



HAL
open science

**Utilisation des plans d'expériences en écotoxicologie
pour la quantification des effets de mélanges de
chlordécone et d'un dérivé ayant perdu trois chlores :
une étude encourageante pour la remédiation en zones à
pollution persistante**

Laetitia de Jong-Moreau, Claeys-Bruno Magalie, Andraud Jean-Pascal, Robin
Maxime, Sergent Michelle, Macarie Hervé, Xavier Moreau

► **To cite this version:**

Laetitia de Jong-Moreau, Claeys-Bruno Magalie, Andraud Jean-Pascal, Robin Maxime, Sergent Michelle, et al.. Utilisation des plans d'expériences en écotoxicologie pour la quantification des effets de mélanges de chlordécone et d'un dérivé ayant perdu trois chlores : une étude encourageante pour la remédiation en zones à pollution persistante. Congrès du Groupe Français de recherches sur les Pesticides, May 2021, Marseille (virtuelle), France. hal-03242005

HAL Id: hal-03242005

<https://amu.hal.science/hal-03242005>

Submitted on 29 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Utilisation des plans d'expériences en écotoxicologie pour la quantification des effets de mélanges de chlordécone et d'un dérivé ayant perdu trois chlores : une étude encourageante pour la remédiation en zones à pollution persistante

De Jong-Moreau Laetitia¹, Claeys-Bruno Magalie¹, Andraud Jean-Pascal², Robin Maxime¹, Sergent Michelle¹, Macarie Hervé², Moreau Xavier¹



Institut Méditerranéen de Biodiversité & d'Ecologie marine et continentale

¹ « Biomarqueurs, Environnement & Santé »

² « Biotechnologie Environnementale et Chimométrie »

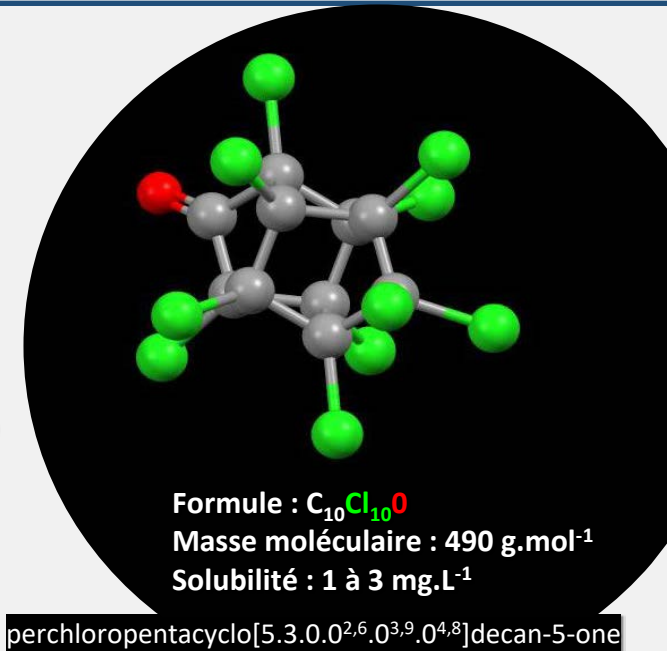
- Polluant Organique Persistant utilisé aux Antilles de 1972 à 1993



lutte contre le charançon du bananier



Chlordécone
(Kepone® et Curlone®)



Forte lipophilie : Log Kow = 4,5-6

↳ **bioaccumulation**

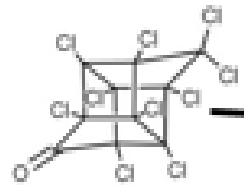
Forte adsorption dans les sols : Koc* = 580 to 16522 ml/g

Faible dégradabilité

↳ **Persistant** jusqu'à 700 ans dans les sols

Contamination de l'environnement

$$0 < [\text{CLD}]_{\text{eaux douces}} \leq 20 \mu\text{g/L}$$



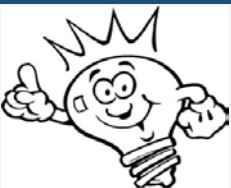
a: accumulation dans les sols

b: transfert
aux eaux de surface
par lessivage et
érosion

d: contamination
d'autres plantations
par irrigation

c: transfert aux eaux
souterraines par
percolation

Flore, faune et populations humaines contaminées



⇒ **Dégrader** la CLD dans les sols

Toutes les méthodes de remédiation testées à ce jour qu'elles soient biologiques ou physicochimiques (ISCR* avec Fe⁰) se traduisent par la déchloration de la CLD sans minéralisation ultime apparente



Mélanges de CLD et de CLD à différents degrés de chloration dans l'environnement

Objectif de notre étude



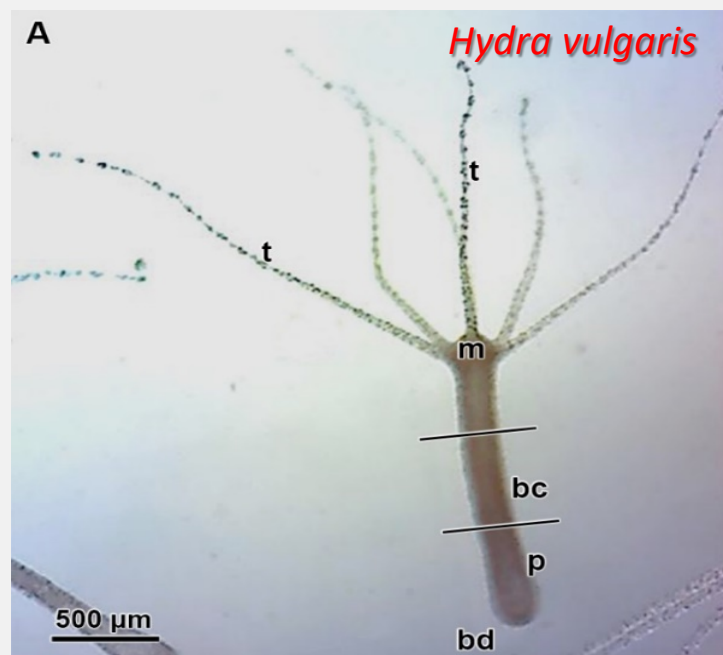
Etudier la toxicité de mélanges contenant de la CLD et un dérivé déchloré

