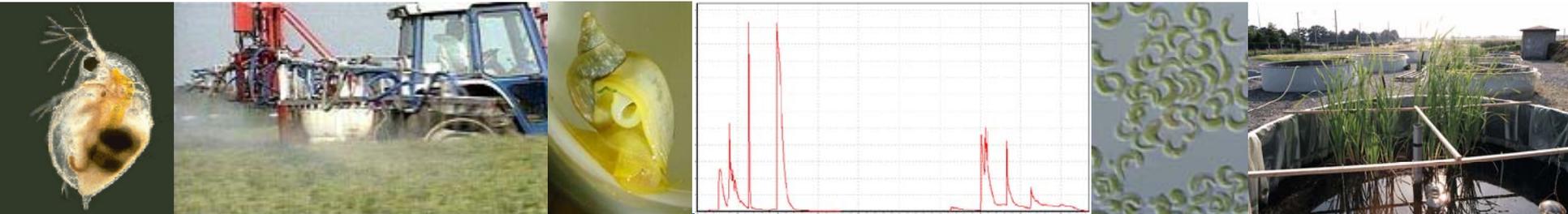


**Utilisation de modèles d'exposition aux pesticides pour la reconstitution
et la mise en œuvre de scénarios réalistes de contamination de mésocosmes
permettant d'étudier les impacts d'itinéraires techniques
sur les organismes aquatiques**

**Laurent Lagadic, Thierry Caquet, Benoît Réal, Igor Dubus, Nicolas Surdyk, Anne Togola,
Marc Roucaute, Arnaud Auber, Caroline Gorzerino, Ana Roucaute, Marie-Agnès Coutellec,
Virginie Ducrot, Alphonse Quemeneur, Martine Ollitrault, Didier Azam**

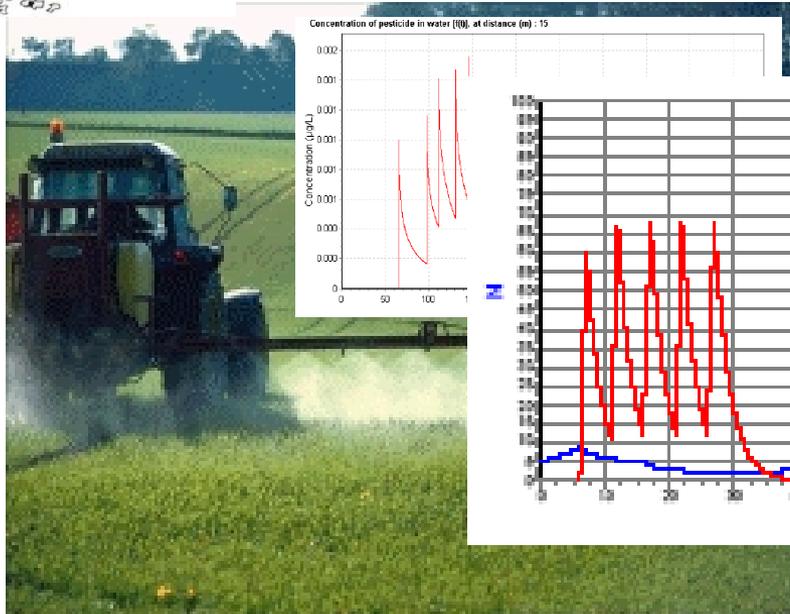


Problématique

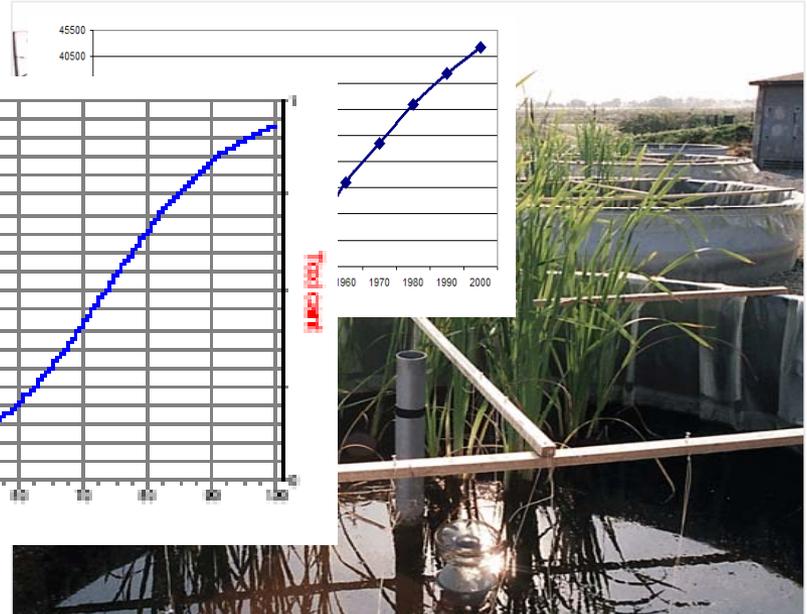
Relation exposition-effets dans un contexte réaliste de contamination des milieux aquatiques par les pesticides



