

Des pesticides qui s'accumulent dans les sols?

Les recherches Pesticides-Sols dans EGER

Laure Mamy¹, Enrique Barriuso², Carole Bedos², Pierre Benoit², Véronique Chaplain¹,
Yves Coquet², Christian Mougin¹, Valérie Pot², Laure Vieublé-Gonod²



¹ INRA – PESSAC, Versailles

² INRA-AgroParisTech – EGC, Thiverval-Grignon

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Introduction (1/2)

Contexte

- Lors du traitement des cultures, la majeure partie des quantités de pesticides apportées atteint le sol :
 - ➔ Les pesticides y sont directement appliqués
 - ➔ La pluie lessive le feuillage des plantes traitées (cultures et/ou mauvaises herbes)



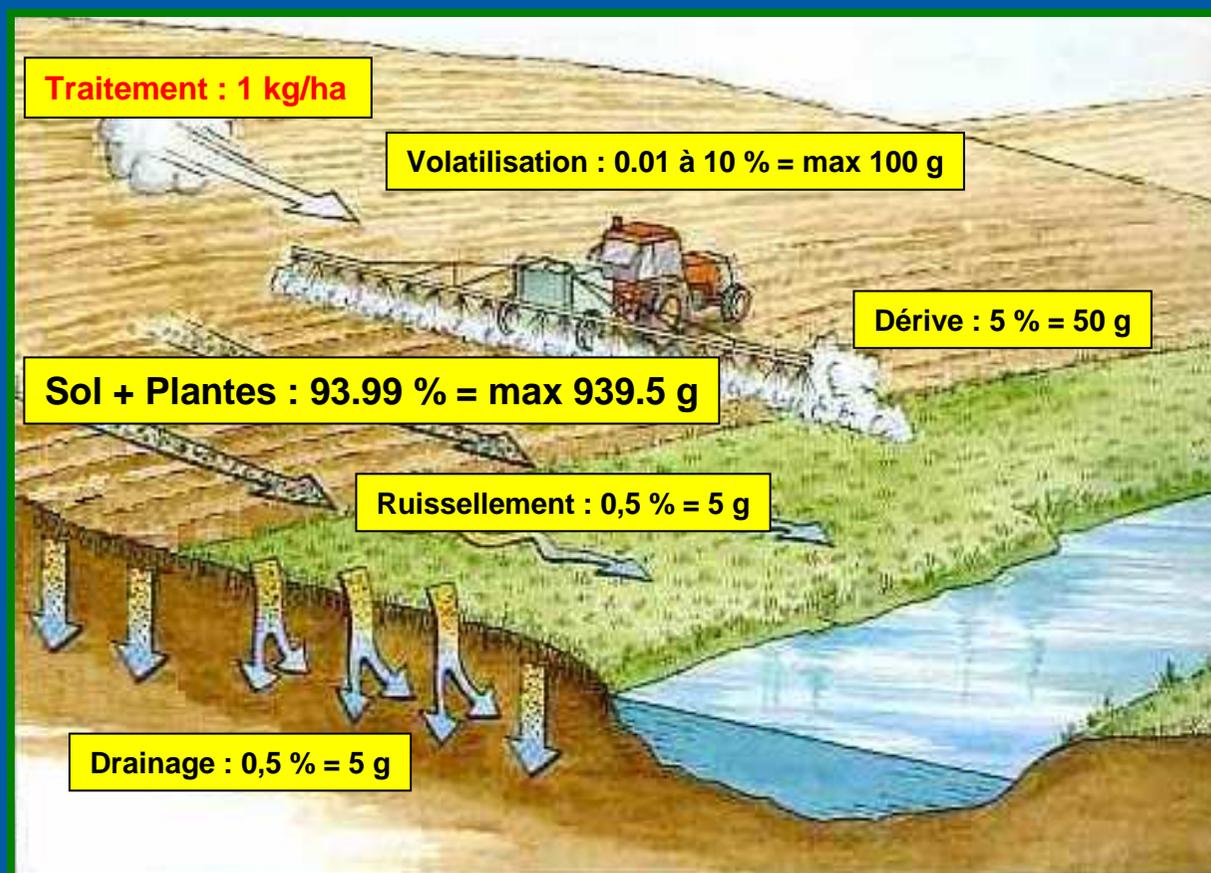
Introduction (2/2)

- Le sol occupe donc une position centrale dans la régulation des pesticides
 - Il a un double rôle de stockage et d'épuration (Barriuso et al., 1996)
- ➔ Pour déterminer le devenir des pesticides dans l'environnement, il est fondamental d'étudier leur comportement dans le sol

