

Evaluation des risques et écotoxicologie : le cas des pesticides

Thierry CAQUET

- INRA, UMR 985 INRA–Agrocampus Ouest, Ecologie et Santé des Ecosystèmes, 65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex – Thierry.Caquet@rennes.inra.fr



Plan de la présentation

1. Définitions
2. L'évaluation des risques et ses limites
3. Exemples d'avancées récentes de la recherche
4. Conclusions

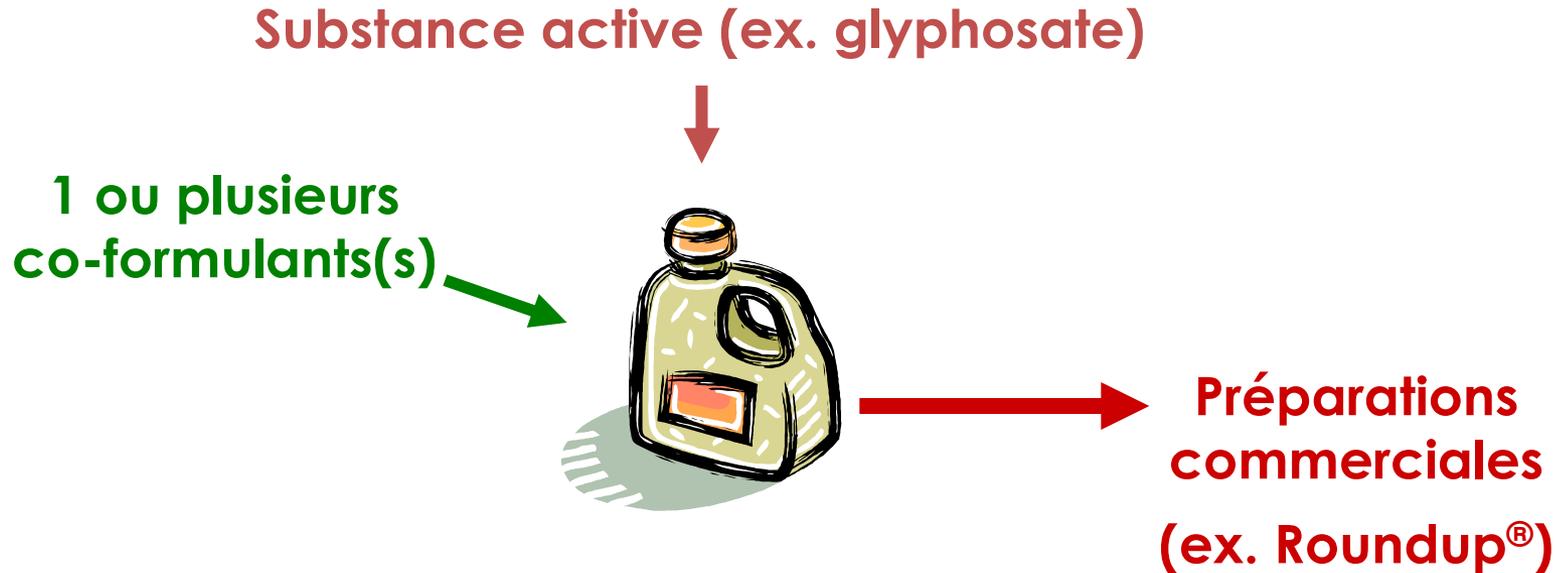
Ecotoxicologie

- Néologisme (fin années 1970) :
 - Devenir et effets des substances toxiques dans les écosystèmes.
 - Continuum biologiques, spatiaux et temporels.
 - Expérimentation-observation-modélisation.

Pesticides

- Substances destinées à tuer les *pests* = organismes nuisibles aux activités agricoles (phytopharmaceutiques, phytosanitaires).
- Bioagresseurs et adventices sont responsables de la perte de plus de 40 % des disponibilités vivrières mondiales.
 - Acaricides : **acariens**
 - Fongicides : **champignons**
 - Herbicides : **végétaux supérieurs (= adventices)**
 - Insecticides : **insectes**
 - Molluscicides : **mollusques**
 - Nématicides : **nématodes**
 - Rodenticides : **rongeurs**

Pesticides



France : environ 300 substances actives et 3000 préparations commerciales autorisées

(e-phy.agriculture.gouv.fr/ ; www.dive.afssa.fr/agritox/index.php)

Micropolluants

Activité biologique pour des concentrations très faibles (mg/l - ppm, $\mu\text{g/l}$ - ppb, ...).



1 wagon citerne = 30 000 L

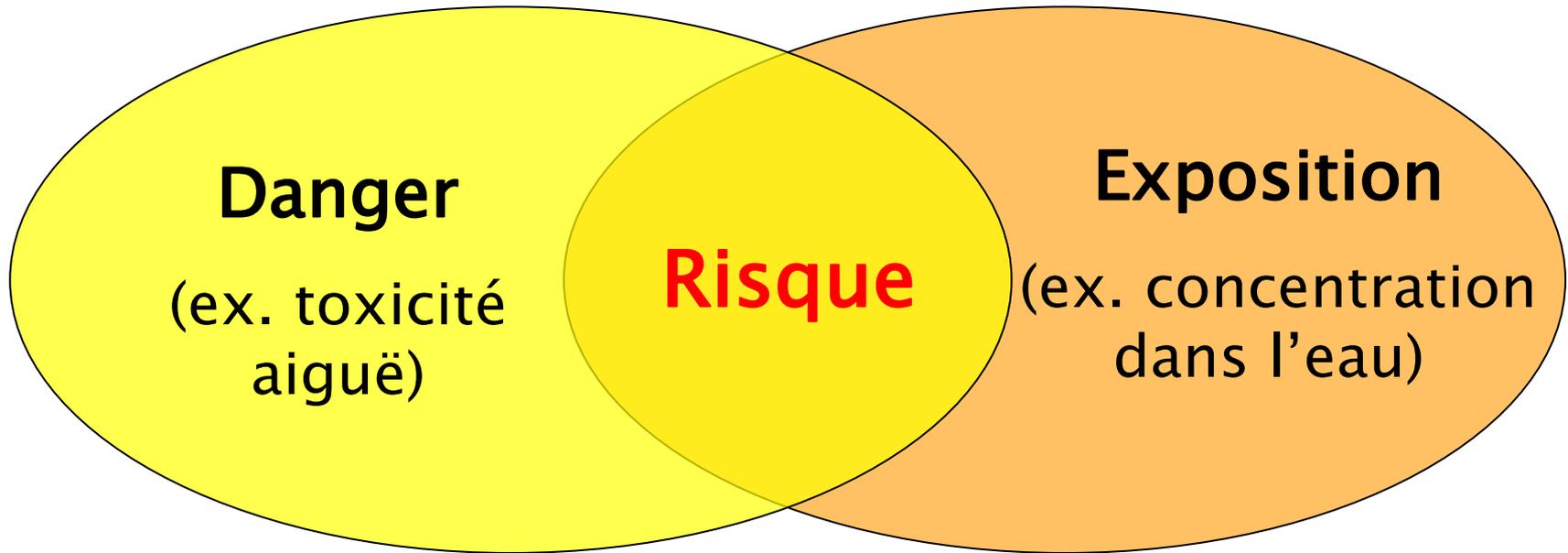


3 g de poudre de cacao

100 wagons \Rightarrow 1 $\mu\text{g/L}$ ou 1 ppb

Pesticides dans l'eau : $< 0,1 \mu\text{g/L}$

Danger et risque

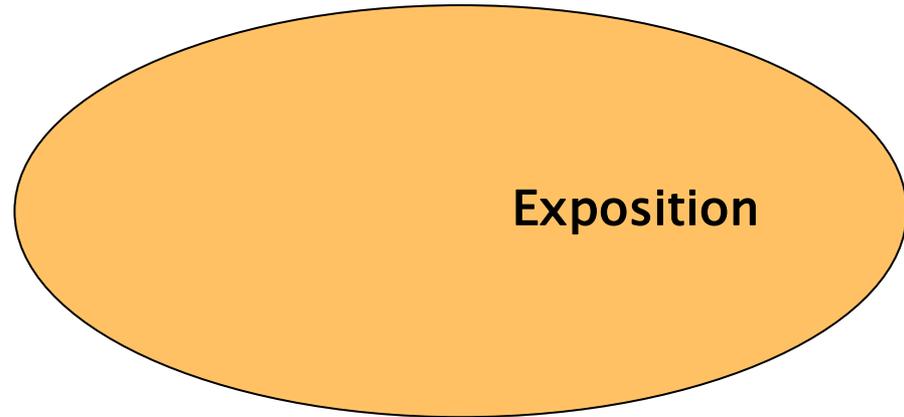


$$\text{Risque} = \text{Danger} \times \text{Exposition}$$

Evaluation des risques

- Prospective (= *a priori*) : avant que les substances soient mises sur le marché.
 - Niveau européen (EFSA ; 2–3 ans)
 - Niveau national (DPR ANSES ; ≈10 mois)
 - Niveau zonal (Etat membre)
- Rétrospective (= *a posteriori*) : une fois qu'elles ont été commercialisées et utilisées.

