



## Les effets de la contamination des cours d'eau sur les populations d'un crustacé d'eau douce, le gammare

**Olivier GEFARD**, Alexandre CILIBERTI, Arnaud CHAUMOT  
Irstea, Lyon, France

# Contexte : impacts des composés chimiques

## Exposition

Composés chimiques :

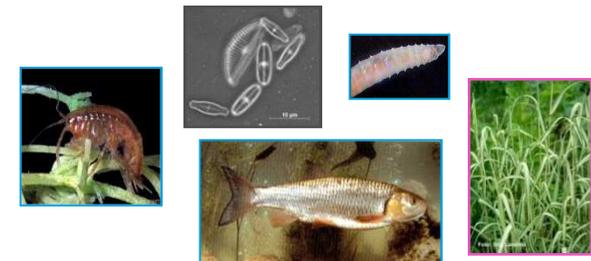
- compartiments environnementaux
- échantillonneurs passifs

## Impact

Communautés :

- diversité
- fonction

**Biodisponibilité ?**



Limitée dans la  
compréhension de l'impact

# Contexte : impacts des composés chimiques

## Exposition

Composés chimiques :

- compartiments environnementaux
- échantillonneurs passifs

## Impact

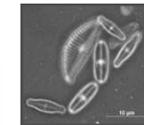
Communautés :

- diversité
- fonction



**Biodisponibilité ?**

**Chimique/habitat/trophique?**



Limitée dans la  
compréhension de l'impact

Limitée pour identifier la source  
de l'impact

# Contexte : impacts des composés chimiques

## Exposition

Composés chimiques :

- compartiments environnementaux
- échantillonneurs passifs

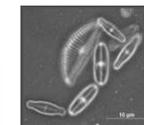
## Impact

Communautés :

- diversité
- fonction



**Difficulté d'établir des liens cause - effet**  
**Conditionne la restauration**



Limitée dans la  
compréhension de l'impact

Limitée pour identifier la source  
de l'impact

# Contexte : impacts des composés chimiques

## Exposition

Composés chimiques :

- compartiments environnementaux
- échantillonneurs passifs



## Place de l'écotoxicologie

**Indicateurs à des niveaux d'organisation biologique plus faibles**

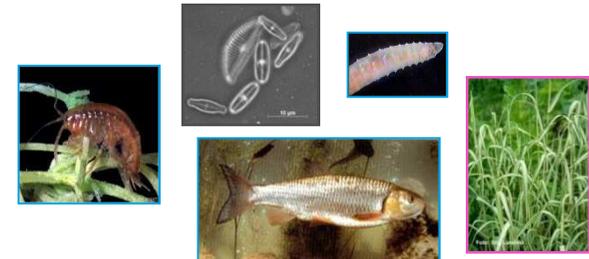


**Pouvoir établir un lien entre la contamination chimique et les effets**

## Impact

Communautés :

- diversité
- fonction



# Contexte : évaluer la contamination et la toxicité

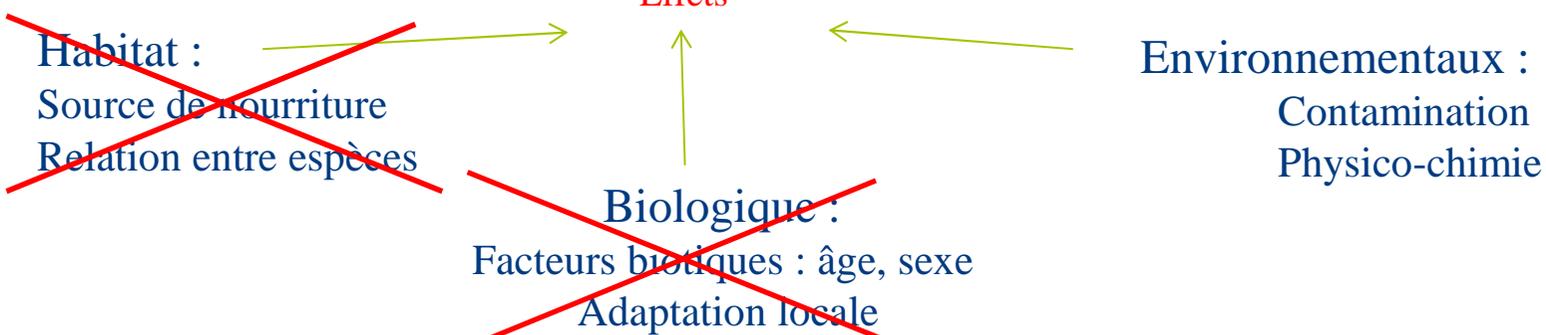
## Bio-monitoring actif

### Avantages:

- réalisme environnemental
- réponse intégrée



Accumulation  
Effets



Traits d'histoire de vie accessibles

# Contexte : évaluer la contamination et la toxicité

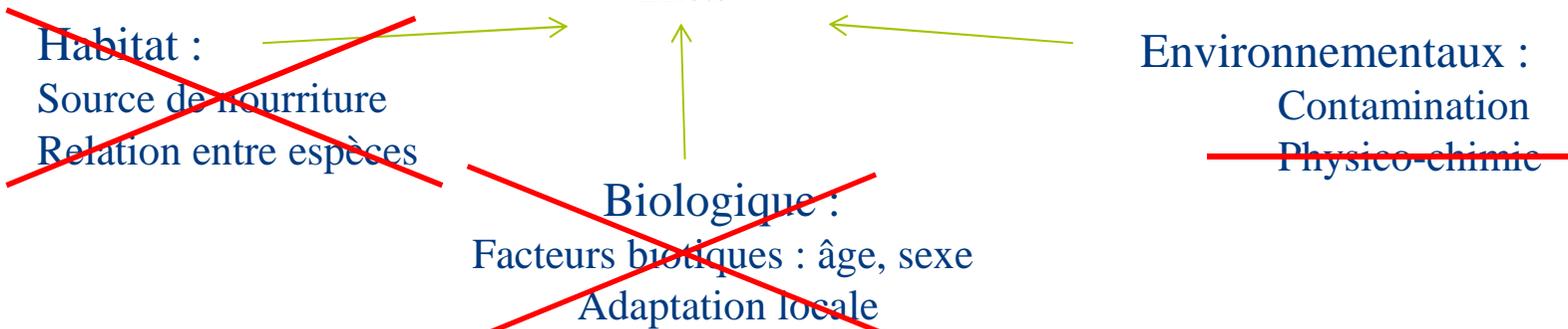
## Bio-monitoring actif

*Avantages:*

- réalisme environnemental
- réponse intégrée



Accumulation  
Effets



**Traits d'histoire de vie accessibles**

**Effets directement reliés à la contamination = valeur de référence**

# Notre approche: expérimentation *in situ*



Marqueurs développés à l'aide d'une "population" contrôle :

## Accumulation

(Besse et al., 2013, 2014)

## Marqueurs biochimiques

Neurotoxicité (Xuereb et al., 2007; 2009 a & b)

Genotoxicité (Lacaze et al., 2010; 2011a, b & c)

Enzymes digestives (Charron et al., 2013)

Perturbation endocrine (Jubeaux et al., 2012a, b & c)

## Traits d'histoire de vie

*Population dynamics related*

Reproduction (Geffard et al., 2010)