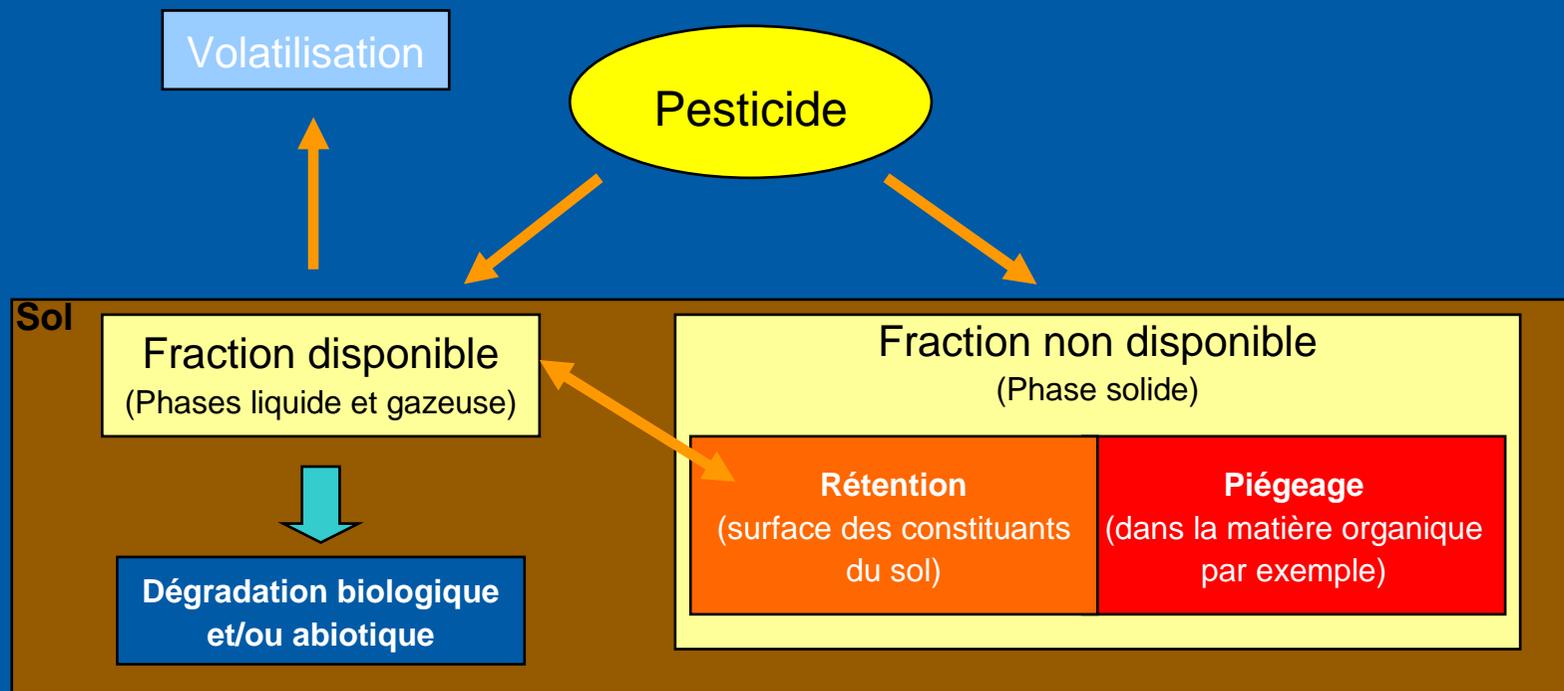


Importance relative des transferts

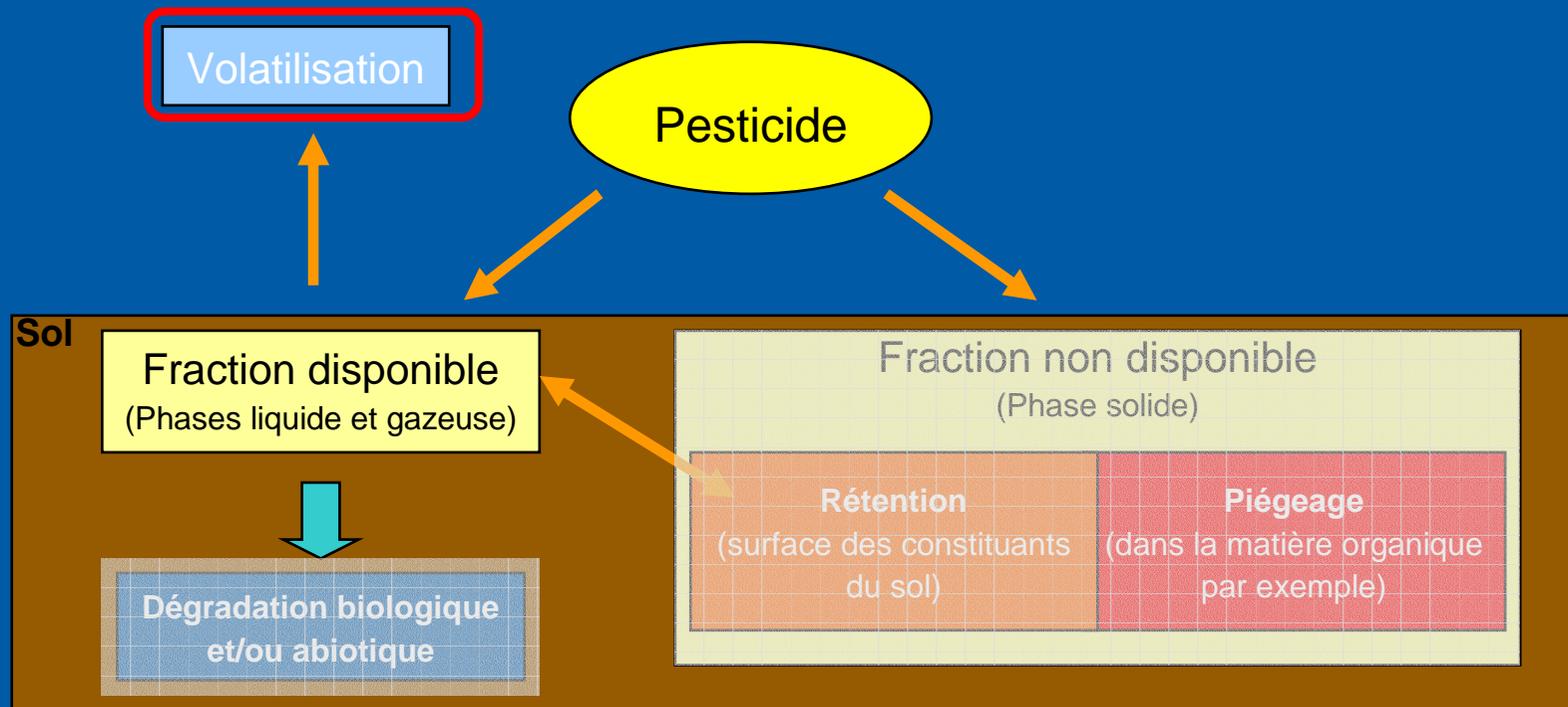
Ordres de grandeur des flux de pesticides dans une parcelle traitée



Devenir des pesticides dans les sols



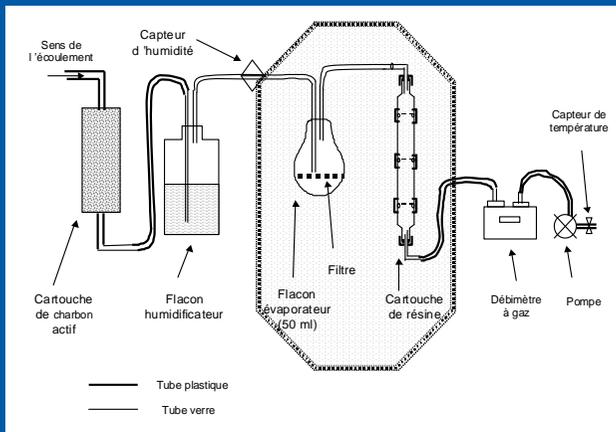
Devenir des pesticides dans les sols



Volatilisation (1/2)

Exemples de dispositifs expérimentaux

Laboratoire



Conditions de plein champ



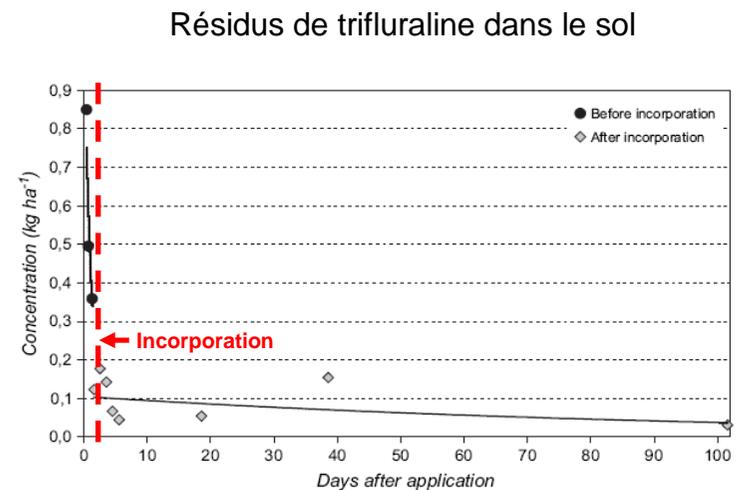
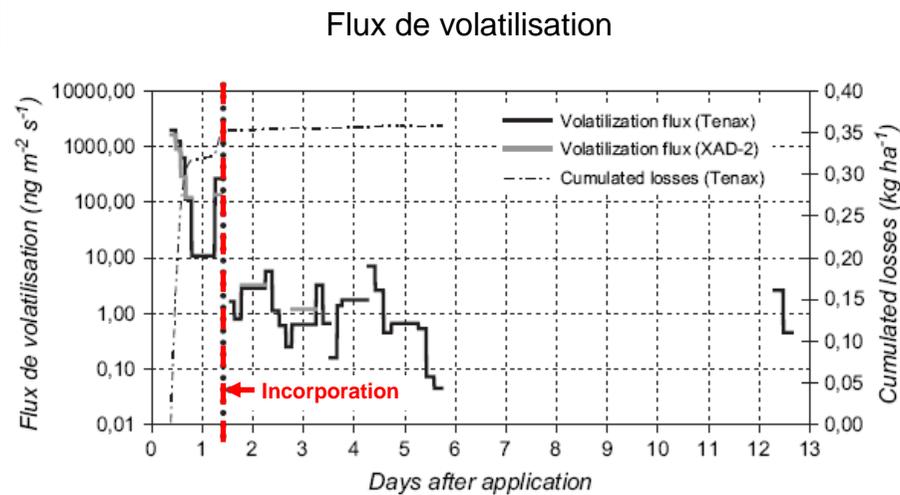
Tunnel de volatilisation



Mesures micrométéorologiques

Volatilisation (2/2)

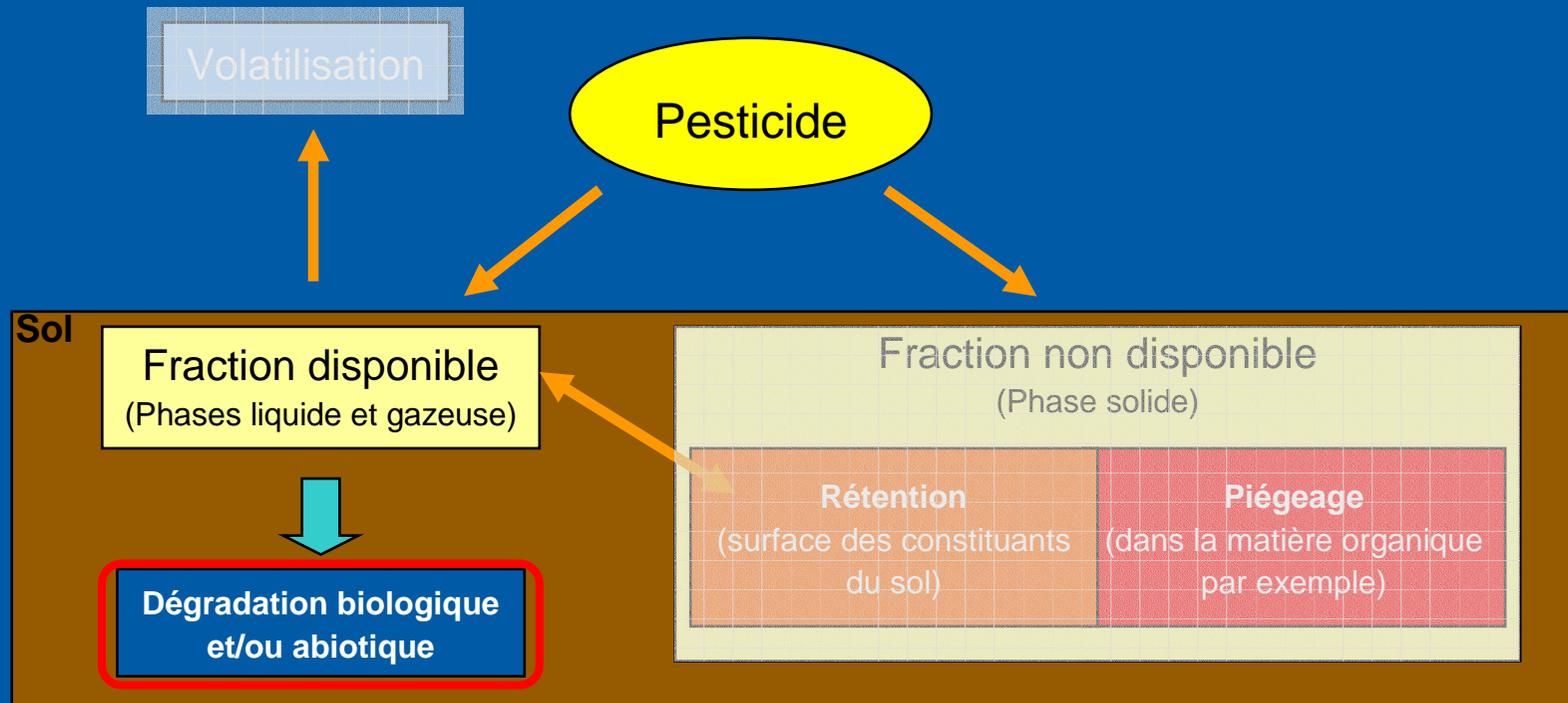
Estimation du flux de volatilisation à l'échelle parcellaire : cas de la trifluraline