Des **modèles numériques** de transfert pour simuler les apports de pesticides aux milieux aquatiques



Des **écosystèmes modèles** pour évaluer les effets sur les organismes aquatiques



Scénarios agropédoclimatiques

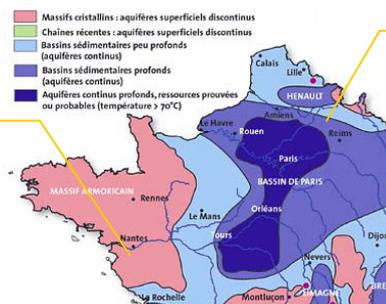
Choix d'une rotation culturale pois/blé/colza



Choix de deux situations pédoclimatiques :

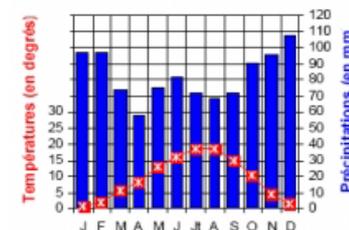


La Jaillière



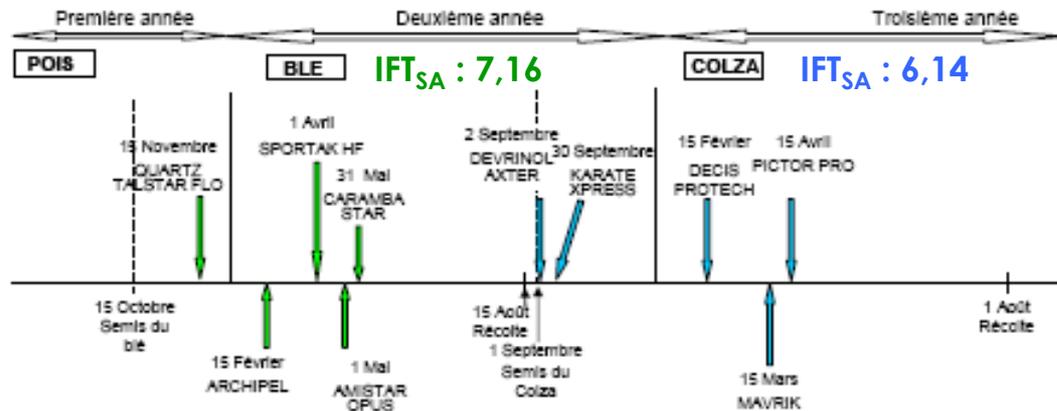
La Brie

Choix de trois d'années climatiques consécutives (97/98/99) conduisant à des transferts " moyens " en pesticides



Itinéraires techniques (ITK)

Itinéraire Technique "Classique" (CLA)

