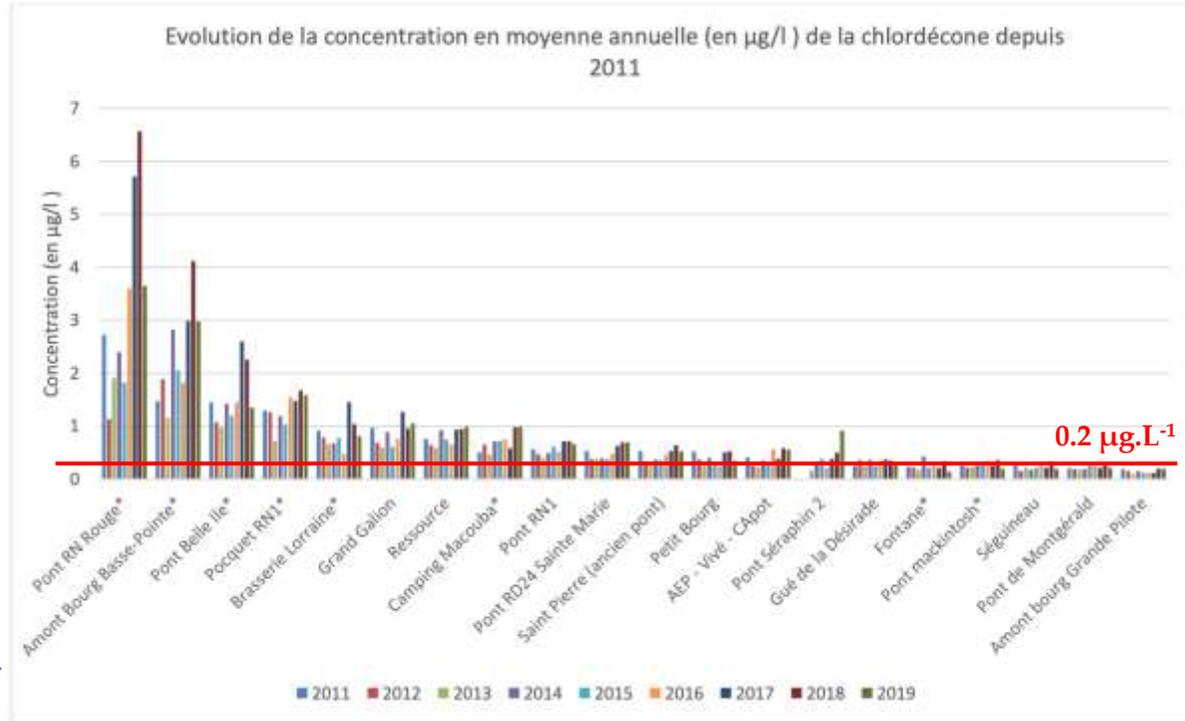




Legend

- Crayfish presence
- CLD Measure ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
- < 0.03
- < 0.03 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 1
- > 1

## Discussion



- La décontamination est beaucoup trop lente pour l'envisager comme alternative



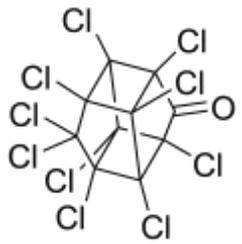
Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives



Introduction

## Discussion

- Effet de la cuisson non pris en compte

Distribution de *C. quadricarinatus*

Écologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives



### Effect of home cooking processes on chlordecone content in beef and investigation of its by-products and metabolites by HPLC-HRMS/MS

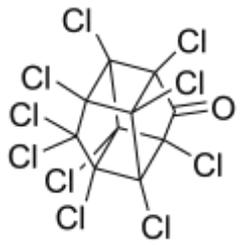
Deborah Martin, Fiona Lobo, Gwenaëlle Lavison-Bompard, Thierry Guérin, Julien Parinet\*  
 Université de Paris-Est, ANSES, Laboratory for Food Safety, 94700 Maisons-Alfort, France

**Table 2**

CLD concentrations (ng CLD.g<sup>-1</sup>f.m.<sup>a</sup>) in bovine matrices before (uncooked) and after various home cooking processes.

Home cooking process	Uncooked	Grill	Microwave	Oven	Pan
	Median (min-max)				
All matrices	49 (35-645)	30 (22-387)	4.5 (1.2-26.9)	26 (16-246)	20 (17-291)
All muscles	45 (35-53)	26 (22-31)	2.8 (1.2-5.7)	19 (16-33)	19 (17-20)
All oil	404 (163-645)	238 (88-387)	20 (13-27)	163 (81-246)	155 (20-291)
Chuck	53 (47-53)	30 (24-34)	2.4 (2.3-3.5)	33 (31-33)	20 (19-21)
Top-sirloin	45 (41-55)	31 (29-32)	3.2 (2.6-3.3)	20 (19-21)	17 (15-18)
Sirloin	45 (45-46)	23 (22-30)	1.2 (1.2-1.2)	19 (16-21)	19 (17-20)
Rib	35 (34-36)	22 (20-23)	5.7 (5.2-6.1)	16 (15-18)	20 (19-21)
Kidney	163 (139-167)	88 (83-89)	27 (24-43)	81 (75-98)	20 (20-21)
Liver	645 (602-670)	387 (351-428)	13 (10-19)	246 (239-275)	291 (239-297)

a: fresh meat; for the cooked meat f.m. means "equivalent to raw fresh meat".