Bedos et al., 2006

- L'incorporation limite la volatilisation des pesticides
- Elle augmente la persistance du pesticide dans le sol

Devenir des pesticides dans les sols

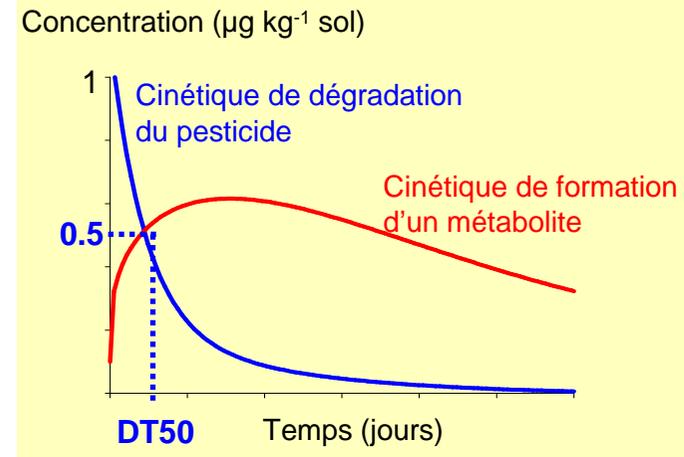
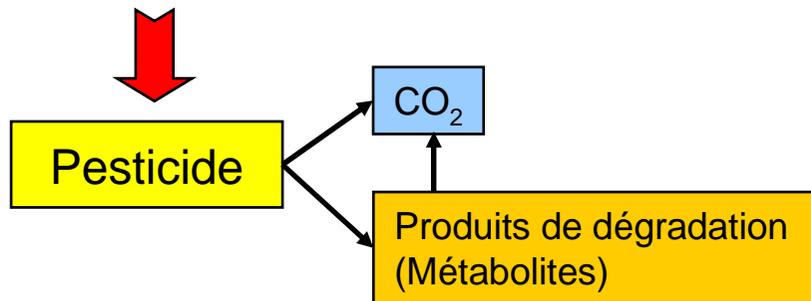


Dégradation (1/3)

Phénomènes de dégradation

- Dégradation abiotique : hydrolyse, photodégradation
- Dégradation biologique par les bactéries, champignons, algues

Dégradation



DT50: Durée de demi-vie

Dégradation (2/3)

Exemples de dispositifs expérimentaux

Laboratoire

Microcosmes
(Respiromètres clos)



Conditions de plein champ

Mésocosmes ou Microlysismètres
(Horizon cultivé 0-25 cm)

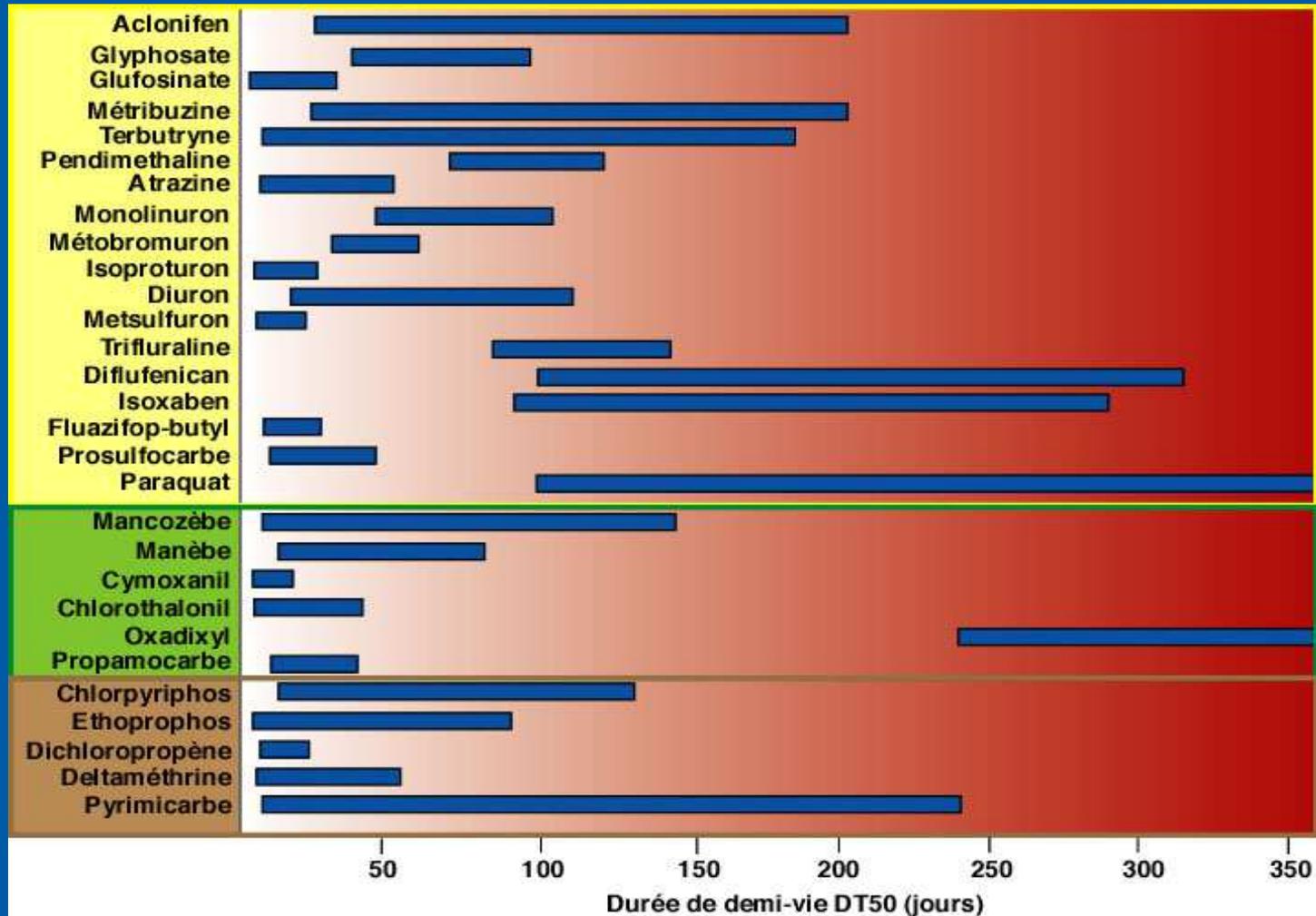


Lysimètres
(Profil de sol > 1m)

