

Quel impact à long terme des antibiotiques apportés au sol lors de l'épandage de lisiers ? L'exemple de la ciprofloxacine

C. Mougin, A. Igel-Egalon, N. Cheviron, C. Marraud,
C. Repinçay, M. Hedde, G. Hernandez-Raquet*

UR251 PESSAC, INRA, Versailles

*UMR5504 LISBP, CNRS/INRA/INSA, Toulouse



<http://www-pessac.versailles.inra.fr>, mougin@versailles.inra.fr



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Contexte

- Un questionnement sur l'utilisation raisonnée des antibiotiques
- Une progression constante de l'antibiorésistance

Emission massive

- résidus de matière active et de métabolites
- de bactéries/gènes de résistance

Bases génétiques

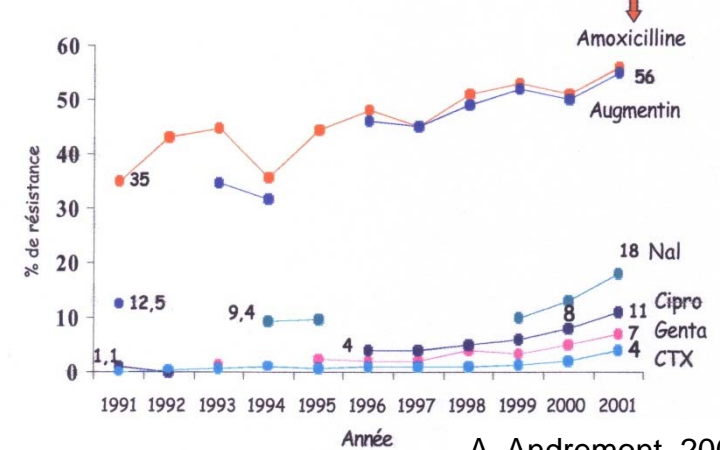
- flexibilité génétique infinie des bactéries

Echanges de matériel génétique

- bactéries environnementales/commensales/
pathogènes

EVOLUTION DE LA RESISTANCE DE *E. COLI* AUX ANTIBIOTIQUES

BICHAT - CLAUDE BERNARD 1991-2001



A. Andremont, 2004



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Les fluoroquinolones

- **Antibiotiques à large spectre, inhibiteurs de la replication de l'ADN**
Très utilisés depuis 1980
 - **Usage en médecine humaine (urinaire, intestinale...)**
Bioterrorisme
 - **Usage en médecine vétérinaire : ciprofloxacine (+ enrofloxacine)**
ANSES-ANVM 2011 : 1067 T d'antibiotiques en 2009
4,9 T de CIP, + 49% en 10 ans
90% utilisés sur les animaux de rente
0,39 mg/kg poids vif
- ▶ **contamination des lisiers ($\mu\text{g/L}$), eaux usées, boues de STEP, sols**



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Objectifs et stratégie

Scénario : apport au sol de lisier de porc contaminé

- **Aquérir des données sur le devenir de la ciprofloxacine dans les sols**
 - cosmes, radiotracteur

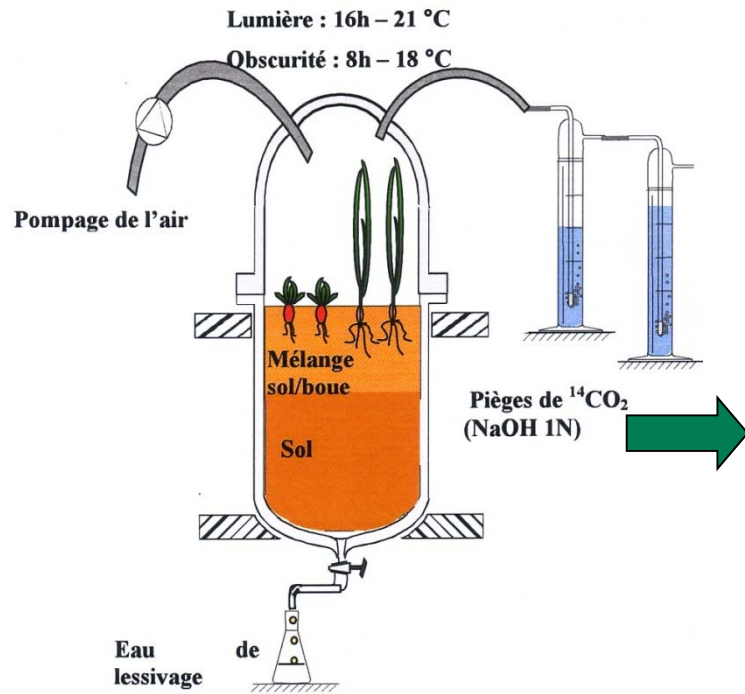
- **Evaluer l'impact éventuel de cet antibiotique sur les micro-organismes et le fonctionnement du sol**
 - cosmes, molécule froide