**In Situ Chemical Reduction*

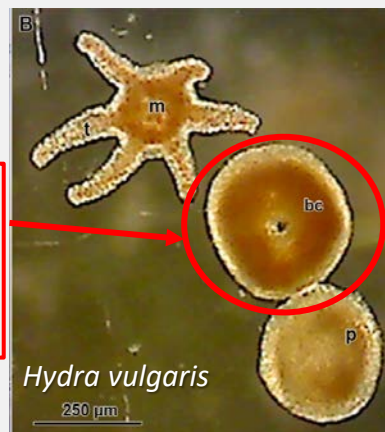
Choix des outils d'évaluation de la toxicité des mélanges ?

↳ Quel modèle animal ?

- Invertébré commun dans les eaux douces **et présent aux Antilles**
- Faible variabilité génétique (clone)
- Organisation simple : cellules toutes exposées
- Taille réduite : expositions en faibles volumes
- Fort pouvoir de régénération



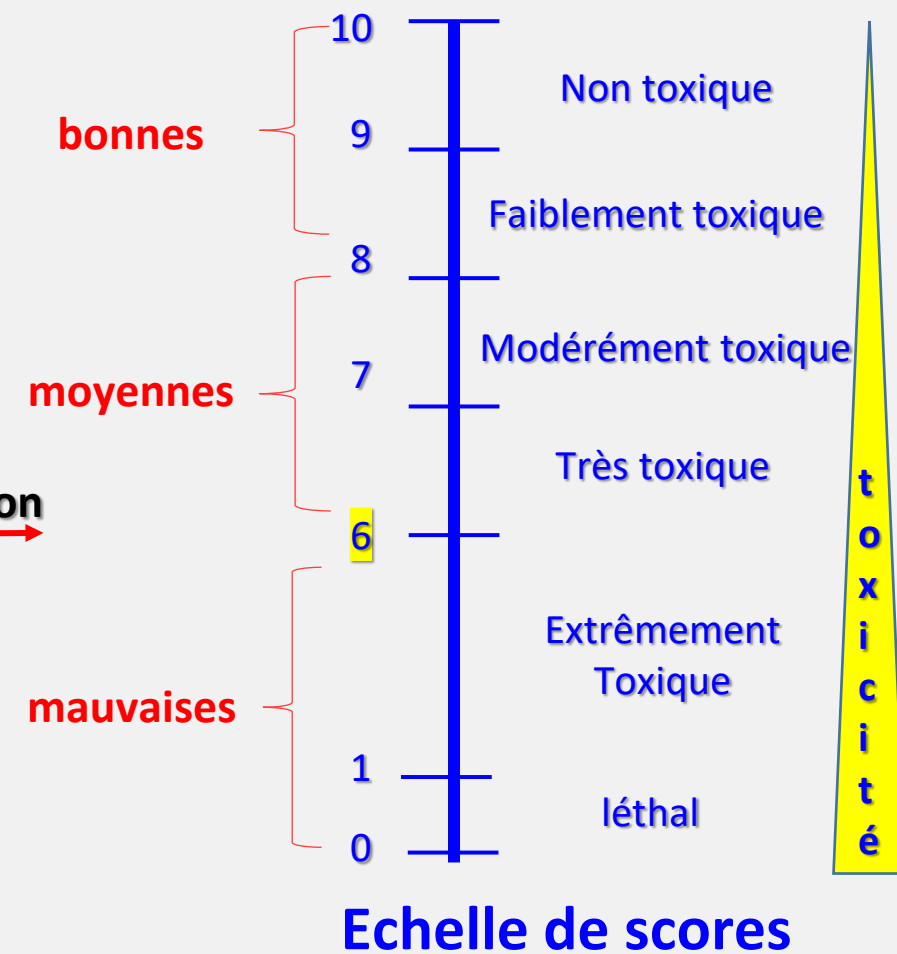
Régénération
après
sections



Exposition
96h

↳ Quelle réponse biologique ?

Capacités de régénération



Choix des outils d'évaluation de la toxicité des mélanges ?

Quelles molécules déchlorées ?

1 isomère de CLD-3Cl = principal produit formé par dégradation physicochimique (ISCR*) et disponible commercialement (société Alpha Chimica)

**In Situ Chemical Reduction*

Quelle méthode expérimentale ?

Comprendre les effets des mélanges
(infinité de combinaisons)
Réduire le nombre d'expériences



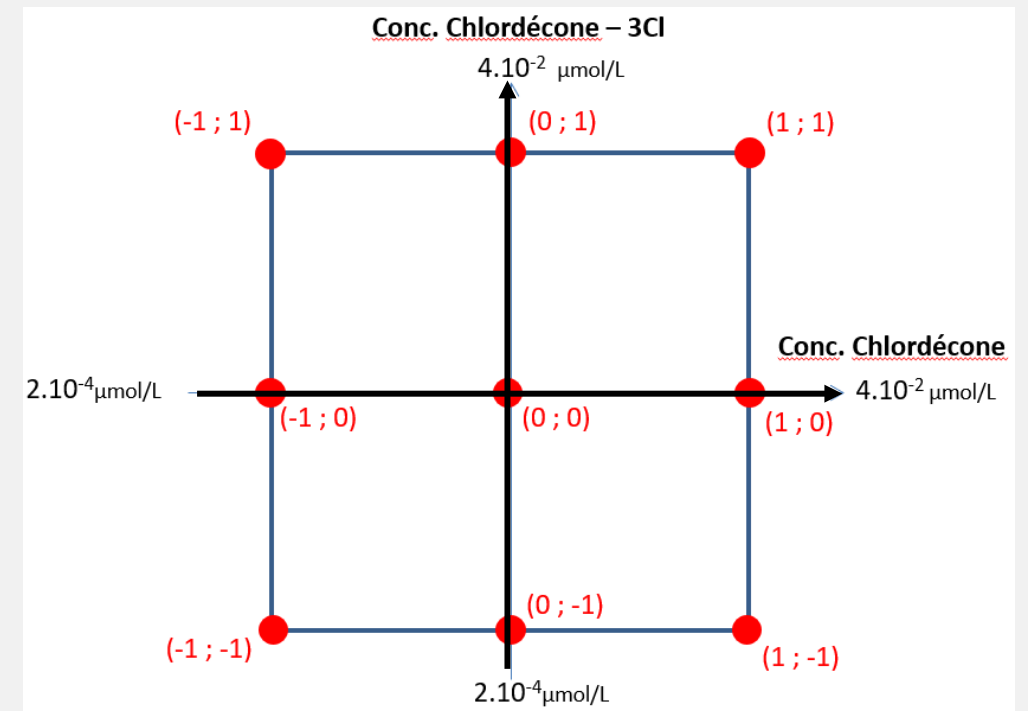
Méthode des « Plans d'expériences » ⇒ **9 expériences**

