

Illustration des approches utilisées en écotoxicologie aquatique
dans les Antilles françaises :
**bilan et perspectives des études sur les effets biologiques
de la chlordécone sur les crustacés des rivières de Guadeloupe**

**Laurent Lagadic¹, Dominique Monti², Soazig Lemoine²,
Danièle Vassaux¹, Gabrielle Zimmermann-Chancerel¹, Lucie Baillon¹**

¹INRA, Équipe *Écotoxicologie et Qualité des Milieux Aquatiques*, Rennes

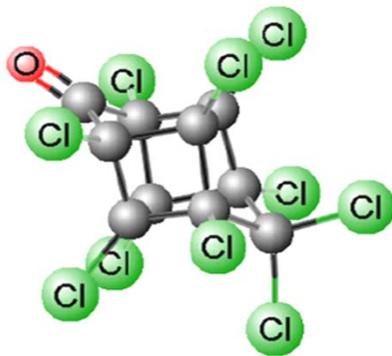
²Équipe *Dynamique des Écosystèmes Caraïbes (Dynecar)*,
Université des Antilles et de la Guyane, Pointe-à-Pitre



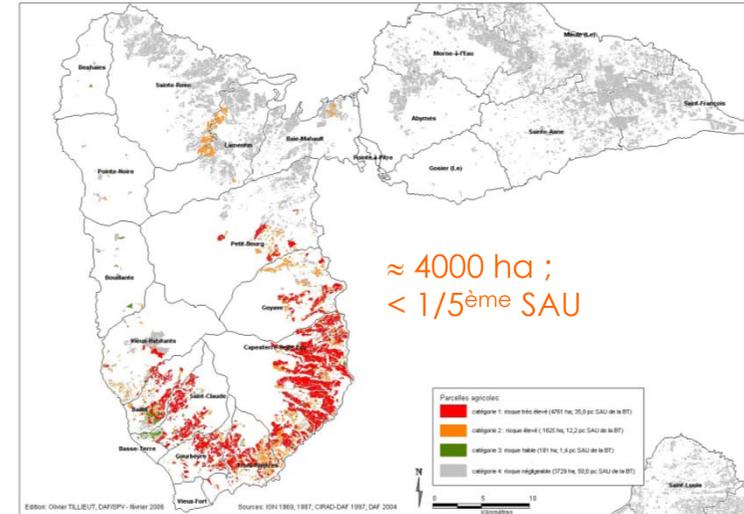
Éléments de contexte

De la pollution des sols ...

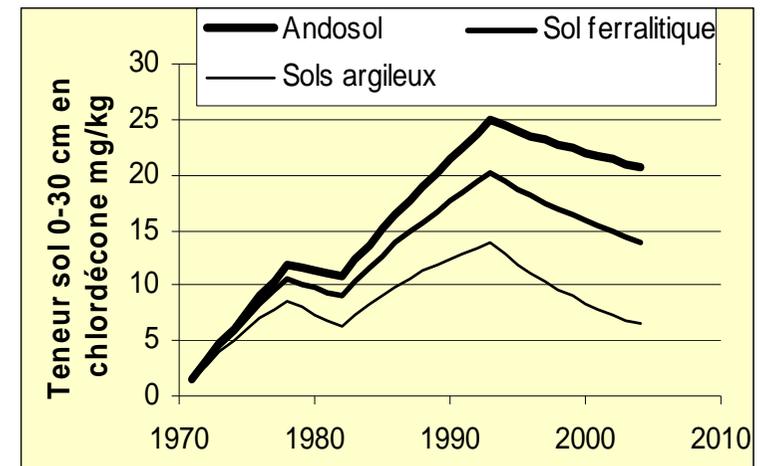
Présente dans tous les secteurs où se trouvaient des bananeraies du début des années 70 au début des années 90, période où ont été utilisés le Képone® et le Curlone® pour lutter contre le charançon dubananier



Différente selon le type de sol, en fonction de la capacité de stockage du carbone



Source : DAF-SPV / INRA, 2006

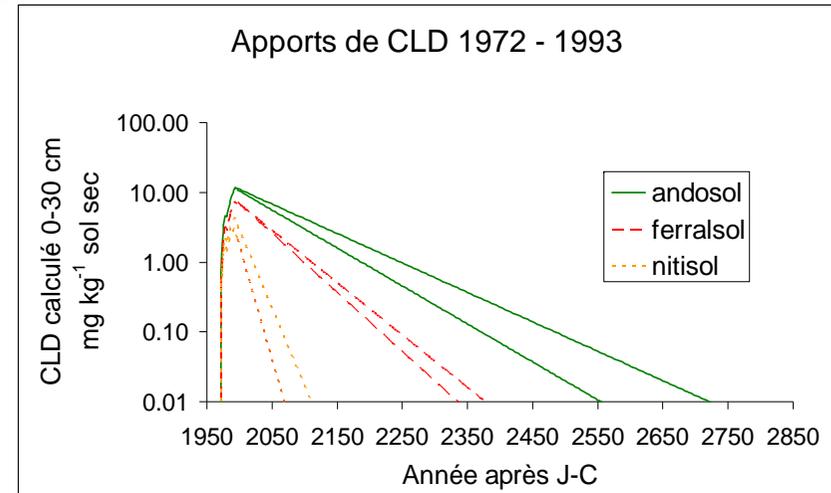
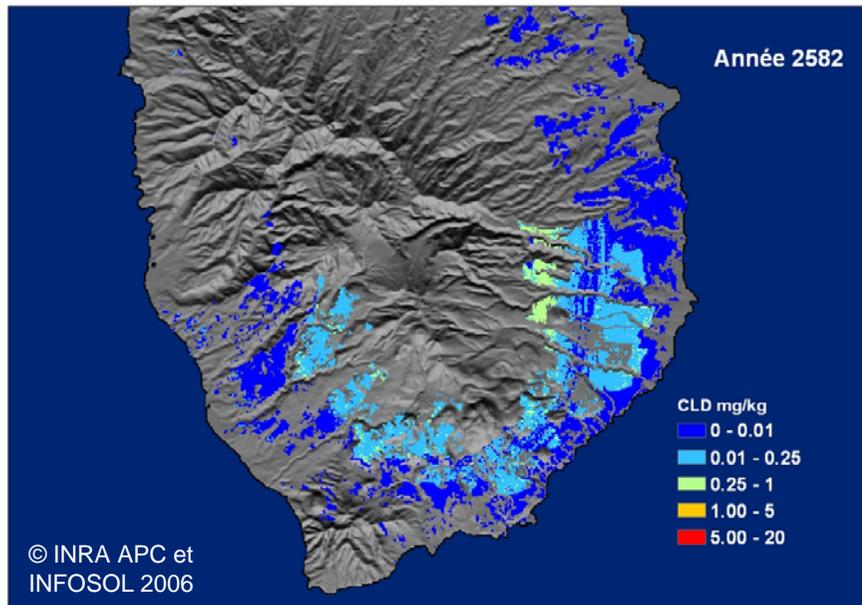


Source : Y.-M. Cabidoche / INRA APC

Éléments de contexte

... pour des centaines d'années ...

