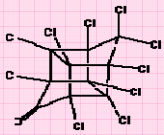
Stockage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles : relation avec les systèmes de culture (APR 2002)

Yves-Marie Cabidoche, Claridge Clermont-Dauphin, Antoine Lafont (INRA Antilles-Guyane, UR Agropédoclimatique),
Philippe Cattan (CIRAD-FLHOR Guadeloupe), Raphaël Achard, Audrey Caron, Christian Chabrier (PRAM/CIRAD FLHOR)

Objectifs



Une molécule (chlordécone) appliquée de 1972 à 1978 (Kepone), interdite USA (1976), **autorisée pour la lutte** contre le **charançon des bananeraies** en France jusqu'en 1993 (Curlone)

Une crise de pollution des sols, des eaux (depuis 2000) et des végétaux (depuis 2002) par des organo-chlorés (HCH et surtout chlordécone) aux Antilles Françaises

➔ *arrêtés préfectoraux 2003 : cultures de végétaux à organes souterrains récoltés autorisées si analyse de sol négative, dans le cas contraire l'agriculteur doit prouver que sa récolte est indemne (à ses frais).*

Une recherche opérationnelle pour répondre à des questions d'enjeu environnemental et sociétal urgents

1. Le chlordécone se dégrade-t-il dans les sols tropicaux volcaniques ?
2. Le chlordécone s'est-il fortement stocké dans les sols ?
3. Quelles sont les zones polluées ?
4. Quelle sont les voies de décontamination des sols ?
5. Combien de temps cela prendra-t-il ?
6. Peut-on envisager une bio-remédiation ?
7. Est-on sûr que les organes aériens récoltés ne sont pas contaminés ?

Réponses aux questions

1, 2, 3 : aucun indice de dégradation dans les andosols, stockage au pro-rata des apports passés, dans les 10 premiers centimètres en bananeraies pérennes, dilué par les travaux du sol ailleurs

➔ Au-delà des teneurs pondérales 0-30 cm, évaluer les stocks sur 80 cm

3 : contamination des sols limitée aux bananeraies intensives à l'époque «chlordécone » (sauf cas d'usage illégal sur agrumes en Martinique)

Effet « type de sol » (au-delà du stock de C) sur la contamination résiduelle, mais peut-être anéanti par la biodisponibilité

4 : décapage vain, sauf sous bananes pérennes ; pas de biodégradation pour chlordécone (probable pour HCH) ; attendre la lixiviation, définir des systèmes de culture non contaminables (ou non alimentaires)

5 : contamination des andosols pour plusieurs siècles

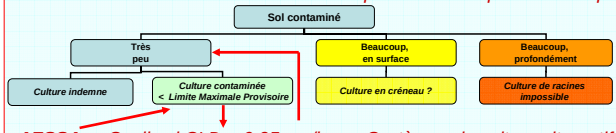
6 : bioaccumulation insuffisante / phyto-remédiation

7 : contamination d'organes aériens avérée (parties les plus précocement formées et remplies des herbacées), fruits d'arbres ligneux indemnes

Traduction opérationnelle (GREPP, GREPHY, Préfectures)

Soumission : **Mission d'Inspection Interministérielle** et **Commission d'Information Parlementaire**

Délimitation des zones contaminées : faite pour Guadeloupe et Martinique



AFSSA *Seuil sol CLD < 0.25 mg/kg* *Systèmes de culture alternatifs*

➔ ***« Assouplissement » arrêtés préfectoraux*** Prospective

Difficultés rencontrées

- Demande inter-ministérielle très pressante / crise
- Molécule « orpheline » (peu étudiée), non fabriquée (approche expérimentale très coûteuse, pas de marquage ^{14}C)
- Approche « autopsique » :
  - ✓ Plusieurs enquêtes vaines / disparition des acteurs
  - ✓ Faibles traçabilité des apports et mémoire collective (encadrement, services de l'Etat) (➔rôle essentiel de chercheurs pérennes)
- Laboratoires distants (temps de retour > 45 jours), analyses onéreuses
- Faux positifs ou faux négatifs, sauf LDA26 et GIRPA = +/- 30%
- Variabilité spatiale : pollution en «copeaux», méthodes échantillonnage

Recherches futures

- Variabilité des Koc apparents / sols (interactions organo-minérales des sols argileux, sequestration microporale) *Amorce IRD-CIRAD*
- Formes assimilables (chlordécone-hydrate?), forces de puits des tissus végétaux, ligants éventuels *Amorce CIRAD*
- Systèmes de culture à moindres intrants / régulations biotiques *Amorce INRA-APC, CIRAD*

Résultats de recherche

Analyse « space for time » de la pratique des apports de chlordécone et de son incorporation dans la diversité des systèmes de culture :

