

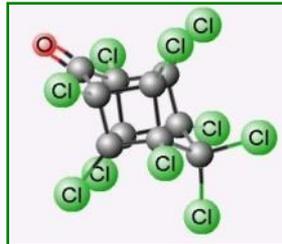
Qu'est que la chlordécone ?

Insecticide utilisé entre 1972 et 1993, contre le charançon du bananier (Képone® puis Curlone® à 5%),
poudres épandues autour du tronc



Molécule de synthèse organochlorée

- Très stable,
- peu soluble,
- non volatile,
- hydrophobe,
- fortement fixée sur la matière organique des sols



- pollution hétérogène et diffuse
- persistance dans l'environnement
- contamination de l'eau et des aliments

Impact de la pollution

Détection successive de contaminations

- Des eaux distribuées (1999) → *Traitement des captages au charbon actif*
- Des légumes «racines» (2002) → *Arrêtés Préfectoraux encadrant leurs cultures*
- De la faune de rivière (2003-04) → *Arrêtés Préfx d'interdiction de pêche*
- De la faune marine (2008) → *Arrêtés Préfx délimitant la pêche côtière*



Impact sanitaire :

- risque → définition d'une limite maximale de résidu dans les aliments (**LMR**), fixée à **20 µg/kg MF** par arrêté ministériel en 2007.
- **Confirmé en 2010 : accroît le risque de cancer de la prostate** (Multigner et al, J. of Oncol.)

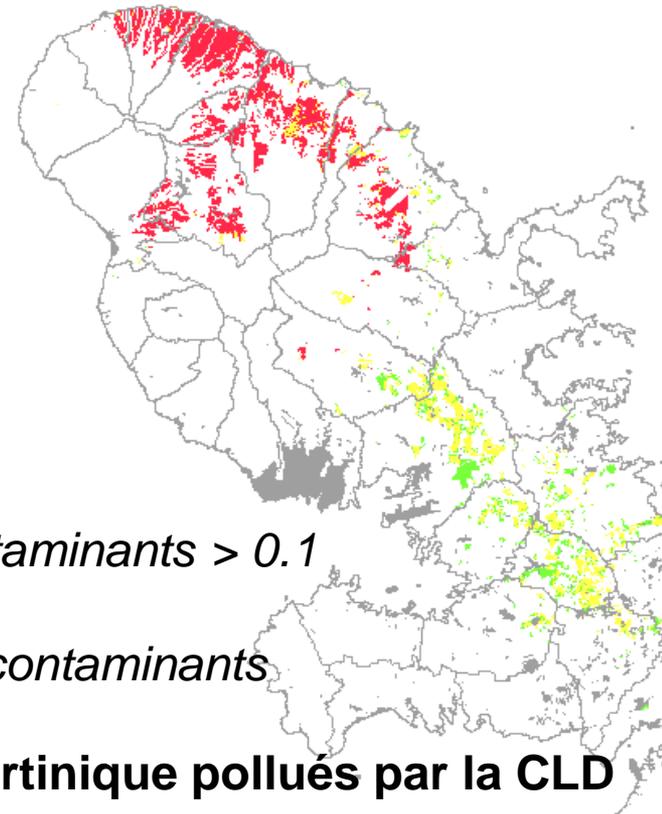
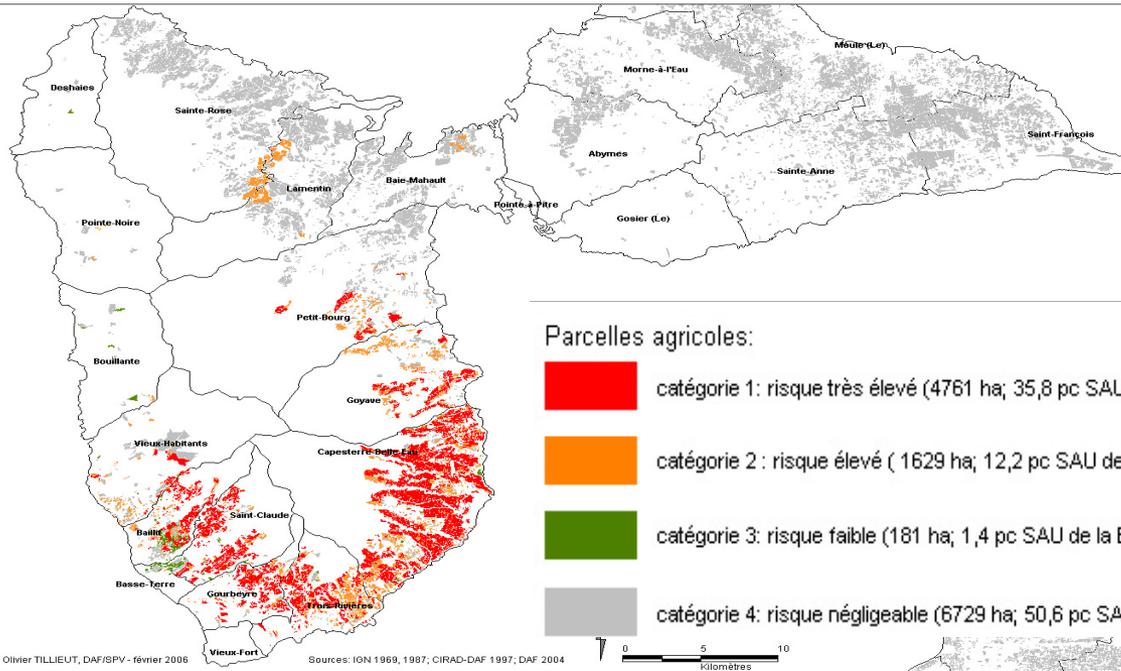
Mobilisation de la recherche

- De la crise au 
 - Depuis **1998**: Anticipation de l'étude des transferts de pesticides dans les sols antillais
 - **2003**: études sur la persistance de la chlordécone et sur la contamination des eaux et des végétaux
 - **2006**: rapport GEP sur l'état des lieux et les priorités de recherche; propositions reprises dans le Plan National d'Action Chlordécone en **2008**
- Premières réponses scientifiques à des questions de gestion de la pollution :
 - **Où** les sols sont-ils pollués?
 - **Combien de temps** la pollution va-t-elle durer?
 - **Comment remédier** à cette pollution?
 - Par des mesures de **gestion agricole** des sols pollués
 - Par des méthodes de **dépollution**

Où les sols sont-ils pollués ?