Pour 20 ans d'apport de chlordécone, les modèles prédisent une disparition du produit **dans 700 ans environ...**

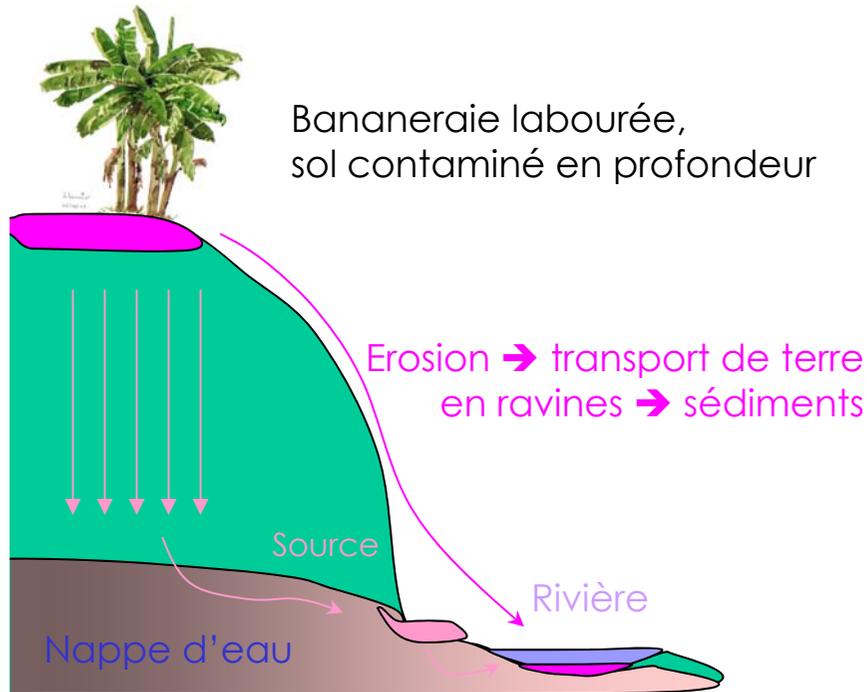


Source : Y.-M. Cabidoche / INRA APC

Évolution prévisible de la contamination des sols du sud de la Basse-Terre par la chlordécone au cours des 570 prochaines années...

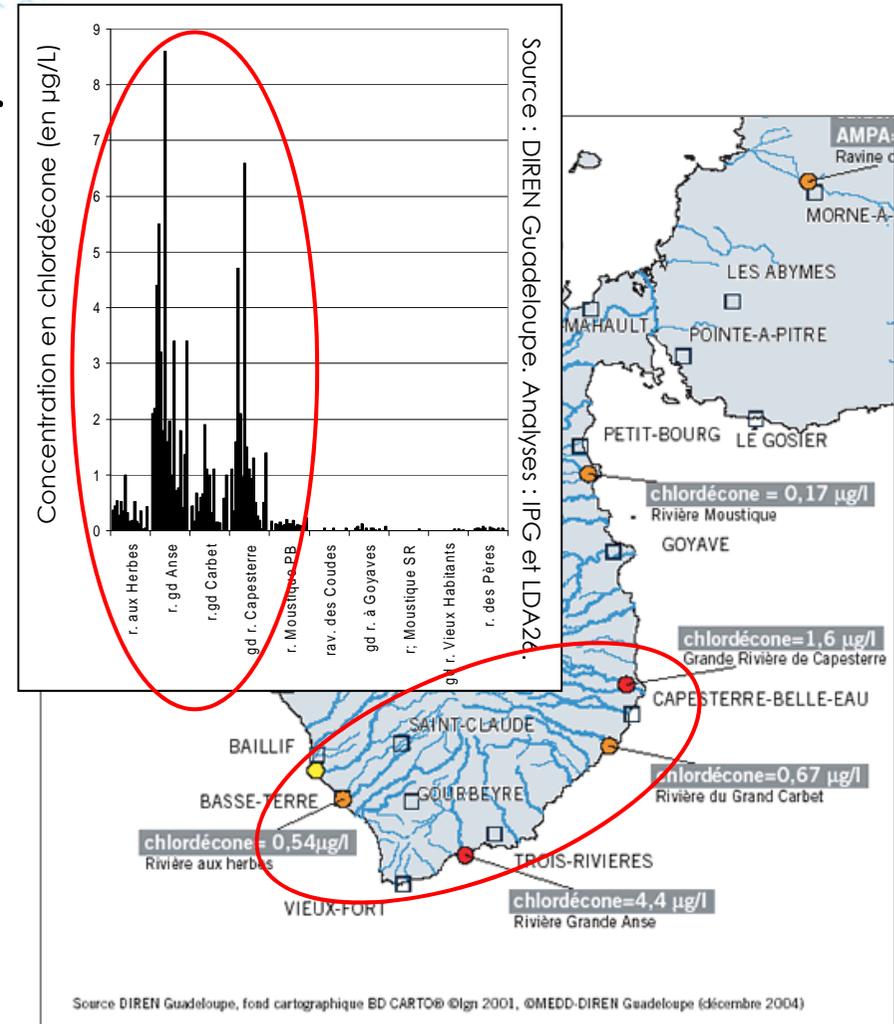
Éléments de contexte

... à la contamination des rivières ...