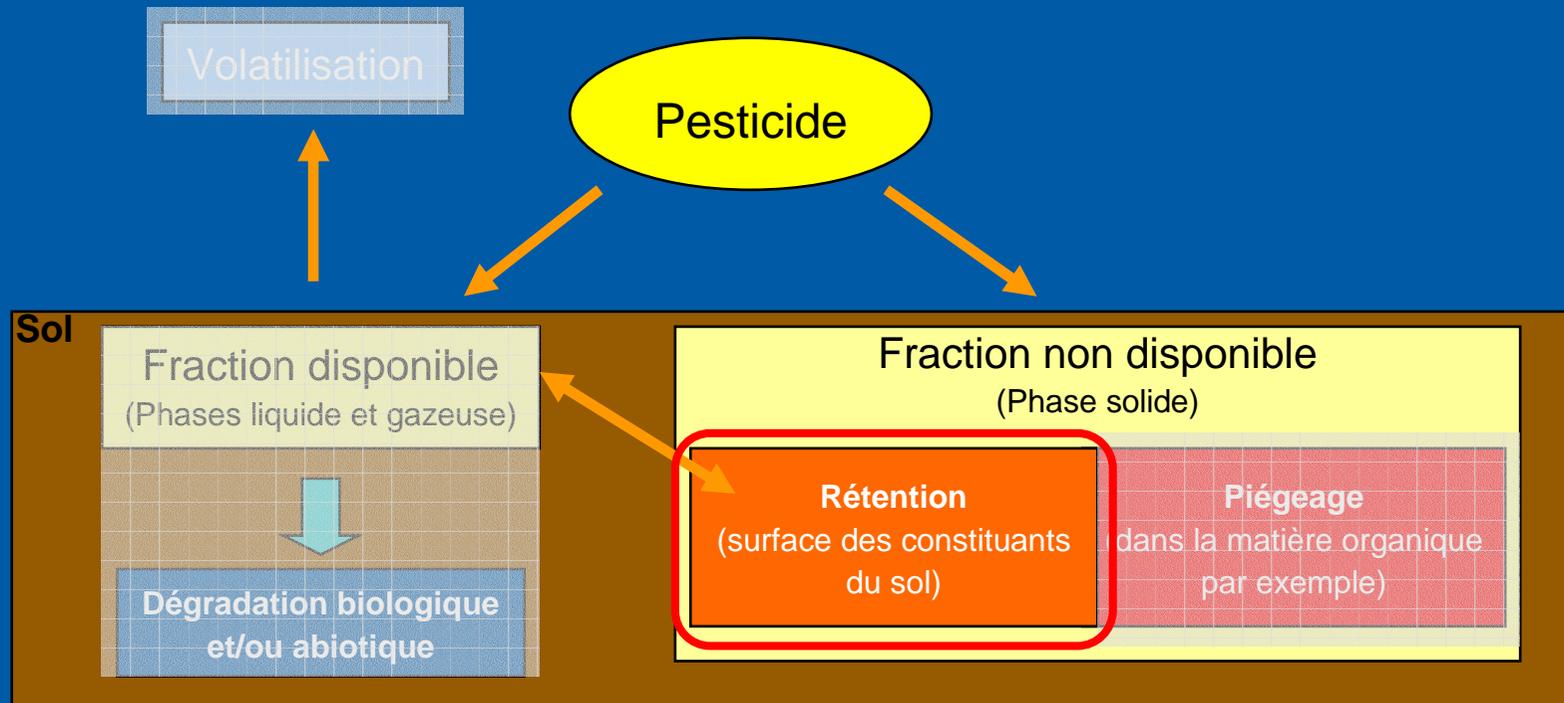


Dégradation (3/3)

Variabilité de la persistance des pesticides



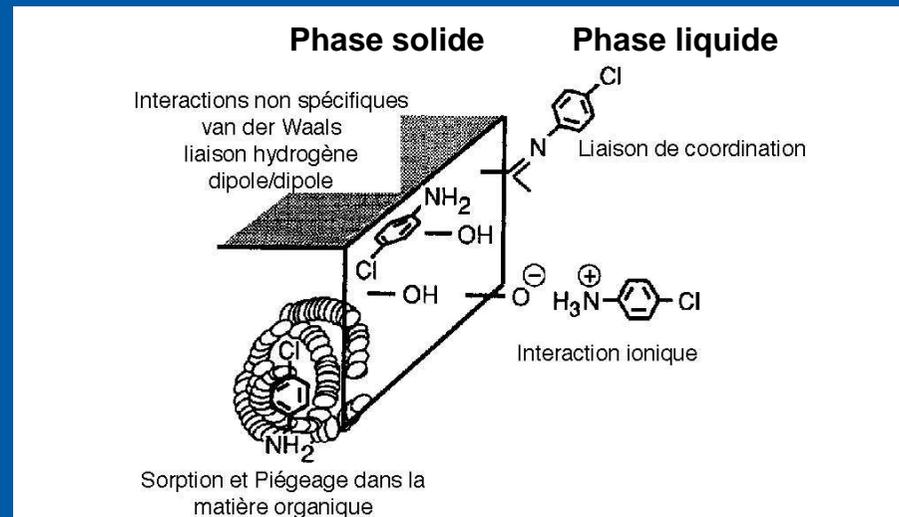
Devenir des pesticides dans les sols



Rétention (1/3)

Adsorption

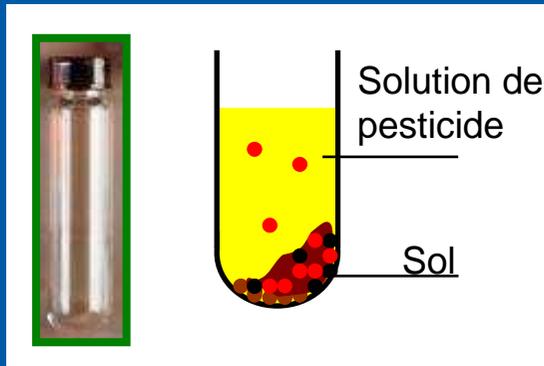
- Phénomène de surface qui conduit à une accumulation des pesticides à l'interface solide-liquide (Calvet et al., 2005)
- L'adsorption peut être plus ou moins réversible (désorption) selon les pesticides et le type de sol



Rétention (2/3)

Caractérisation au laboratoire

➤ Suspension de sol



➔ Coefficients d'adsorption: K_d , K_{oc}

$$K_d = \frac{\text{Quantité adsorbée}}{\text{Concentration en solution}} \quad (\text{L kg}^{-1})$$

$$K_{oc} = K_d / CO \quad (\text{L kg}^{-1})$$

CO = Carbone organique (%)

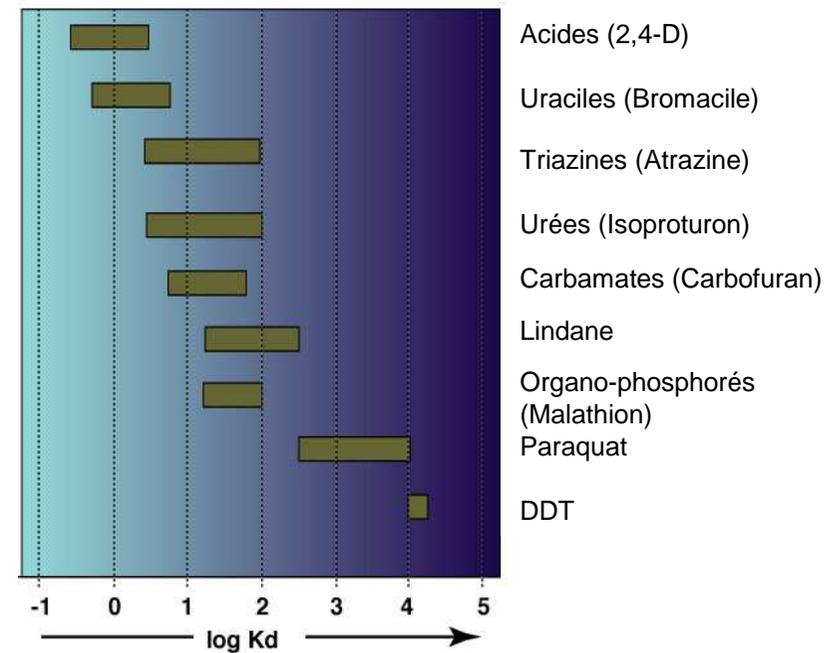
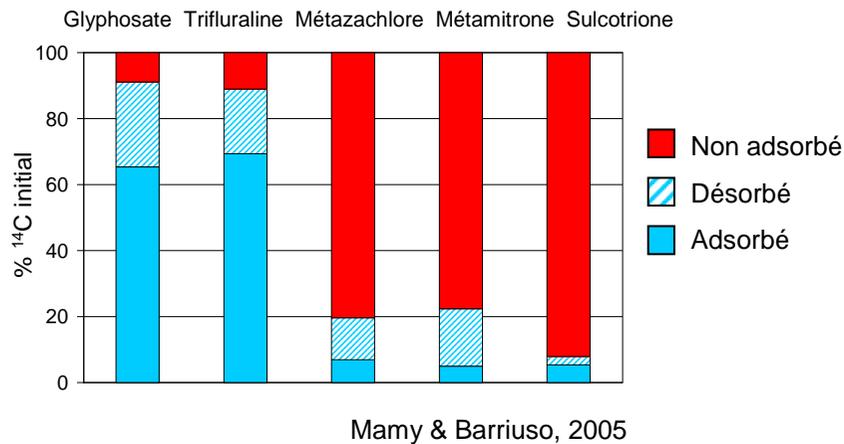
➤ Colonnes de sol



➔ Quantités de pesticides lixiviées

Rétention (3/3)