Carte des risques de pollution des sols de la Guadeloupe par la chlordécone, (DAAF-SA Guadeloupe, INRA-ASTRO, 2006)

Carte des risques de pollution des sols de la Martinique par la chlordécone, (BRGM, IRD, CIRAD, 2004)



Bonne validation par 2400 analyses DAAF-SA

Risque **élevé à très élevé** : 90% sols pollués, 80% contaminants $> 0.1 \text{ mg kg}^{-1}$

Risque **faible** à négligeable : 86% non pollués, 94% non contaminants

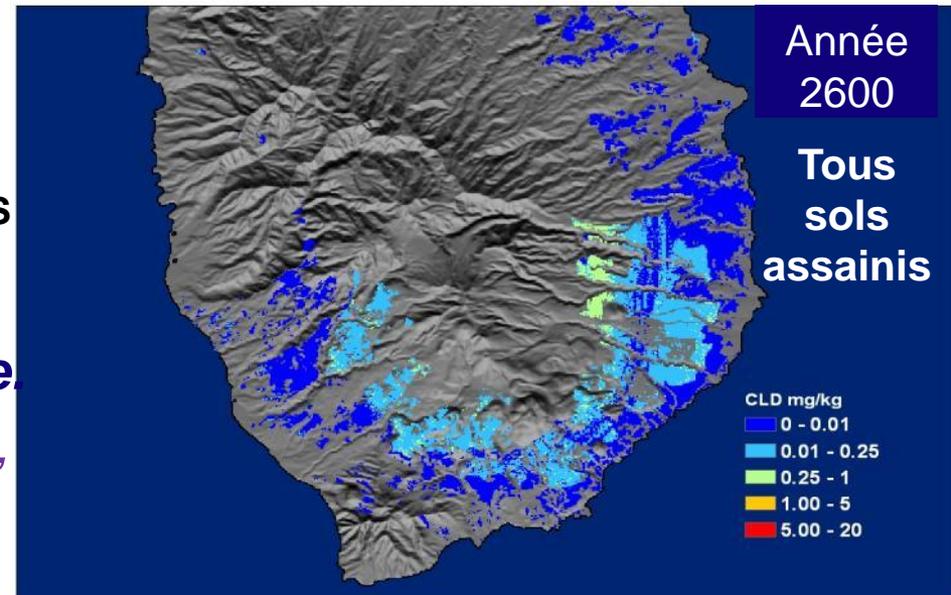
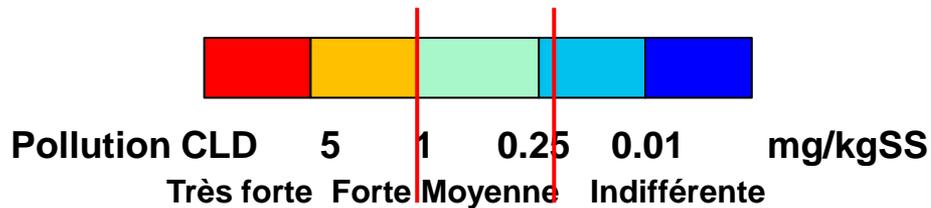
➔ 1/5^e SAU Guadeloupe

2/5^e SAU Martinique pollués par la CLD

Combien de temps va durer la pollution?

- **Persistance longue**, seul le lessivage par les eaux de percolation atténue la pollution
- **Pas de dégradation** de la molécule (Cabidoche et al., *Environmental Pollution*, 2009)
- Dépend de la capacité des sols à retenir la chlordécone (Woignier et al, 2009)
- Extrapolation temporelle, croisement avec la carte des risques (coll. INRA Infosol Orléans)

Scénario 60 kg/ha/an de Curlone, de 1982 à 1993



La dépollution naturelle sera lente.