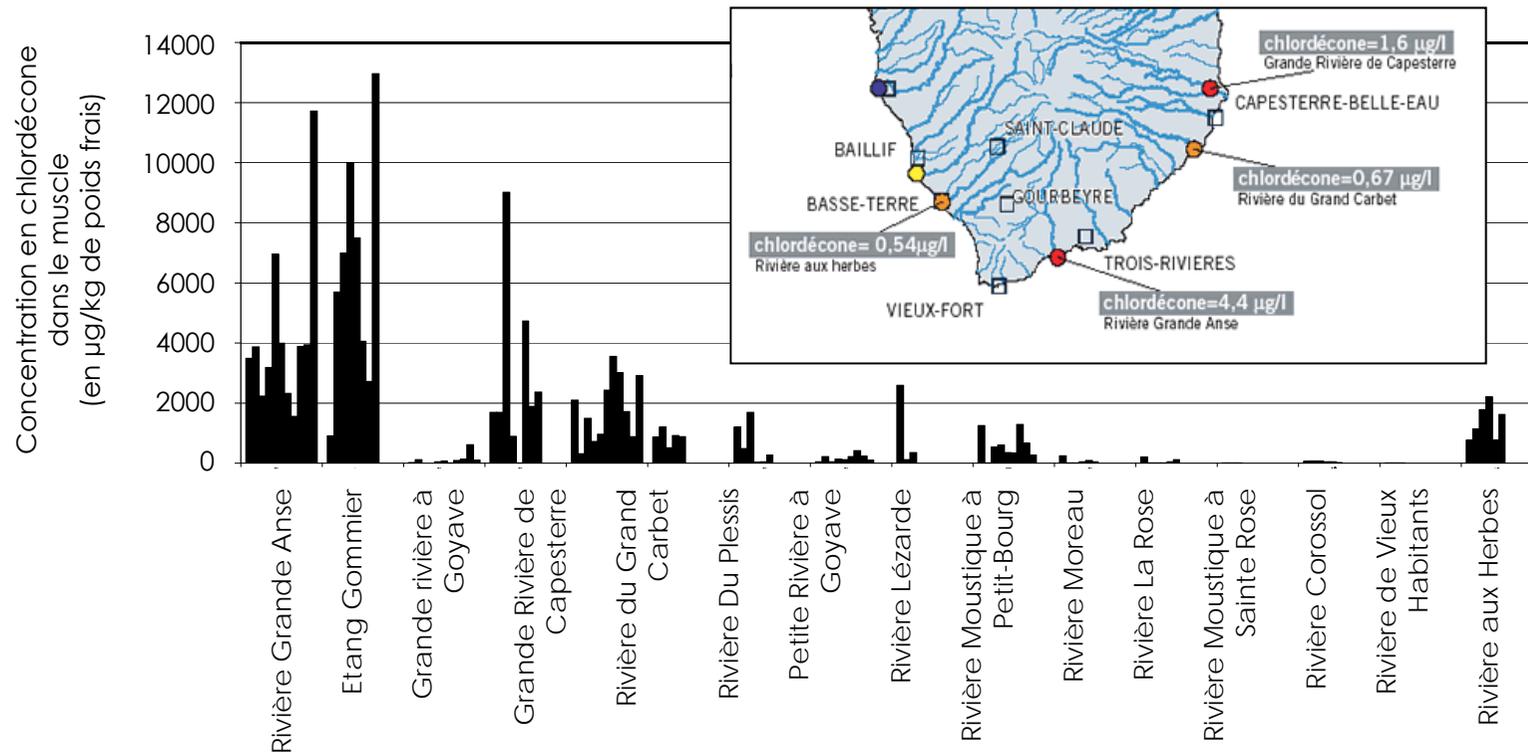
Source : Y.-M. Cabidoche / INRA APC

Drainage, via les nappes, et ruissellement
 contribuent à la contamination des rivières



Éléments de contexte

... et des organismes d'eau douce, en milieu naturel ...



Source : D. Monti 2005, 2006, 2007. Analyses : LDA26

Toutes espèces (poissons et crustacés) confondues, la contamination des organismes est très variable géographiquement, avec des valeurs extrêmes pour les rivières situées au sud de la Basse-Terre

Éléments de contexte

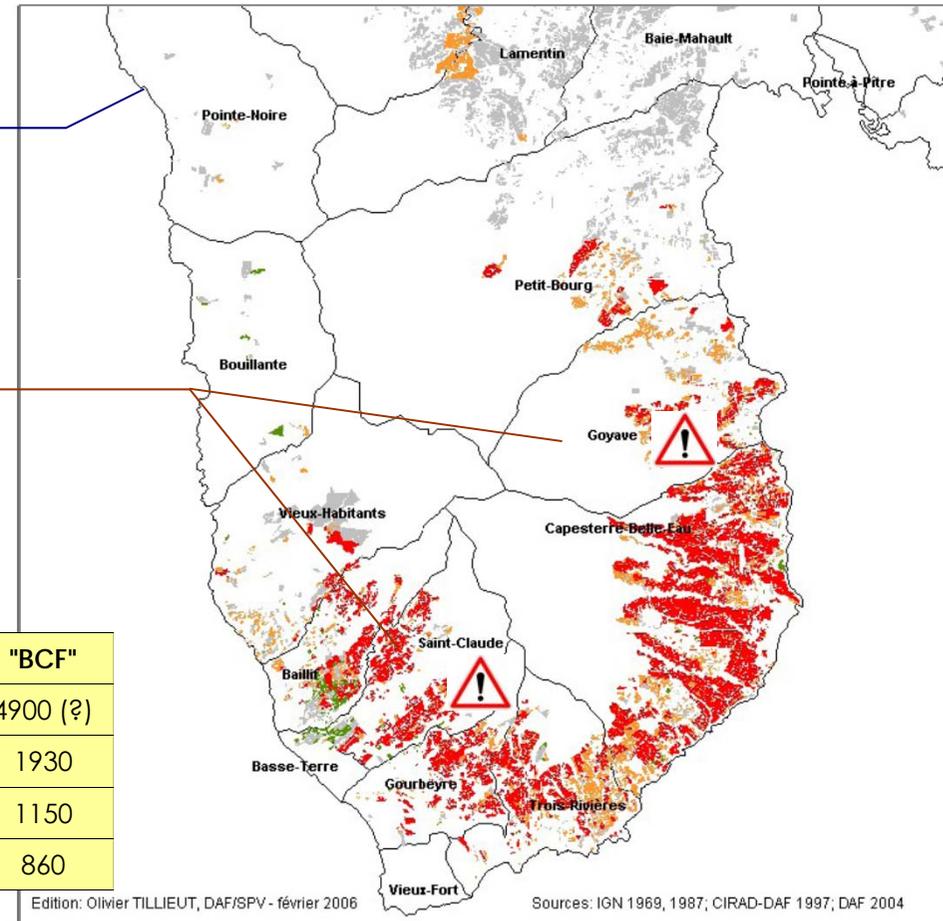
... mais aussi dans les élevages.