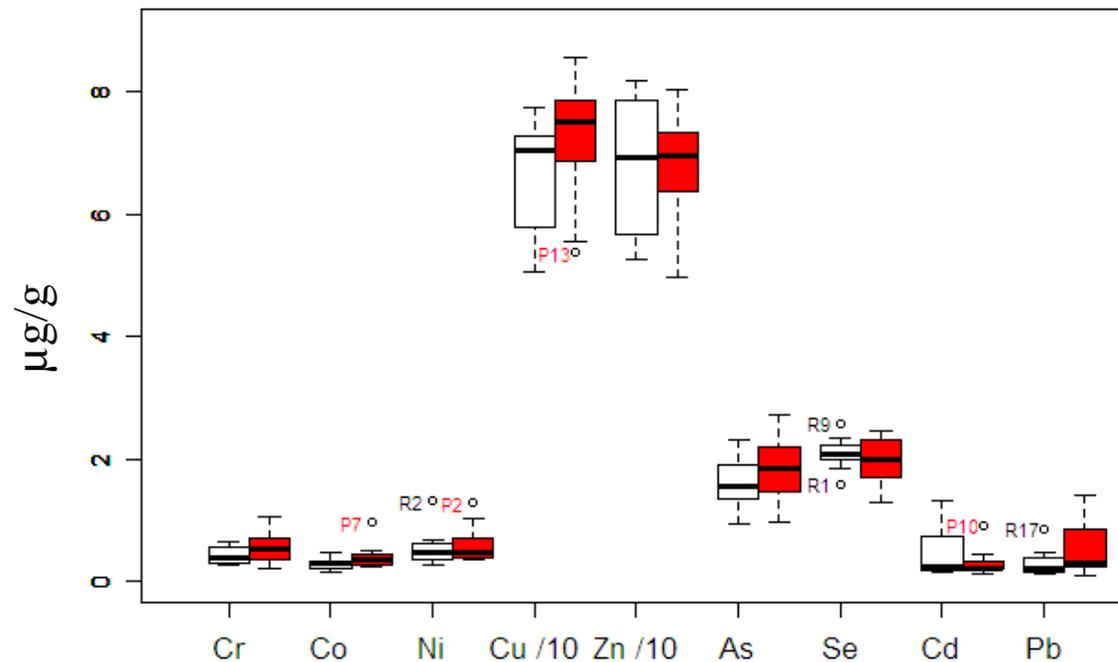
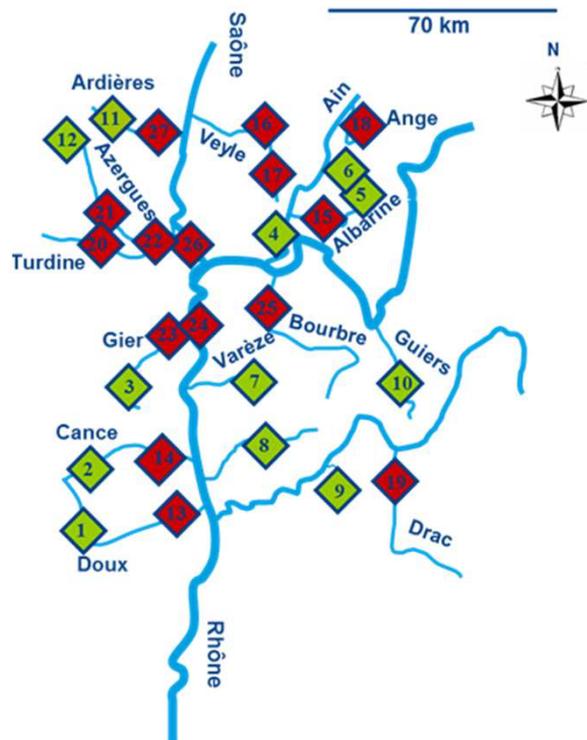
Alimentation (Coulaud et al., 2011)

Osmolalité (Issartel et al., 2010)

# Valeur seuil pour une “population” source

## Nouvelle stratégie pour l'évaluation de la contamination des milieux

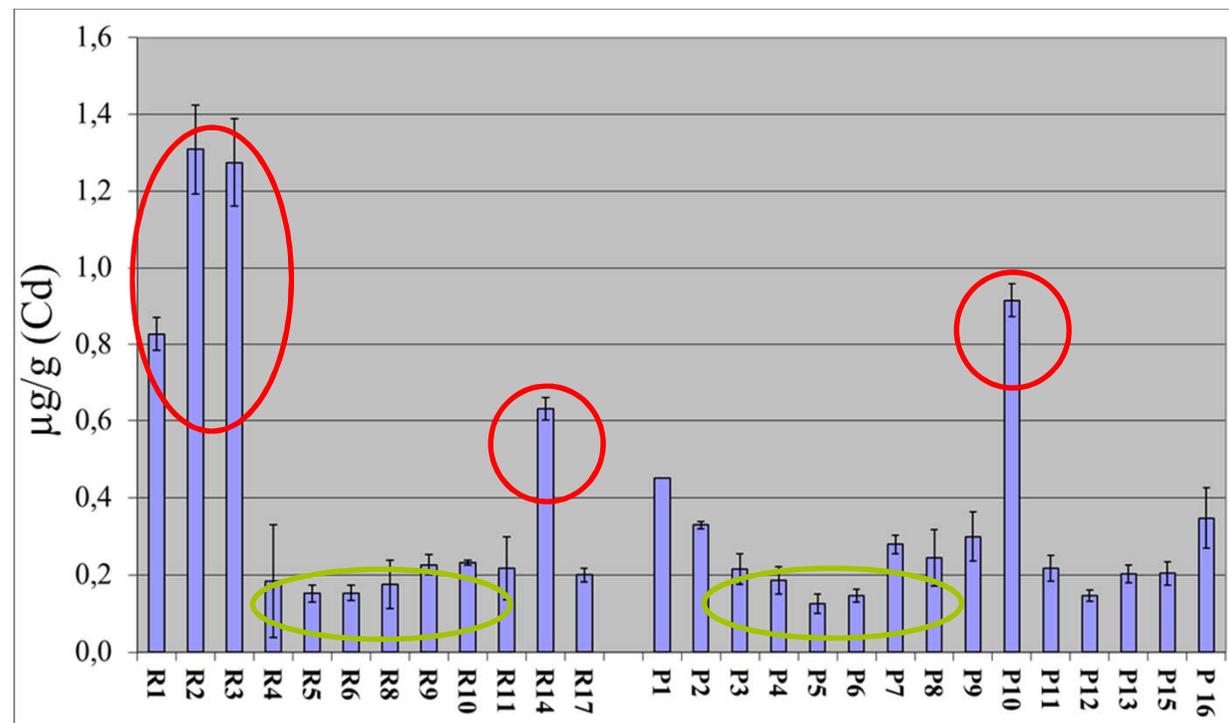
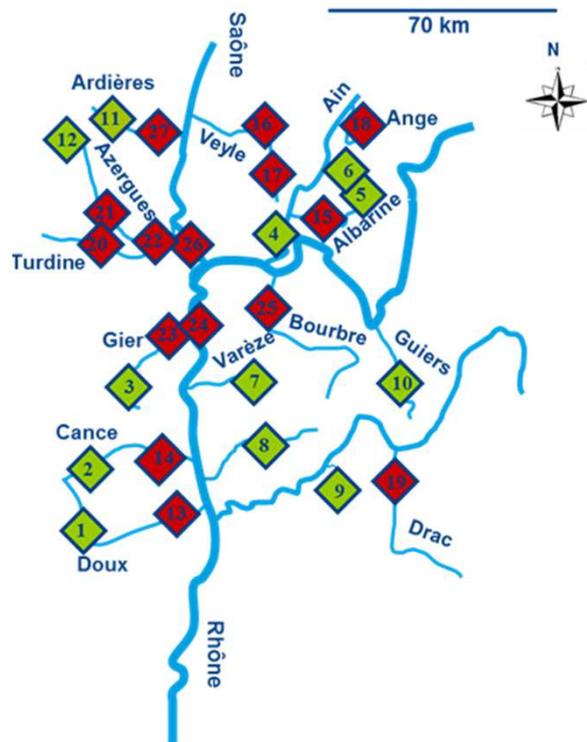
30 sites *a priori* définis comme étant contaminés ou non contaminés sur la bases des connaissances disponibles par les acteurs de l'eau.