! nitisol + contaminant que *andosol*, même si - pollué

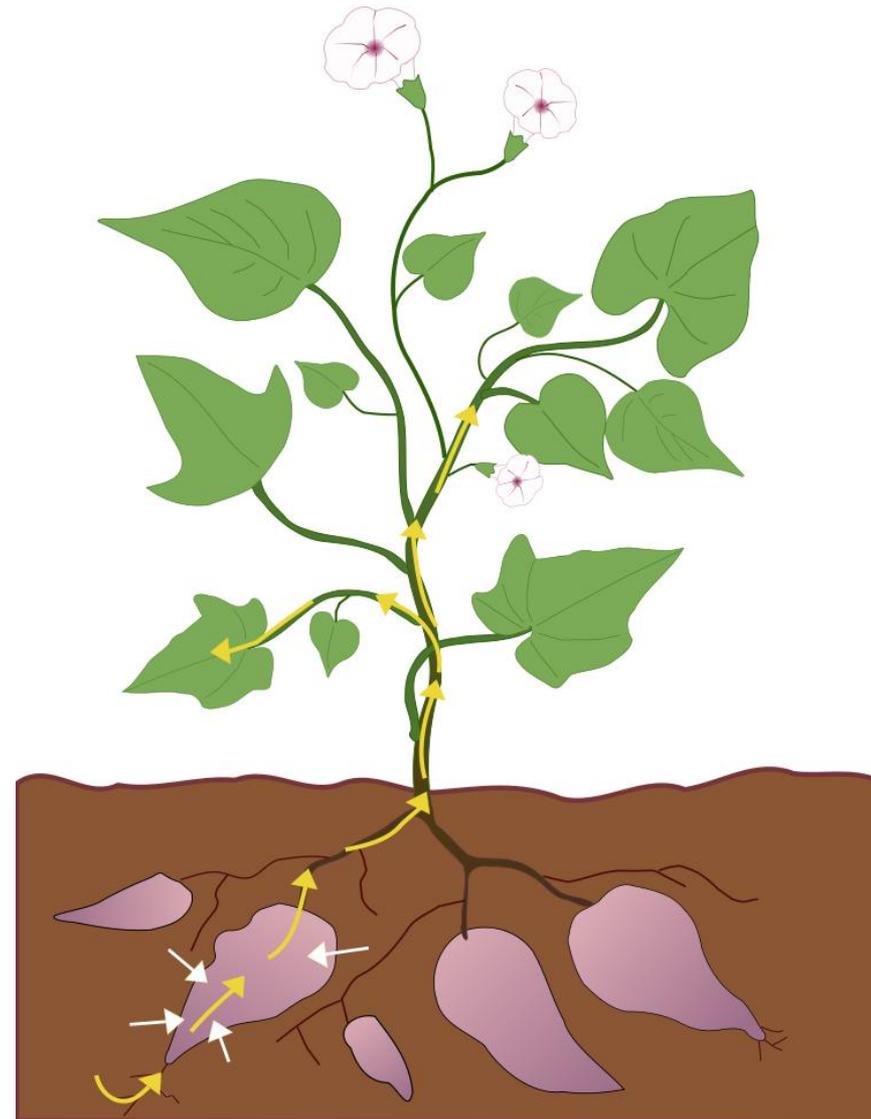
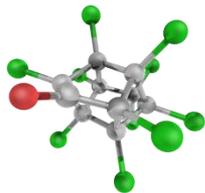
Le ruissellement transporte peu de chlordécone (sauf zone centre-est Martinique)

→ **Pas de contamination d'une parcelle à l'autre** (exceptées zones humides d'émergence de nappe).

Pour gérer la pollution : comprendre la contamination des plantes

Deux types de transferts :

- Par contact avec le sol →
- Par diffusion au sein de la plante →

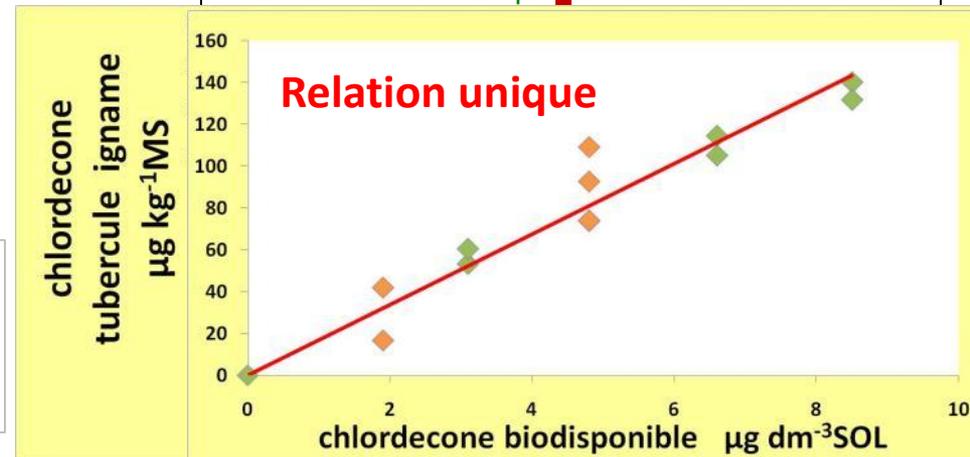
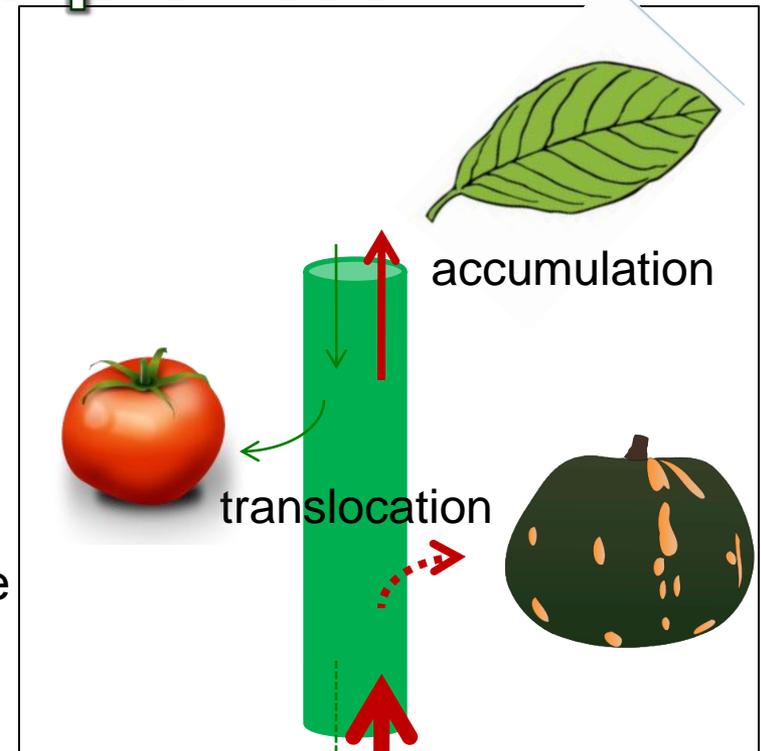