Océan S.A. / Parc Aquacole
 Écloserie fournissant les fermes aquacoles
 de Guadeloupe et de Martinique en larves
 de ouassous (*Macrobrachium rosenbergii*)

Limite Maximale de Résidus (20 µg/kg)
 dépassée dans 3 exploitations dont la
 production est désormais suspendue,
 sur la base d'une seule mesure !...

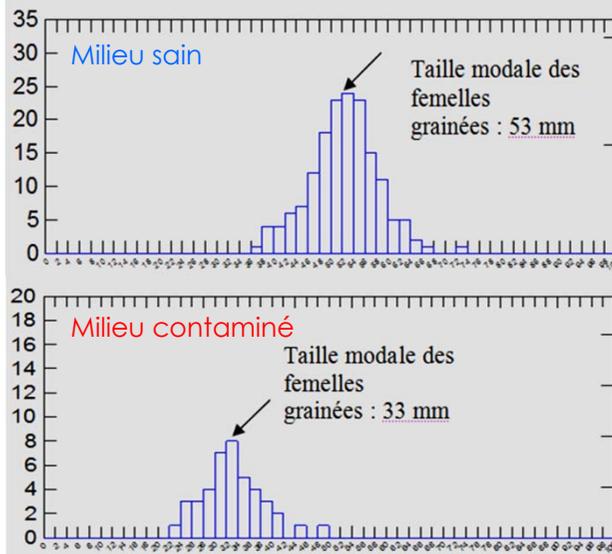
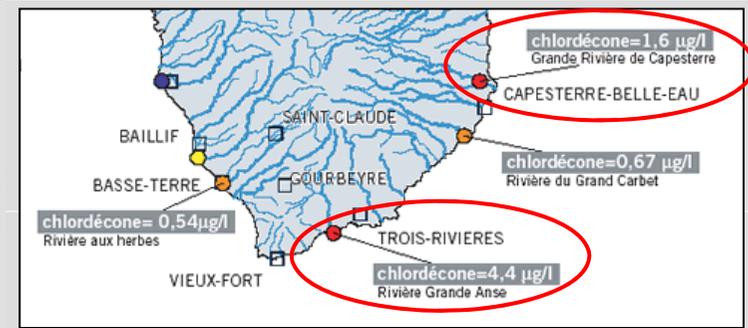
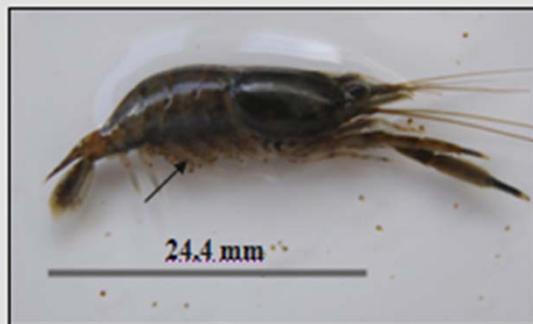
Exploitation	Eau	"Ouassous"	"BCF"
G1 / Saint Claude :	≈ 0,02 µg/L	98 µg/kg	4900 (?)
G2 / Saint Claude / B6 :	0,085 µg/L	163 µg/kg	1930
G2 / Saint Claude / B3 :	0,21 µg/L	240 µg/kg	1150
G3 / Goyave :	0,13 µg/L	113 µg/kg	860

Source : SYPAGUA, 2009. Analyses : LDA 26



Un constat : des impacts sur les populations naturelles

L'exemple de *Macrobrachium faustinum*



- une coloration renforcée
- un comportement inhabituel, très agressif
- une croissance significativement plus faible
- une préférence pour les milieux plus oxygénés (radiers)
- une grande abondance de femelles grainées
- d'une taille très inférieure à la moyenne habituelle des femelles portant des œufs

Source : D. Monti & S. Lemoine 2007

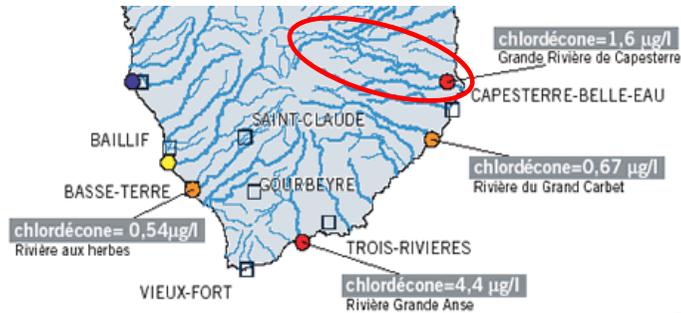
Des questions...

- Quelles sont les modalités de contamination des organismes aquatiques par la chlordécone ?
- Quels sont les mécanismes d'action de la chlordécone chez les organismes exposés ?
- Quelles sont les atteintes à la physiologie des organismes qui seraient susceptibles d'avoir des répercussions sur la biologie des populations ?

... et des enjeux

- Identifier des indicateurs d'impact (et de restauration ?...) utilisables en milieu naturel
- Définir les mesures de protection et/ou de réhabilitation à mettre en place dans les exploitations aquacoles frappées d'interdiction de production