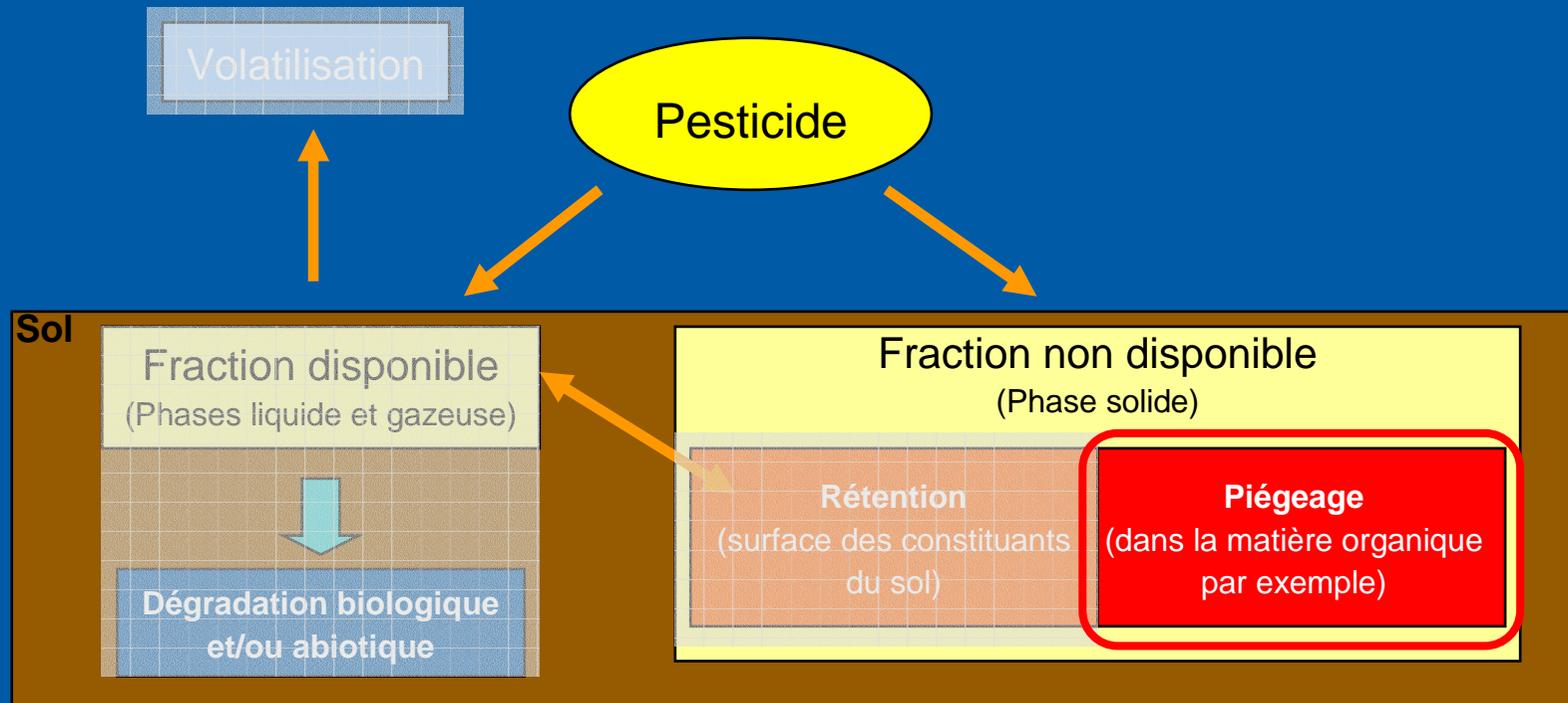
Variabilité de la rétention des pesticides



Facteurs de régulation:

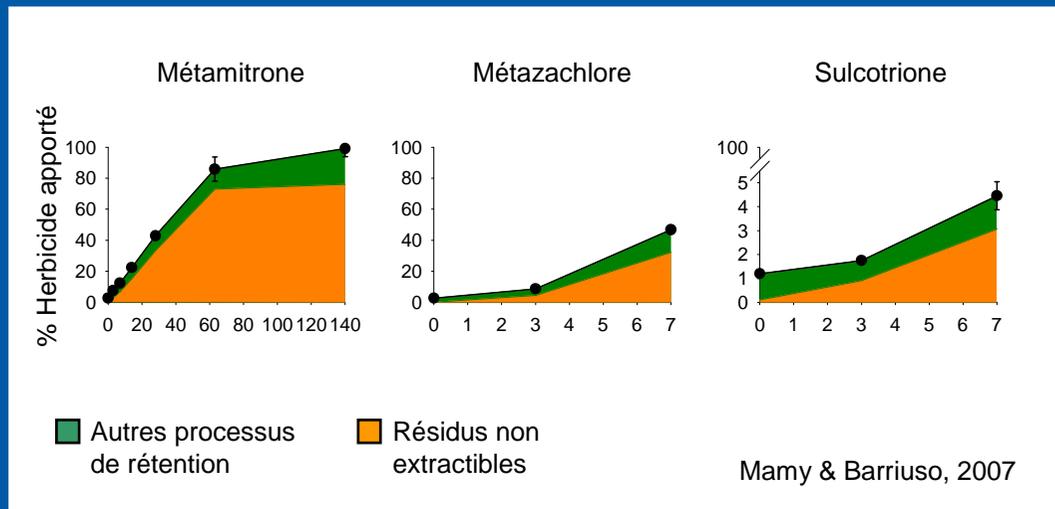
- Structure moléculaire
- Caractéristiques pédologiques

Devenir des pesticides dans les sols

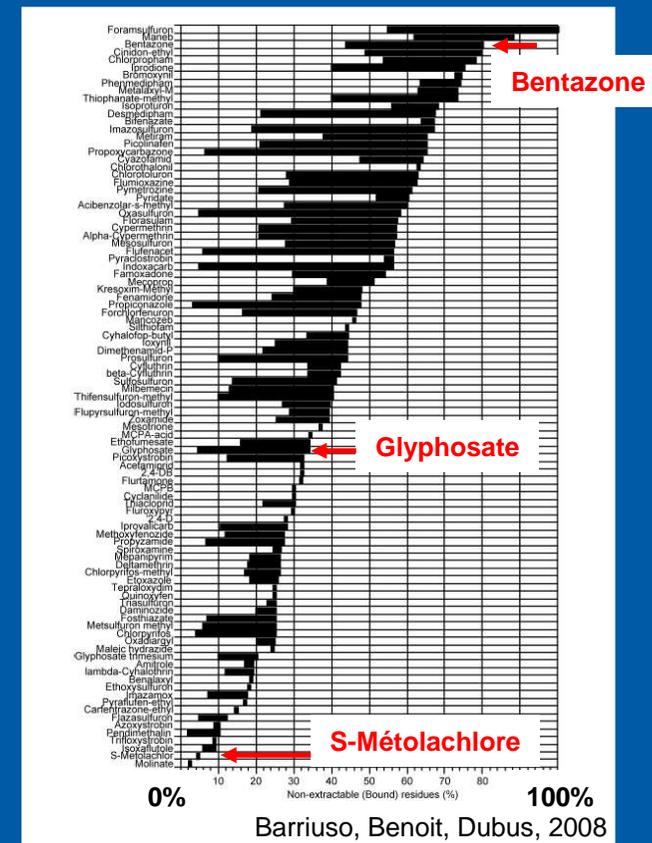


Rétention à long terme : Piégeage

- Interactions responsables de la rétention évoluent vers des interactions plus fortes et moins réversibles
- Culminent avec la formation de résidus de pesticides non extractibles du sol

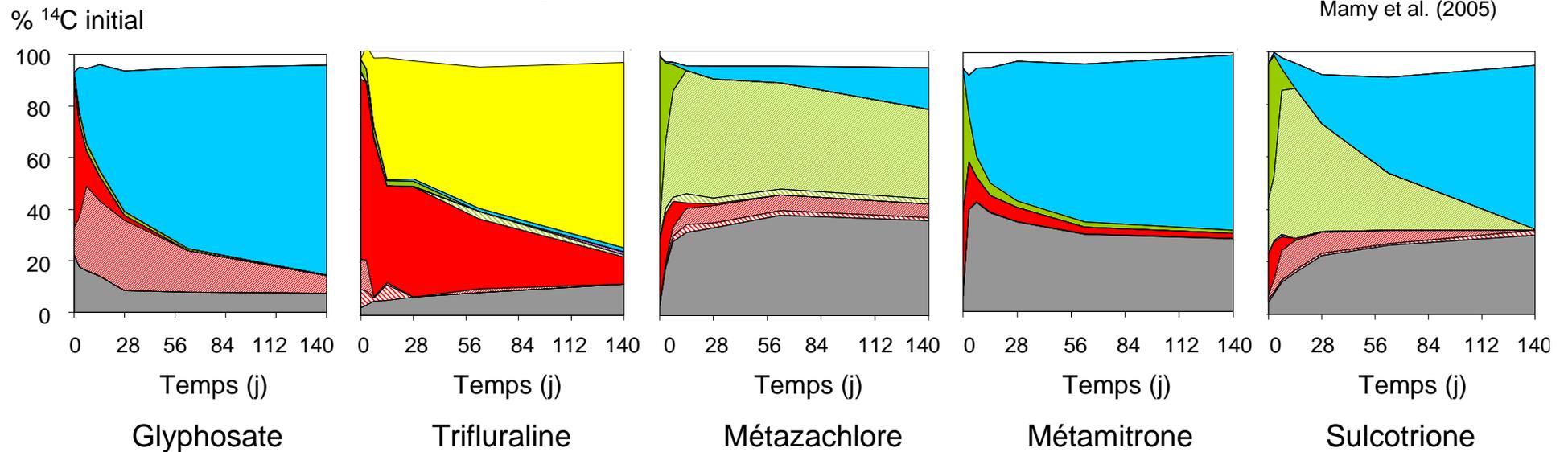


- Risque de relargage différé?