Pour gérer la pollution : comprendre la contamination des plantes

- Lorsque contact direct avec le sol pollué = **adsorption**
- Taux de transfert faible = pas de transfert actif
- ▶ **Transfert passif** via les flux de sève
 - impact **des flux transpiratoires** (photosynthèse)
 - **position** de l'organe puits sur la voie de transfert / tissus « filtres » interposés

Importance de la **taille de l'organe** et de sa **position** pour les processus de **remplissage**

Importance de la **biodisponibilité de la molécule** dans le sol

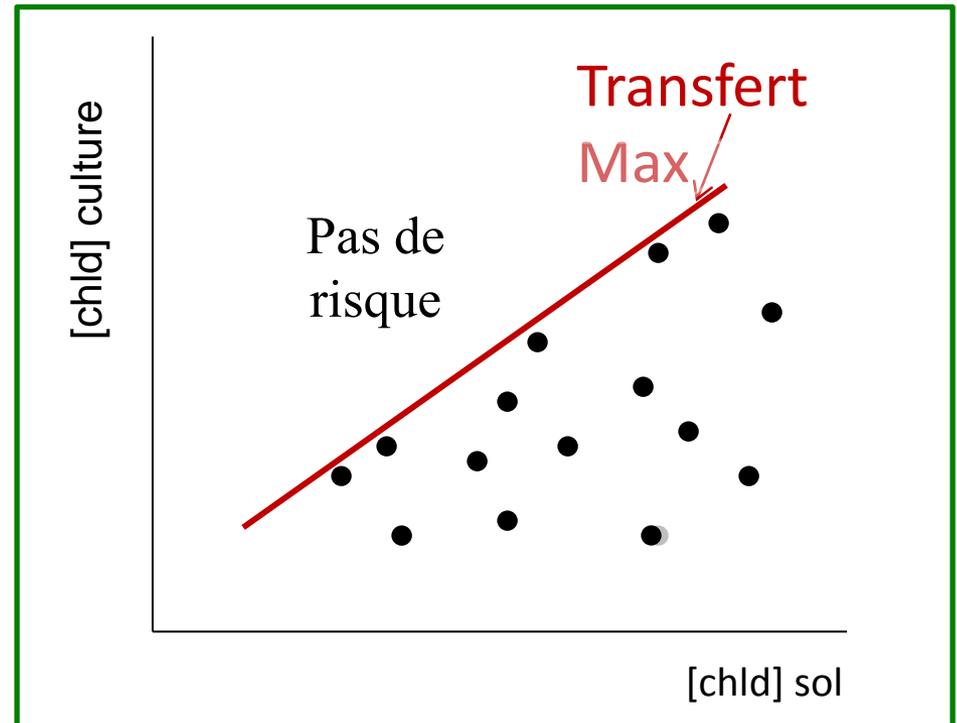


Pour gérer la pollution : comprendre la contamination des plantes

- Forte hétérogénéité due
 - Pour le sol, aux pratiques (application Chld, travail du sol),
 - Pour les plantes à la réponse de chaque culture

► Comparaison des comportements en utilisant le **transfert max**

► 3 grands types de réponse

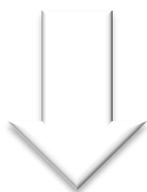


Pour gérer la pollution : fournir un outil d'aide à la décision

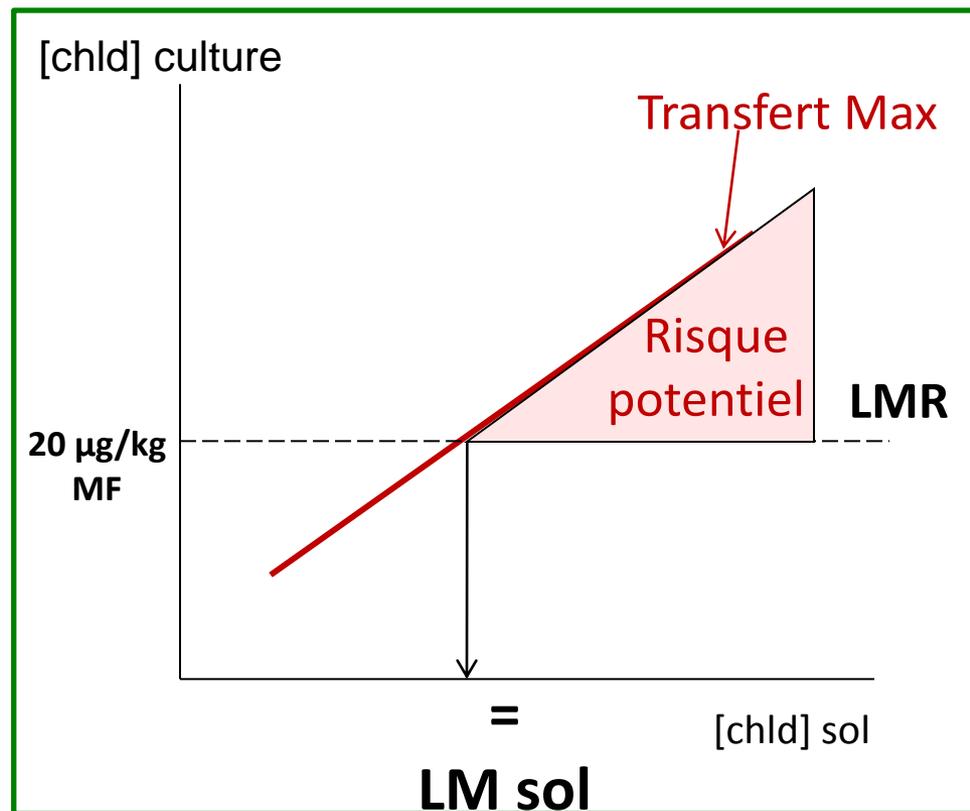
Proportionnalité
(**transfert max**)