# Valeur seuil pour une “population” source

## Nouvelle stratégie pour l'évaluation de la contamination des milieux

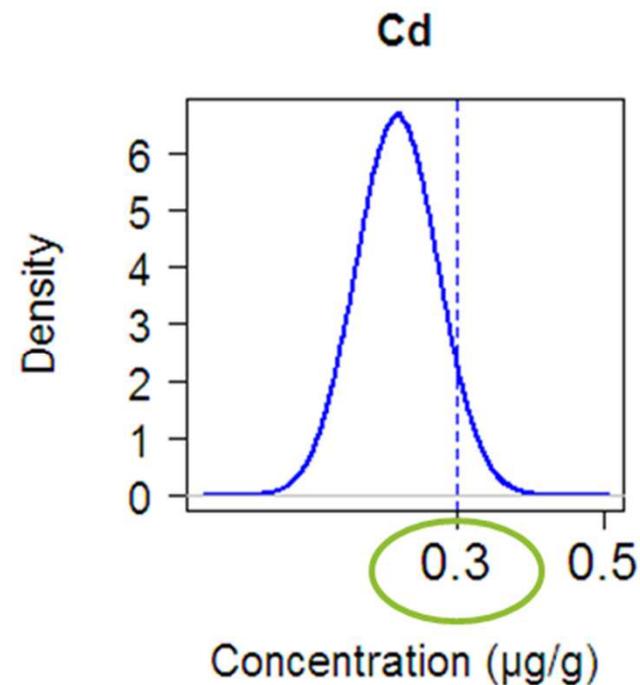
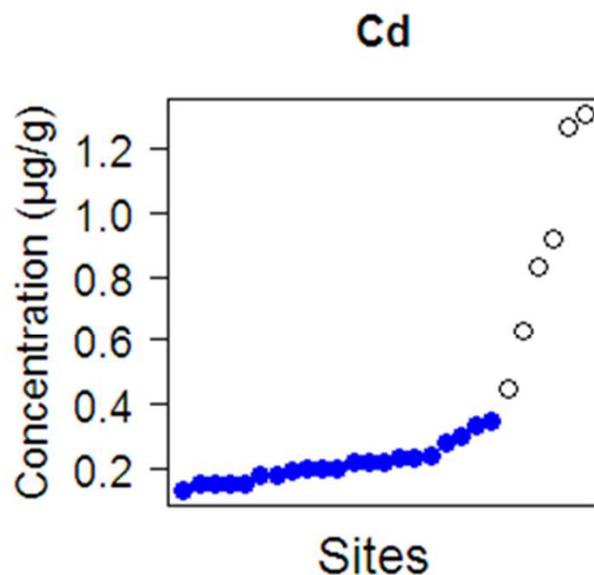
30 sites *a priori* définis comme étant contaminés ou non contaminés sur la bases des connaissances disponibles par les acteurs de l'eau.



# Valeur seuil pour une “population” source

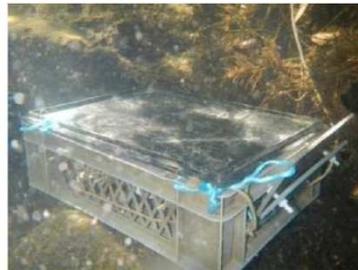
## Nouvelle stratégie pour l'évaluation de la contamination des milieux

Approche statistique : hypothèse que les teneurs en contaminants dans les organismes sont normalement distribuées uniquement pour des sites non soumis à une contamination biodisponible d'origine anthropique ou géochimique.



Valeur seuil : 95<sup>th</sup> percentile de la distribution

# Notre approche: expérimentation *in situ*



Marqueurs développés à l'aide d'une "population" contrôle :

Accumulation

(Besse et al., 2013, 2014)

Marqueurs  
biochimiques

Neurotoxicité (Xuereb et al., 2007; 2009 a & b)

Genotoxicité (Lacaze et al., 2010; 2011a, b & c)

Enzymes digestives (Charron et al., 2013)

Perturbation endocrine (Jubeaux et al., 2012a, b & c)

Traits d'histoire  
de vie

*Population dynamics related*

Reproduction (Geffard et al., 2010)

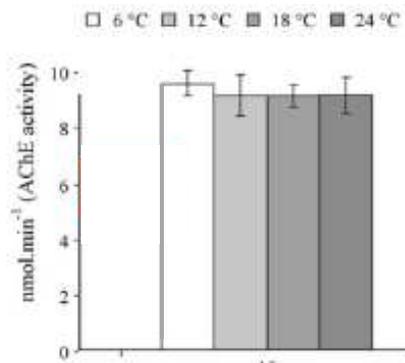
Alimentation (Coulaud et al., 2011)

Osmolalité (Issartel et al., 2010)

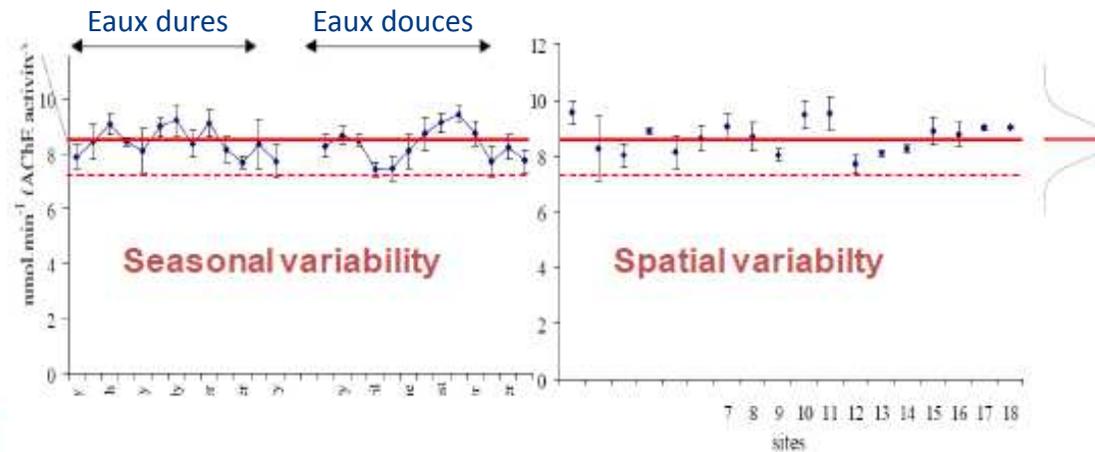
# Valeur seuil pour une “population” source

## Exemple 1 : Pas d’impact des facteurs environnementaux de confusion

### Laboratoire



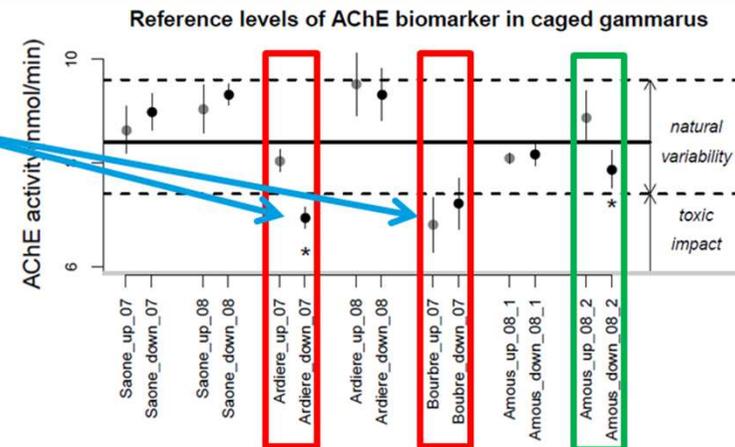
### Stations de référence sur le terrain