Evaluation des risques

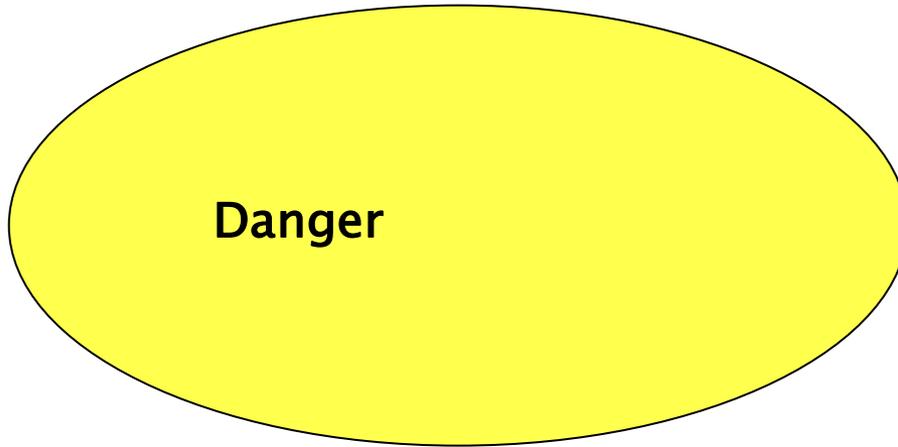


Dépend du devenir des substances dans l'environnement, du milieu considéré, du climat, etc...

Valeurs d'exposition des écosystèmes aux substances estimées à l'aide de modèles ou mesurées dans l'environnement

- ***Predicted Environmental Concentration (PEC)***
= Concentration prévisible dans l'environnement
- ***Measured Environmental Concentration (MEC)***
= Concentration mesurée dans l'environnement

Evaluation des risques



Caractéristique intrinsèque
des substances

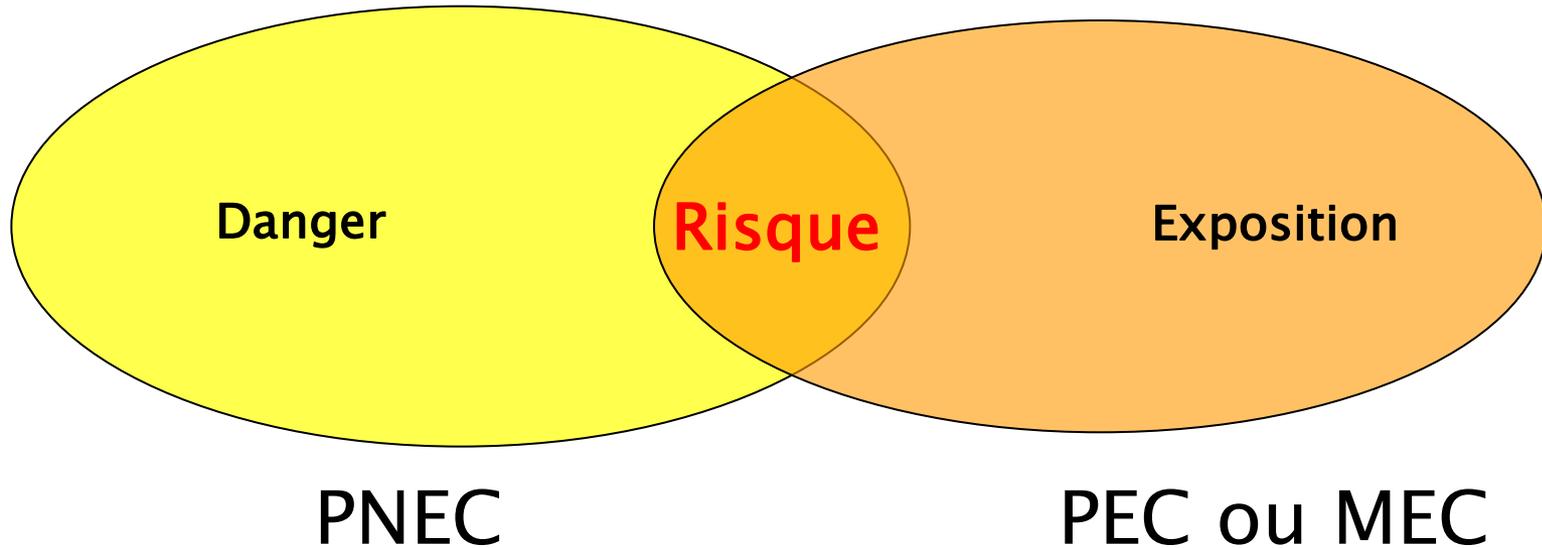
Evaluation = Tests de toxicité

→ ***Predicted No Effect Concentration (PNEC)***
= Concentration prévisible sans effet



« *Sola dosis fecit venenum* »

Evaluation du risque



Quotient de risque = $PEC/PNEC$ ou $MEC/PNEC$

QR < 1 : aucun effet néfaste n'est prévu et l'écosystème est considéré comme protégé.

QR = 1 : des effets néfastes pourraient survenir.

QR > 1 : des effets néfastes surviendront probablement.

Limites de l'évaluation des risques

- Expositions répétées \Rightarrow Effets chroniques (y compris évolutifs) ?
 - Contamination par des mélanges \Rightarrow Effets synergiques ?
 - Toxicité des co-formulants et des produits de dégradation ?
 - Effets sur des organismes *a priori* non sensibles \Rightarrow Effets indirects ?
 - Conséquences sur la fonctionnalité des écosystèmes ?
 - Interactions avec autres facteurs de stress ?
- \Rightarrow Développement et mise en œuvre de méthodes dédiées pour améliorer l'évaluation *a priori* et *a posteriori*

Principaux outils utilisables

CONDITIONS DE LABORATOIRE

CONDITIONS NATURELLES

Réplicabilité

Complexité - Représentativité

Espèces isolées

Chaînes trophiques

Microcosmes

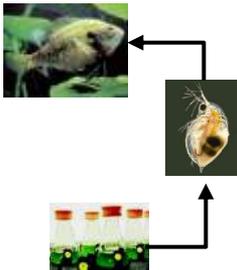
Canaux artificiels

Mésocosmes

Mares/étangs expérimentaux

Enclos

Ecosystèmes naturels



Evaluation a priori

Evaluation a posteriori

Expérimentations en mésocosmes

Plate-forme du Centre INRA de Rennes
(Unité Expérimentale Écologie et
Écotoxicologie Aquatique-U3E –
Infrastructure ANAEE-Services)



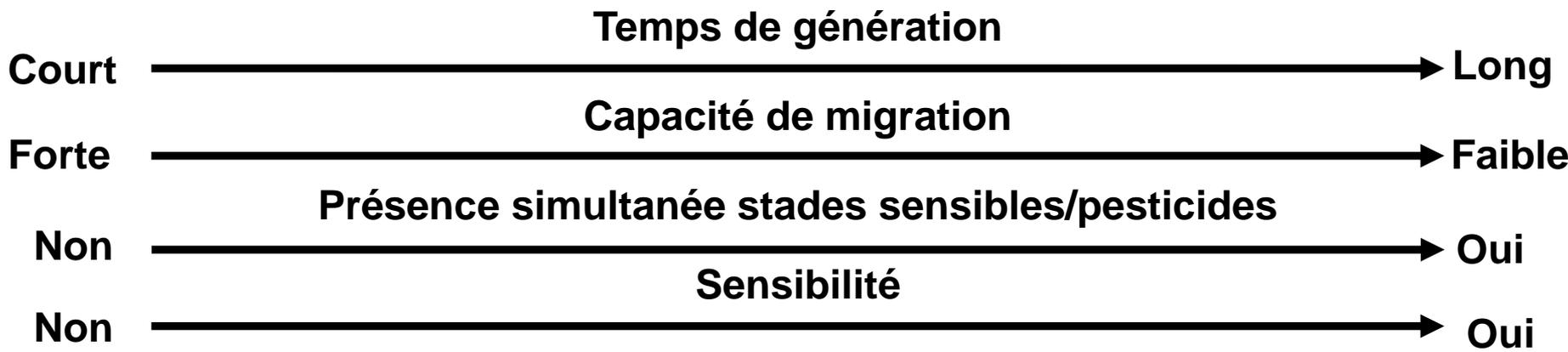
(www.onema.fr/IMG/.../Onema-Les-Rencontres-7.pdf)

Développement d'outils de bioindication dédiés

- Partenariat INRA Rennes–UFZ Leipzig (M. Liess).
Méthode SPEAR (*SPE*cies *At Risk*) = classification des espèces en 2 catégories (*At Risk/Not At Risk*) selon :
 - Traits biologiques et écologiques (temps de génération, capacités de migration, présence de stades sensibles à la période d'exposition maximale aux pesticides).
 - Sensibilité aux pesticides.