Quelles concentrations ?

Gamme de concentrations environnementales antillaises

min
 $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$
↕
 $2 \cdot 10^{-4} \mu\text{mol.L}^{-1}$

max
 $20 \mu\text{g.L}^{-1}$
↕
 $4 \cdot 10^{-2} \mu\text{mol.L}^{-1}$



Choix des outils d'évaluation de la toxicité des mélanges ?

Quelles molécules déchlorées ?

1 isomère de CLD-3Cl = principal produit formé par dégradation physicochimique (ISCR*) et disponible commercialement (société Alpha Chimica)

**In Situ Chemical Reduction*

Quelle méthode expérimentale ?

Comprendre les effets des mélanges
(infinité de combinaisons)
Réduire le nombre d'expériences



Méthode des « Plans d'expériences » ⇒ **9 expériences**

Modélisation mathématique

$$Y = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + b_{11} * X_1^2 + b_{22} * X_2^2 + b_{12} * X_1 * X_2$$

$X_1 = CLD, X_2 = CLD-3Cl$

logiciel de planification expérimental Azurad®

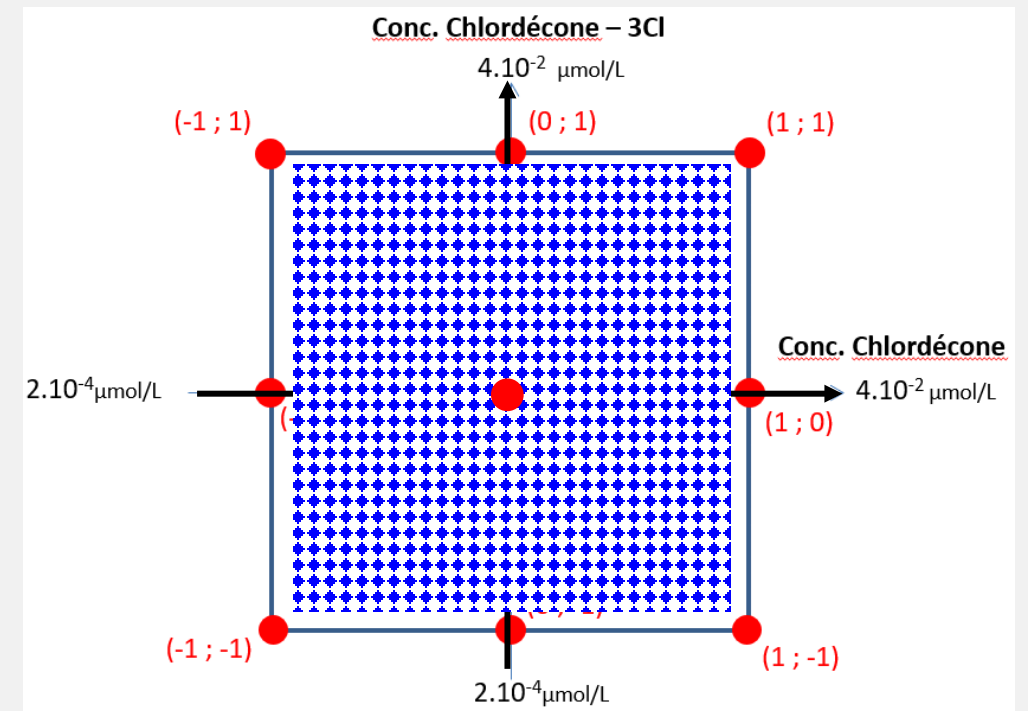
Prédiction des effets de toutes les combinaisons de mélanges

Quelles concentrations ?

Gamme de concentrations environnementales antillaises

min
 $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$
↕
 $2 \cdot 10^{-4} \mu\text{mol.L}^{-1}$

max
 $20 \mu\text{g.L}^{-1}$
↕
 $4 \cdot 10^{-2} \mu\text{mol.L}^{-1}$

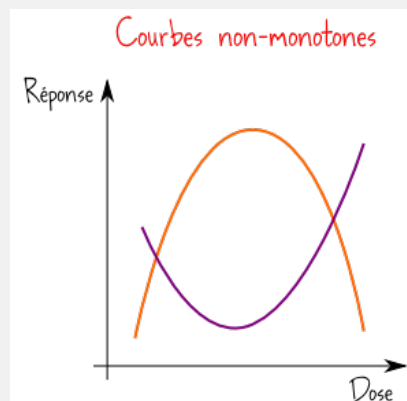


Choix des outils d'évaluation de la toxicité des mélanges ?