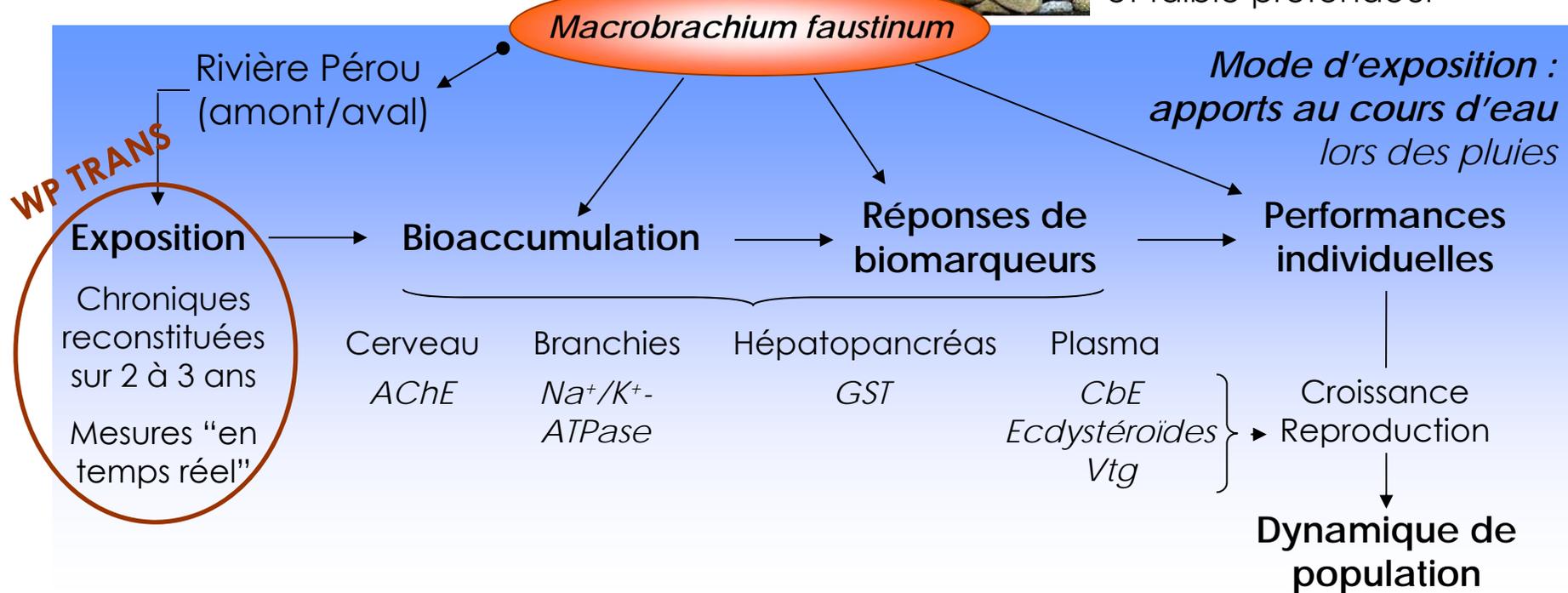
Macrobrachium faustinum, un organisme-sentinelle ?



Crustacé, Décapode,
Palaemonidae

"Ouassous", traditionnellement
 consommés par la population

Zone de faible courant
 et faible profondeur



Collecte et répartition des échantillons



Pêches électriques
8 campagnes (dont 7 amont/aval)
de Mai 2009 à Février 2010

Congélation
immédiate
(carboglance)

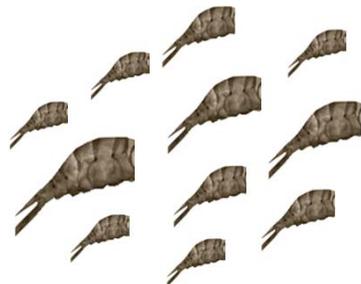
Stockage
à -80°C

Acheminement à
Rennes (carboglance)

Mesure du céphalothorax de
tous les individus congelés

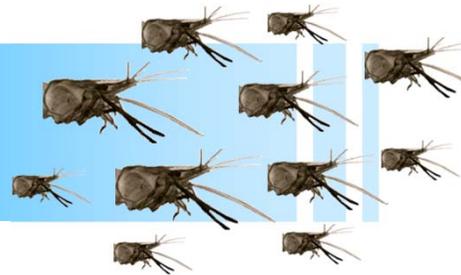
Répartition des échantillons

Université de Liège



Mesure de la concentration
en chlordécone

INRA Rennes



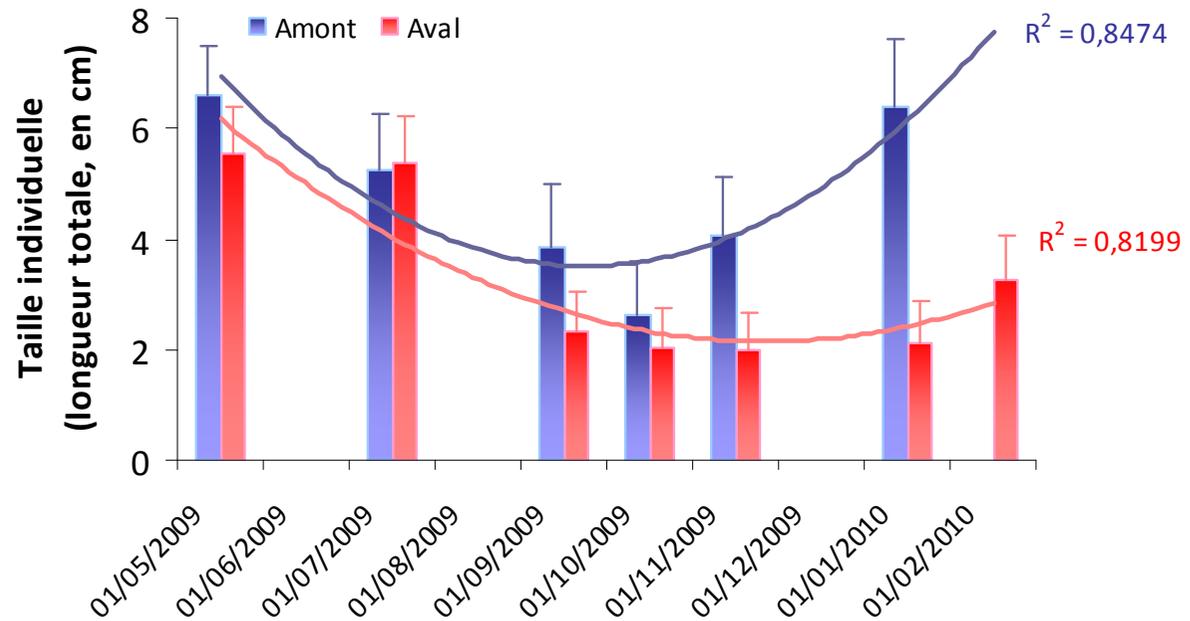
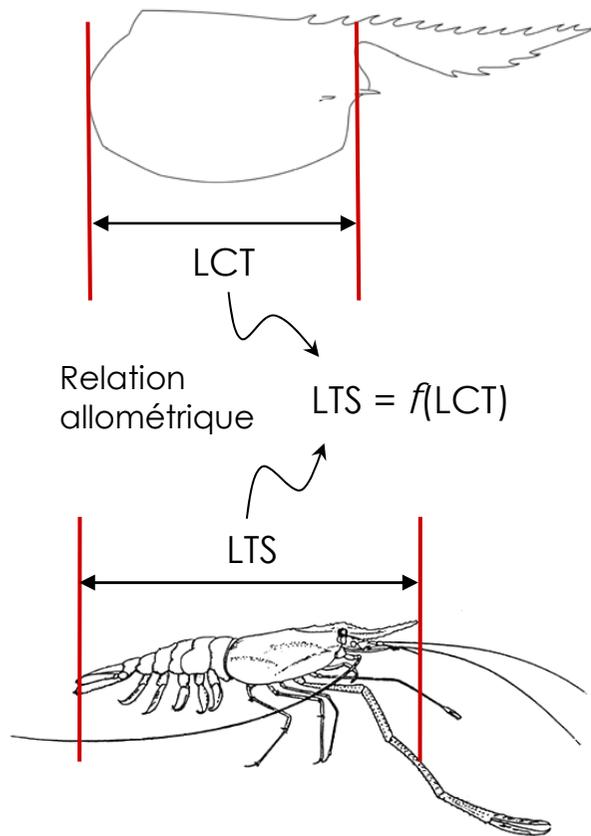
Mesures de biomarqueurs
enzymatiques