SPECIES NOT AT RISK

SPECIES AT RISK



Achètes



Polycentropodidae



Oligochètes

Ephemeridae



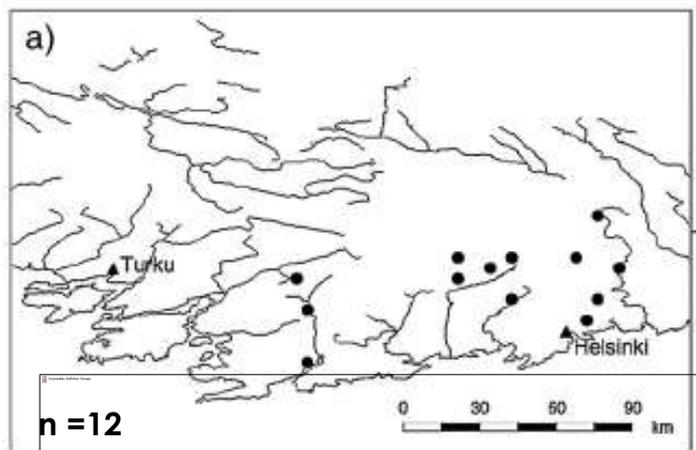
Chironomidae



Coenagrionidae

• Application à trois régions d'Europe caractérisées par des usages de pesticides d'intensités différentes

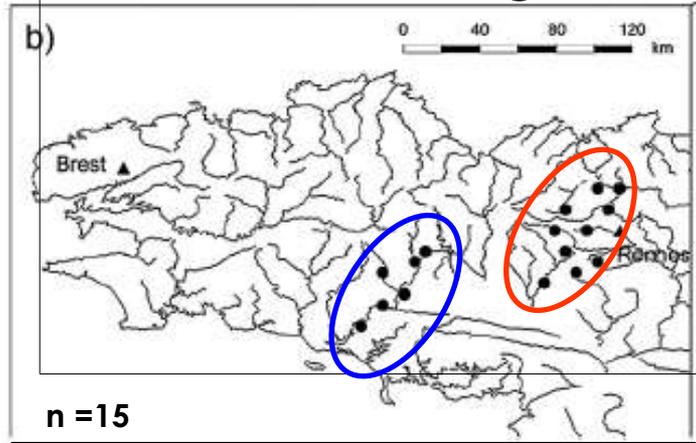
Usage faible



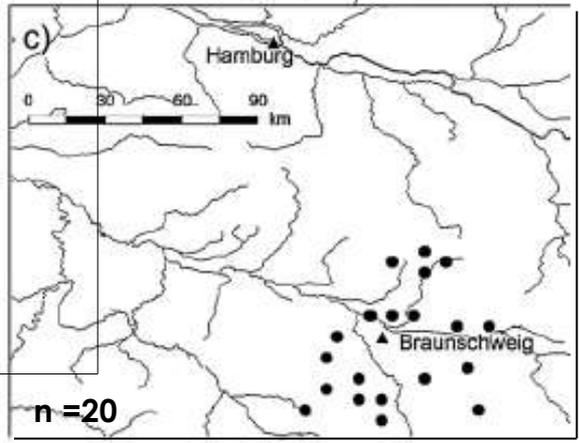
Etude au printemps

- Mesures concentrations en pesticides
- Métriques : %SPEAR_{nombre}, SPEAR_{abondance}
- Taux de dégradation de la litière d'aulne

Gradient usage



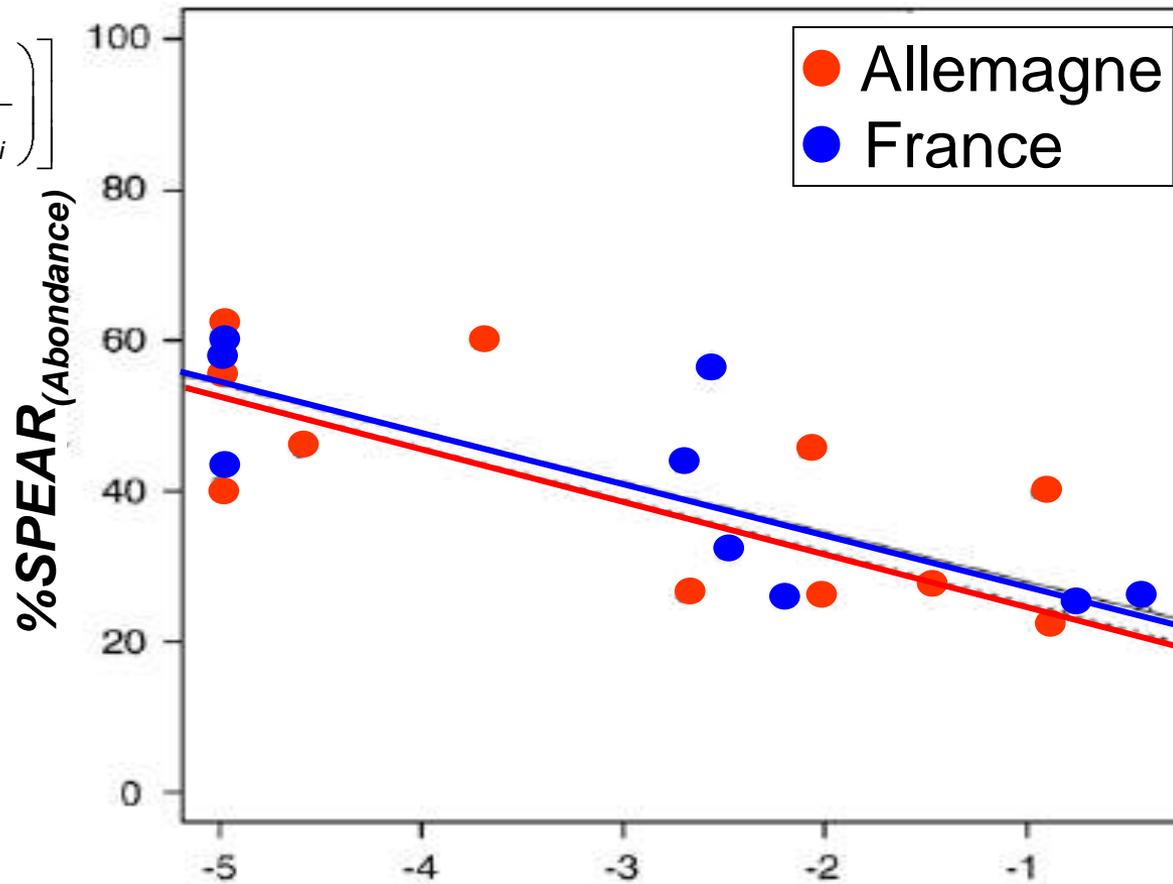
Usage fort



(d'après Schäfer *et al.*, 2007)

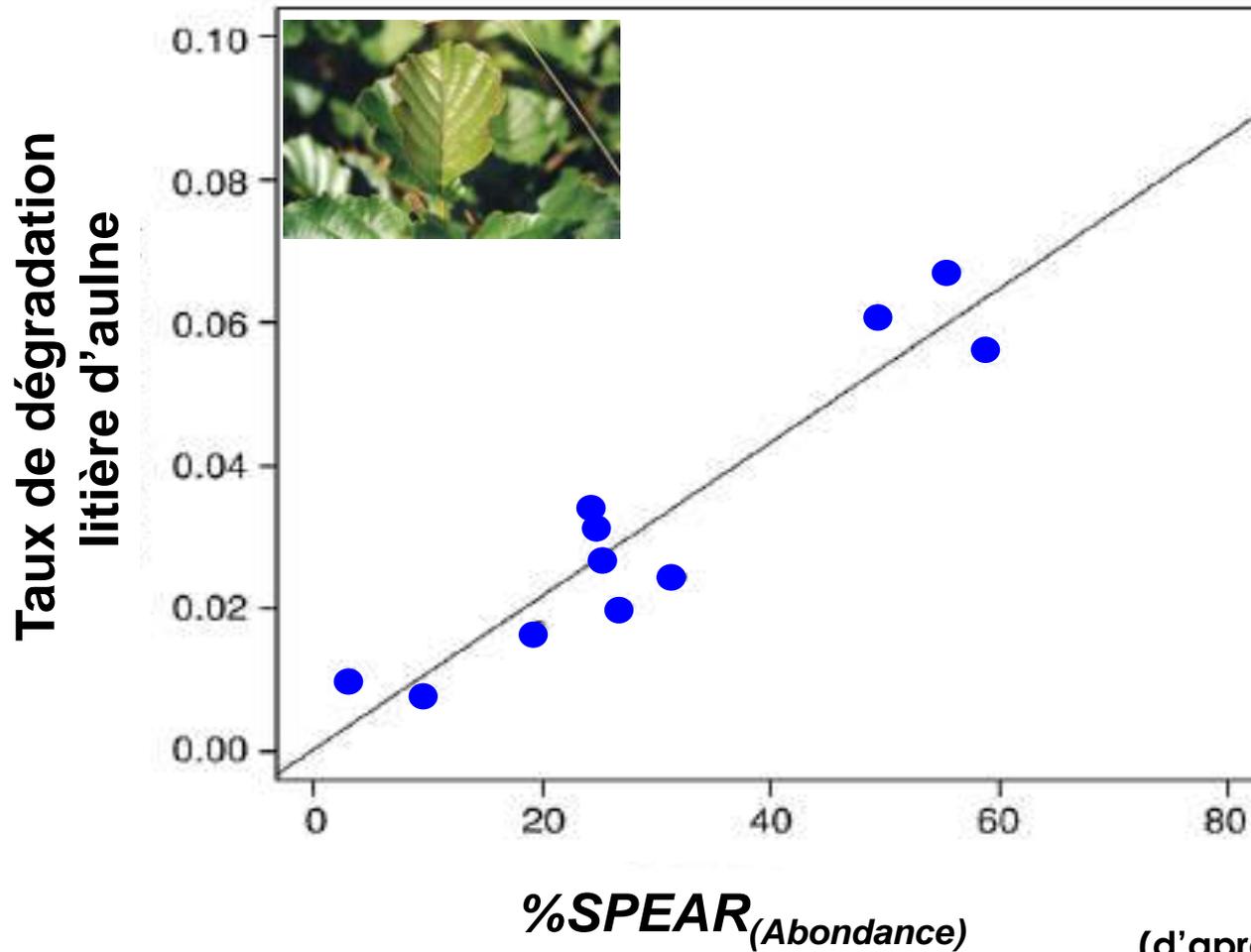
- Relation entre contamination et métriques *SPEAR*

$$UT_{D. magna} = \max_{i=1}^n \left[\log \left(\frac{C_i}{CL_{50,i}} \right) \right]$$



$UT_{D. magna}$ (d'après Schäfer et al., 2007)