### In situ contaminated stations

## AChE

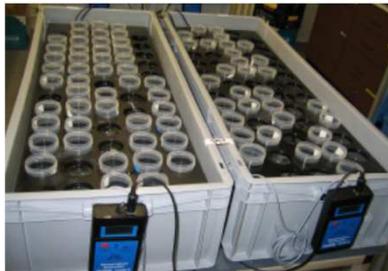
Specificity towards toxic effects



Grey ● Upstream WWTP  
Black ● Downstream WWTP

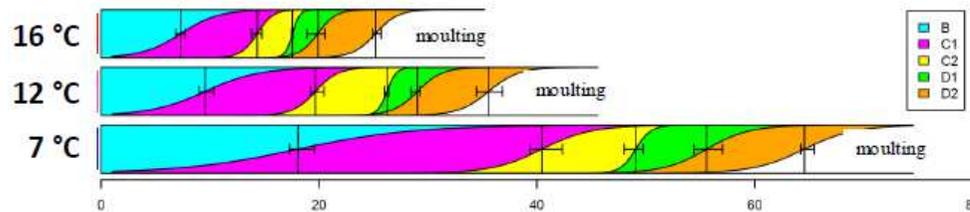
# Valeur seuil pour une "population" source

## Exemple 2 : Impact des facteurs environnementaux de confusion

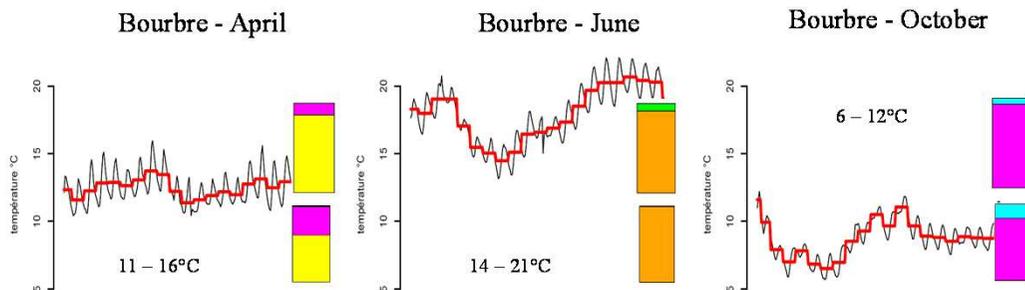


Lab

→ effet de la température  
modélisation de l'effet T°C sur la  
probabilité de transition entre stades de mue

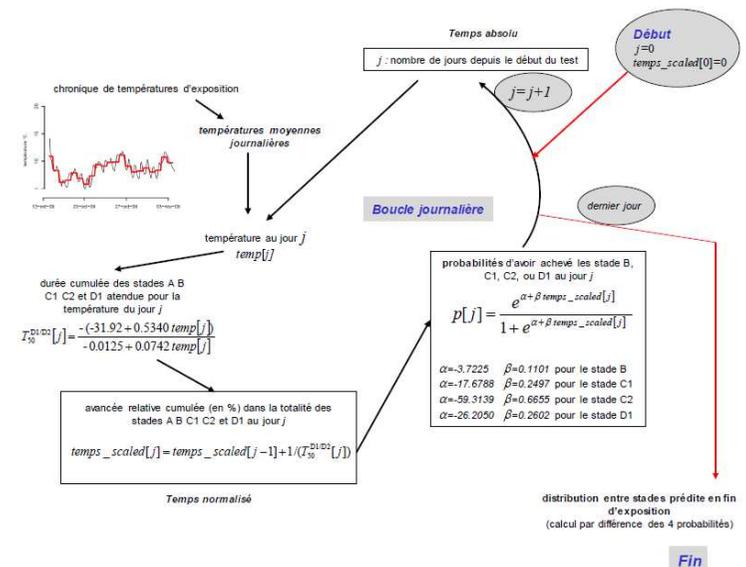


## Reproduction



## Référentiel

## → modèle en température variable



# Un outil pour qualifier la contamination et la toxicité

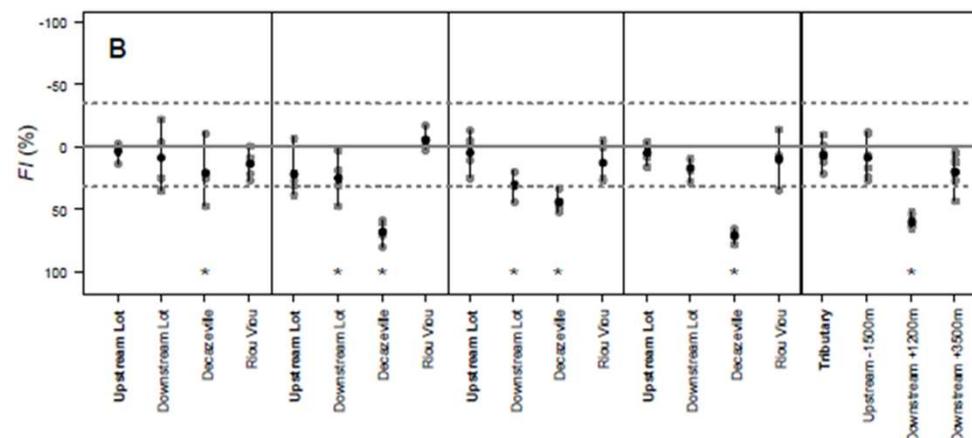


- 20 mâles (15 –20 mg)/chambre
- 7 couples/chambre
- nourriture *ad libitum* : aulne
- exposition 2 à 4 semaines

## Exemple de valeurs seuils

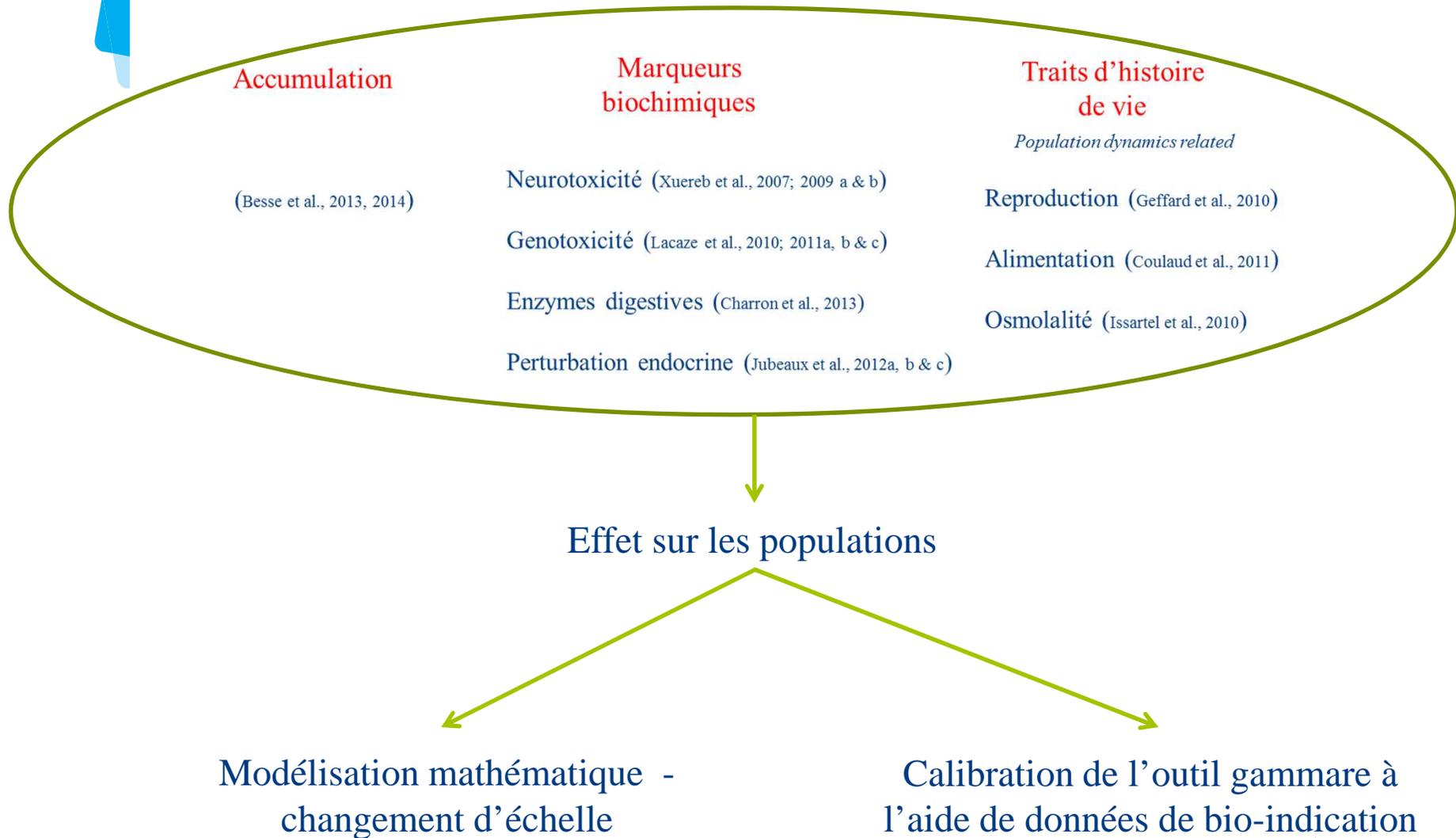
Acétylcholinestérase	7,4 nmol min <sup>-1</sup>
Taux d'alimentation :	
8°C	18 mm <sup>2</sup> /jr/ind
12°C	25 mm <sup>2</sup> /jr/ind
14°C	29 mm <sup>2</sup> /jr/ind
16°C	32 mm <sup>2</sup> /jr/ind
18°C	36 mm <sup>2</sup> /jr/ind
Reproduction :	
Surface ovocyte	106 000µm <sup>2</sup>
Fertilité	13,4 ovocytes
Fécondité	12,9 embryons