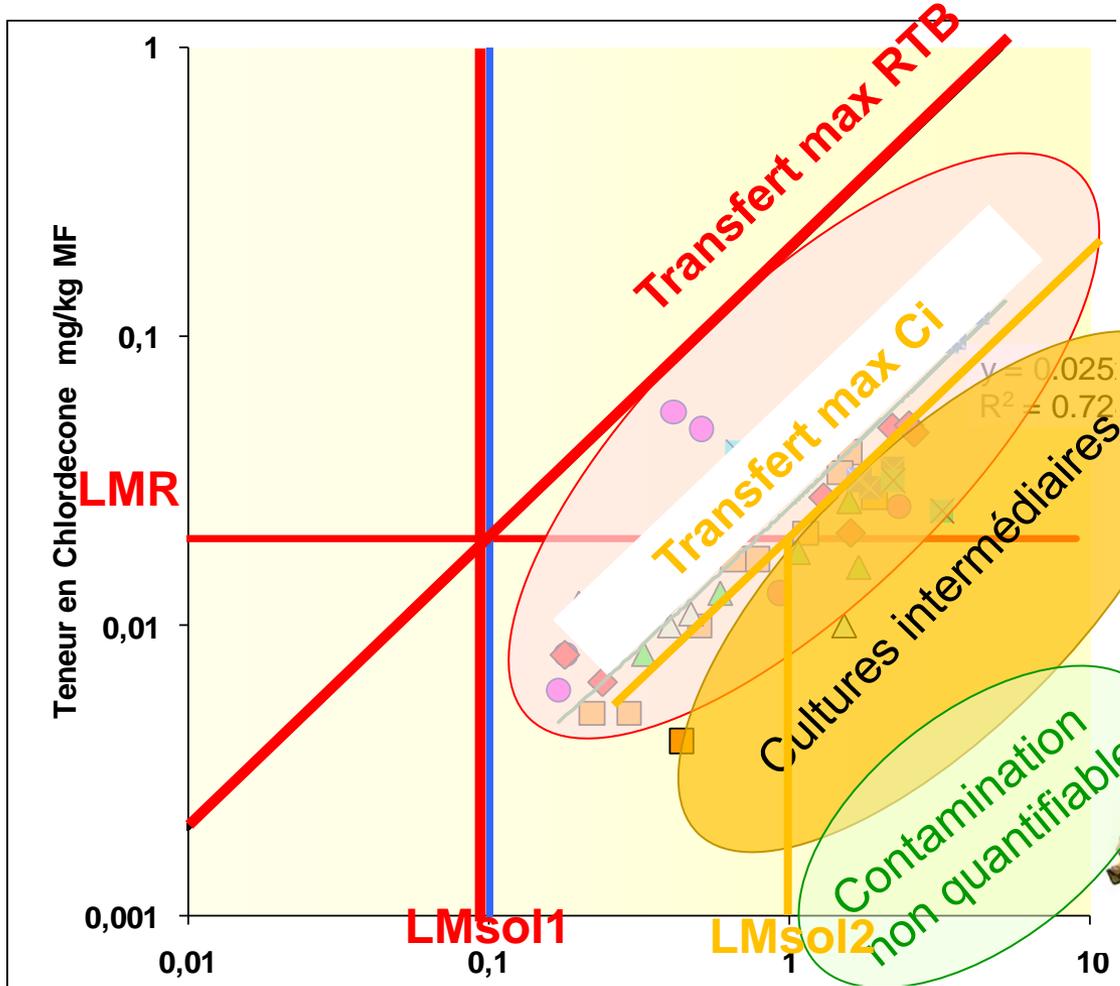
Traduction de la LMR en
[chld] sol max (=LM sol)



Risque potentiel de la contamination de la culture au delà de la LM sol



Pour gérer la pollution : fournir un outil d'aide à la décision



Igname, Malanga, Cives...



Laitue, Concombre, Canne...



Banane, Piment, Citron, Chou..

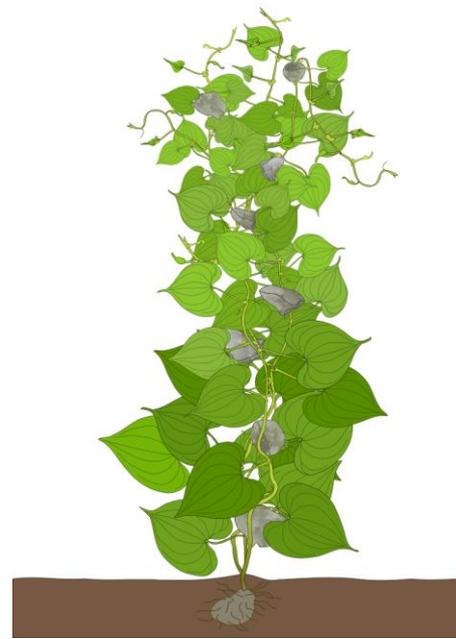


► choix de cultures selon le sol et son niveau de pollution

Pour gérer la pollution : proposer de nouvelles pratiques

afin de produire des produits sains et diversifiés et conserver une alimentation traditionnelle

- Substituer certaines cultures:
 - Racines et tubercules ► **organes aériens amylicés** comme igname bulbifera (*koko béf*) ou banane jaune ou fruit à pain, ...