- Relation entre *SPEAR* et fonctionnalité



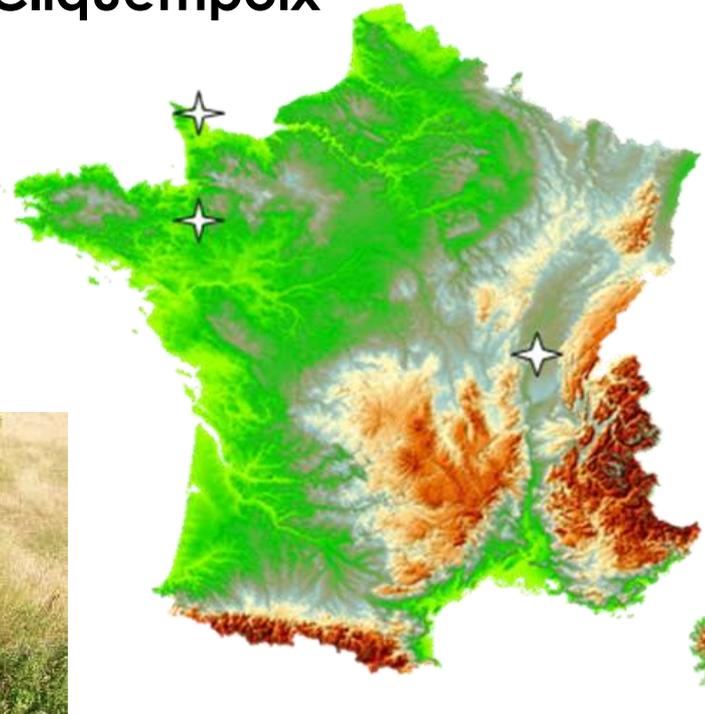
(d'après Schäfer *et al.*, 2007)

• Etude pluriannuelle – Collaboration UMR ESE Rennes
– UMR CARTELE Thonon les Bains



Maraîchage
Général

Cliquempoix



Loëze



Maraîchage
Grandes cultures

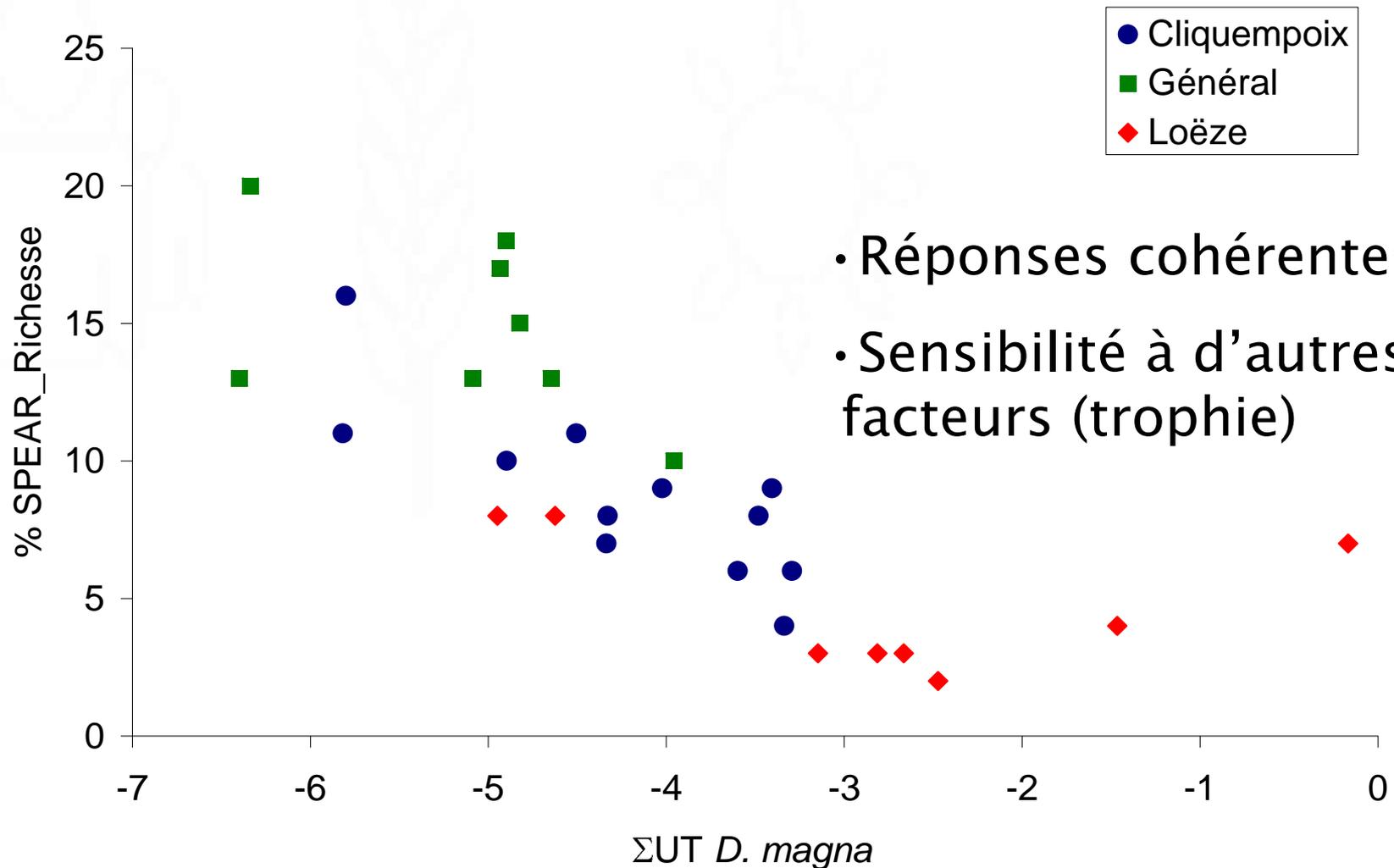


Polyculture-élevage

- ⇒ 2 années de suivi
- ⇒ invertébrés et diatomées



• Relation entre contamination et métriques *SPEAR*



- Réponses cohérentes
- Sensibilité à d'autres facteurs (trophie)

Conclusions (1 / 2)

- Quelle que soit leur origine, les pesticides sont des substances qui ont été retenues pour leur toxicité.
- Ce sont des produits **dangereux**, y compris pour des espèces non cibles.
 - ⇒ Il n'y a pas de pesticide inoffensif.
 - ⇒ La meilleure façon de réduire les risques liés aux pesticides = en utiliser moins, voire ne pas les utiliser.
 - ⇒ S'ils sont utilisés : optimiser leur emploi et éviter le contact avec des milieux ou des organismes non cibles.

Conclusions (2/2)

- L'évaluation des risques repose sur un ensemble de méthodes robustes et éprouvées.
 - Le renforcement des procédures d'homologation a conduit à l'interdiction de nombreuses substances parmi les plus toxiques.
 - Cependant :
 - Les milieux aquatiques sont toujours contaminés.
 - Des effets sont parfois mis en évidence en milieu naturel et de nombreuses questions restent posées.
 - Les effets indirects sont préoccupants mais parfois difficiles à interpréter.
- ⇒ **Mieux connaître l'exposition et les effets et mettre en oeuvre des démarches d'écoépidémiologie.**

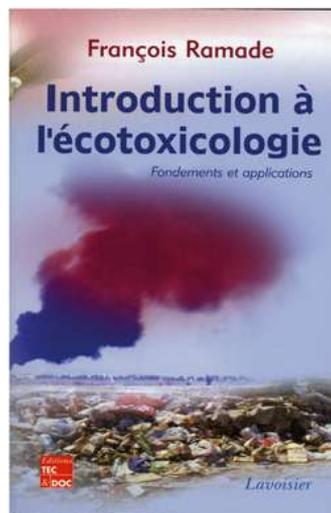
Pour en savoir plus ...

- Sur le devenir des pesticides dans l'environnement et leurs effets :



http://www.inra.fr/l_institut/missions_et_strategie/les_missions_de_l_inra/eclairer_les_decisions/pesticides_agriculture_et_environnement

- Sur l'écotoxicologie :



Editions Tec & Doc Lavoisier, 2007, 618 p.

Merci pour votre attention



Remerciements

**INRA (M. Roucaute, D. Azam, A. Auber,
A. Bouchez, C. Geret, F. Rimet)**

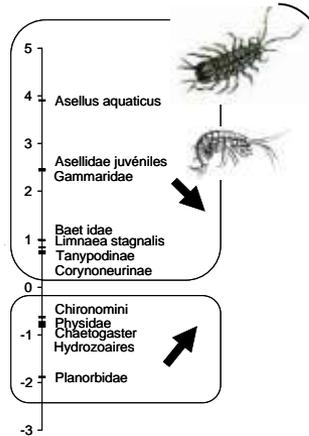
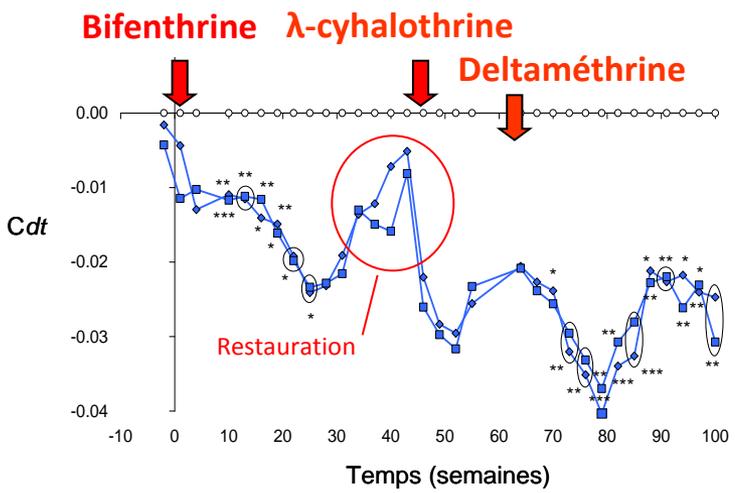
ONEMA (Y. Reyjol, N. Domange)