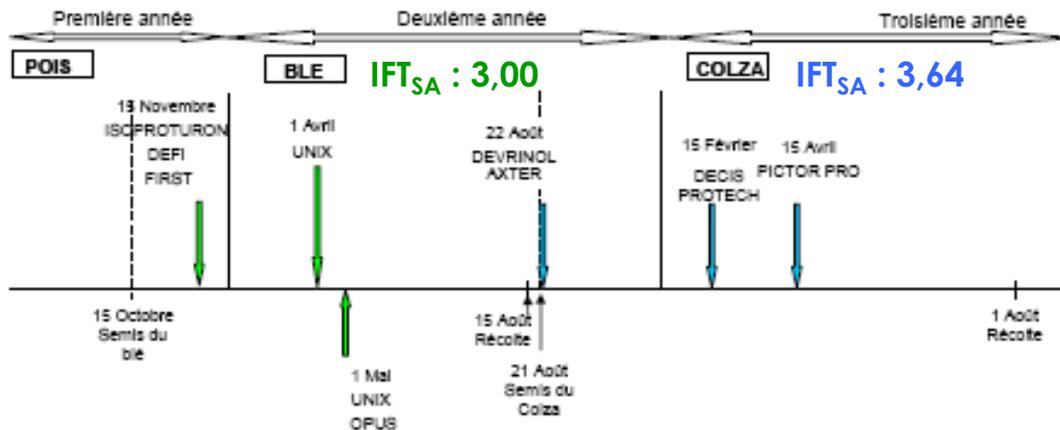


Nombre de substances actives	
Blé	Colza
9	7

3 substances communes :
réduction **et**
substitution

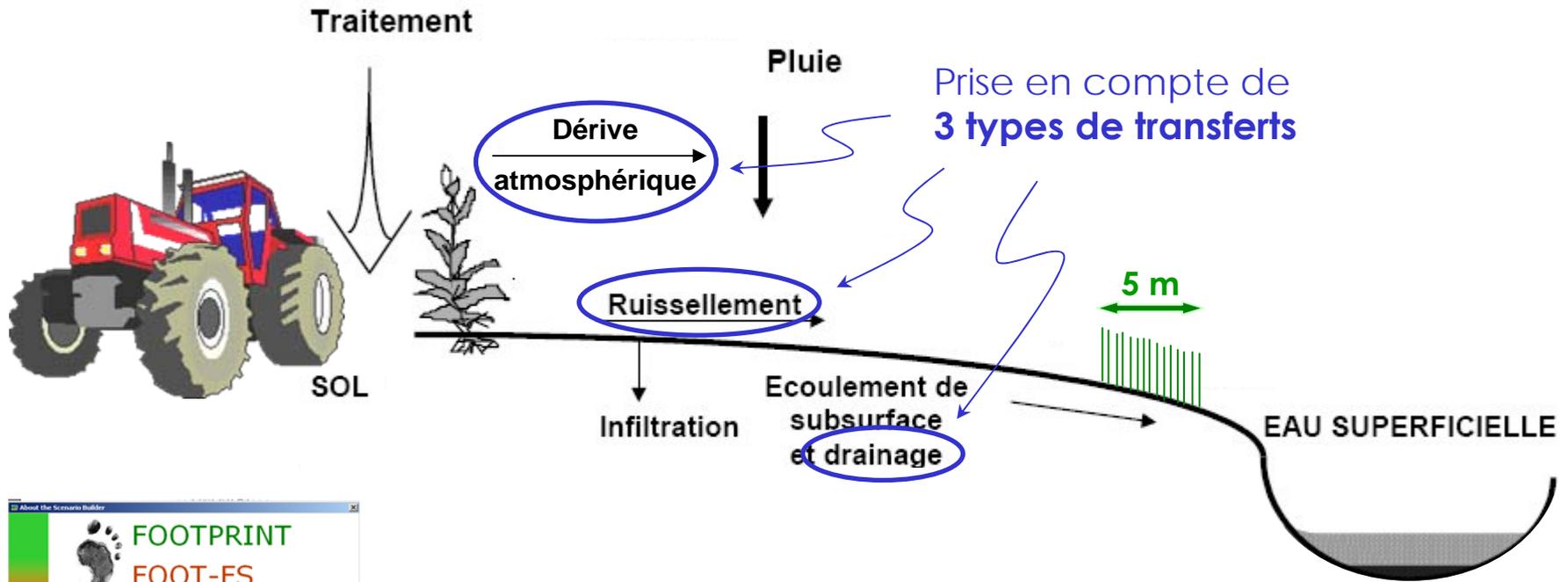
5 substances communes:
uniquement
réduction

Itinéraire Technique "Bas Intrants Pesticides" (BIP)



Nombre de substances actives	
Blé	Colza
7	5

Modèles de transfert



Utilisation de **3 modèles** :

- **Courbes de Ganselmeier** pour la dérive
- **MACRO** pour le drainage
- **PRZM** pour le ruissellement