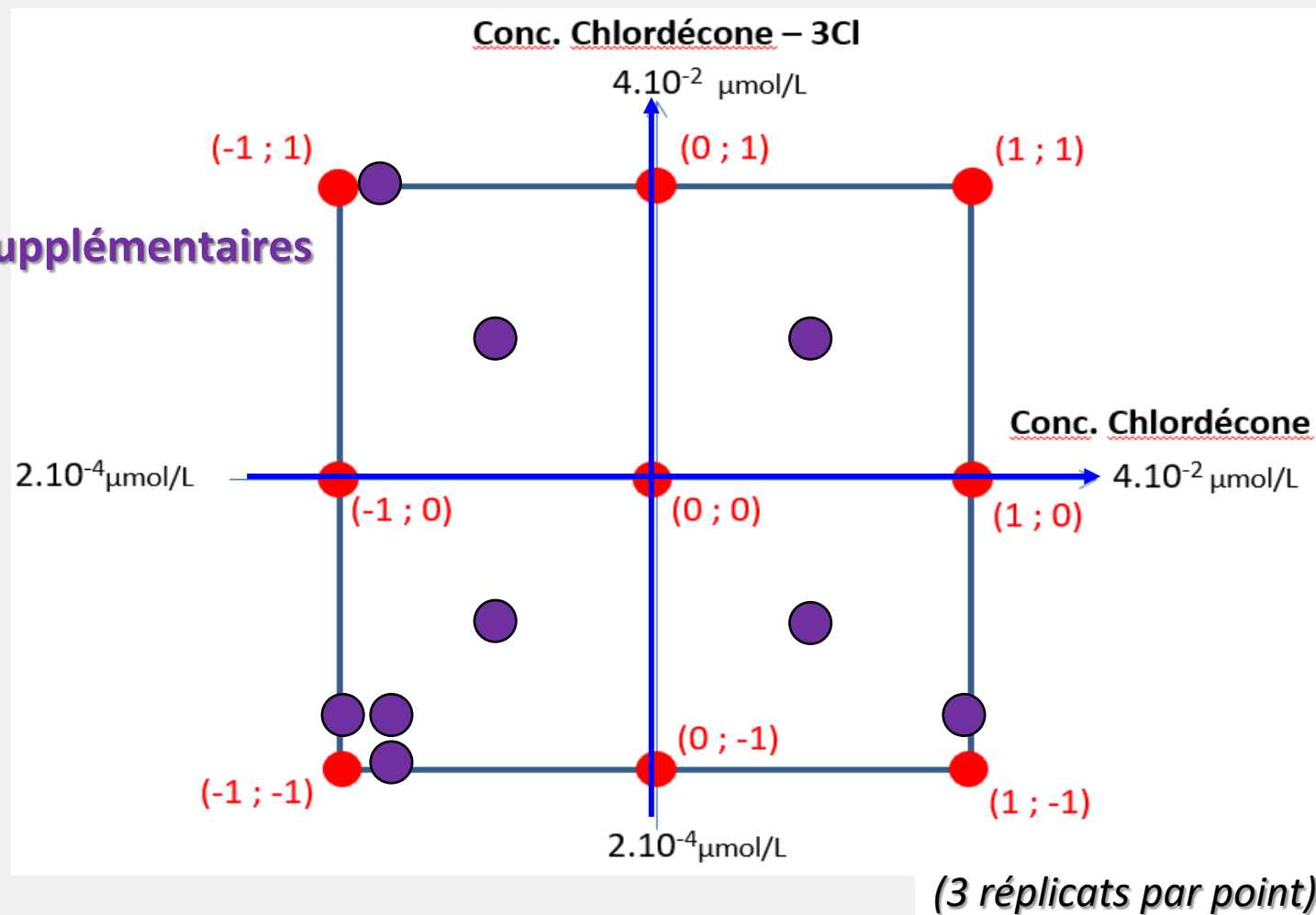
CLD = Perturbateur endocrinien (Multigner et al., 2018)

Multigner et al., 2018 : http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2018/22-23/2018_22-23_4.html

↳ Modélisation difficile des effets



9 points expérimentaux supplémentaires

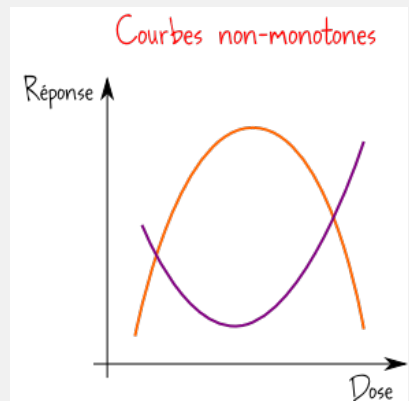


Choix des outils d'évaluation de la toxicité des mélanges ?