SILEBAN (P. Glérant, Ph. Fraisse)

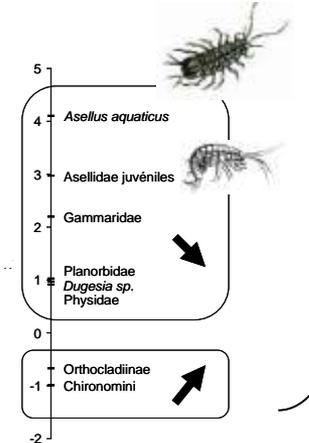
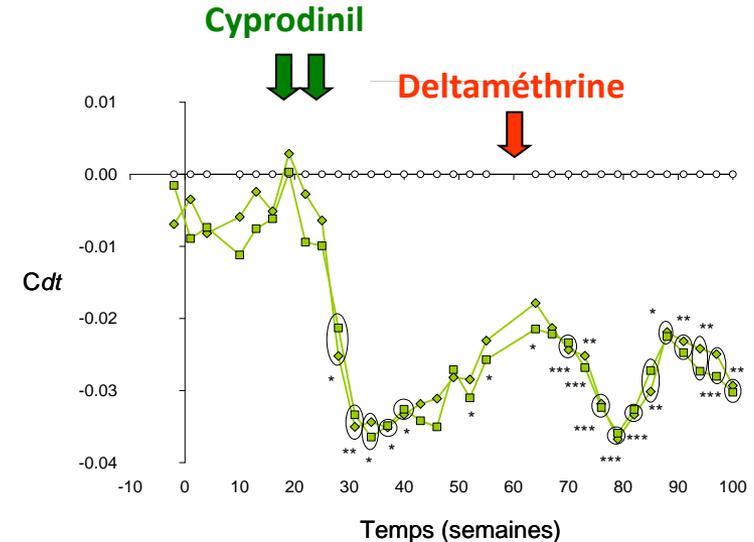
SERAIL (S. Leblond, C. Icard)

Exemple : Evaluation des risques associés à différents itinéraires techniques de protection des cultures.

Classique



Bas intrants pesticides



- Effets de même amplitude, mais à des périodes différentes de l'année agronomique
- Dans les deux cas, effet négatif sur processus fonctionnel (=dégradation de la litière)

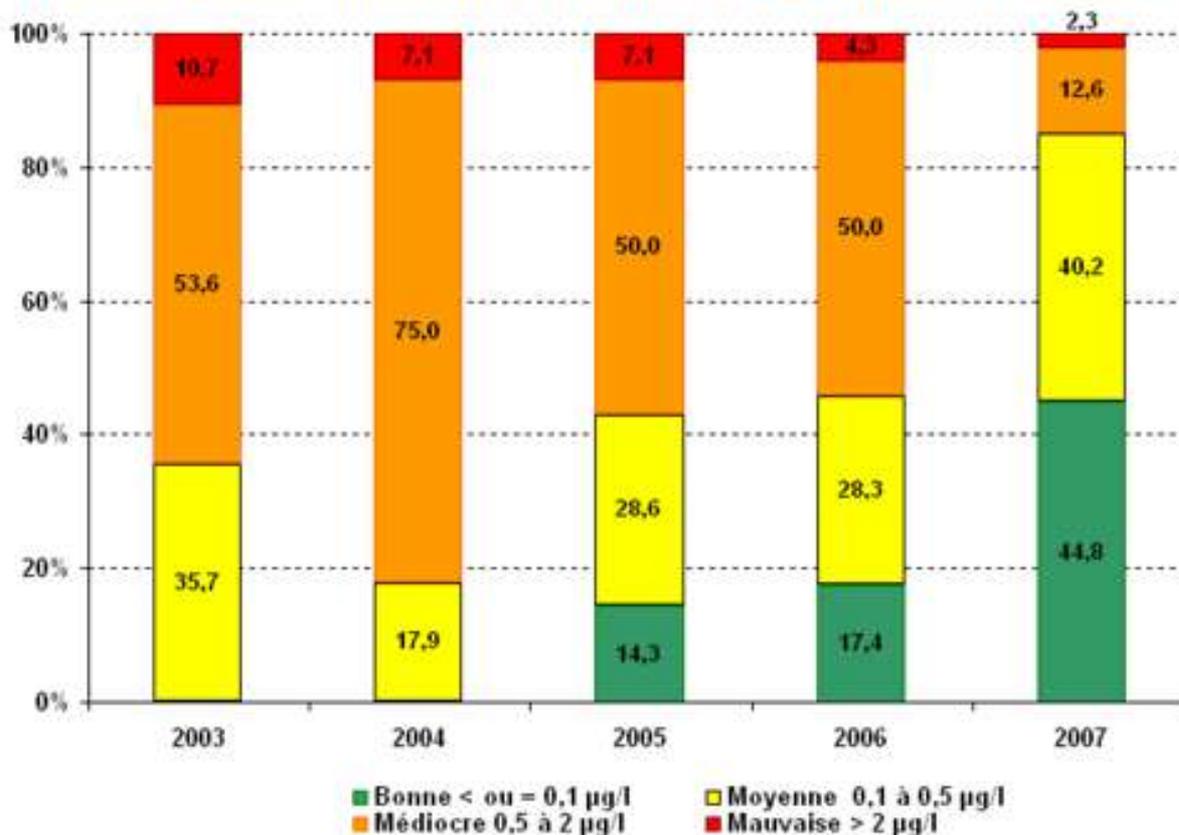
(Auber et al., 2011)

EFFETS SUR LES POPULATIONS, LES COMMUNAUTÉS ET LES ÉCOSYSTÈMES

- Des effets multiples \pm connus et prévisibles :

- perturbation de l'état de santé des organismes,
- altération de la diversité génétique des populations,
- modification de l'abondance de certaines espèces,
- diminution de la diversité/ augmentation de la dominance,
- remplacement des espèces pollusensibles par des espèces pollutolérantes,
- altérations de processus écologiques et des services des écosystèmes aquatiques (dégradation matières organiques, autoépuration, production primaire, etc.).

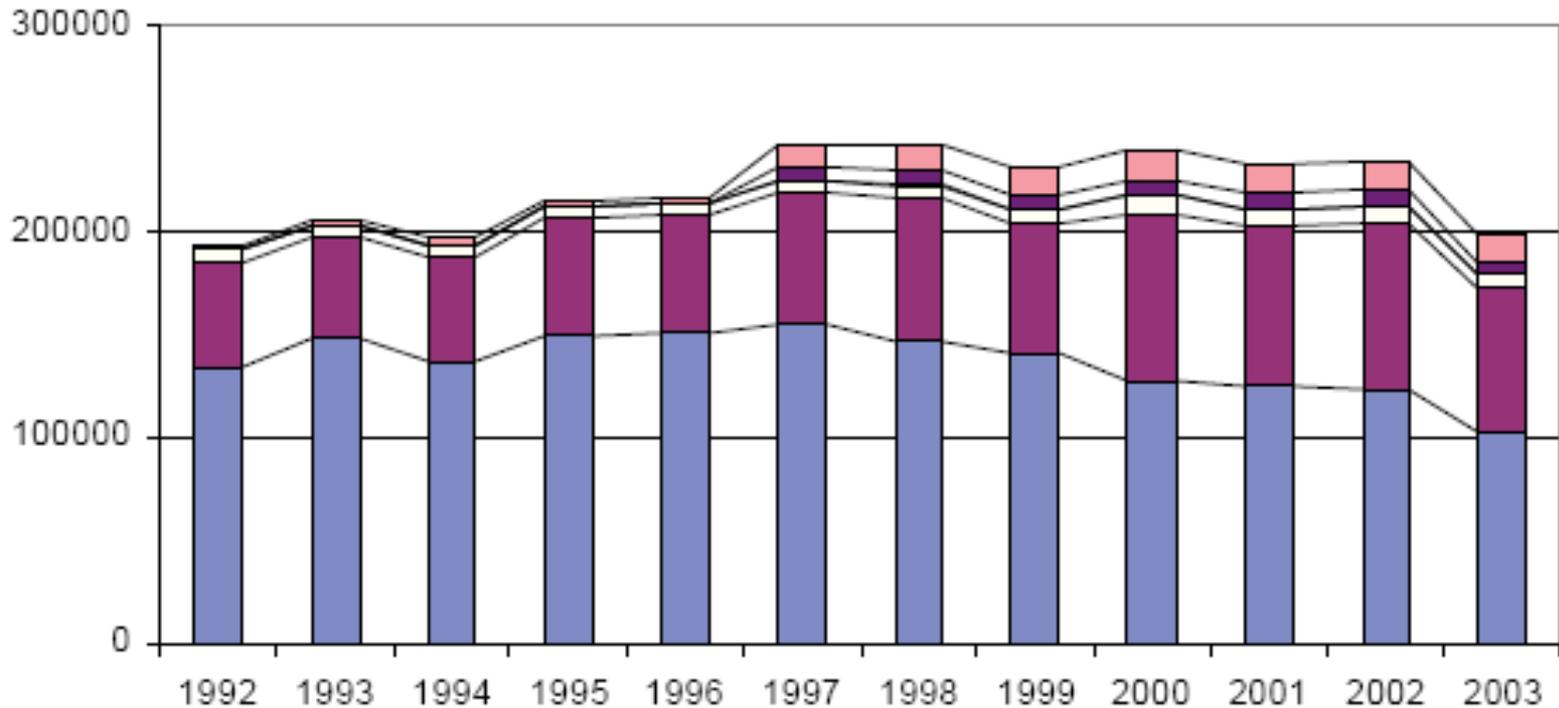
Evolution de la contamination des rivières bretonnes par les pesticides (réseau RCS)