Dates et concentrations de traitements en mésocosmes

Introduction des produits dans les mésocosmes

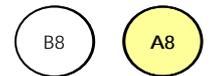
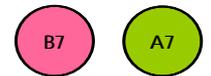
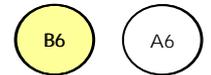
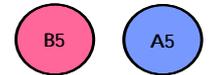
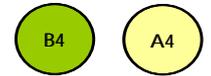
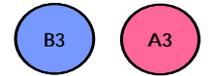
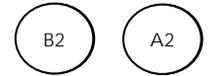
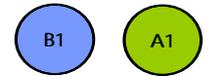
16 mésocosmes (9 m³ chacun) reconstituant des écosystèmes d'eau stagnante

Trois réplicats par modalité de traitement (itinéraire technique x situation pédoclimatique) + 4 témoins

Injection des produits sous la surface de l'eau (≈ 10 cm) au moyen d'un pulvérisateur portatif à pression d'air

Utilisation de :

- ♦ produits commerciaux pour les apports par dérive
- ♦ substances actives pour les apports par ruissellement et drainage



J.CLA (×3)

B.CLA (×3)

J.BIP (×3)

B.BIP (×3)

Témoins (×4)

Suivi des concentrations en résidus dans l'eau

- Prélèvement 24 h après chaque injection, et toutes les 3 semaines indépendamment des traitements
- Recherche des composés parents et de certains métabolites

Caractérisation de l'exposition et du risque :

- Concentration Moyenne d'Exposition :
$$AEC = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{c}_i \times \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}$$

- Unités toxiques pour algue et *Daphnia magna* :
$$TU_{i,t} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{i,t}}{EC50_i} \right)$$

Analyses par SPE on line UPLC MSMS

azoxystrobine	mesosulfuron CH3
boscalide	iodosulfuron CH3
bromoxynil	<i>met</i> sulfuron CH3
ioxynil	napropramide
cyprodinil	epoxiconazole
prosulfocarb	fluzilazole
isoproturon	tebuconazole
<i>isoproturon-2CH3</i>	metconazole
isoproturon-CH3	prochloraze

Analyses par extraction L/L GCMS

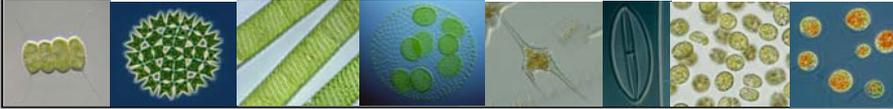
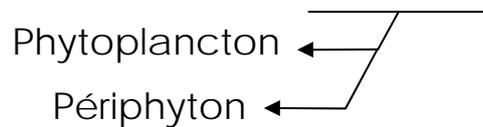
tau-fluvalinate	diflufénicanil
bifenthrine	diméthachlore
clomazone	deltaméthrine
lambda cyhalothrine	

Suivi des effets : critères structuraux et fonctionnels

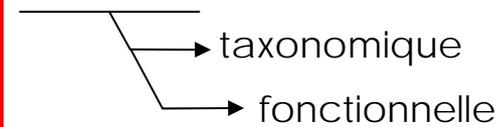
- Prélèvements/mesures toutes les semaines ou toutes les 3 semaines
- Durée du suivi : 2 ans, incluant 6 à 15 semaines de restauration après le dernier traitement



Structure et biomasse des communautés microalgales



Structure des communautés d'invertébrés (zooplancton & invertébrés benthiques)