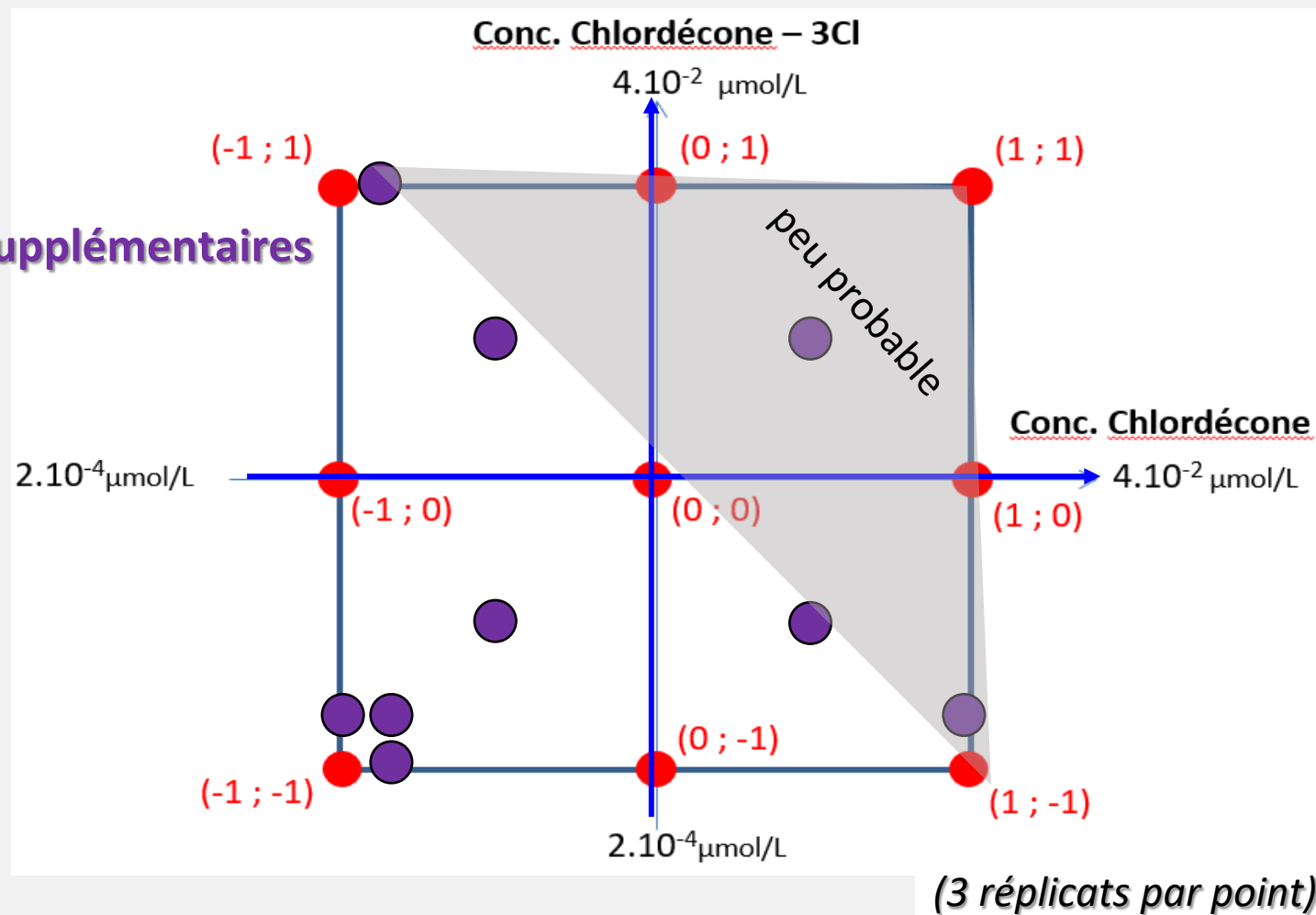
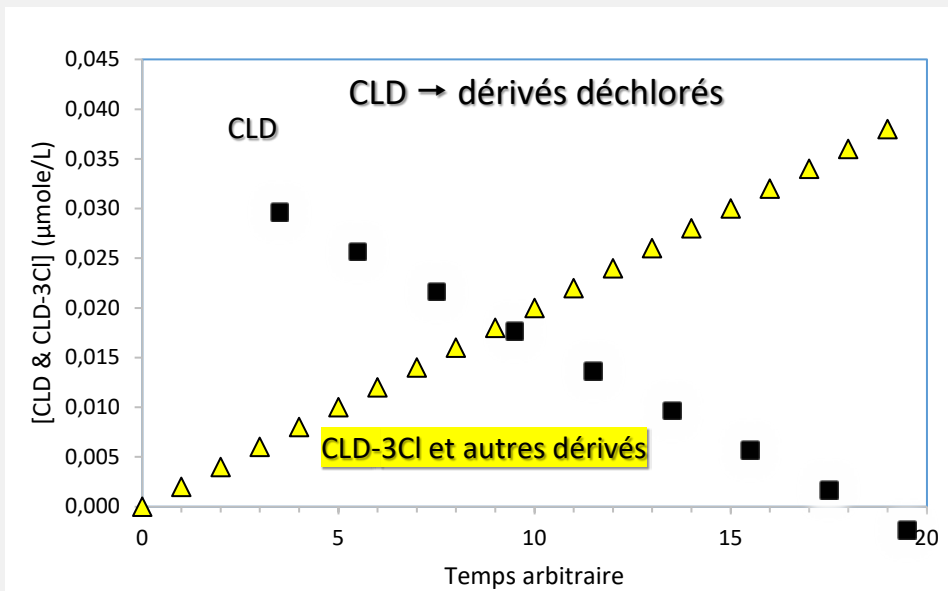
CLD = Perturbateur endocrinien (Multigner et al., 2018)

Multigner et al., 2018 : http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2018/22-23/2018_22-23_4.html