Source : L'eau en Bretagne - bilan 2007 (Diren Bretagne)

⇒ Une tendance encourageante ... mais : non prise en compte du glyphosate, nouvelle génération de molécules utilisées à faible dose (herbicides)

Usages agricoles (Europe)



■ Fongicides

■ Herbicides

□ Insecticides

□ Molluscicides

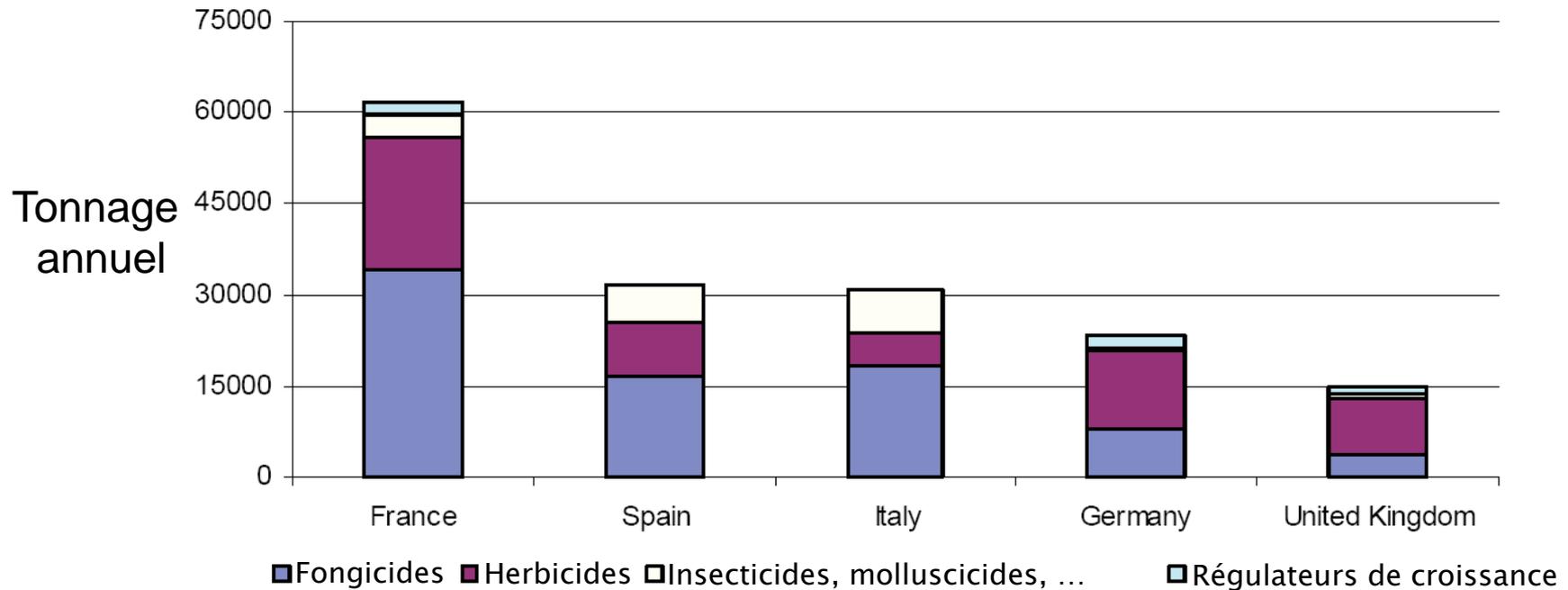
■ Régulateurs de croissance

■ Autres

(Source : Eurostat, 2009)

Usages agricoles (Europe)

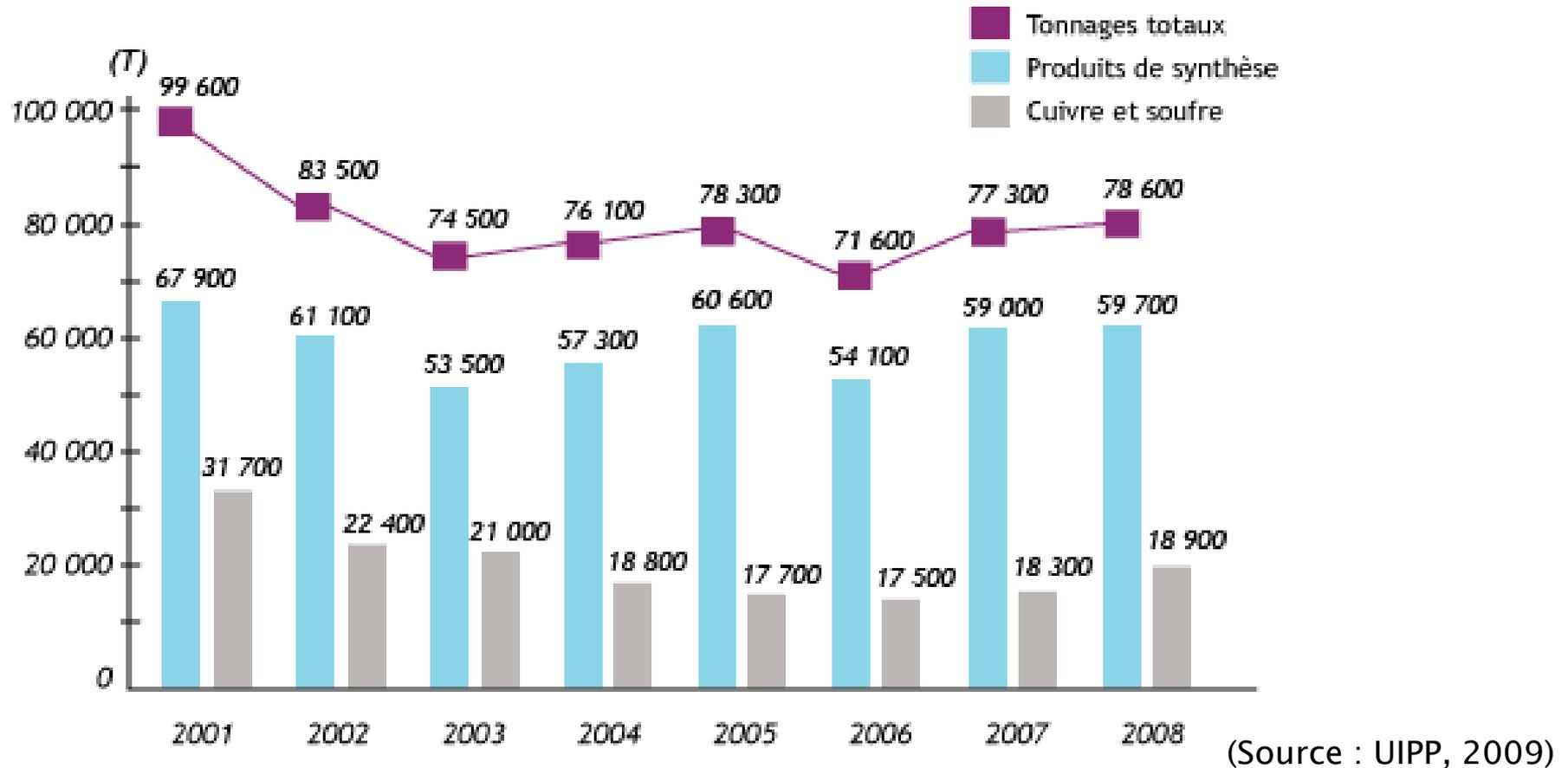
• 5 états = 75 % du total européen



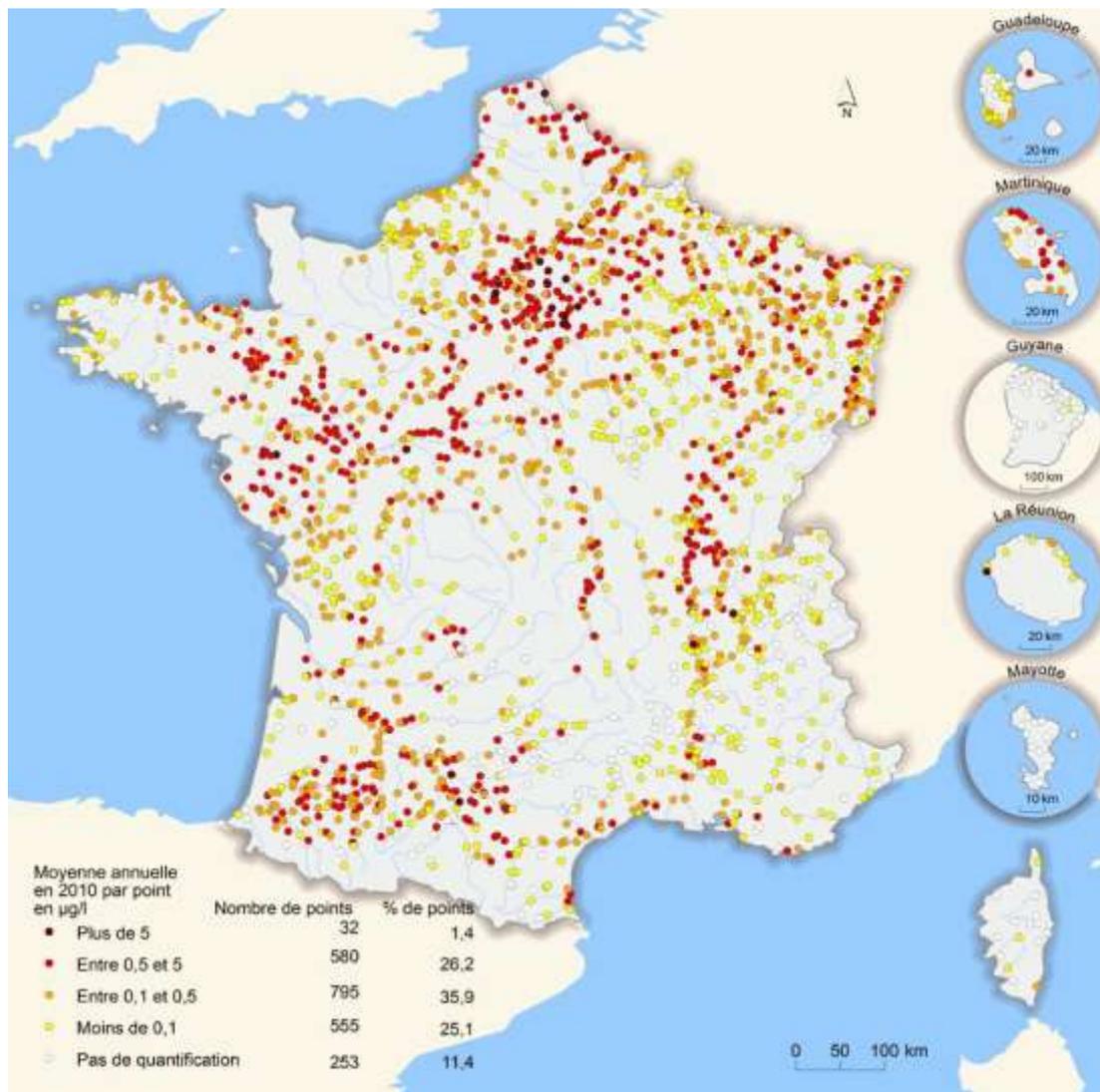
France = 1^{er} en Europe, 4^{ème} mondial (USA, Brésil, Japon) en tonnage
= 3^{ème} en Europe par ha de surface cultivable (~ 4,6 kg/ha ;
NL : ~ 9,4 kg/ha ; P : ~ 5,3 kg/ha)
= ~ 90 % en agriculture - 10 % usages non agricoles

(Source : Eurostat, 2009)

Usages agricoles (France)

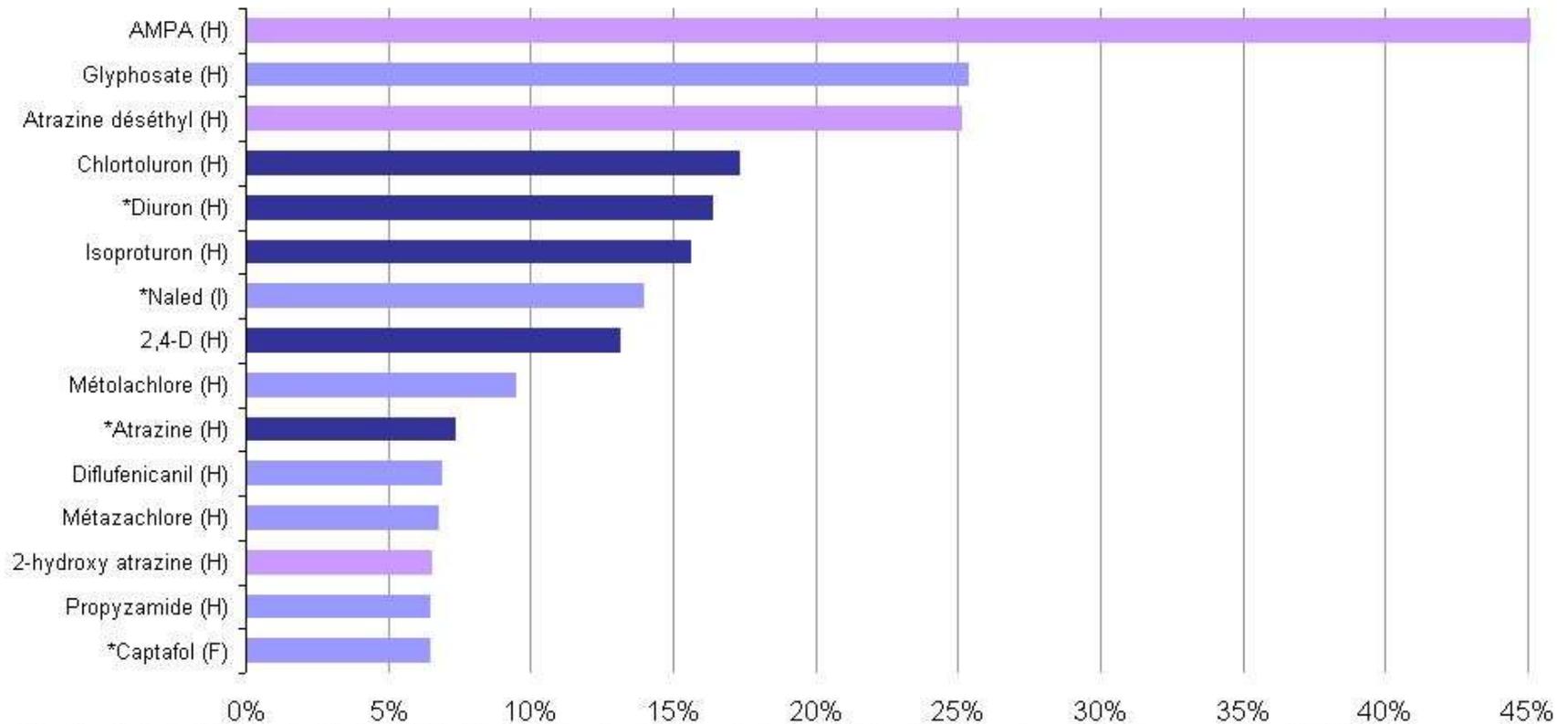


⇒ Le tonnage seul ne suffit pas ; il faut aussi tenir compte de la toxicité !



Détection dans 91%
des points de mesure
en métropole – 42%
dans les DOM

Les pesticides les plus quantifiés dans les cours d'eau de métropole en 2010 (en % d'analyses quantifiées de la substance)



Note : * molécules interdites ; en violet : les métabolites ; en bleu foncé : les substances dotées de normes de qualité environnementale (NQE).

H : Herbicide ou son résidu, I : Insecticide, F : Fongicide

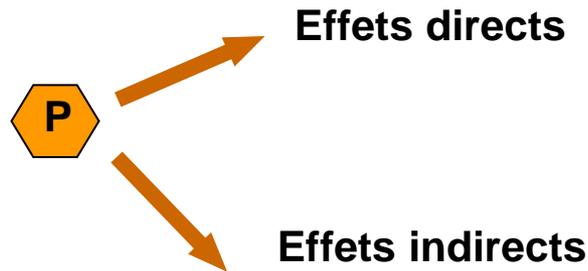
Sources : agences de l'eau.

Traitements : SOeS.

EFFETS DES PESTICIDES

- Concernent les organismes cibles ET des organismes non-cibles

→ 2 types d'effets:



EFFETS DES PESTICIDES SUR LES ESPÈCES NON-CIBLES



Létaux

→ spectaculaires mais de plus en plus rares – interdiction des SA les plus toxiques

Sublétaux

→ pas toujours visibles, non spécifiques, fragilisation des populations à long terme

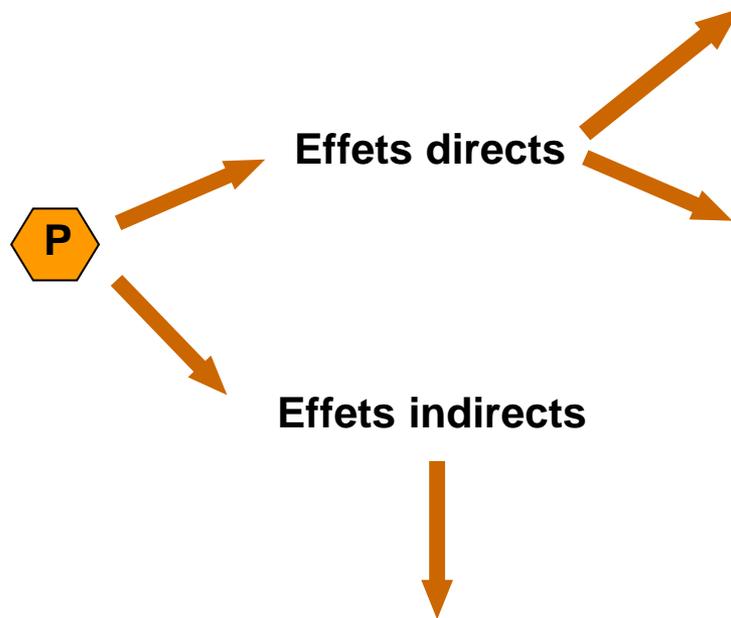
EFFETS DES PESTICIDES SUR LES ESPÈCES NON-CIBLES

Létaux

→ spectaculaires mais de plus en plus rares – interdiction des SA les plus toxiques

Sublétaux

→ pas toujours visibles, non spécifiques, fragilisation des populations à long terme