Pour gérer la pollution : proposer de nouvelles pratiques

afin de produire des produits sains et diversifiés et conserver une alimentation traditionnelle

- Modifier les modes de culture
 - Privilégier le **hors sol** pour les cultures nécessitant peu de surface (cives et aromates, laitues, ...)
 - Test tuteurage en cours
 - Test ajout MO en cours



Pour gérer la pollution : proposer de nouvelles pratiques

- Repousser le sol pollué sur le côté : **cultures en créneaux**

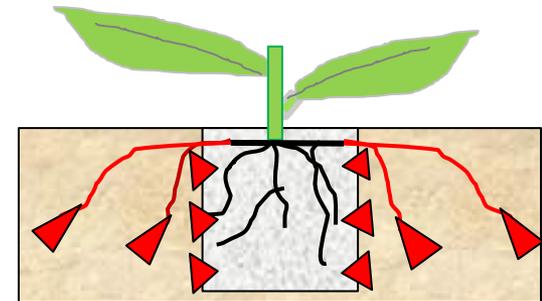
! Impossible si labours profonds

! Risque de mélanges



- Interposer des filtres :
composts, biochar, plastiques

Réversibilité, récupération, recyclage?



- Eviter les contaminations latérales :

isolation hydraulique parcellaire

! Risque accru d'érosion si mal géré



Pour dépolluer : dégrader la chlordécone?

un effort coordonné de recherches,
mais nous partons de zéro...

- Trouver des communautés microbiennes capables de dégrader la molécule :

! 1 seule référence, discutable, dans la littérature

- Définir et maîtriser les conditions de leur activité :
microsites réducteurs, bio-augmentation, facilitation rhizosphérique

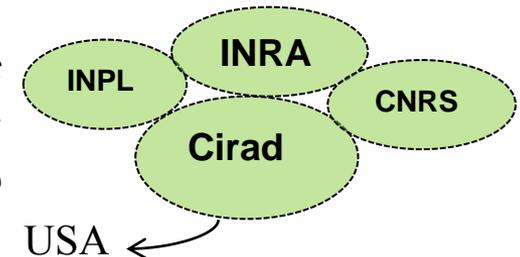
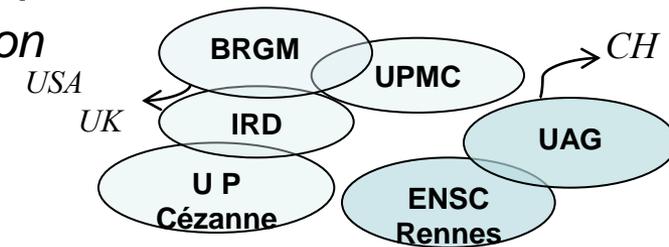
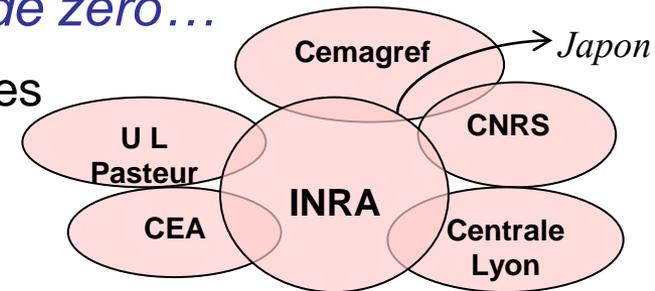
! fertilité des sols

! autres contaminations environnementales

- Combiner les stratégies de séquestration dans les sols et de stabilisation dans les cultures

*confiner la molécule sur les parcelles
améliorer l'extraction par des plantes
identifier, accroître les tissus à forte affinité*

Traitement des plantes extractrices après récolte?



Conclusion

- « L'incendie » de la pollution par la chlordécone aux Antilles est circonscrit : on sait
 - où sont les sols pollués,
 - pourquoi ils le sont,
 - comment ils contaminent certaines cultures, et les eaux.
- Recherches en cours:
 - Nouvelles pratiques culturelles
 - exposition des animaux (systèmes d'élevage et cinétiques de décontamination).
- Persistance de la pollution très longue, mais fertilité des sols intacte
 - accroître les connaissances pour réorienter les cultures sur sols pollués = conserver leur vocation agricole et des productions diversifiées.

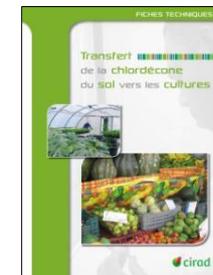
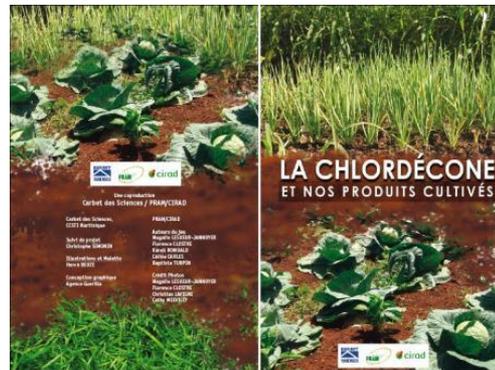
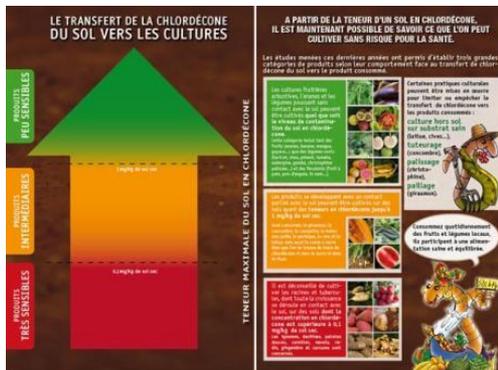
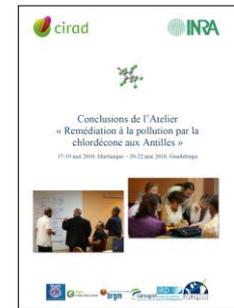