↳ Modélisation difficile des effets

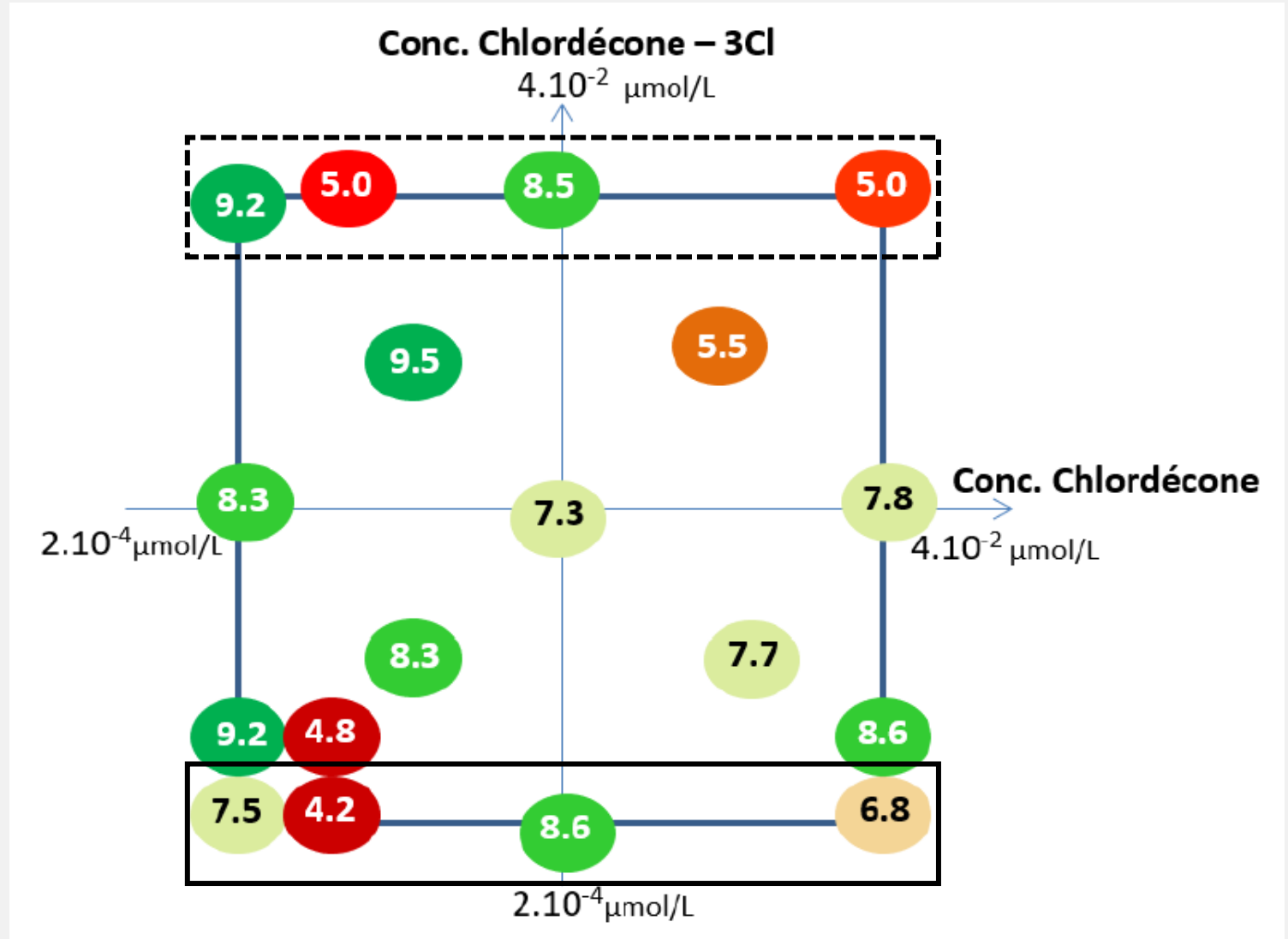
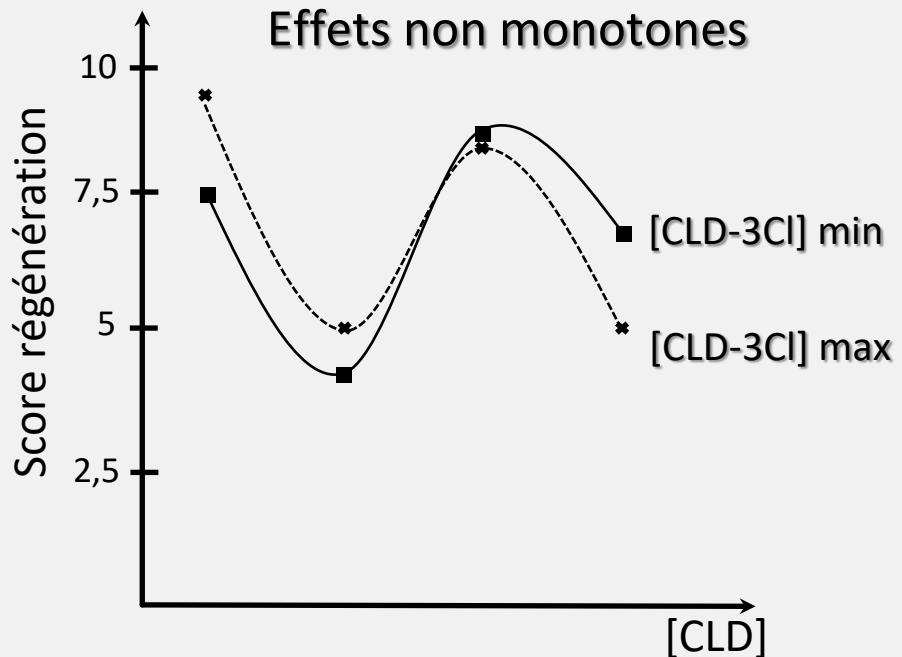


9 points expérimentaux supplémentaires



- bonne capacité de régénération
- mauvaise capacité de régénération

↪ Effet de la CLD ?