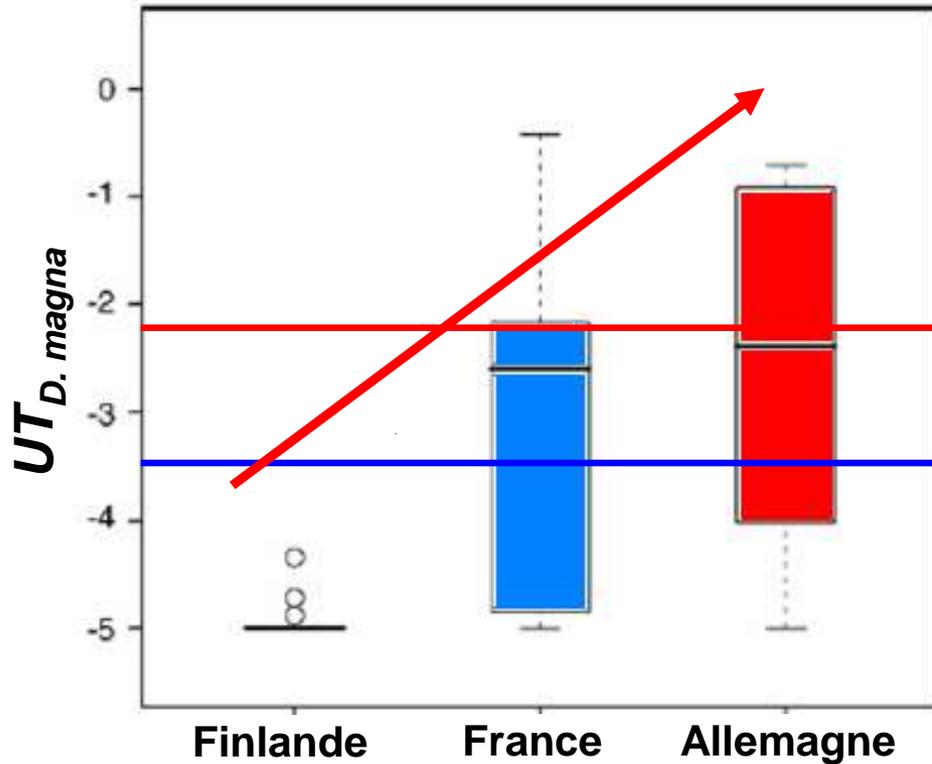


→ concernent des espèces *a priori* peu ou pas sensibles (ex., ne possèdent pas les cibles sur lesquelles la substance agit)

• Confirmation du gradient de contamination

$$UT_{D. magna} = \max_{i=1}^n \left[\log \left(\frac{C_i}{CL_{50,i}} \right) \right]$$

- Référence : $UT_{D. Magna} < -3,5$
- Faiblement contaminé : $-3,5 < UT_{D. Magna} < -2,25$
- Fortement contaminé : $UT_{D. Magna} > -2,25$

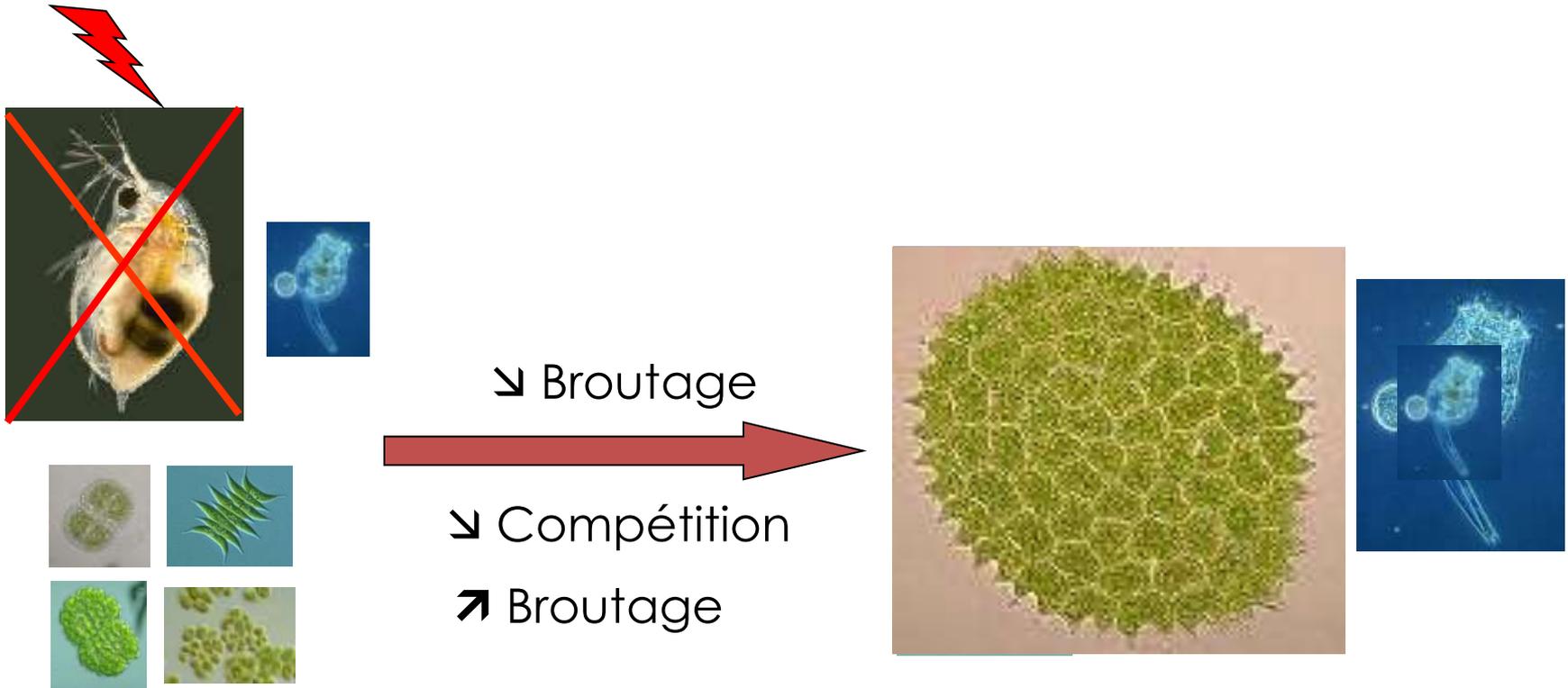


Substances	C_{Max} ($\mu\text{g/L}$)	$UT_{D. Magna}$ Max
Acetochlor	1,92	-3,67
Alachlor	0,806	-4,09
a-endosulfan	0,076	-2,99
Carbofuran	0,715	-1,73
Chlorfenvinphos	0,115	-0,42
Fenpropidine	0,059	-3,93
Linuron	0,097	-3,09
Oxadiazon	0,071	-4,53
Pirimicarbe	0,072	-2,37
Tébuconazole	0,070	-4,78

(d'après Schäfer et al., 2007)

EXEMPLE D'EFFETS INDIRECTS AU SEIN D'UN RÉSEAU TROPHIQUE PLANCTONIQUE

Deltaméthrine



Pour en savoir plus ...

- Sur les propriétés (écotoxicité) des pesticides autorisés en France

www.dive.afssa.fr/agritox/index.php



AGRITOX - Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques

AGRITOX

[Page d'accueil](#)
[Liste des substances actives](#)
[Données essentielles](#)

[ANSES - Direction des produits réglementés](#)
[ANSES - DPR](#)

Définitions des propriétés disponibles sur les fiches d'information

Ce guide définit les propriétés présentées dans les six sections de la fiche d'information de chaque substance active.

Version du 15 novembre 2005

1 - IDENTITÉ DE LA SUBSTANCE

- Les **dénominations** correspondent à une liste de noms :
 - nom commun, sigles, synonymes et anciennes appellations, nom proposés, par l'industriel, par les organismes de normalisation (AFNOR, ISO), numéro d'enregistrement des Chemical Abstracts Services (CAS), numéro d'enregistrement CEE,
 - certains noms sont des **noms génériques**, exemple : cyperméthrine. Ils permettent de rassembler tous les mélanges isomériques à base de cette substance. De même, certains aryloxyacides sont considérés comme des génériques qui renvoient aux esters et sels correspondants.
- La **famille chimique** et la **composition isomérique** de la substance active sont indiquées.
- L'**activité biologique** est hiérarchisée en activité principale et secondaire.
- Les différents acteurs industriels sont : l'**obteneur** ou firme détenant le brevet de fabrication, le **notifiant** ou firme ayant déposé un dossier en France.

1.1 NOMS CHIMIQUES DÉVELOPPÉS

- **SELON LE STANDARD CAS**

Le tableau d'information de la base Chemical Abstracts Services (CAS) définit d'abord le nom principal de la substance active puis les

Pour en savoir plus ...

- Sur les propriétés (écotoxicité) des pesticides, y compris ceux qui ne sont plus autorisés en France : FOOTPRINT PPDB

<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/index.htm>



FOOTPRINT :: creating tools for pesticide risk assessment and management in Europe



SELECT
OPTION



LISTE
ALPHABÉTIQUE

RECHERCHE

SUPPORT
INFORMATION

MISES À JOUR



NOUVELLE
LANGUE

FOOTPRINT

PURCHASING
& OTHER
SERVICES



Dernières modifications: 20/1/2011

LA BASE DE DONNÉES PPDB Liste Alphabétique des Substances Actives



Page d'accueil - D'autres constituants de produit - Biopesticides
Insecticides - Herbicides - Fongicides

Merci de bien vouloir consulter [cette page](#) pour avoir des informations sur la base de données PPDB et ses conditions d'utilisation.
La consultation des propriétés des métabolites se fait via les pages des produits parents.

No.s A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Numéros

1,2-benzisothiazolin-3-one
1,2-dichloropropane
1,3-dichloropropene
1-decanol
1-methylcyclopropene
1-naphthylacetamide
10,10'-oxybisphenoxarsine
2-(thiocyanomethylthio)benzothiazole
2,2-dibromo-3-nitrilopropionamide
2,3,6-TBA
2,4,5-trichlorophenol
2,4-D
2,4-DB
2,4-dimethylphenol
2,5-dichlorobenzoate de methyle
2,6-diisopropylinaphthalene