Introduction

## Discussion

- Effet de la cuisson non pris en compte
- Collaboration avec ANSES

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion générale et perspectives

Chemosphere 286 (2022) 131926



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Chemosphere

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/chemosphere](https://www.elsevier.com/locate/chemosphere)



The invasive crayfish *Cherax quadricarinatus* facing chlordecone in Martinique: Bioaccumulation and depuration study

Thomas Baudry <sup>a,b,c,d,\*</sup>, Eric Gismondi <sup>e</sup>, Jean-Pierre Goût <sup>a</sup>, Alexandre Arqué <sup>b</sup>, Juliette Smith-Ravin <sup>d</sup>, Frédéric Grandjean <sup>c</sup>

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Écologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone



Discussion générale et  
perspectives



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Écologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Une invasion fulgurante

- Bassins versants = 1 rivière permanente + 1-2 affluents ...
- Bien déconnectés les uns des autres



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Écologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Une invasion fulgurante

- Bassins versants = 1 rivière permanente + 1-2 affluents ...
- Bien déconnectés les uns des autres

=> Dispersion assistée par l'Homme



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Écologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Une invasion fulgurante

- Bassins versants = 1 rivière permanente + 1-2 affluents ...
- Bien déconnectés les uns des autres

=> Dispersion assistée par l'Homme

- Colonisation du linéaire entier



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Écologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Une invasion fulgurante

- Bassins versants = 1 rivière permanente + 1-2 affluents ...
- Bien déconnectés les uns des autres

=> Dispersion assistée par l'Homme

- Colonisation du linéaire entier
- Cohérent avec Nunes *et al.* (2017)
  - 112 km en aval du point initial d'introduction (en 14 ans)
  - 33 km en amont

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives



## Quels moyens de gestion ? De régulation ?

- Nombreuses études sur les écrevisses exotiques
- Review : Manfrin *et al.* (2019)



Review

### Detection and Control of Invasive Freshwater Crayfish: From Traditional to Innovative Methods

Chiara Manfrin <sup>1,\*</sup> , Catherine Souty-Grosset <sup>2</sup>, Pedro M. Anastácio <sup>3</sup> , Julian Reynolds <sup>4,†</sup>   
and Piero G. Giulianini <sup>1</sup>

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives



## Quels moyens de gestion ? De régulation ?

- Nombreuses études sur les écrevisses exotiques
- Review : Manfrin *et al.* (2019)
- Trapping intensif
- Biocide
- Prédateur naturel



Review

### Detection and Control of Invasive Freshwater Crayfish: From Traditional to Innovative Methods

Chiara Manfrin <sup>1,\*</sup> , Catherine Souty-Grosset <sup>2</sup>, Pedro M. Anastácio <sup>3</sup> , Julian Reynolds <sup>4,†</sup>   
and Piero G. Giulianini <sup>1</sup>

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Quels moyens de gestion ? De régulation ?

- Nombreuses études sur les écrevisses exotiques
- Review : Manfrin *et al.* (2019)

- ~~Trapping intensif~~
- ~~Biocide~~
- ~~Prédateur naturel~~

**Trop peu efficace ; parfois non-spécifique**



Review

### Detection and Control of Invasive Freshwater Crayfish: From Traditional to Innovative Methods

Chiara Manfrin <sup>1,\*</sup> , Catherine Souty-Grosset <sup>2</sup>, Pedro M. Anastácio <sup>3</sup> , Julian Reynolds <sup>4,+</sup>   
and Piero G. Giulianini <sup>1</sup>



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Quels moyens de gestion ? De régulation ?

- Aucun moyen d'éradication efficace ...



Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Écologie trophique  
et impacts de  
l'écrevisse

Ecotoxicologie  
Chlordécone

Discussion  
générale et  
perspectives

## Quels moyens de gestion ? De régulation ?

- Aucun moyen d'éradication efficace ...

⇒ **Communication aux pêcheurs locaux et aux autorités compétentes**

Introduction

Distribution de *C. quadricarinatus*

Ecologie trophique et impacts de l'écrevisse

Ecotoxicologie Chlordécone

Discussion générale et perspectives



## Quels moyens de gestion ? De régulation ?

- Aucun moyen d'éradication efficace ...

⇒ **Communication aux pêcheurs locaux et aux autorités compétentes**

⇒ **Suivi régulier par ADNe et action précoce**

⇒ **Importance de la Guadeloupe**



Atlantic ocean

Caribbean sea



Merci pour votre attention !