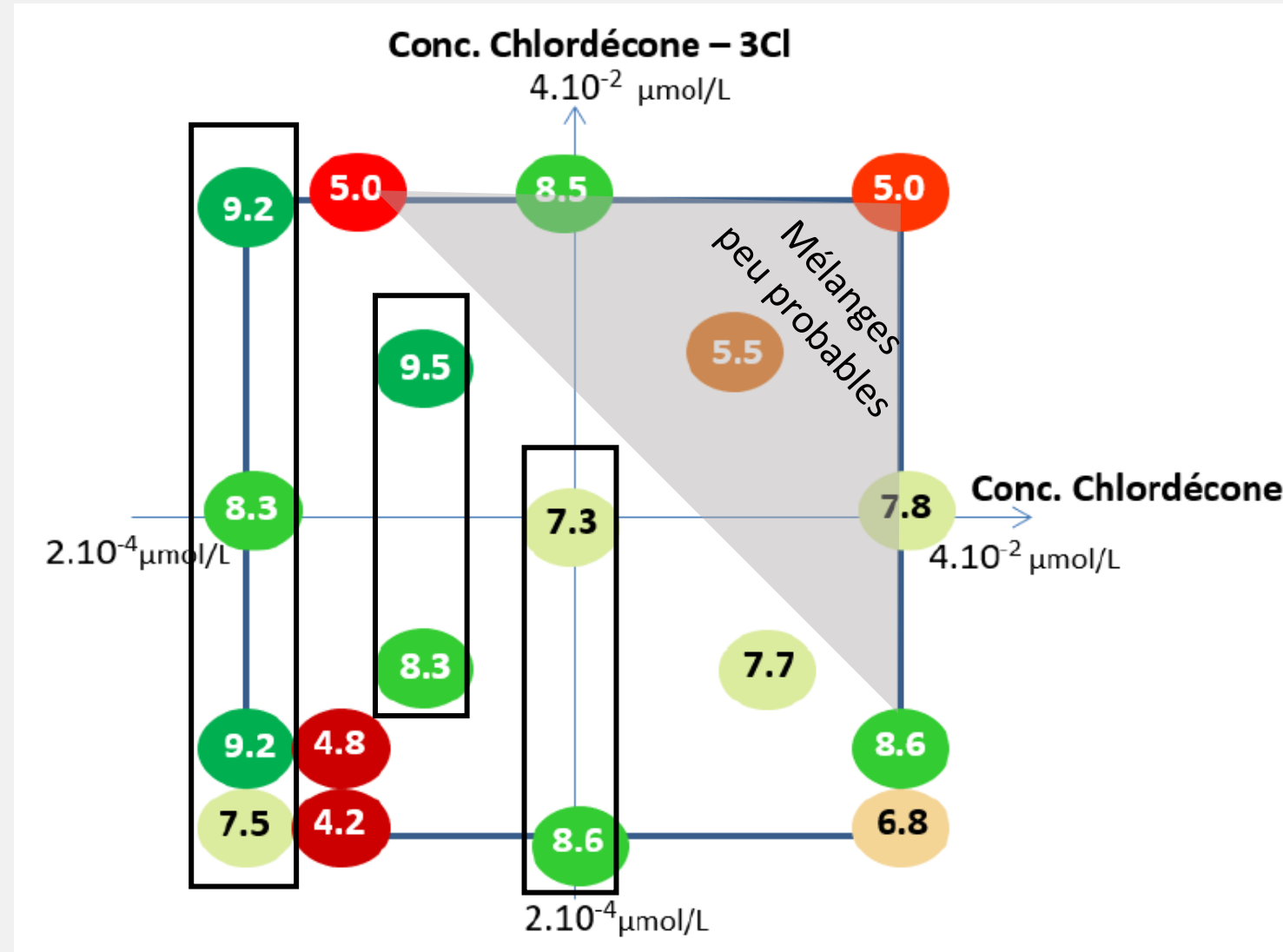


- bonne capacité de régénération
- mauvaise capacité de régénération

↪ Effet de la CLD-3Cl ?

Dans les mélanges environnementaux les plus probables :