## Mesure des réponses biologiques sur les organismes

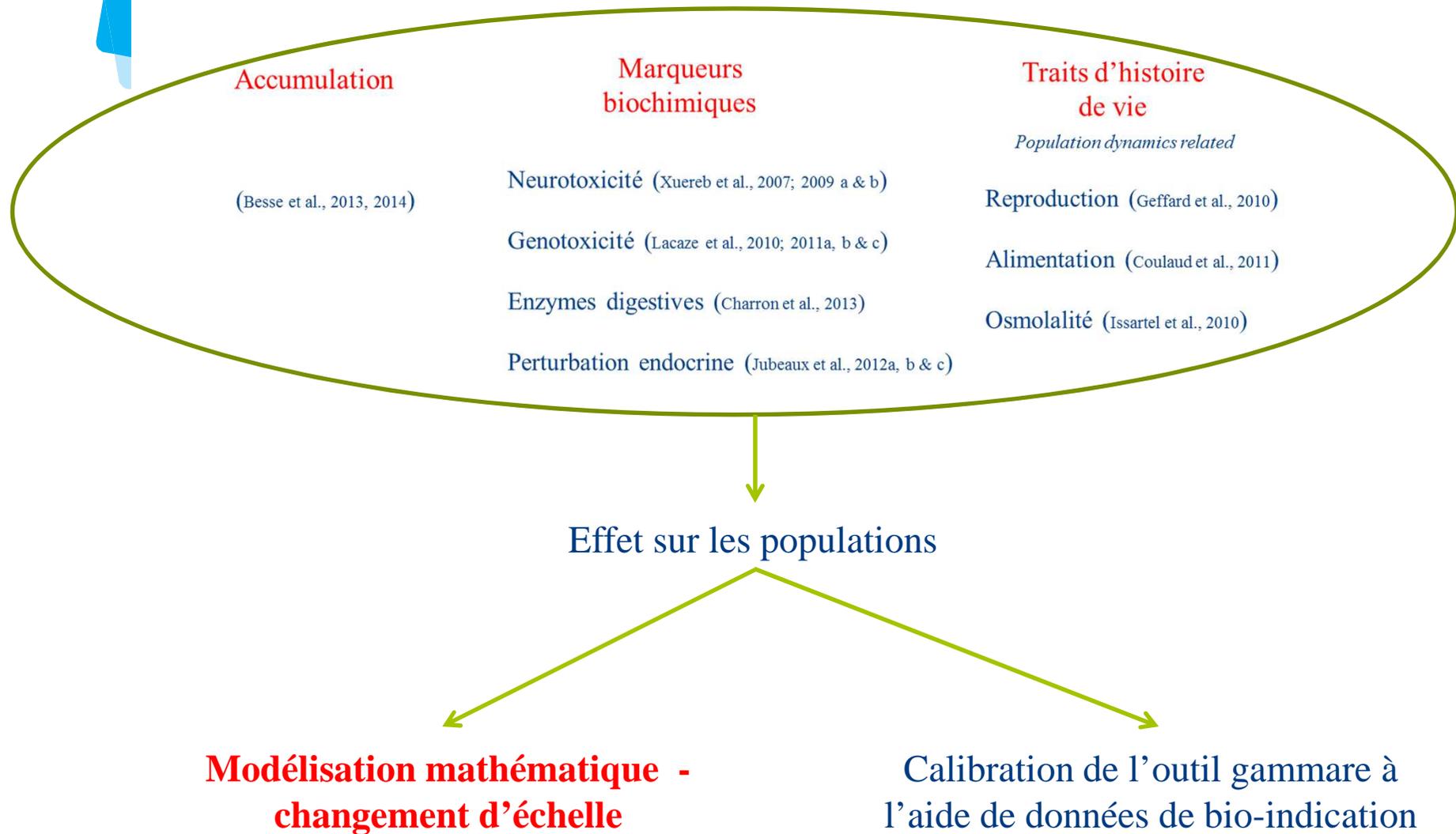


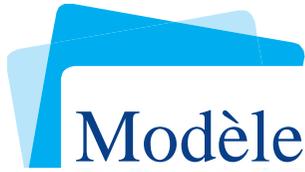
Qualifier la contamination biodisponible et la toxicité des milieux

# Intégrer une échelle biologique plus élevée



# Intégrer une échelle biologique plus élevée





# Modèle de dynamique de population

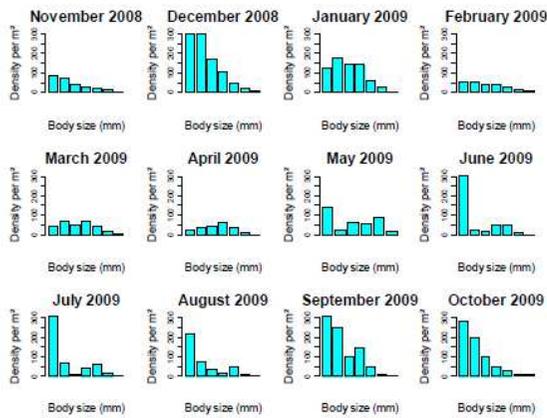
Development of a field-based population model



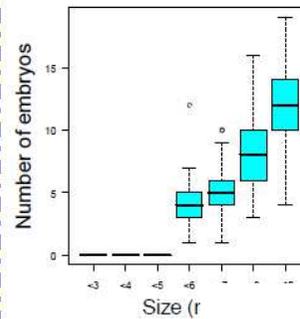
www.irstea.fr

## Demographic follow-up

### Densities & size-structure



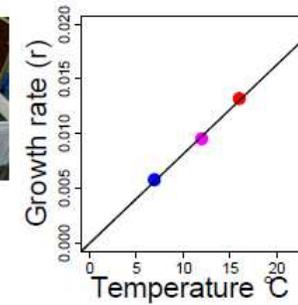
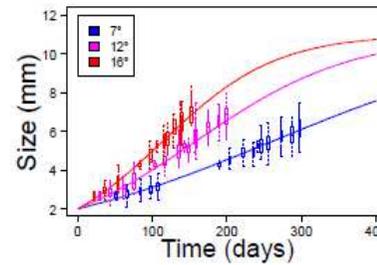
### Fertility