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Devenir de la ciprofloxacine



2- ^{14}C -Ciprofloxacine (x1000)

1 kg sol : 22% S, 61% L, 17% A, pH 7,1, CO 1%,
70% CRE

Cosme 1 : lisier bio 30T ms/ha

Cosme 2 : lisier + CIP 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Cosme 2 : lisier + CIP 250 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Cosme 4 : CIP 250 $\mu\text{g}/\text{kg}$

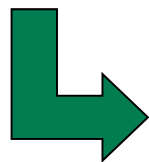
+ 1kg de sol non contaminé

- Minéralisation pendant 84 j

- Répartition à To, 28, 56 et 84 j

- Transfert sol/blé à 56 j

(Plateforme analytique environnementale EGER)



20 mm de pluie à 70 j



Caractérisation chimique

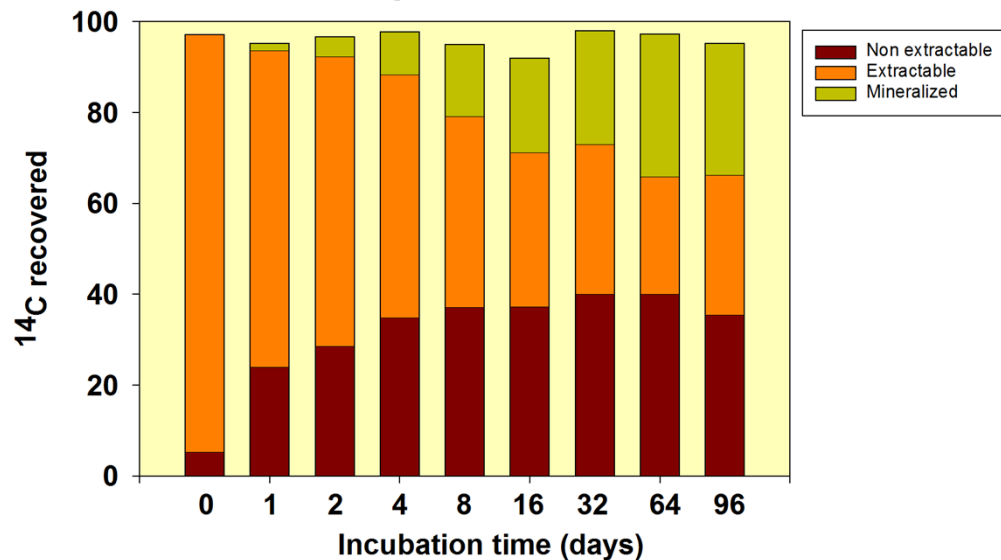


ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

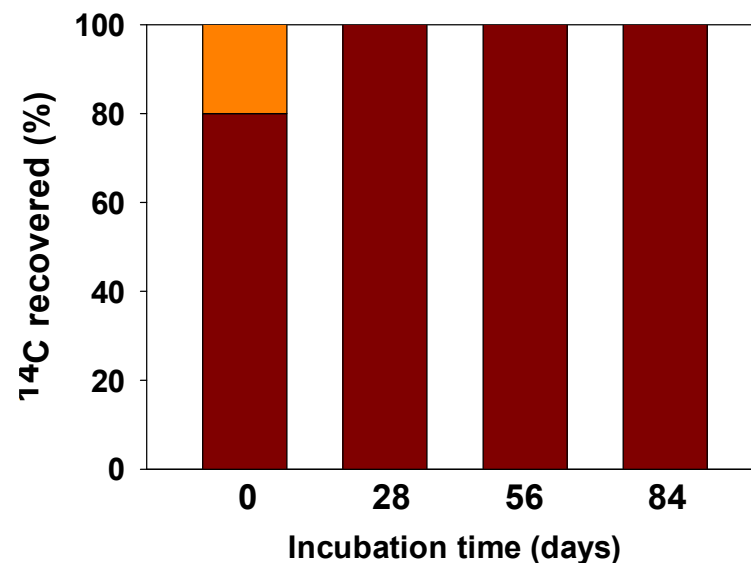


Devenir de la ciprofloxacine

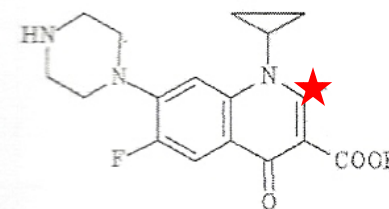
En général



La ciprofloxacine



- Absence de minéralisation
Stabilisation rapide et intense

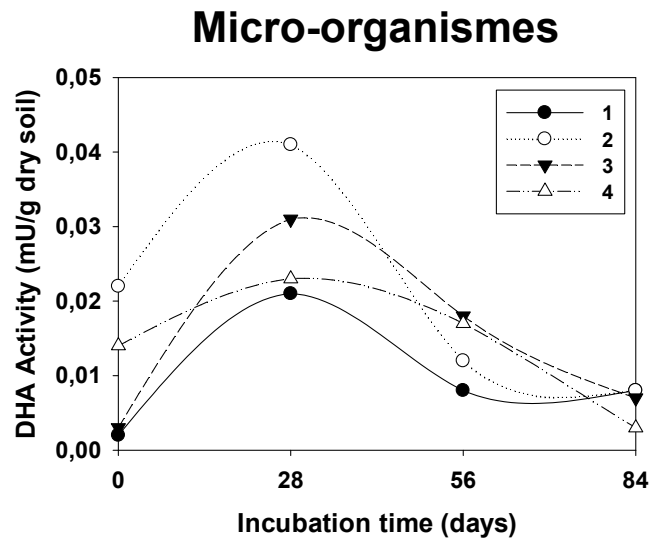


ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Hyp 1 : (éco)-toxicité

- Inhibition de l'activité biologique ?



Blé

- 100 % de germination
- Biomasse : > Tm sauf condition 3 (-20%)

***Aporectodea longa*
*et calliginosa***



- Pas de mortalité
- Activité maintenue

► Pas d'effets toxiques identifiés



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Hyp 2 : biodisponibilité

- Quel comportement dans les sols ?

Wu et al., 2010

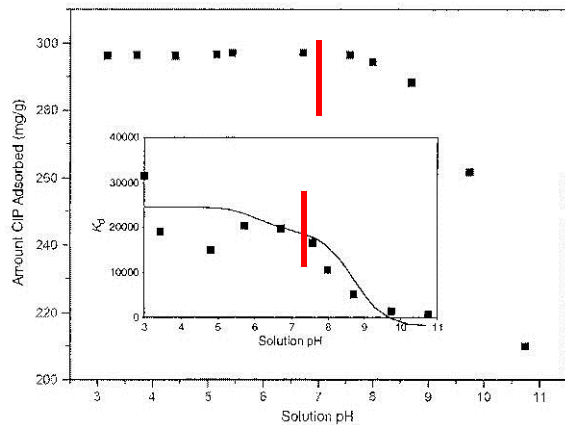
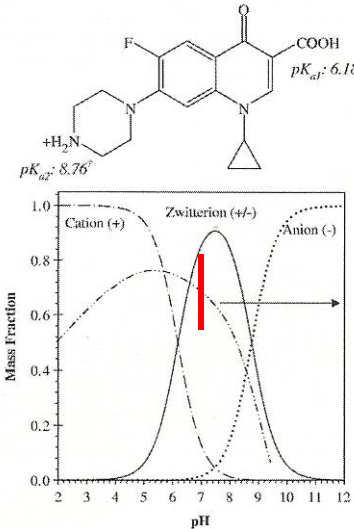


Fig. 4. CIP adsorption as affected by solution pH. The line of the inset shows the change of K_d as a function of pH.

Montmorillonite

- Mêmes interactions > forte rétention

Vasudevan et al., 2009



- Notre sol :
60% de smectite (montmorillonite) à forte CEC (100-150 cmol+/kg)



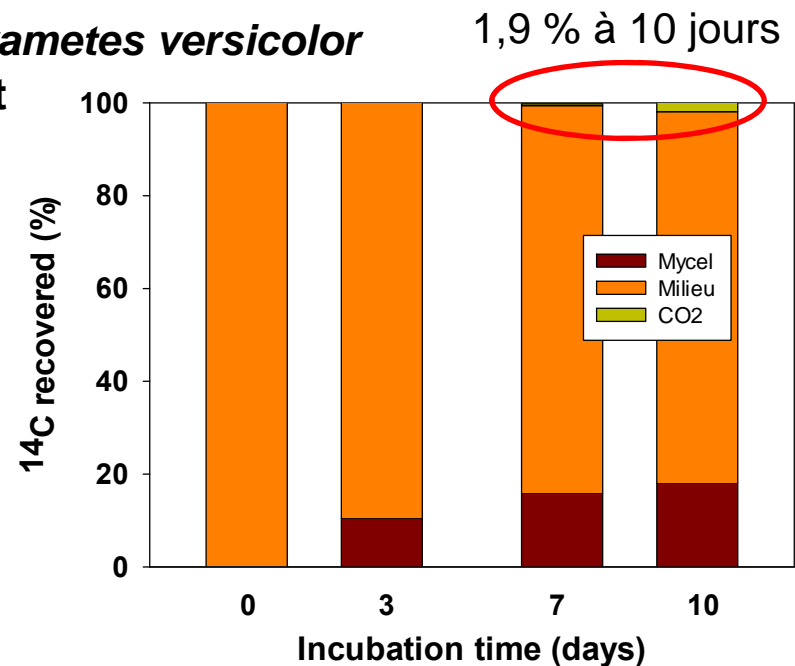
ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Hyp 3 : « récalcitrance »

- Une structure chimique non dégradable ?

cultures liquides de *Trametes versicolor*
milieu peu complexant
0,1 mg/L de CIP
obscurité, 25°C



► Dégradation possible, une étude à lancer!



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Les transferts

- **Vers la plante : blé, après 28 jours de croissance (semis à 56 j)**
 - condition 2 : traces de ^{14}C : 3,2 ng CIP/g blé (PS)
 - condition 3 : 0,015 % du ^{14}C initial : 37,4 ng CIP/g blé (PS)
 - condition 4 : 0,022 % du ^{14}C initial : 56,1 ng CIP/g blé (PS)
- **Vers les eaux, après 70 jours**
 - condition 2 : pas de traces de ^{14}C
 - condition 3 : 0,014 % du ^{14}C initial : 0,46 μg CIP/L
 - condition 4 : 0,005 % du ^{14}C initial : 0,16 μg CIP/L
- **Vers l'horizon de sol inférieur : ≈ 20 % du ^{14}C initial**
 - ▶ **Un transfert réel**

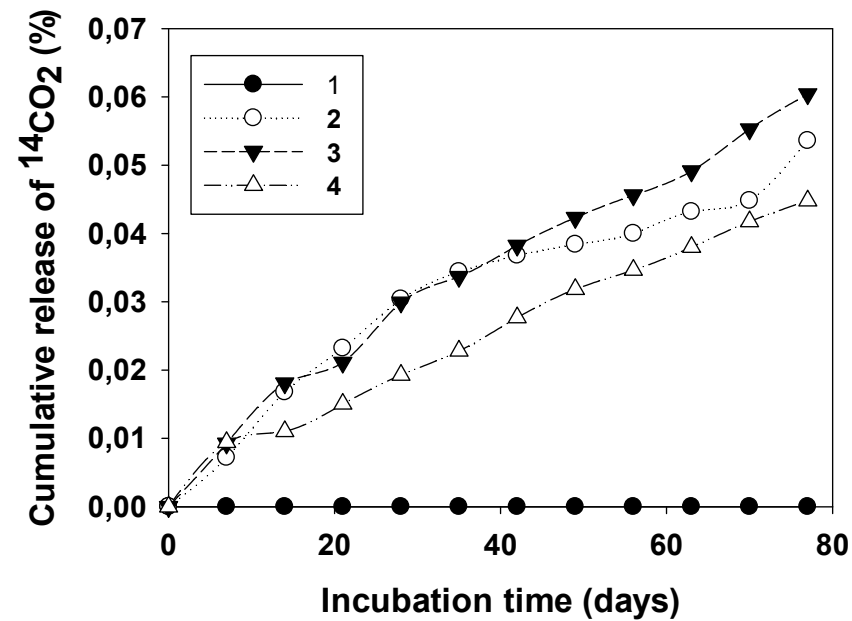


ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Et les vers de terre ?

- Apport de 2 *A. longa* et de 2 *A. calliginosa* à l'issue des 84 j



T1/2 ≈ 17 ans !

► Quelle action ?