Perspectives

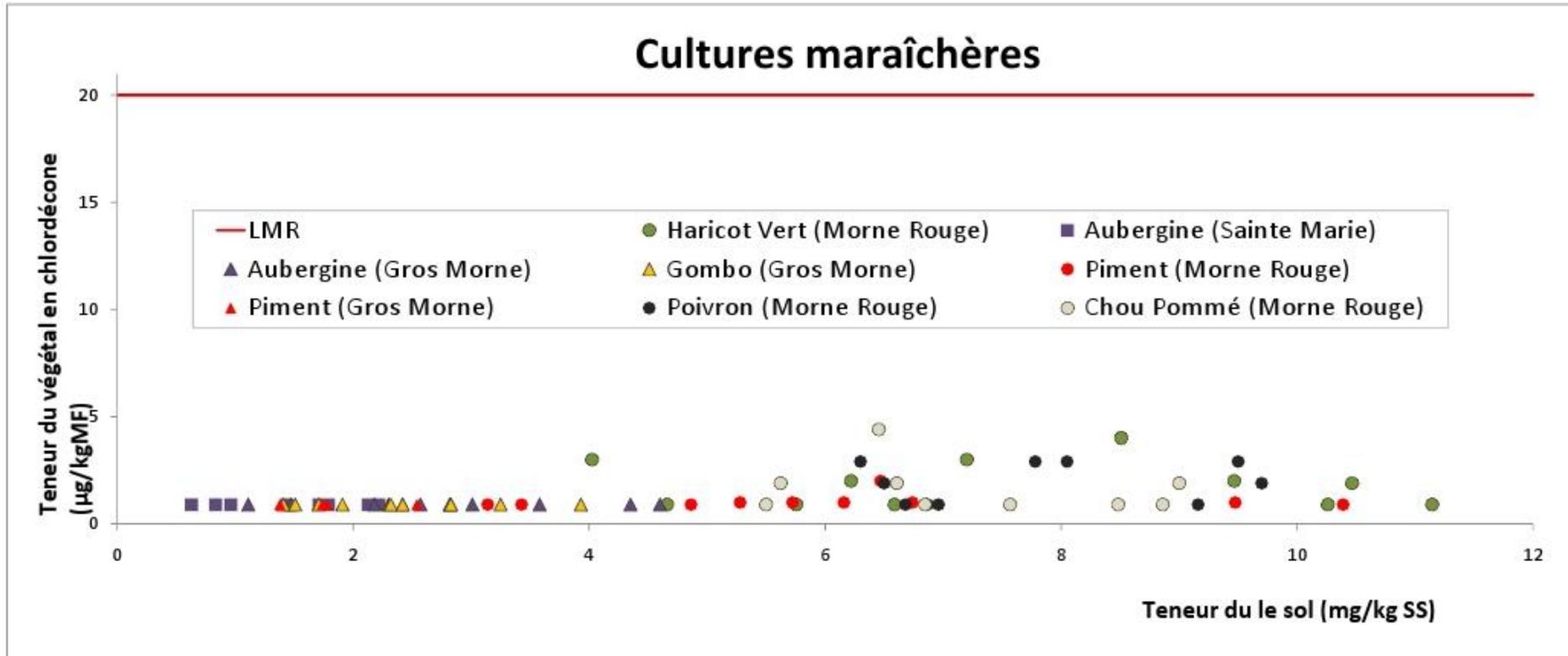
- Effort considérable de recherche engagé sur la **dépollution**,
 - mais pas encore de solution clé en main...
- Sols pollués = **réservoir** de polluant et **source de contamination des milieux** terrestres et aquatiques, de leur flore et de leur faune
 - ▶ Mieux connaître ces processus de contamination, et l'impact écotoxique de la molécule = priorités du

Des informations disponibles sur inra.fr et pram-martinique.org

- Les rapports d'étude
- Des synthèses
- Des fiches techniques
- Un flyer
- Une collaboration sur une mallette pédagogique (Carbet des Sciences)



Maraîchage



**Résultats < 5µg/kg MF << LMR
(20 µg/kg MF)**

Canne à sucre

Transfert au sein de la canne



Feuilles :

[chld] <10 µg/kg MF

Haut de tige (1/3 haut) :

[chld] <1 µg/kg MF

Milieu de tige (1/3 milieu) :

[chld] <1 µg/kg MF

Bas de tige (1/3 bas) :

1 µg/kg MF [<chld] <130 µg/kg MF

Sur sol fortement pollué

**Tige
entière :
transfert
très faible**

Bananier



Bananier sur andosol

à +/- 21mg/kg



Feuilles : 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MF \pm 0,14

Hampe : <1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MF

Fruits : <1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MF

Pseudo tronc (1m-Graine) :
1,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MF \pm 0,75