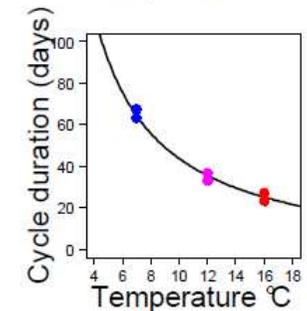
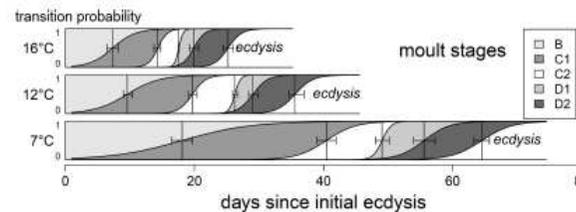
## Development of a field-based population model

### Modelling temperature dependency of life-history traits

#### • Growth



#### • Reproductive cycle duration



# Modèle de dynamique de population

## Development of a field-based population model

→ Parametrisation of periodic matrix model

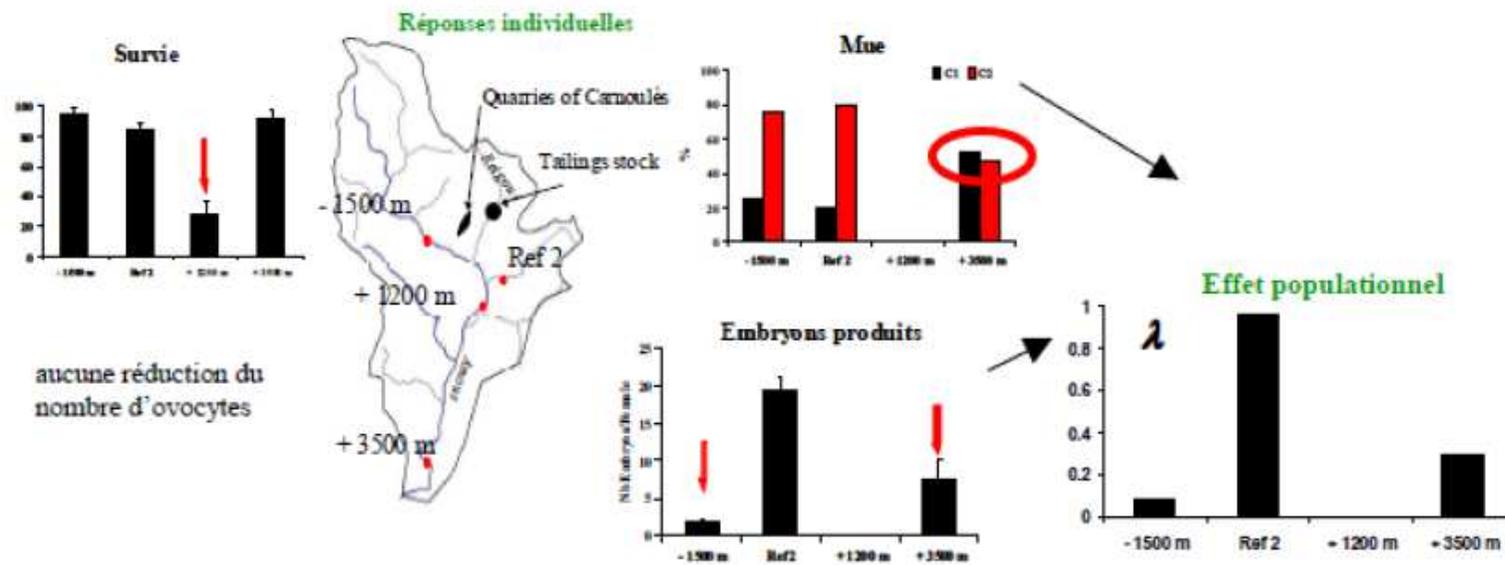
$$\mathbf{n}(t+1) = \left( \prod_{k=1}^{12} \mathbf{M}_k \right) \mathbf{n}(t) = \mathbf{L} \mathbf{n}(t)$$

$$\mathbf{M}_k = \begin{bmatrix} s_1(k) \left( 1 - \sum_{j>1} g_{1,j}(k) \right) & 0 & f_3(k) \sqrt{s_1(k)} \sqrt{s_3(k)} & f_4(k) \sqrt{s_1(k)} \sqrt{s_4(k)} & f_5(k) \sqrt{s_1(k)} \sqrt{s_5(k)} \\ s_1(k) g_{1,2}(k) & s_2(k) \left( 1 - \sum_{j>2} g_{2,j}(k) \right) & 0 & 0 & 0 \\ s_1(k) g_{1,3}(k) & s_2(k) g_{2,3}(k) & s_3(k) \left( 1 - \sum_{j>3} g_{3,j}(k) \right) & 0 & 0 \\ s_1(k) g_{1,4}(k) & s_2(k) g_{2,4}(k) & s_3(k) g_{3,4}(k) & s_4(k) (1 - g_{4,5}(k)) & 0 \\ s_1(k) g_{1,5}(k) & s_2(k) g_{2,5}(k) & s_3(k) g_{3,5}(k) & s_4(k) g_{4,5}(k) & s_5(k) \end{bmatrix}$$

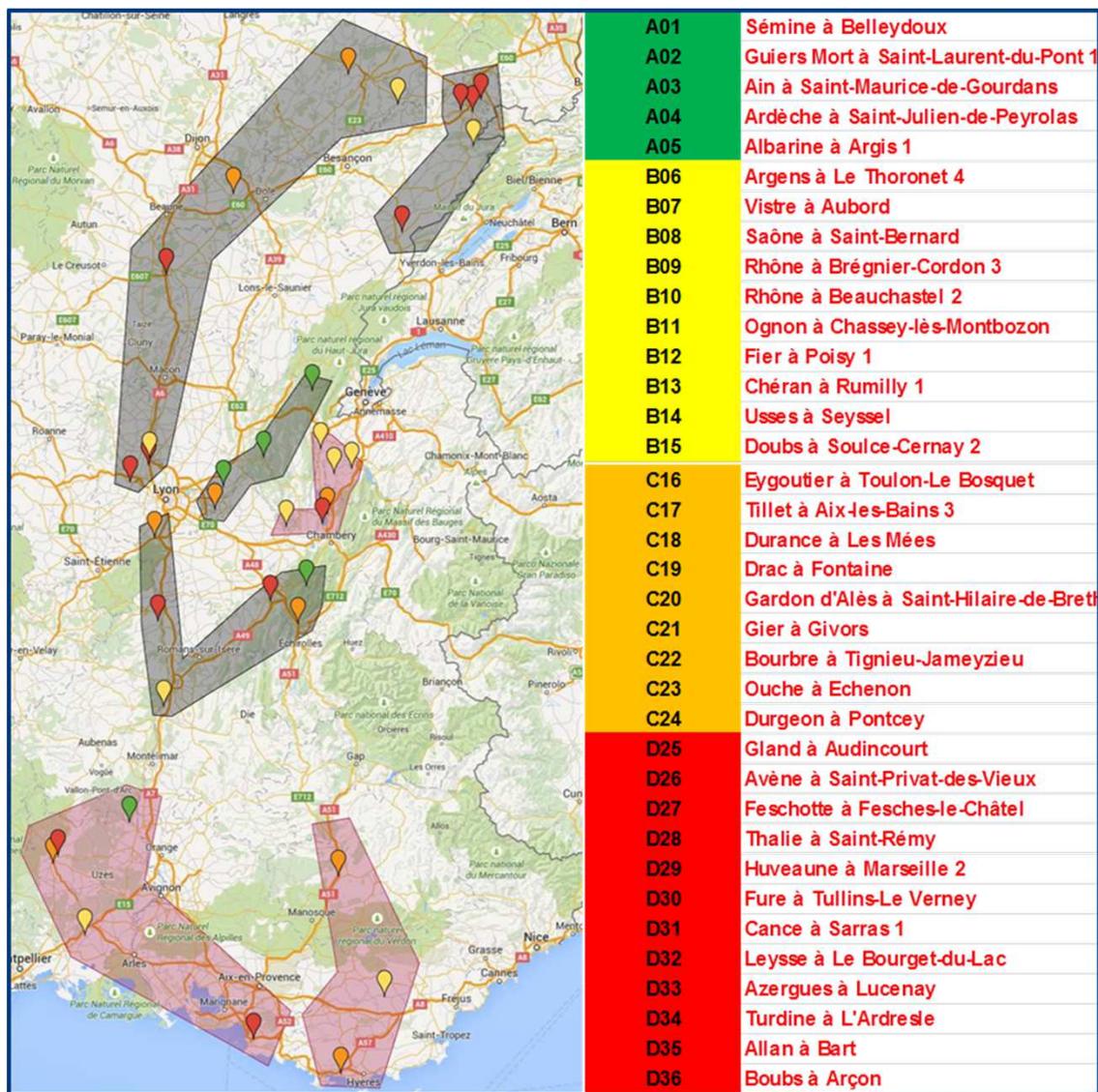
Lefkovitch matrix for month  $k$

# Modèle de dynamique de population

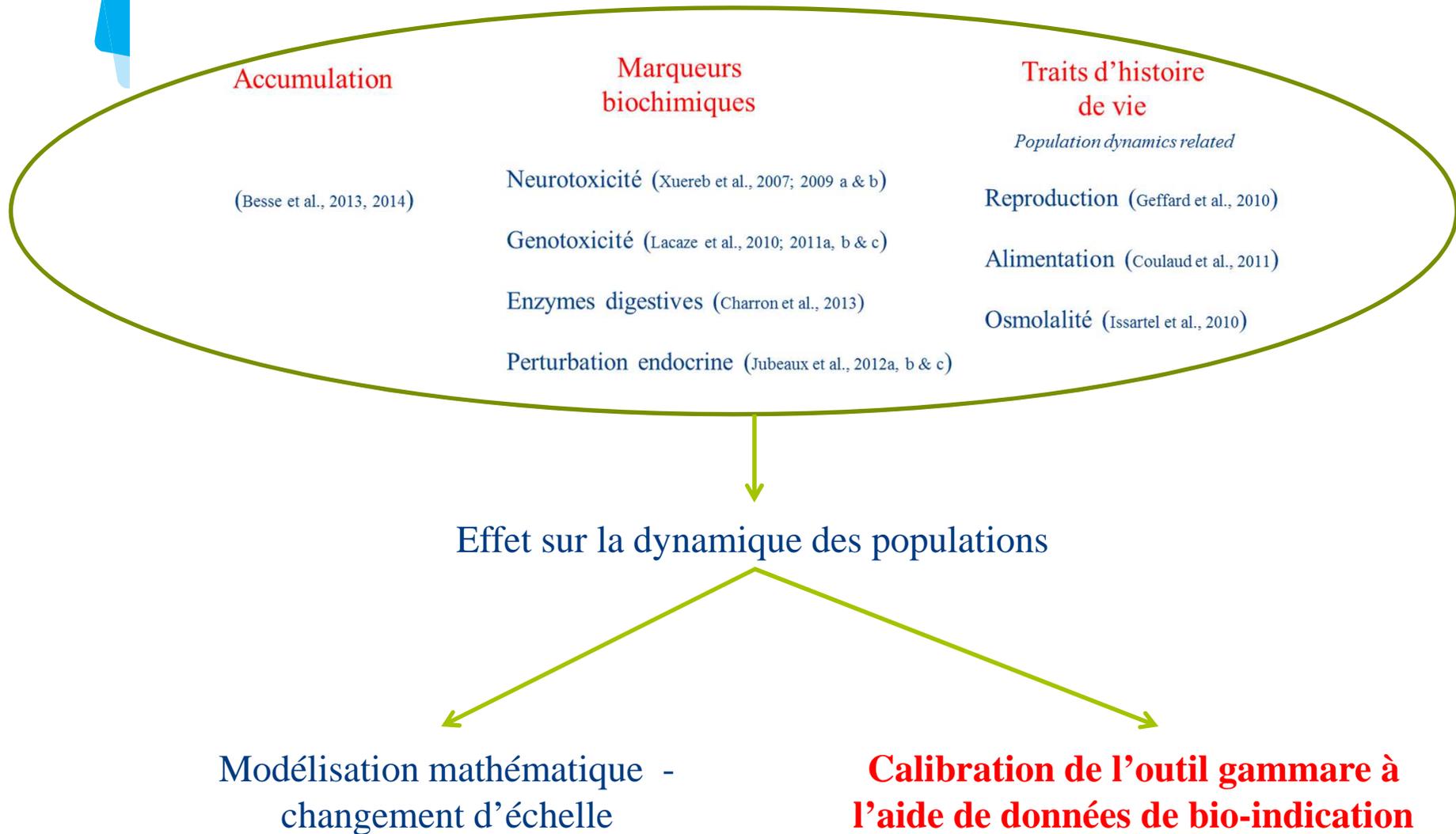
## BV de l'Amous



# Modèle de dynamique de population

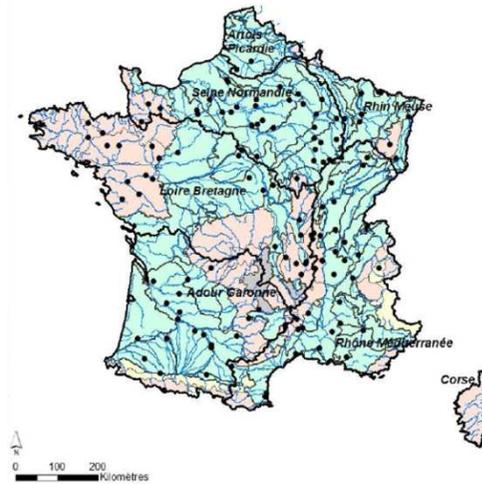


# Intégrer une échelle biologique plus élevée

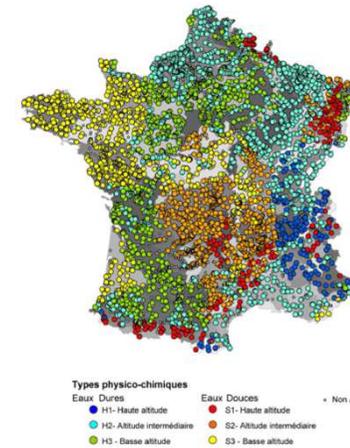


# Calibrer les teneurs accumulées via bioindication

## Jeux de données disponibles



- 129 sites étudiés à l'échelle nationale
- Encadrement d'organismes contrôles
- Contamination métallique biodisponible