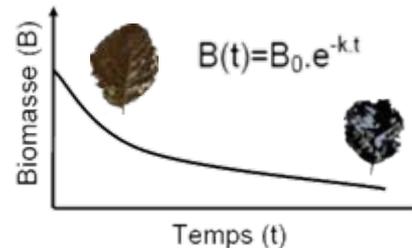
Caractéristiques physicochimiques



Oxygène dissous
Conductivité
Température
Nutriments
pH



Vitesse de fragmentation de la litière



Trois campagnes :
automne 2008 et 2009,
printemps 2009

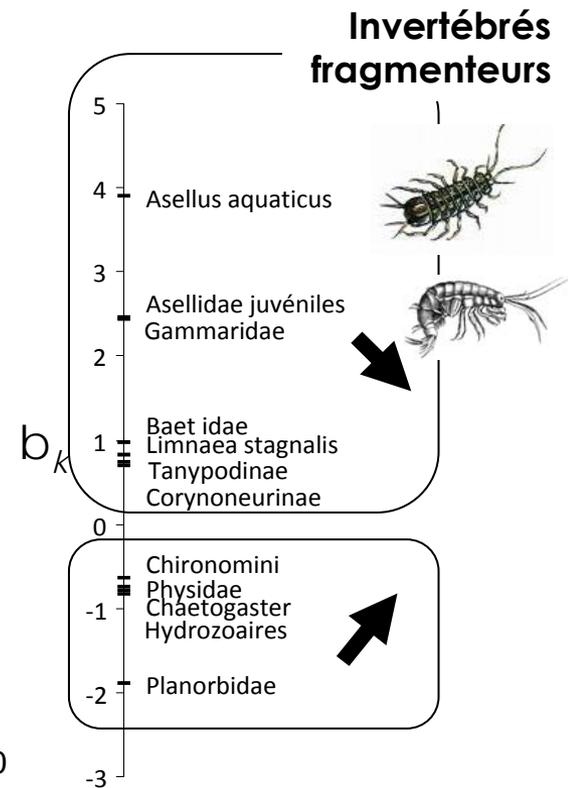
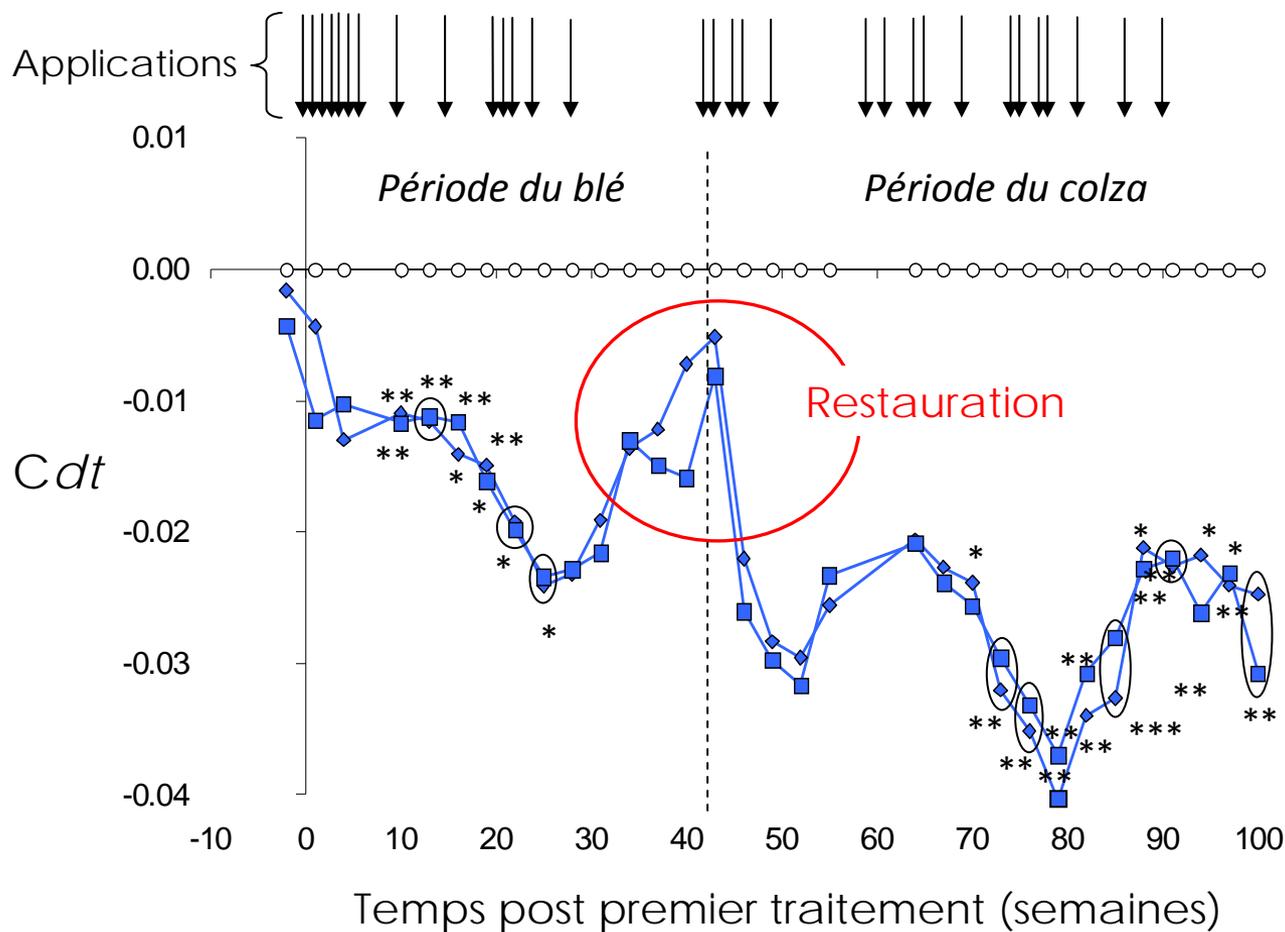
Résultats



Auber, A., Roucaute, M., Togola, A., Caquet, Th. (2011)
Structural and functional effects of conventional and low
pesticide input crop-protection programs on benthic
macroinvertebrate communities in outdoor pond mesocosms.
Ecotoxicology, **20**, 2042-2055.

Suivi des communautés d'invertébrés

Effets sur la structure : variations de l'abondance des taxons (PRC)



Suivi des communautés d'invertébrés

Substances responsables des effets

Taxa impactés

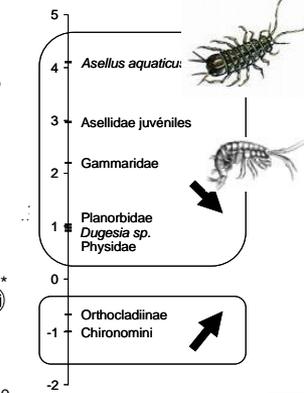
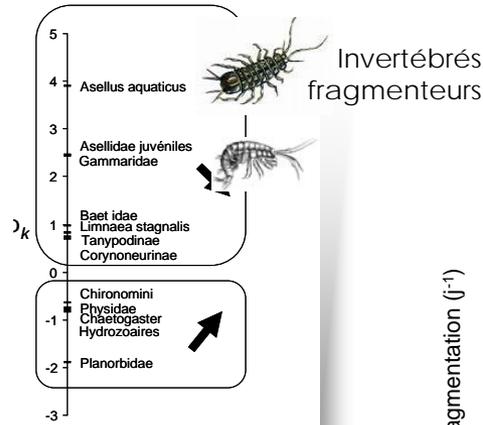
Relation structure-fonction

Bifenthrine λ -**cyhalothrine**

Deltaméthrine

ITK "CLA"
 $p = 0,03$

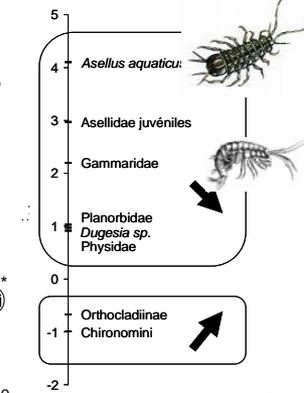
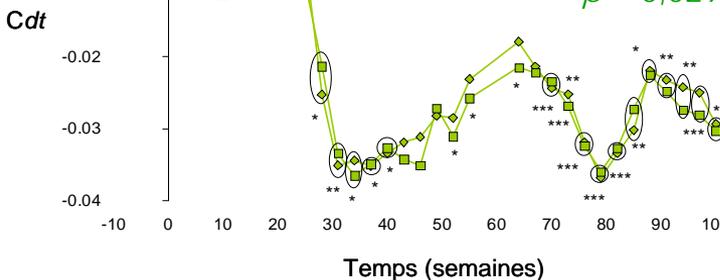
Restauration



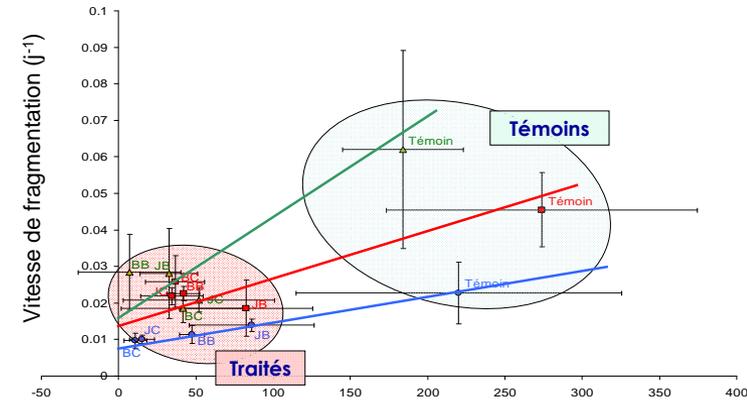
Cyprodinil

Deltaméthrine

ITK "BIP"
 $p = 0,029$

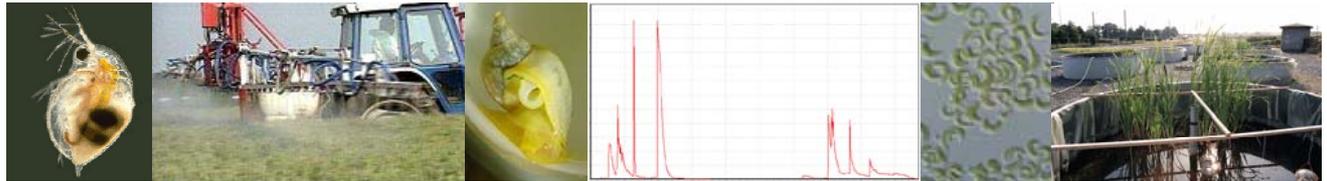


Fragmentation de la litière d'aulne (Test "fonctionnel")



- campagne 1 (nov-déc 2008); $R^2 = 0.91$
- campagne 2 (avr-mai 2009); $R^2 = 0.71$
- ▲ campagne 3 (nov-déc 2009); $R^2 = 0.60$

Conclusions



Conclusions (1/2)

- La stratégie de phytoprotection préconisée dans le cas des ITK "**bas intrants pesticides**" se traduit par des **impacts sur les écosystèmes aquatiques équivalents** à ceux associés à l'ITK "**classique**"

... **mais**, les effets ne se produisent **pas aux mêmes périodes** pour les deux types d'ITK.

- Dans le cas des ITK "**bas intrants pesticides**", les effets observés sont liés à certaines **substances "à risque"** (notamment, cyprodinil et deltaméthrine).

↳ **Recommandation** : envisager la **substitution** de ces molécules ou réduire leur dose d'application

- L'analyse des réponses des écosystèmes exposés montre que **le choix de l'ITK est plus important que la situation agropédoclimatique** car les effets majeurs sont liés aux apports par dérive.

↳ **Recommandation** : mettre en œuvre des moyens pour **réduire la dérive** de pulvérisation



Conclusions (2/2)



L'IFT_{SA} n'est pas un indicateur de risque

... car les effets observés sont liés à la fréquence des apports de pesticides aux milieux aquatiques, fonction des transferts par dérive, ruissellement et/ou drainage, qui dépendent des conditions environnementales (sol, précipitations, vent...)

... car les effets observés sont liés à la fréquence des apports de pesticides aux milieux aquatiques, fonction des transferts par dérive, ruissellement et/ou drainage,

Scénario	Nombre de traitements (apports hebdomadaires)	IFT _{SA}	
		Blé	Colza
J.CLA	17	7,16	6,14
B.CLA	13		
J.BIP	11	3,00	3,64
B.BIP	14		

L'ITK "Bas intrants pesticides" n'est pas plus "avantageux" que l'ITK "Classique" pour ce qui est de la protection des communautés d'invertébrés.

... **mais** il permet de réduire :

- le risque pour les applicateurs et riverains
- les quantités de pesticides introduites dans l'environnement
- le travail au champ, donc les coûts de production, l'empreinte carbone, etc.



Partenaires du programme



Étude financée par le MEEDDM
dans le cadre du programme
*Évaluation et réduction des risques
liés à l'utilisation de pesticides*



ARVALIS – Institut du Végétal



INRA, Rennes

*Équipe Ecotoxicologie et Qualité des
Milieux Aquatiques*

*Unité Expérimentale Écologie et
Écotoxicologie Aquatique*



BRGM, Orléans

Unité Pollutions Diffuses

Unité Analyses des Polluants Organiques



FOOTWAYS, Orléans



Merci pour votre attention