Variabilité du devenir des pesticides (1/3)

En fonction de la structure moléculaire



Minéralisation

Volatilisation

Résidus non-extractibles

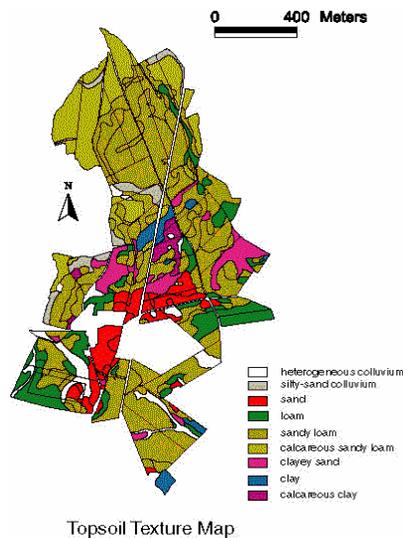
Minéralisation & Résidus non-extractibles

Minéralisation & Résidus non-extractibles

Variabilité du devenir des pesticides (2/3)

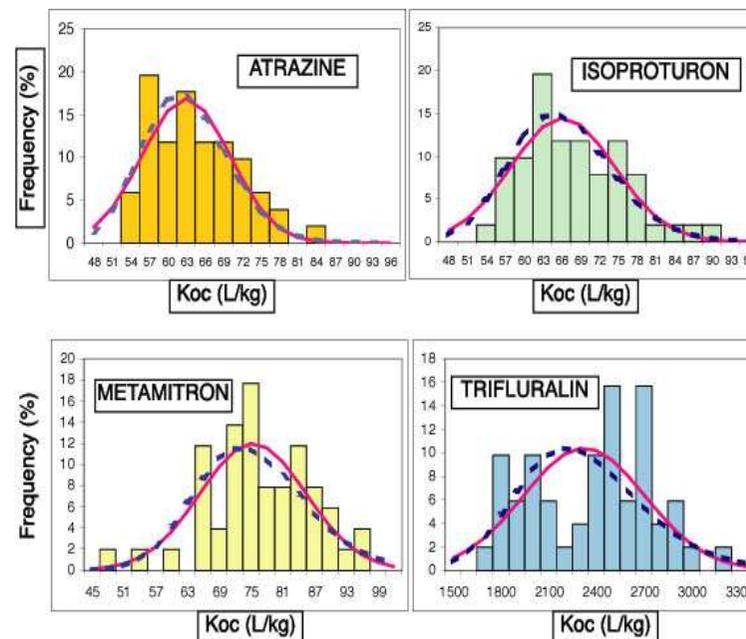
En fonction des caractéristiques pédologiques

Variabilité spatiale de la rétention et de la minéralisation à l'échelle d'un bassin versant

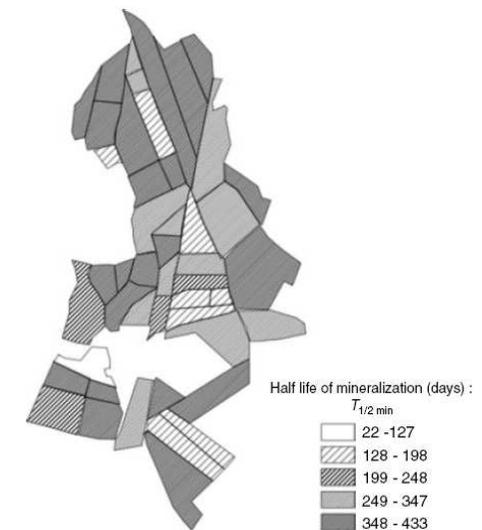


Coquet & Barriuso, 2001

Variabilité de la rétention de 4 herbicides



Variabilité de la minéralisation de l'atrazine

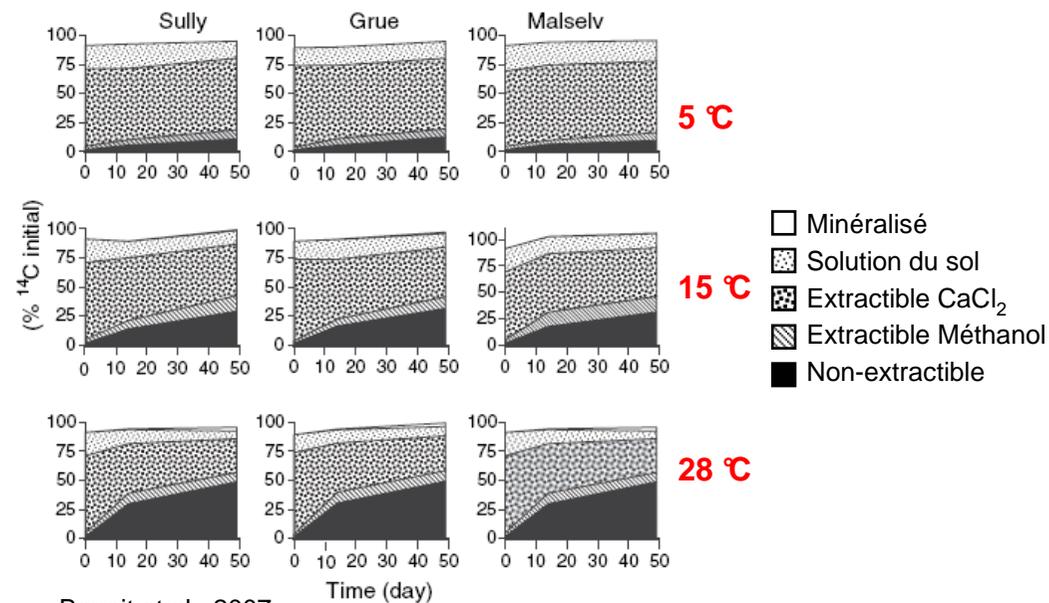


Charnay et al., 2005

Variabilité du devenir des pesticides (3/3)

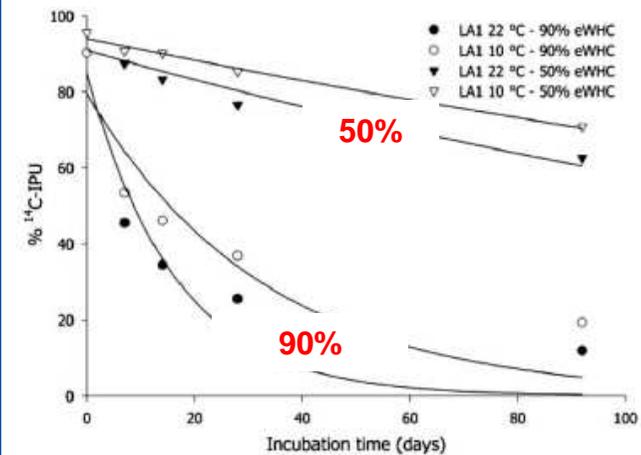
En fonction du climat

Effet de la température : Exemple de la métribuzine



Benoit et al., 2007

Effet de l'humidité du sol : Exemple de l'isoproturon



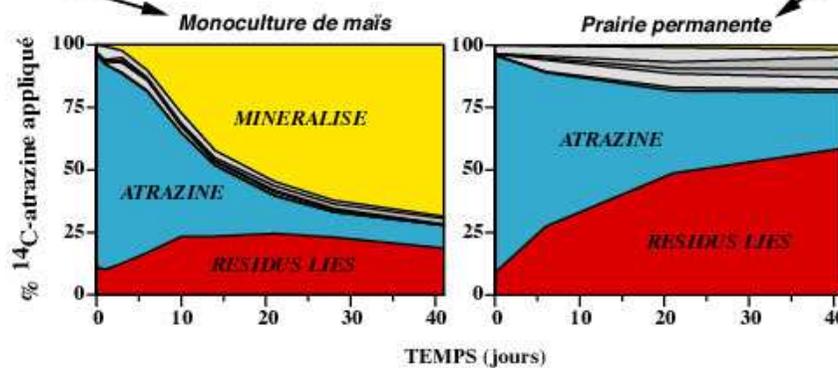
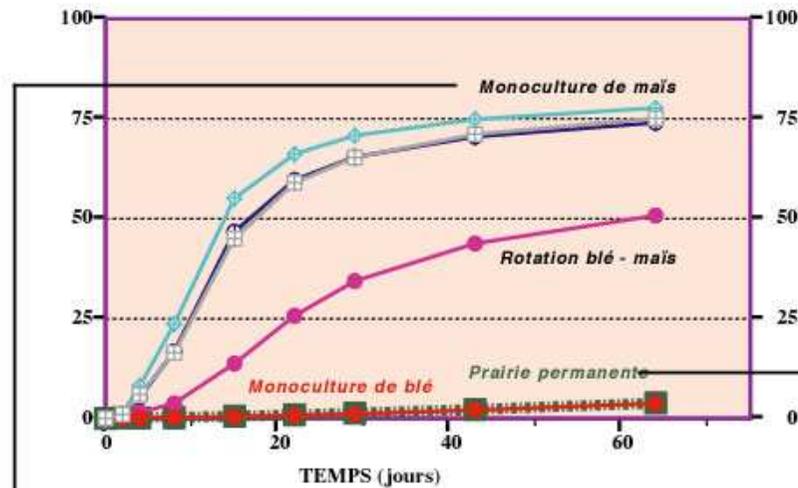
Alletto et al., 2006