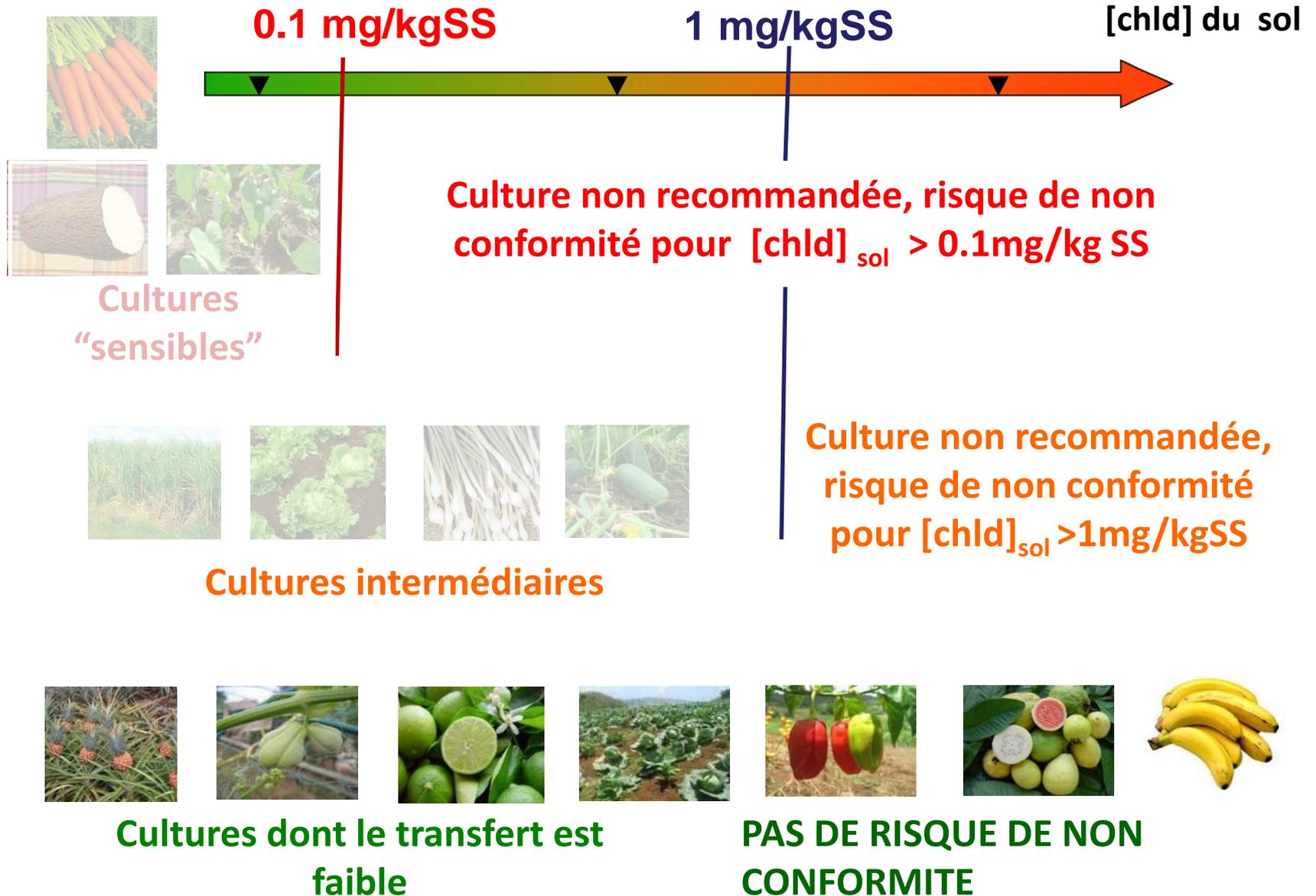
Pseudo tronc (1m-Hampe) :
3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MF \pm 2,3

Souche (int) :
108,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MF \pm 80,5

Souche (int) :
240,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MF \pm 143,4

**pas de risque
pour le producteur
ni pour le consommateur**

Outil d'aide à la décision



Cultures "sensibles"



Cultures intermédiaires



Cultures dont le transfert est faible

PAS DE RISQUE DE NON CONFORMITE

Maintenir CLD dans la parcelle:
éviter diffusion dans l'environnement

Sorbants

Matières Organiques stables

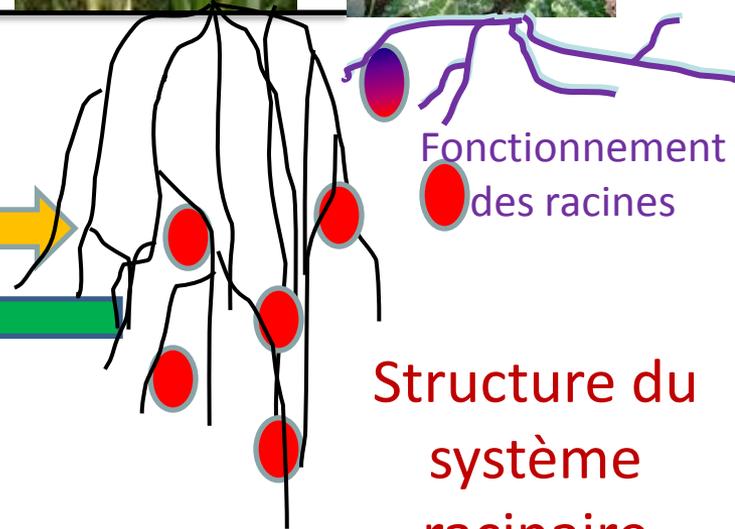
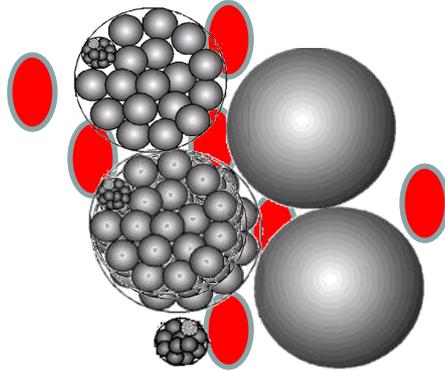
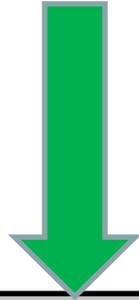
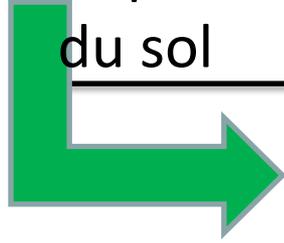
Sorption accrue

Changements dans la porosité du sol

Erosion limitée

Couvert végétal

Phytostabilisation /dégradation



Fonctionnement des racines

Structure du système racinaire

Favoriser un environnement pour la dégradation: exsudats, micro organismes

Maintenir CLD dans la zone supérieure:
éviter diffusion dans le profil de sol