↗ [CLD-3Cl] pas d'impact supplémentaire sur capacités de régénération

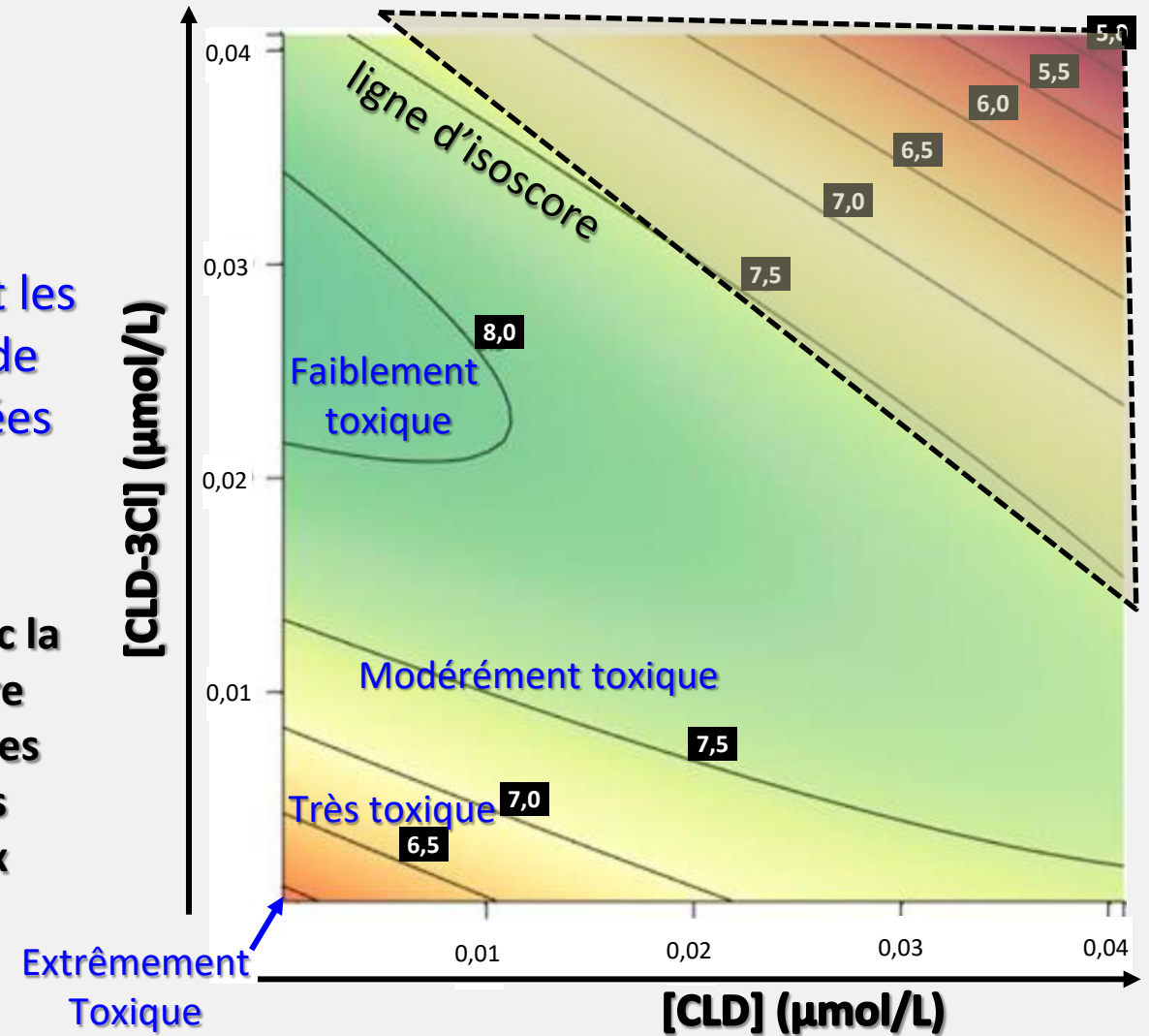


Modélisation des scores en fonction des concentrations en chlordécone (CLD) et en chlordécone-3Cl (CLD-3Cl) (logiciel Azurad®)

Modèle prédictif de la capacité de régénération des hydres quelles que soient les proportions du mélange dans la gamme de concentrations environnementales étudiées

- La CLD influence les capacités de régénération des hydres (effet non monotone typique des PE)
- La CLD-3Cl ne semble pas affecter davantage la régénération \Rightarrow toxicité moindre du sous-produit déchloré ?

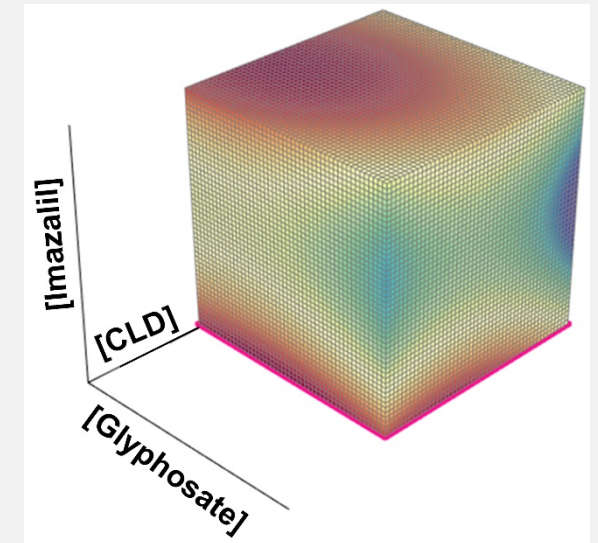
accord avec la littérature sur d'autres modèles animaux

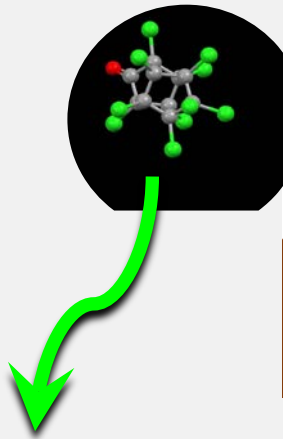




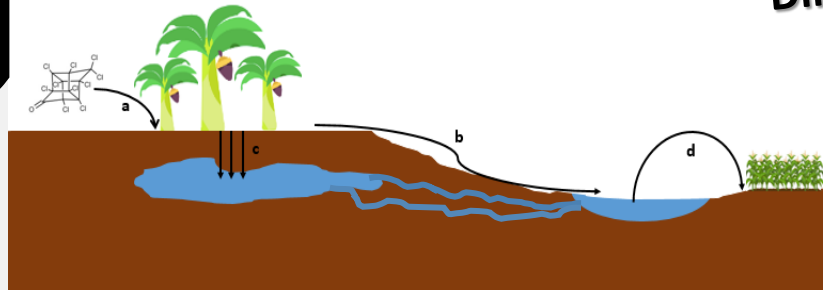
A l'avenir:

- Si remédiation aux Antilles françaises:
apparition dans l'environnement de chlordécone déchlorée trois fois en **mélange**
 - ↪ Modèle hydre : pas de toxicité supplémentaire que la chlordécone seule
 - ↪ à confirmer par d'autres tests d'écotoxicités sur d'autres organismes
- Utilisation des plans d'expériences pour l'évaluation de mélanges plus complexes (différents pesticides et sous-produits) et étudier les interactions avec des facteurs abiotiques (T°C...)





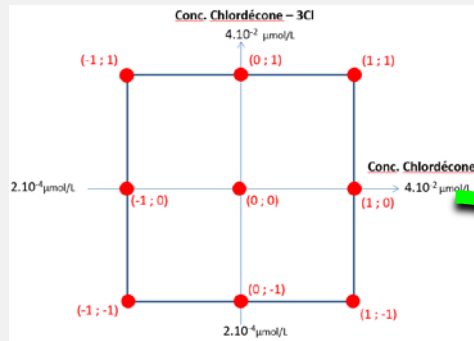
CLD dans l'environnement



Diminution de la contamination

Remédiation par déchloration

Toxicité de mélanges de CLD et sous-produits ?



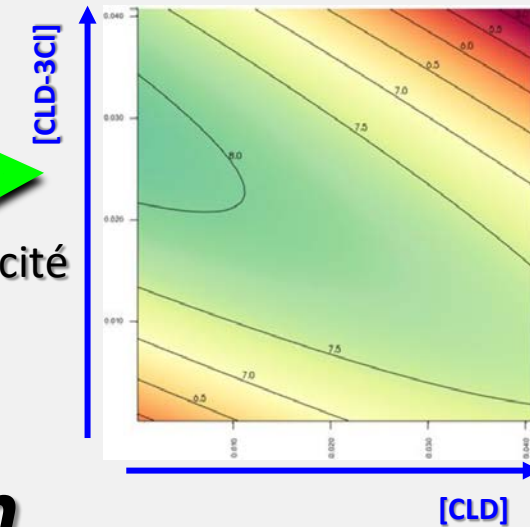
Plans d'expériences

Capacité de régénération



Modélisation de la toxicité

CLD-3Cl moins toxique que CLD



MERCI de votre attention