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Impact de la ciprofloxacine



Ciprofloxacine : « doses réalistes »

1 kg sol : 22% S, 61% L, 17% A, pH 7,1, CO 1%
70% CRE

Condition 1 : lisier bio 30T ms/ha

Condition 2 : lisier + CIP 25 ng/kg

Condition 3 : lisier + CIP 250 ng/kg

- Mesures à T0, 7, 14 et 28 j d'incubation

Activités : LAC, ADH, ACP, GLU

Litter-bag (28 jours)

Biomasses : ADN spécifique par qPCR

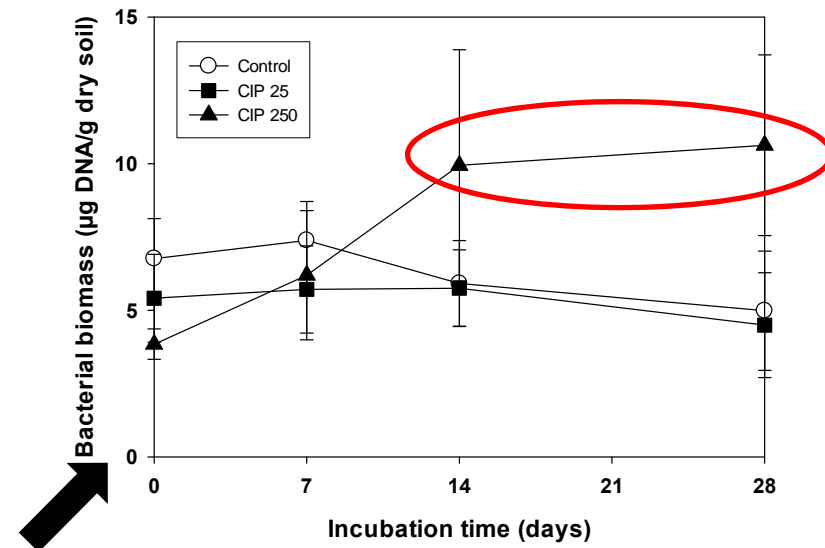
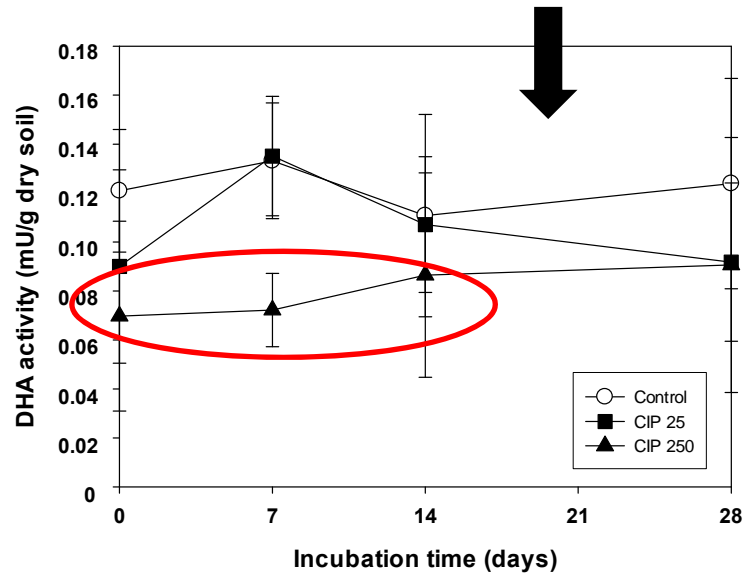


ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Impact de la ciprofloxacine

- Litter-bag : pas d'effet de la CIP sur la dégradation de MO (18-24 %)
- Activités enzymatiques : ADH



- Biomasse : biomasse bactérienne

- ▶ Une approche à réaliser en considérant la structure des communautés ?



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Conclusions

- La ciprofloxacine apportée au sol est fortement stabilisée
- Une faible proportion est transférable
- Les indicateurs microbiens utilisés ne permettent pas de mettre en évidence d'impact fort de l'antibiotique sur la micro-flore
- ▶ Quel risque écotoxique et sanitaire sur le long terme ?
(nouvelles générations de fluoroquinolones)
- Les vers de terre permettent une remobilisation et une dégradation de la ciprofloxacine
- ▶ Vers des approches intégrées ?



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Perspectives

- Etude de la transformation de la CIP par le champignon filamenteux *T. versicolor*
- Etude de la transformation de la CIP par les vers de terre
- Etude de la répartition de la CIP dans le sol en présence des vers de terre
- Etudes impacts en intégrant la structures des communautés et des groupes fonctionnels spécifiques
- Vers un projet ANR et/ou MP GISA?



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Remerciements : programme DIPERPHA

Financeurs



Pa

Merci pour votre attention



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