Université du Havre



Mesures de biomarqueurs
hormonaux

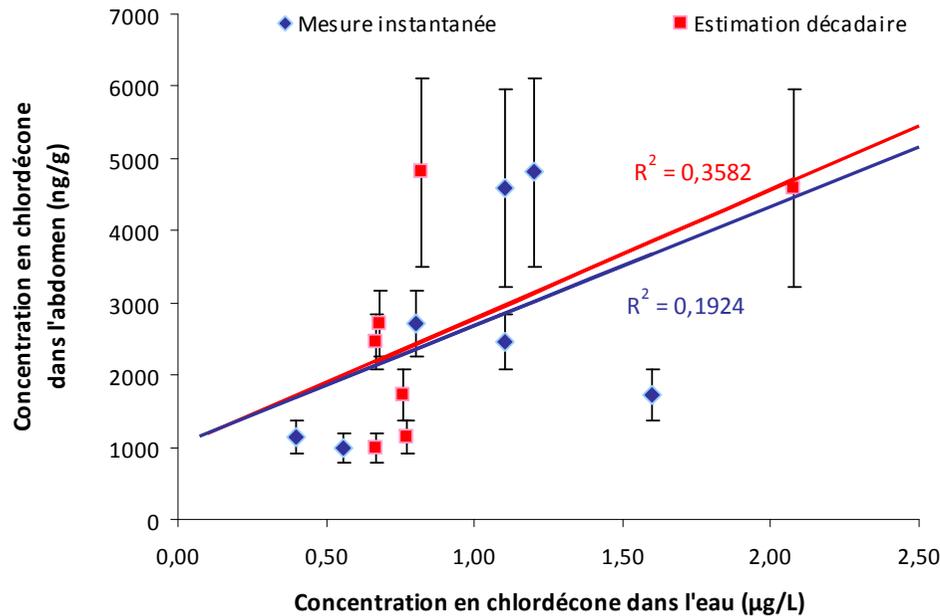
Evolution de la taille des individus au cours du temps



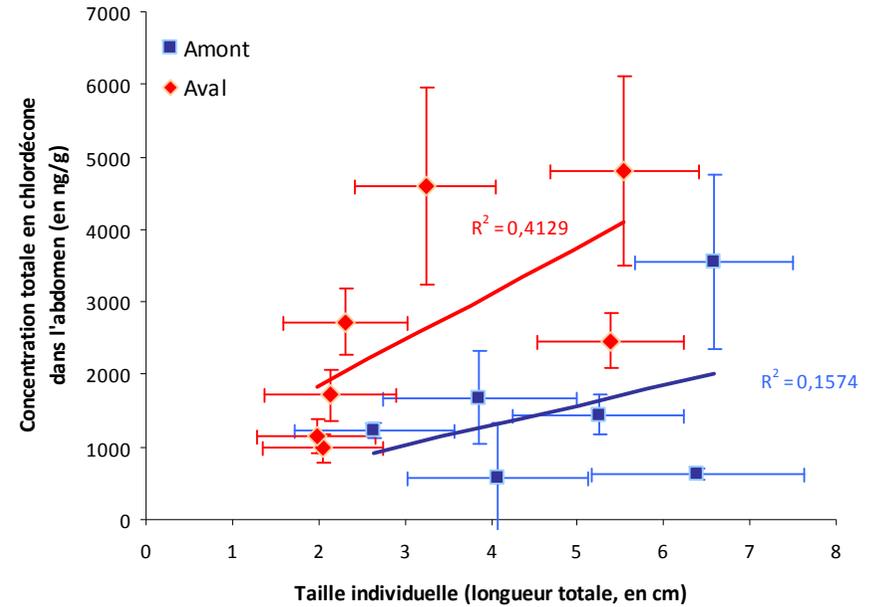
Effet significatif entre stations amont et aval : $p = 7,3 \cdot 10^{-11}$
Effet significatif entre dates des campagnes : $p = 2,2 \cdot 10^{-16}$

Niveau de contamination des individus (aval de la Rivière Pérou)

$$[CLD]_{\text{abdomen}} = f([CLD]_{\text{eau}})$$

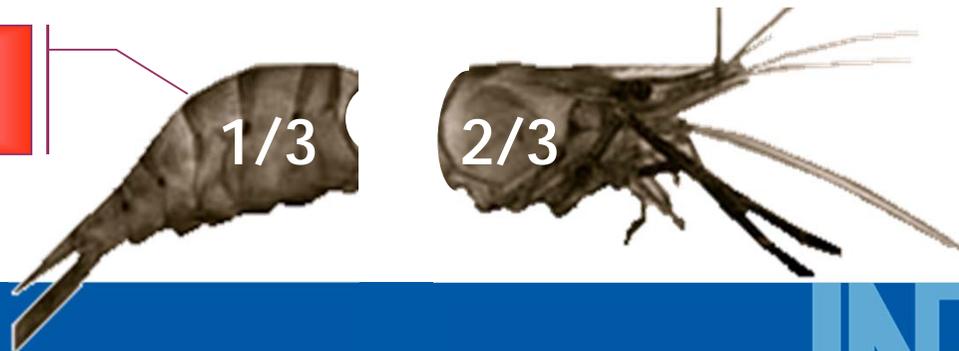


$$[CLD]_{\text{abdomen}} = f(\text{taille})$$



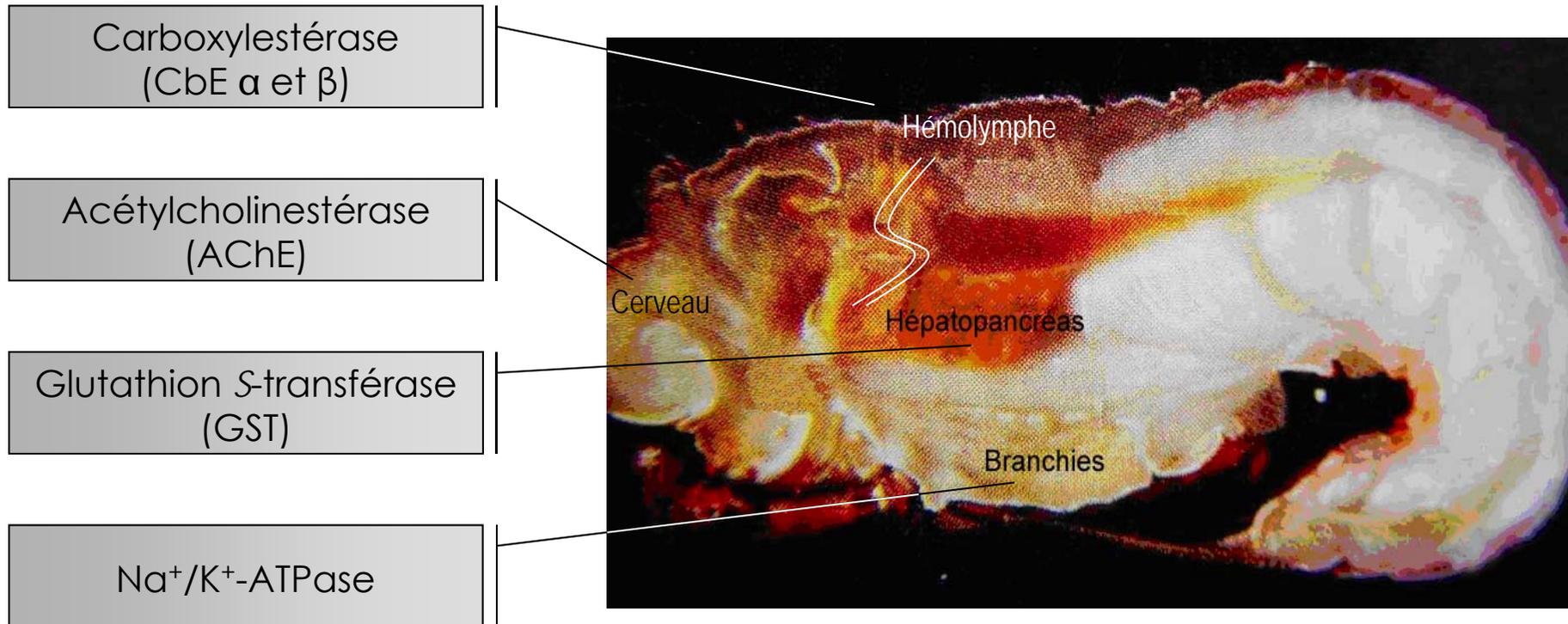
Répartition de la chlordécone

Cuticule :
 86,5 ± 3,6 %



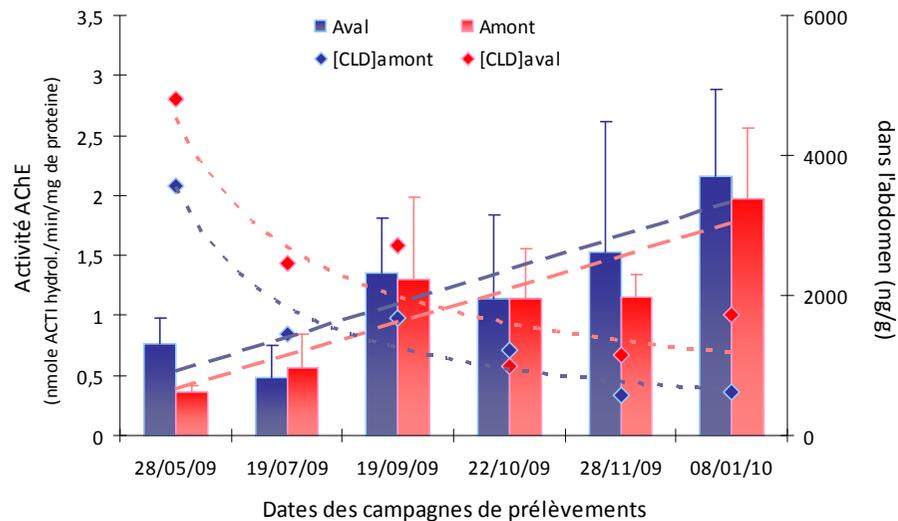
Données CIRAD et CART-Université de Liège

Réponses des biomarqueurs enzymatiques



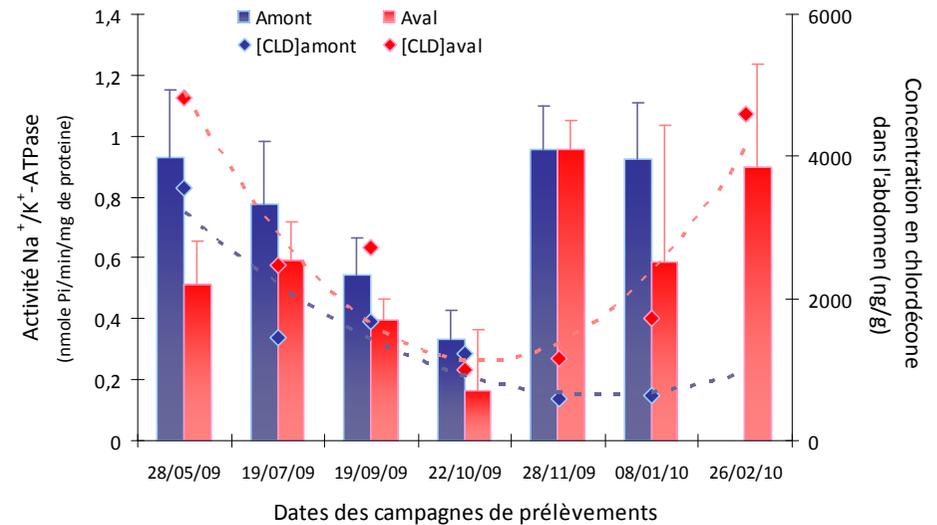
Réponses des biomarqueurs enzymatiques

Acétylcholinestérase



Activité d'autant plus élevée que la $[CLD]_{abdomen}$ est plus faible
↳ effet inhibiteur de la CLD ?

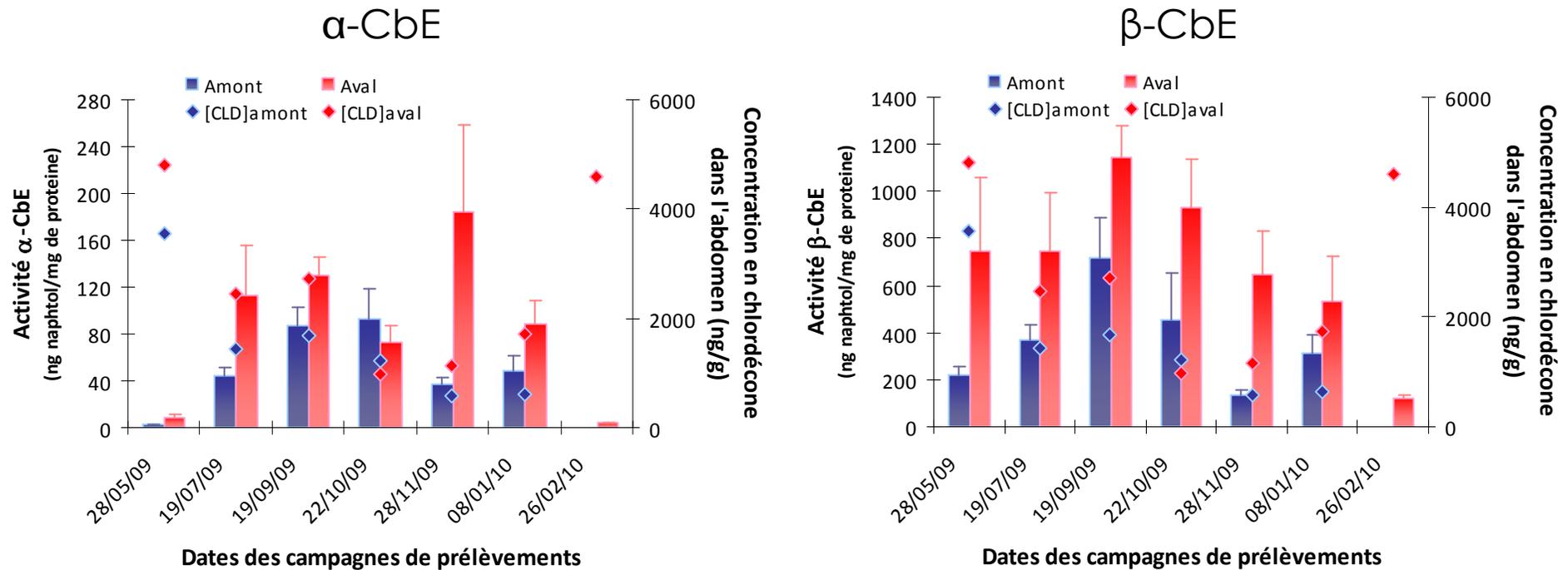
Na⁺/K⁺-ATPase



Activité d'autant moins élevée que la $[CLD]_{abdomen}$ est plus faible
Mais interférence possible avec la physico-chimie du milieu

Sensibilité des activités AChE et Na⁺/K⁺-ATPase cohérente avec les connaissances disponibles sur le mode d'action de la chlordécone

Réponses des biomarqueurs enzymatiques



Évolution des activités CbE synchrones des variations de la $[CLD]_{abdomen}$
Activité plus élevée chez les individus les plus contaminés (en zone aval)

Pour les β -CbE, qui interviennent dans le métabolisme des hormones juvéniles chez les crustacés, relation possible avec la croissance des individus ?

Acquis

- Début de prise en compte des milieux aquatiques d'eau douce dans la "problématique chlordécone" aux Antilles
- Mobilisation d'un consortium de partenaires → création d'une dynamique permettant de mieux valoriser les efforts des partenaires locaux dans le cadre de démarches coordonnées
- Volonté de passer d'une approche descriptive (constats) à une approche analytique
- Début de caractérisation de la contamination d'une espèce-sentinelle, *Macrobrachium faustinum*
Mais nécessité de mieux détailler les mécanismes (*e.g.*, dilution par la croissance)
- Meilleure connaissance des réponses/atteintes physiologiques
 - ↳ Disponibilité de biomarqueurs d'exposition et d'effet

Perspectives :

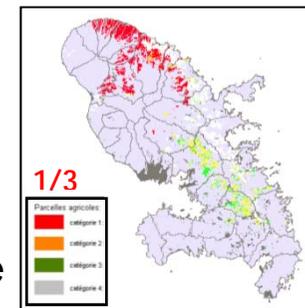
accroître les connaissances pour mieux évaluer et gérer les risques

- Développer des recherches sur les mécanismes d'action (neurotoxicité, reprotoxicité/perturbation endocrinienne,...) et de biotransformation de la chlordécone, de façon à identifier des indicateurs d'impact et de restauration
- Comprendre les mécanismes de contamination par la chlordécone des produits de l'aquaculture d'eau douce et mettre en place des solutions alternatives sur les exploitations contaminées



↪ Programme MACHLOMA (ANR CES / APR 2010)

- Déployer les méthodes d'évaluation des impacts et des capacités de restauration :
 - sur le long terme (observatoire ?)
 - spatialement, sur la Guadeloupe et la Martinique
- Combiner les approches au niveau des individus (e.g., biomarqueurs) avec celles à l'échelle des populations (ex: restauration)





Merci à Yves-Marie Cabidoche (INRA, Unité ASTRO, Petit-Bourg)
Philippe Cattan (CIRAD, UPR 26, Capesterre Belle-Eau),
Jean-Pierre Thomé (Université de Liège, Belgique)

ainsi qu'à Patrick Boucher et François Herman
(Océan SA, Parc Aquacole, Pointe-Noire)

...et merci pour votre attention