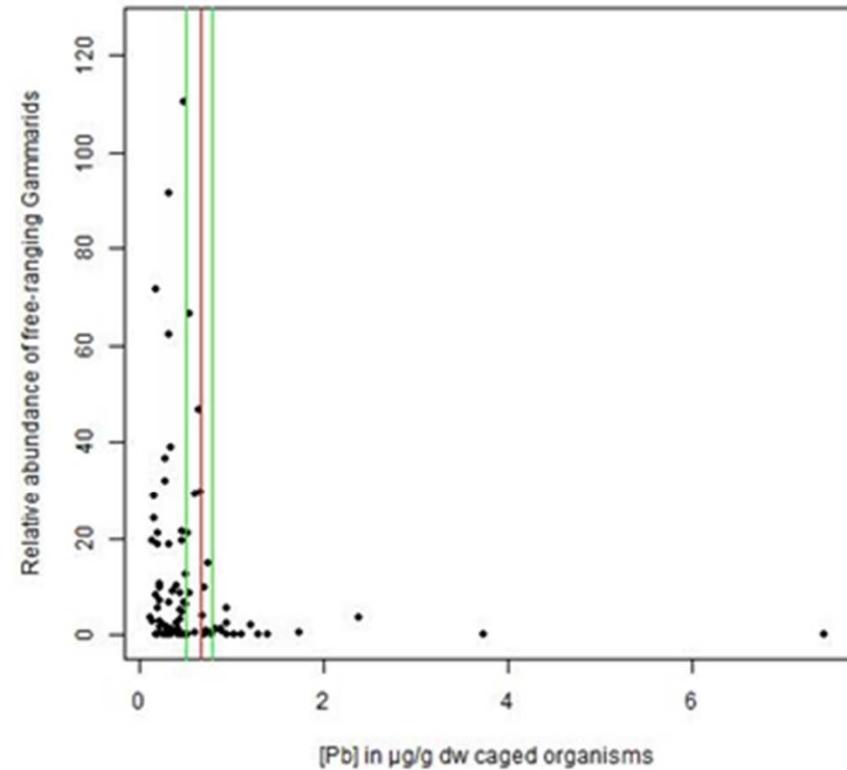
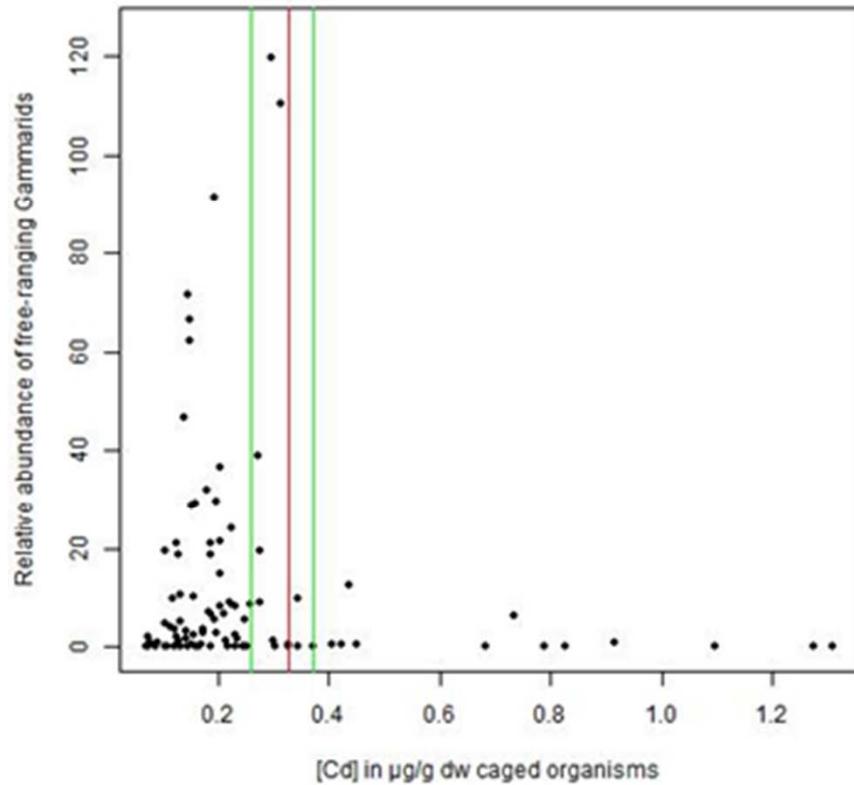


- Réseau de surveillance
- Données sur les abondances de nombreux groupes
- Abondance de gammars pour sites étudiés en chimie
- Données suffisante pour intégrer facteurs environnementaux

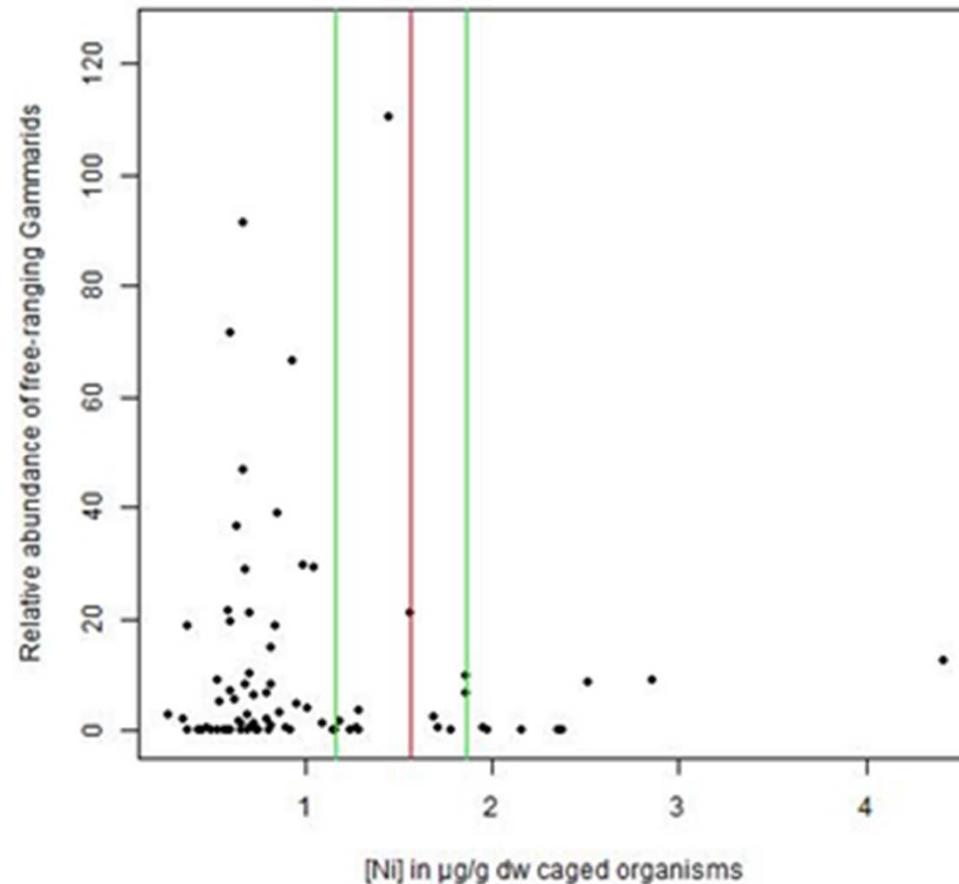
**Etablir des relations entre contamination biodisponible et abondance**



# Calibrer les teneurs accumulées via bioindication



# Calibrer les teneurs accumulées via bioindication



Concentration dans les gammares au-dessus de laquelle  
l'abondance de gammares est anormalement faible



## Conclusions

L'expérimentation *in situ* est une approche pertinente pour le diagnostic de la contamination et la toxicité des systèmes aquatiques.

Les marqueurs sub-individuels et individuels, couplés à l'expérimentation *in situ*, constituent des indicateurs pertinents de la qualité des milieux aquatiques, à condition que les valeurs de référence et valeurs seuils intègrent l'impact des facteurs de confusion environnementaux.

Les approches par modélisation et/ou calibration des outils écotox via les données de bio-indication offrent l'opportunité d'intégrer l'impact sur les populations dans l'évaluation de la toxicité des milieux. .

Aller vers une classification/codage des seuils proposés pour leur donner une notion de gravité.