Effet des pratiques agricoles (1/3)

Monoculture - Rotation

Exemple du devenir de l'atrazine

% $^{14}\text{C}\text{O}_2$ (% ^{14}C -atrazine appliqué)



Barriuso & Houot, 1996

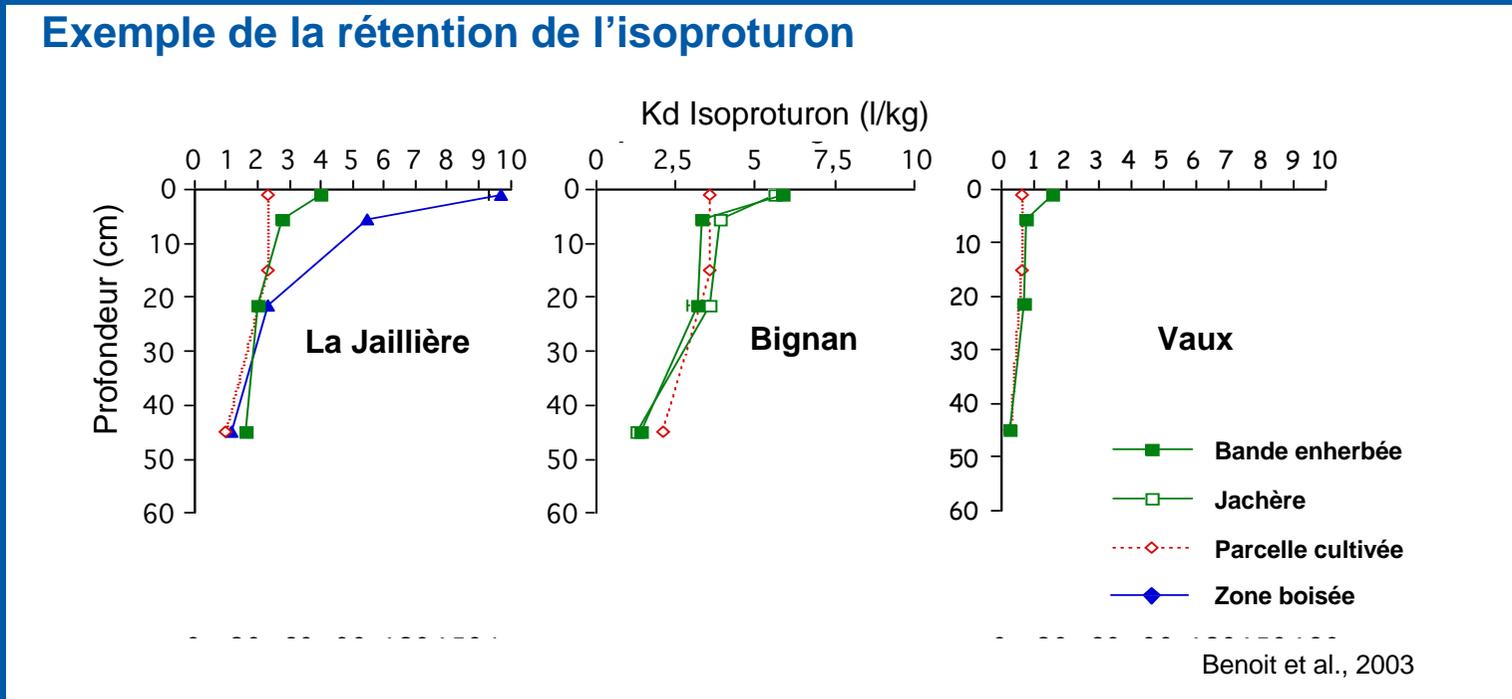
Monoculture de maïs:

- Adaptation de la microflore ➔
- Accélération de la dégradation de l'atrazine
- Perte d'efficacité de l'herbicide mais élimination plus rapide de l'environnement

- | | |
|--|---|
| ■ Résidus liés | Dééthyl-atrazine |
| ■ Minéralisé | Hydroxy-atrazine |
| ■ Atrazine | Déisopropyl-atrazine |
| | Dééthyl-déisopropyl-atrazine |
| | Non identifié |

Effet des pratiques agricoles (2/3)

Implantation de bandes enherbées



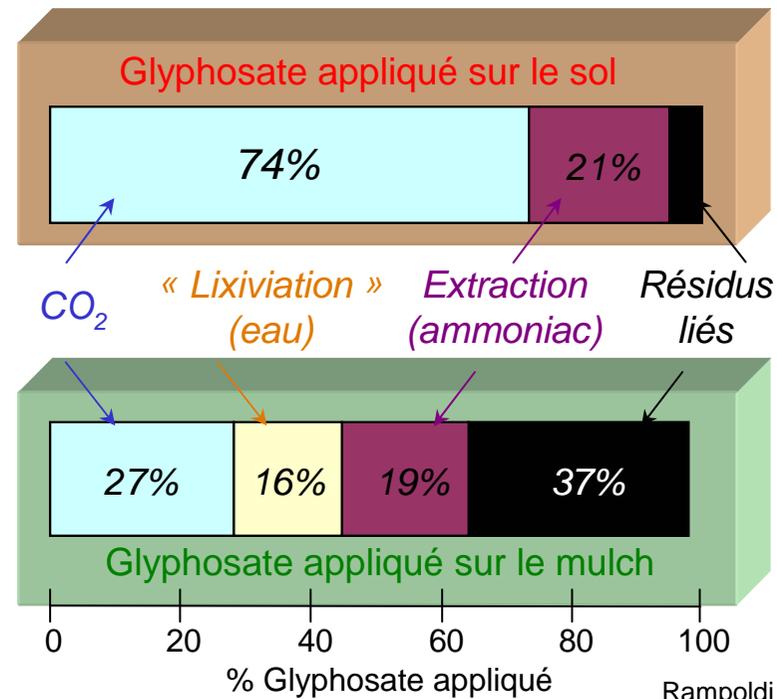
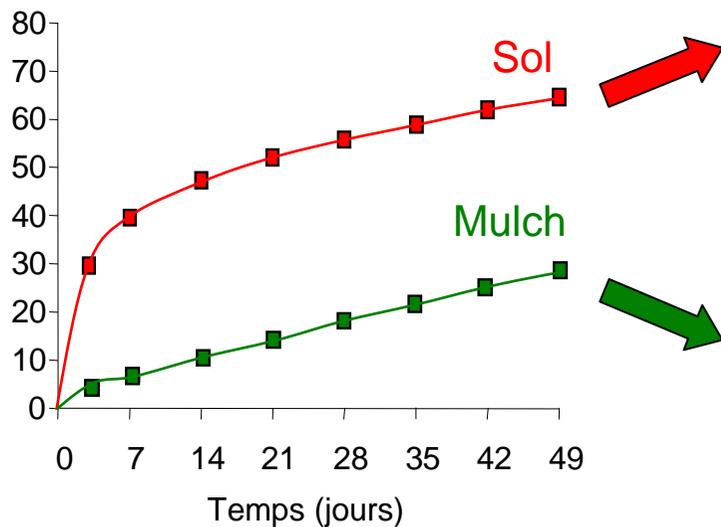
- Rétention surface sol enherbé >> sol cultivé
- Bandes enherbées permettent de limiter le transfert vers eaux de surface

Effet des pratiques agricoles (3/3)

Présence de mulch

Exemple de la dégradation du glyphosate

Minéralisation
(% initial)



Rampoldi et al., 2004
Ecos-Argentine

En présence de mulch :

- ↘ Minéralisation du glyphosate
- ↗ Fractions extractibles et non extractibles

Modélisation (1/2)