Systèmes de culture bananiers	Bananeraie pérenne extensive	Bananeraie pérenne intensive	Bananeraie conventionnelle Intensive
Cycles	Désynchronisés	Désynchronisés	Synchrones
Durée	15 à 50 ans	15 à 50 ans	3 à 4 ans
Travail du sol	Non	Manuel, érosion mécanique sèche sur pente	Cultivateur à disques lourds + sillonnage, jusqu'à 40 à 70cm
Configuration	Quinconce	Quinconce	Rangs simples (Guadeloupe) ou doubles (Martinique) 2200 pieds/ha
Apport chlordécone	Peu, ancien, ou pas	Tardif (> 1982)	Ancien, régulier sur période 1972-93
Occurrence	Andosols (Guadeloupe)	Andosols (Guadeloupe)	Andosols, sols bruns (Guadeloupe, Martinique) Sols ferrallitiques (Gp) Sols jeunes / cendres (Mq)

➔ **Reconstitution** : chroniques d'apports (attention particulière aux épisodes bornés), et redistribution verticale par le travail du sol selon les divers systèmes de culture bananiers.

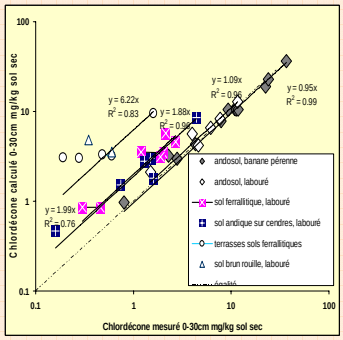
➔ **Mesures** : teneurs en organochlorés et en carbone, pH_{eau} et pH_{KCl}, densité apparente des couches 0-30, et parfois 30-50 et 70-90 cm

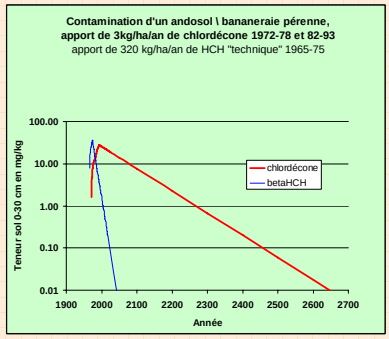
Modélisation : un faisceau d' hypothèses simples, ciblées sur chlordécone…

- Pas de biodégradation
- Stockage (*S*) dans les sols au pro-rata des apports, des stocks de carbone (*Ssoc*), et du coefficient de partage solution / carbone du sol (*Koc*) maximal de la littérature
- Dilution éventuelle dans le profil par les travaux du sol
- Lessivage par l'eau de drainage (D), des fractions en solution (pas de temps annuel)
- Prise en compte de la concentration de la pluie au pied du bananier (lieu des apports)

$$S_j = \sum_{i=1972}^{j} S_i \times \exp\left(\frac{-10}{Koc \times Ssoc} \left(\sum_{n=i}^{i+a} D_{red} + \sum_{n=i+a+1}^{j} D_{bil} \right) \right)$$

Validation *Extrapolation*



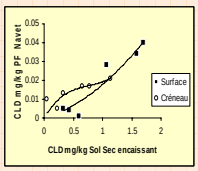


Cohérence du modèle avec les concentrations des eaux mesurées sur lysimètres

Expérimentation et prospection de la relation sol - plante

➢ **Cultures en créneaux** (coll. DAF-SPV Gpe, UPROFIG)

Tester le décapage partiel comme solution culturale



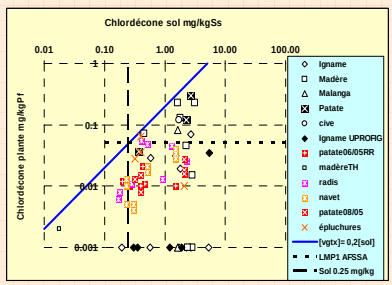
Teneurs plus faible dans les horizons B, mais biodisponibilité plus élevée du chlordécone / continuité phase liquide (et Koc inférieur ?)

➢ **Expérimentations en station** : en cours, sur sols contaminés homogénéisés et dispositifs split-root, sur patate et igname

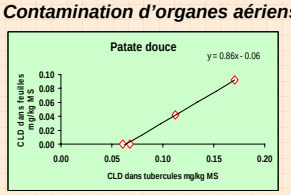
➢ **Base de données incorporant plans d'action et de surveillance**

Plafond : [végétaux frais] = 0.2x[sols]

force de puits matière sèche végétale et sol équivalentes.



Contamination d'organes aériens



Production scientifique :
Cattan P., Cabidoche Y.-M., Lacas J.-G., Voltz M., 2005. Occurrence of runoff on high infiltrability andosol under two banana cropping systems. *Soil Tillage Research*, sous presse.
Clermont-Dauphin C., Cabidoche Y.-M., Meynard J.-M., 2004. Effects of intensive mono-cropping of bananas on properties of volcanic soils in the uplands of the French West Indies. *Soil Use and Management*, 20, 105-113.

Colloque "Pesticides : Comment réduire les risques associés ?", 14-16/11/2005, Avignon (France)