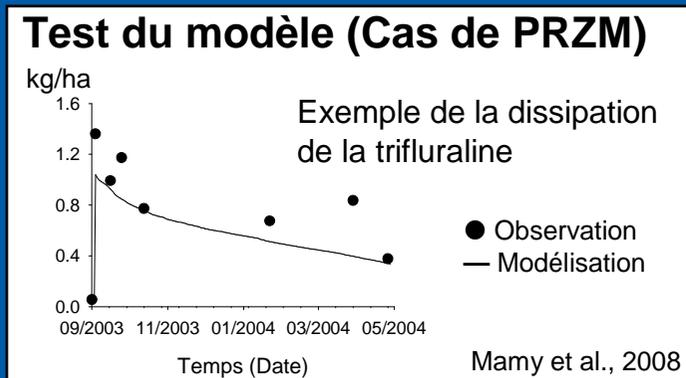
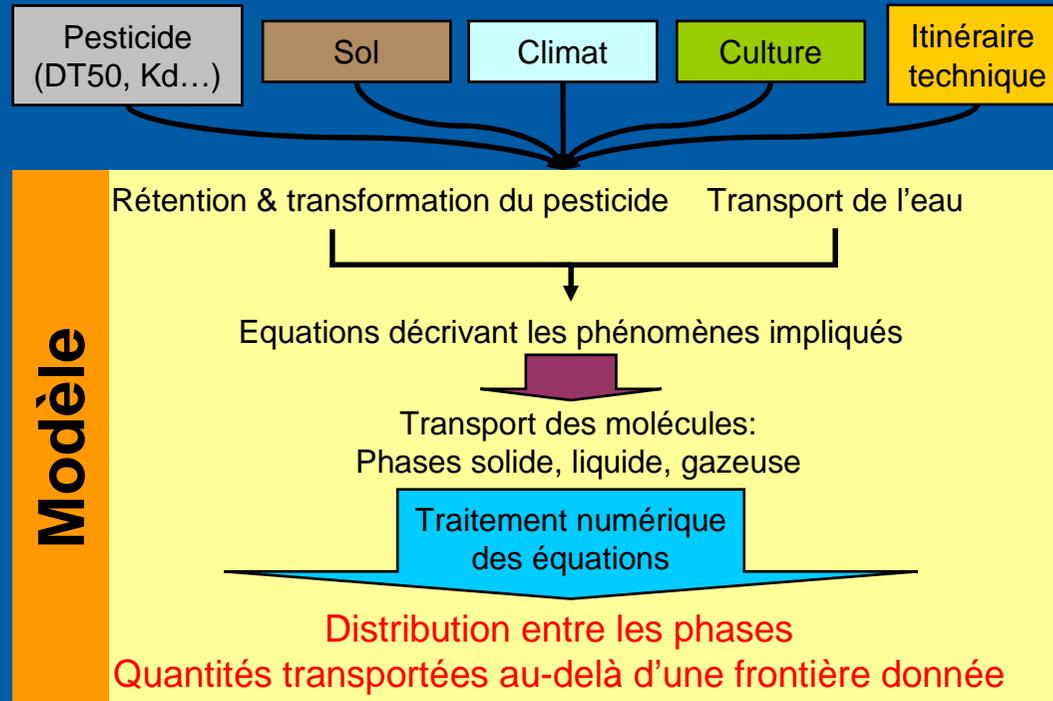
➤ La caractérisation du comportement des pesticides permet d'évaluer les risques de transfert vers l'eau, l'air, la plante et les risques d'accumulation dans le sol

 L'outil fondamental de la description de ces transferts et de leur prévision est la modélisation

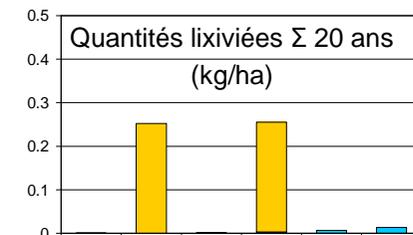
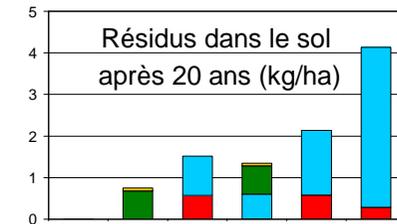
Avantages :

- Estimations à plus ou moins long terme
- Estimations pour de nombreuses situations agropédoclimatiques

Modélisation (2/2)

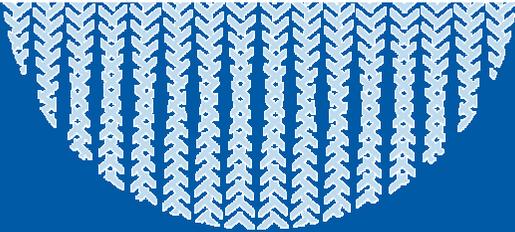


Modélisation à long terme: Exemples de différents itinéraires techniques



- Glyphosate
- AMPA (Métabolite du glyphosate)
- Trifluralin
- Métabolite du métazachlore

Mamy et al., 2007



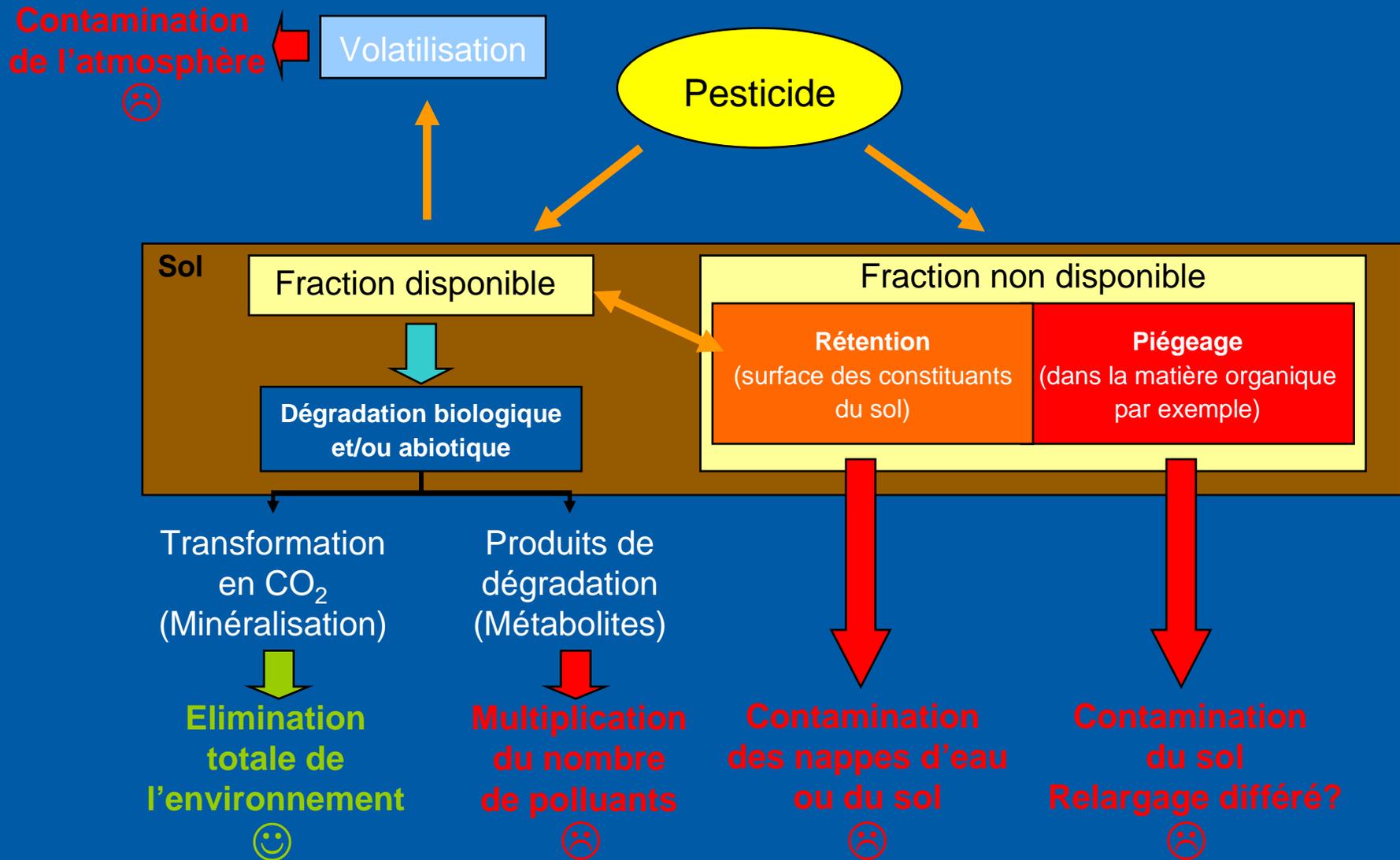
Conclusion



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Conclusion (1/2)



Conclusion (2/2)

Les pesticides s'accumulent dans les sols si:

- Persistance & Rétention élevées
- Dépend de la structure de la molécule, des conditions pédoclimatiques et des pratiques agricoles

Recherches au sein d'EGER:

- Approfondir les mécanismes impliqués dans le devenir des pesticides et leur dispersion dans l'environnement en fonction, par exemple, de la structure du sol et des pratiques agricoles
- Coupler devenir des pesticides et impacts sur les organismes vivants du sol

Merci de votre attention



INRA

PeSac

EGER



AgroParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES