

3^{èmes} Rencontres du RMT Quasaprove

« Recherche appliquée, Formation & Transfert »

Mycotoxines et métaux lourds au champ : transfert de connaissances vers les professionnels

SOMMAIRE

Introduction

P.1

Pierre Chéret Émilie Donnat (*ACTA, le réseau des instituts des filières animales et végétales*) & Francis Fleurat-Lessard (*INRA*)

- Le conseil agricole & l'enseignement face à la problématique de la qualité sanitaire des grandes cultures P.7
Laëtitia Séguinot & Laure Syndique (*Chambre Régionale d'Agriculture Aquitaine, ACTA*)

Analyse du risque de contamination au champ des productions de grandes cultures

- Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols de France : bilan de la première campagne du réseau de mesures de la qualité des sols P.35
Claudy Jolivet (*INRA*)
- Démystifier le transfert des polluants minéraux du sol à la plante P.71
Laurence Denaix, Christophe Nguyen (*INRA*)
- Mycotoxines des céréales : de la mise en place de la réglementation à la gestion du risque P. 92
Bruno Barrier-Guillot (*ARVALIS-Institut du Végétal*)

Gestion du risque de contamination au champ des productions de grandes cultures

- Le réseau Quasaprove : un outil pour comprendre les multi-contaminations P.120
Laurence Denaix, Emilie Donnat (*INRA, ACTA*)
- Devenir des éléments traces et des composés organiques dans des essais de longue durée de recyclage agricole de produits résiduels organiques P.136
Philippe Cambier (*INRA*)
- Lutte contre les fusarioses des épis de blés : de l'utilisation raisonnées des fongicides aux méthodes de luttés alternatives P. 167
Emmanuelle Gourdain, Christian Barreau (*ARVALIS-Institut du Végétal, INRA*)

Mycotoxines et métaux lourds : quelle exposition pour la population ?

- Présentation de l'étude de l'alimentation totale française 2 P. 203
Jean-Charles Leblanc (*Anses*)

Introduction

Le RMT Quasaprove et le transfert de connaissances

Emilie Donnat, *ACTA*

Francis Fleurat-Lessard, *INRA Bordeaux*

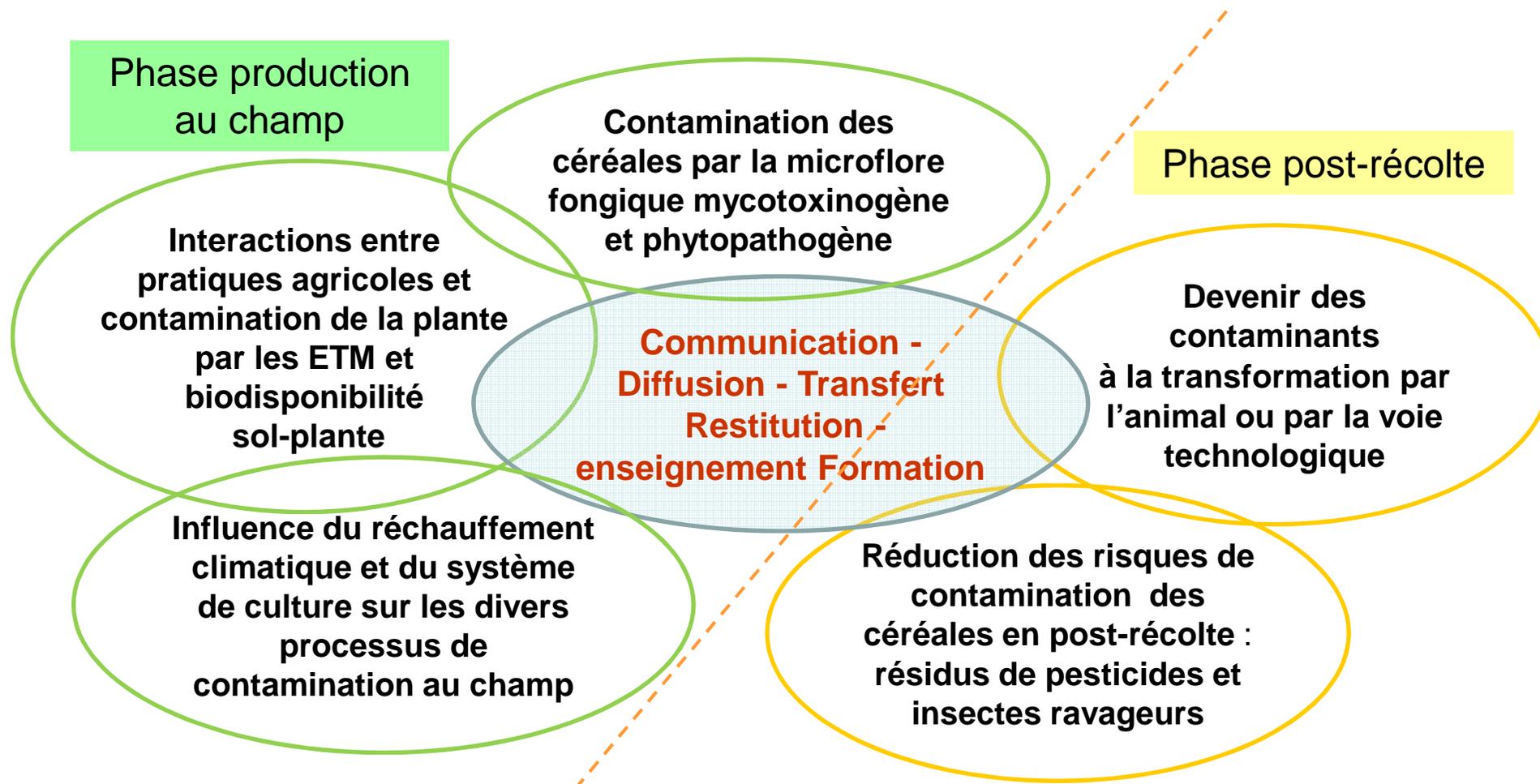


Le Réseau Mixte Technologique « QUALité SANitaire des PROductions VEgétales de grande culture », créé en 2008

La **vocation** du RMT Quasaprove :

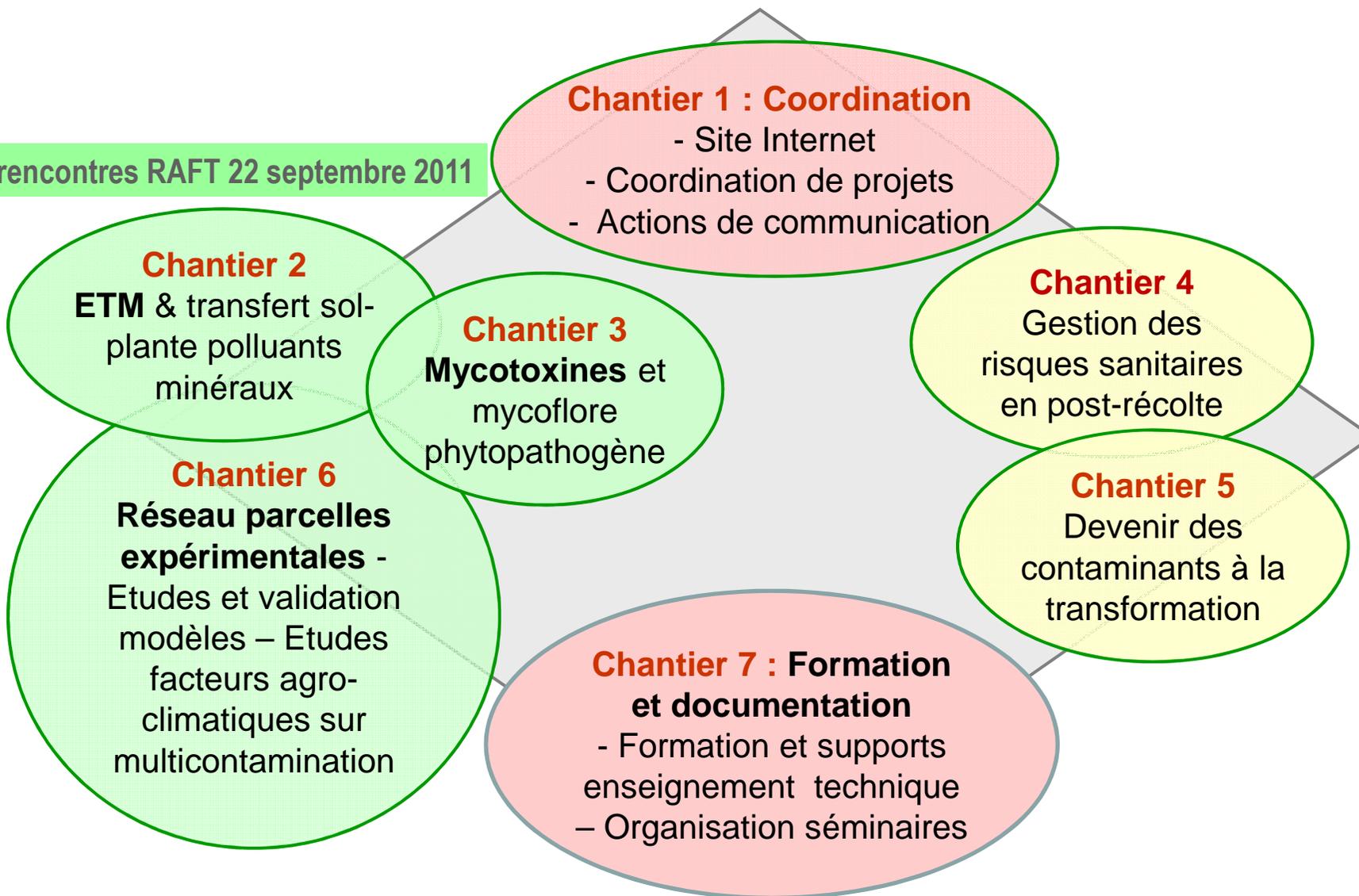
- ❑ Organiser et mettre en réseau interactif un ensemble de *ressources humaines et matérielles* sur la thématique de la qualité sanitaire des végétaux de grande culture sur le plan national ;
- ❑ Favoriser la **coopération** entre les acteurs de la recherche, de l'enseignement et du développement ;
- ❑ Développer des **synergies** entre les partenaires du RMT pour la réalisation de *travaux collaboratifs* (montage de projets) et *l'élaboration d'outils/méthodes* au service du développement technique et technologique des filières concernées (céréales, oléo-protéagineux, betterave, pomme de terre, produits dérivés) ;
- ❑ **Restituer et transférer l'avancée des connaissances aux professionnels et opérateurs agricoles : via l'enseignement technique et le conseil agricole**

La problématique « multicontamination » est couverte par les activités des partenaires du RMT Quasaprove de la production à la transformation en aliment



Les activités des partenaires sont organisées en chantiers interactifs :

3^{èmes} rencontres RAFT 22 septembre 2011



Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

Les sujets à l'ordre du jour des 3^{èmes} Rencontres du RMT Quasaprove **Mycotoxines et métaux lourds au champ**

- Sous l'angle d'une approche « multicontaminants » au champ, seront abordés :
 - ***L'analyse du risque de contamination par les métaux lourds et les mycotoxines***
 - ***Les dispositifs de gestion du risque de contamination jusqu'aux méthodes de lutte alternative***
 - ***Les dernières données scientifiques issues de dispositifs expérimentaux, de projets de recherche et d'études***

- Un programme prévu pour laisser une place aux ***réponses aux questions des participants*** et aux ***échanges***

- Une volonté forte de ***transfert des connaissances vers les professionnels*** (conseil et enseignement)

1^{ère} Session
**Analyse du risque de contamination au champ des productions
de grande culture**

Animation : Martine Georget (INRA)

Le conseil agricole et l'enseignement face à la problématique de la qualité sanitaire des grandes cultures

Laetitia Séguinot ; Laure Syndique

Chambre Régionale d'agriculture Aquitaine ; ACTA

- mèl : l.seguinot@aquitaine.chambagri.fr ; laure.syndique@acta.asso.fr

Résumé

Le RMT Quasaprove a pour vocation première d'animer le transfert de l'innovation de la recherche appliquée vers les opérateurs des filières grandes cultures et d'apporter une expertise coordonnée aux différents intervenants de l'enseignement et de la formation technique dans le domaine de la qualité hygiénique et sanitaire des grandes cultures.

Un chantier a donc été entièrement consacré à la conception de programmes de formation initiale ou continue et à la production de bilans de connaissances, potentiellement valorisables en tant que supports pour l'enseignement technique (secondaire ou supérieur) couvrant le domaine de la qualité sanitaire et la sécurité des productions de grande culture et des aliments transformés qui en sont issus.

Des enquêtes prospectives ont donc été menées auprès du conseil agricole et des enseignants de lycées agricoles et établissements supérieurs, pour connaître leur vécu, leurs avis et leurs besoins en lien avec la qualité sanitaire des grandes cultures. Ces 2 enquêtes, conseillers et enseignants, ont été adressées à plusieurs centaines de destinataires.

Le conseil agricole : Les conseillers se sentent concernés par la problématique de qualité sanitaire des grandes cultures avec des connaissances plus importantes sur les mycotoxines que sur les éléments-traces métalliques : un travail renforcé est à réaliser sur les ETM. Malgré cela, la demande d'information reste importante également sur les mycotoxines : un programme de communication / diffusion sur la qualité sanitaire au sens large doit être envisagé à destination des agents de terrain : mettre à disposition une information mise à jour, facilement mobilisable, et facilement assimilable. Cette communication devra être adaptée à chaque public : agriculteurs et éleveurs pour tenir compte des enjeux spécifiques de chaque filière, et pourra prendre la forme de formation de groupe pour favoriser les échanges. L'intérêt pour cette thématique semble s'accroître avec de nouvelles problématiques de type changement climatique, évolutions réglementaires, baisse d'utilisation des phytosanitaires, etc. Ceci implique donc pour le RMT Quasaprove de renforcer son programme en se rapprochant d'autres réseaux travaillant sur ces sujets (ex : fermes de références Ecophyto).

L'enseignement Agricole : La majorité des enseignants s'accordent à mentionner qu'il est indispensable que les supports proposés par le RMT soient immédiatement exploitables, c'est-à-dire scientifiquement abordables pour s'adapter aux différents publics visés. Plusieurs éléments ont été mis en avant : (1) nécessité de cibler le thème en fonction du niveau, mais également d'adapter le contenu du support à la cible (2) effort à porter sur la disponibilité d'informations sur des supports exploités par les enseignants (Internet de sites d'Instituts, des Chambres d'Agriculture, du RMT...) (3) amélioration de la relation Instituts Techniques et établissement d'enseignement (4) importance de l'interdisciplinarité pour l'enseignement de la thématique et donc réflexion à mener sur des projets communs intra-établissement (5) favoriser les études de cas pratiques, que se soit au sein de l'établissement ou en dehors chez des agriculteurs. Concrètement, le RMT mettra en place début 2012, une réunion avec des enseignants référents pour soumettre les supports produits par les différents chantiers élaborés suivant les résultats de l'enquête.

Mots clés : conseillers agricoles ; enseignement ; formation ; enquête ;

Le conseil agricole & l'enseignement face à la problématique de la qualité sanitaire des grandes cultures

Laëtitia Séguinot (*Chambre Régionale d'Agriculture d'Aquitaine*)
Laure Syndique (*ACTA*)



RMT, quels objectifs ?

- Faire progresser la maîtrise des risques que font peser sur la qualité sanitaire des grandes cultures, les contaminants ou les agents biologiques à l'origine de pertes de qualité en pré ou post-récolte
- Animer le transfert de l'innovation de la recherche appliquée vers les opérateurs des filières grandes cultures
- Apporter une expertise coordonnée aux différents intervenants de l'enseignement et de la formation technique dans le domaine de la qualité hygiénique et sanitaire des grandes cultures destinées à l'alimentation humaine ou animale

? Mobilisation 2011 RMT : RENFORCER LES LIENS AVEC LE CONSEIL AGRICOLE et l'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

Enquêtes, une mission

Recueillir la perception des conseillers de terrain et des enseignants agricoles (secondaire et supérieur) sur la qualité sanitaire.

VECU, AVIS et BESOINS exprimés sur cette thématique



Mise en place **d'actions spécifiques** et/ou de documents dans le but de former et d'**accompagner** au mieux les **professionnels du monde agricole en amont ou en aval** sur la gestion de la qualité sanitaire des productions végétales de grande culture

Méthodologie (1/2), le questionnaire

. **Conseillers agricoles**

- . Evaluation de la perception générale de la thématique « qualité sanitaire »
- . Description de l'activité du panel et de son niveau de connaissance sur cette thématique
- . Recueil des besoins et attentes sur le sujet
- . Evaluation de la perception de l'évolution de cette thématique dans le temps

. **Enseignement**

- . Généralités sur l'établissement
- . Activité de l'enseignant (matières dispensées, niveaux, nombre heures, supports...)
- . Expériences, attentes, besoins

Méthodologie (2/2), pour qui ?

- . **Chambres d'agriculture** (régionales et départementales) : envoi à la direction de chaque CA et aux conseillers grandes cultures quand ils étaient connus
- . **Coopératives** : envoi à Coop de France pour diffusion à une sélection de coopératives (35)
- . **Négoces** : réseau des négoces par le correspondant FNA

→ **Plus de 300 destinataires**

- . **Secondaire public** : directeur de lycées + directeurs d'exploitation pour diffusion en interne aux enseignants d'agronomie, biologie et productions végétales
- . **Secondaire privé** : Maisons Familiales Rurales régionales pour rediffusion
- . **Supérieur** : écoles d'agriculture (secrétariat, vie scolaire, direction...)

→ **Plus de 400 contacts**

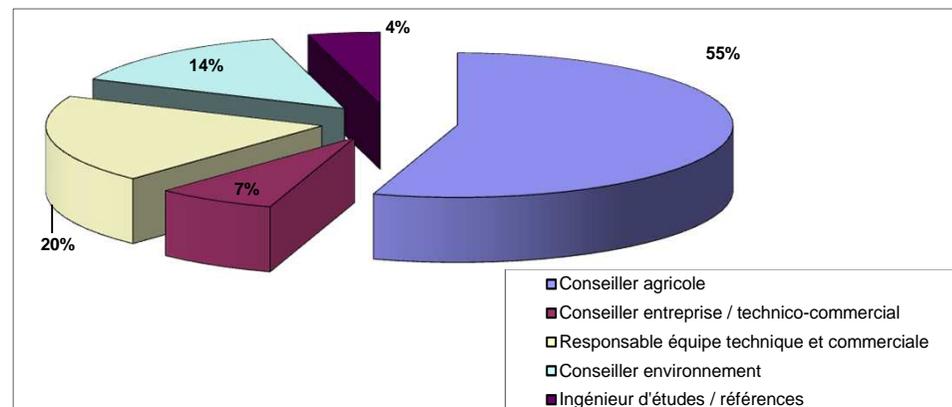
Les résultats

Qui a répondu à l'enquête ?

- **20 % de réponses**

- Chambres d'agriculture = 83 %
- Coopératives = 10 %
- Négoces = 7 %

- **19 régions / 29 départements**



- **82% sont en contact avec les agriculteurs**

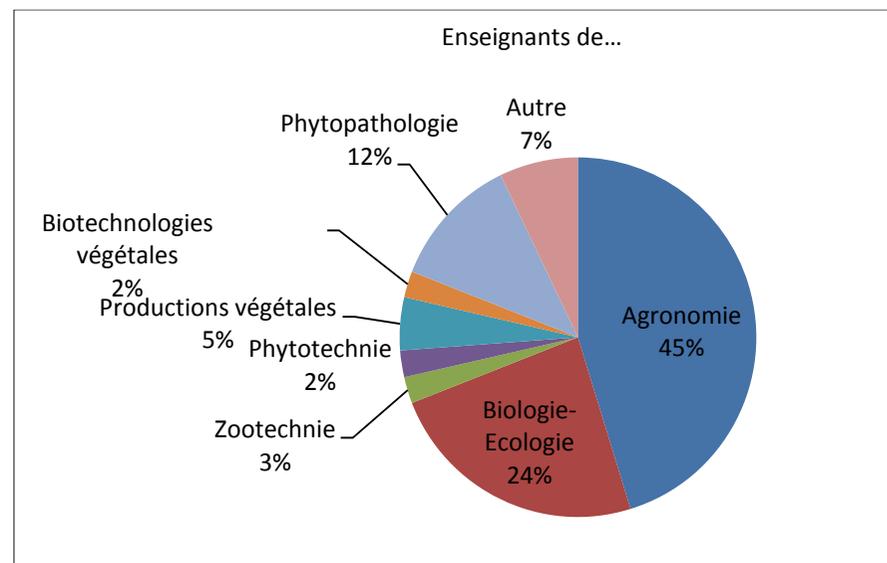
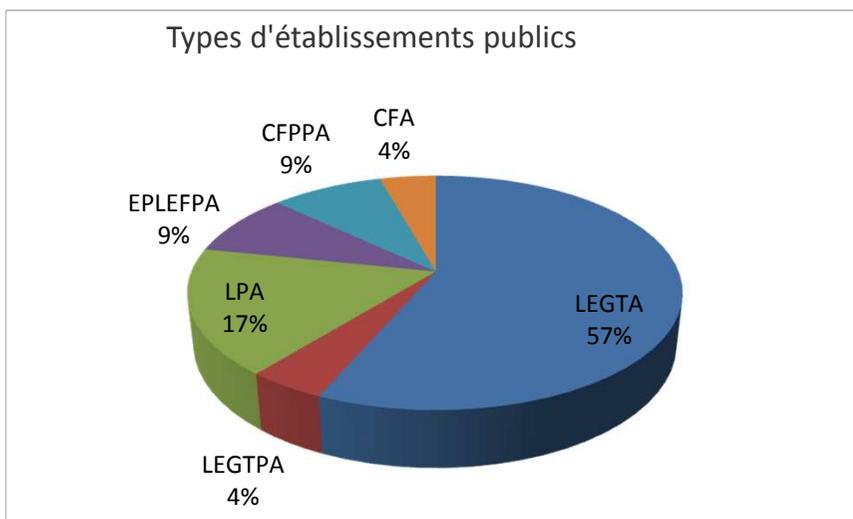
(58 conseillers qui toucheraient 12 500 agriculteurs)

- **Les métiers représentés**

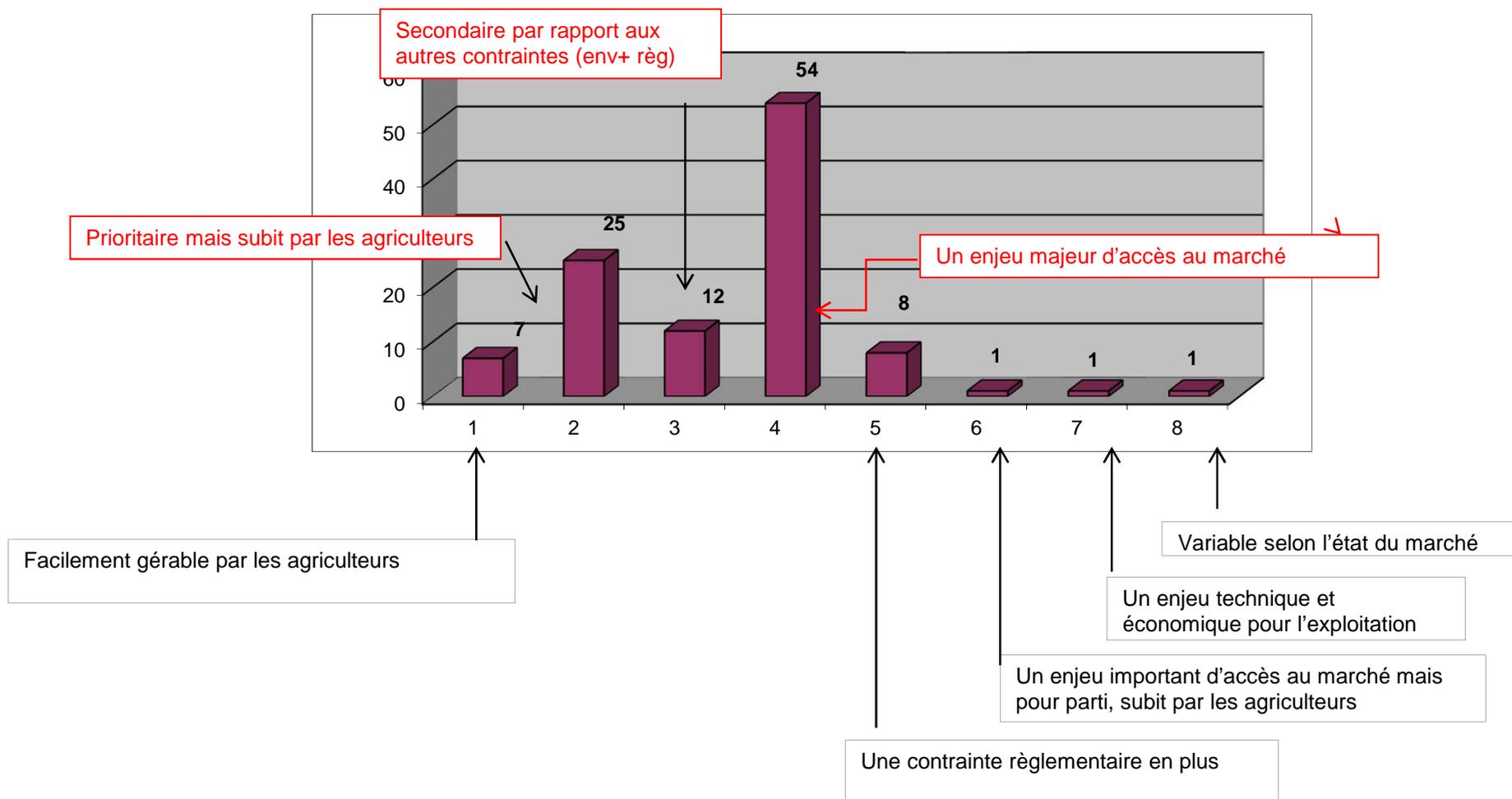
- Plus de **60% du panel a une activité de terrain GC** (*conseiller agricole + conseiller entreprise ou de secteur*).
- **14% du panel classés comme "conseiller environnement"** (*conseiller environnement, animateur BSV grandes cultures, animateur réseau fermes de références Ecophyto GC ou conseiller Bio*)
- **20% des réponses proviennent de responsables d'équipe.**

Qui a répondu à l'enquête ?

- Nombre d'enseignants touchés par la demande ?
- 31 réponses (29 établissements : 21 Pu, 2 Pr, 6 Sup)
- 12 régions / 13 départements



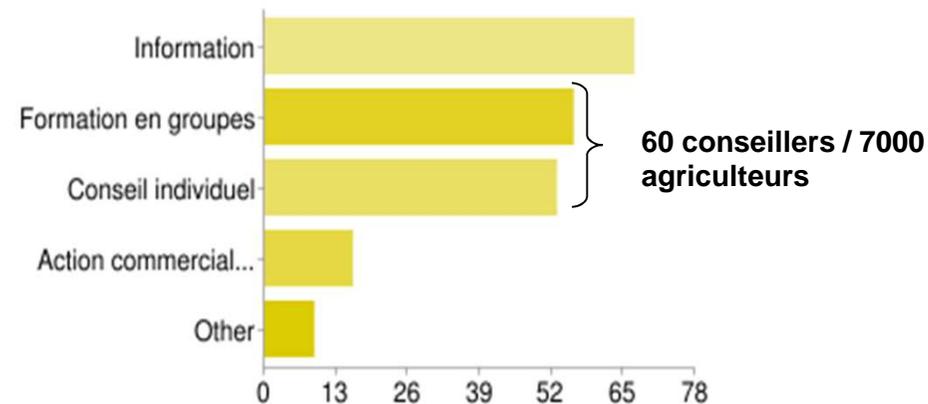
Perception générale de la qualité sanitaire



Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

Niveau de connaissances (1/3)

. Conseillers de terrain = information générale + sessions de formation + conseil individuel



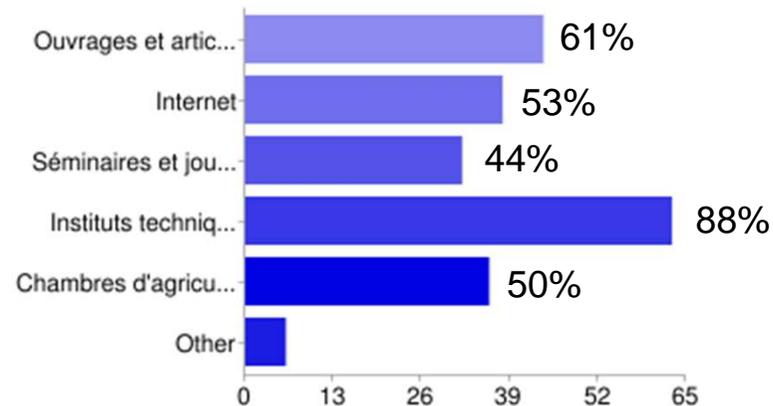
. La qualité sanitaire = sujet de préoccupation des conseillers de terrain qui en parlent dans leur quotidien à près de 90%.

Niveau de connaissances (2/3)

. Les thèmes abordés

- mycotoxines et mycoflore pathogène (63%)
- stockage et protection des denrées stockées (25%)
- réglementation sur l'hygiène et sécurité sanitaires des produits agricoles (23%)
- éléments traces métalliques
- devenir des contaminants

. Les sources d'informations



Niveau de connaissances (3/3)

. Quelles sont les questions des agriculteurs ?

(+++) **sur les mycotoxines**

- x bonne prise de conscience des agriculteurs
- x attente très forte pour disposer de solutions de gestion du risque au champ
(avant récolte : choix des variétés / stratégies de traitement / ...)
- x seuils autorisés et les conséquences sur les prix (accès au marché)
- x cas particulier de l'autoconsommation des céréales sur l'exploitation

(---) **sur les éléments traces métalliques**

- x manque d'information sur ce sujet

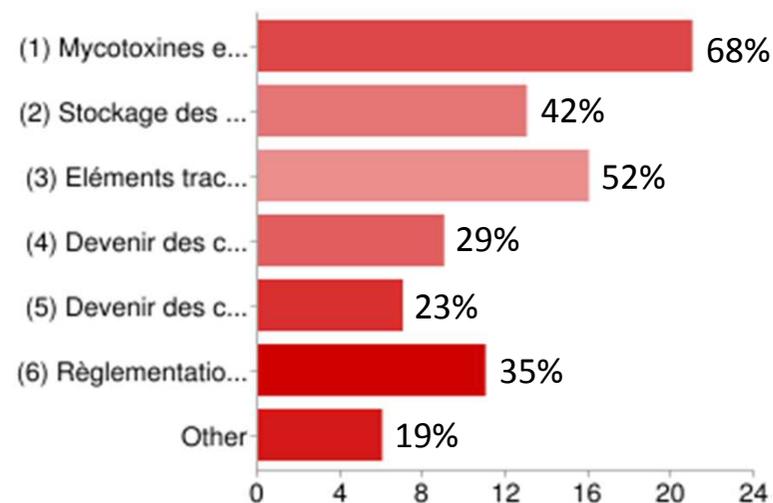
Activité des enseignants 1/2

- ☞ Différence entre secondaire et supérieur
- ☞ Raison : niveau inadéquat pour plus de 45%

Les niveaux visés

- Bac Pro CGEA
- Bac Pro STAV
- BTS APV
- BTS STA
- Bac +3 à Bac +5

Les thèmes abordés



Activité des enseignants 2/2

- Comment ces cours sont dispensés ?

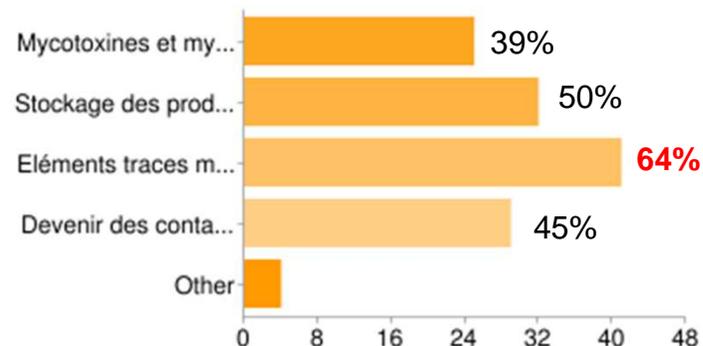
Cours théoriques	94%
Sorties encadrées	52%
Travaux Pratiques	32%
Travaux Dirigés	65%
Appel à un intervenant extérieur	35%
Other	10%

- Plus de 71% travaillent avec les agriculteurs. Les actions mises en place sont majoritairement

- Visites pour l'approche globale d'une entreprise agricole (systèmes de cultures, ITK)
- Diagnostic de l'exploitation agricole
- Visites techniques avec étude de cas concrets, expérimentation
- Innovation, développement agricole et rural

Besoins et attentes des conseillers (1/3)

. Thèmes difficiles à mettre à jour



. Les lacunes

Générales

- Communication ?
- Accès aisé aux informations disponibles
- Réglementation (seuils) et enjeux pas assez connus
- Manque de vision prospective des filières

Mycotoxines

- Outil / méthode d'évaluation au champ
- Impact des pratiques culturales
- Evolution au stockage

ETM

- Apport des boues de stations d'épuration
- Transfert des ETM
- Devenir des phytosanitaires

Besoins et attentes des conseillers (2/3)

. Information demandée

- Evolution de la réglementation et mesure de l'impact sur le producteur
- Outils pédagogiques pour la formation
- Outils de Diagnostic de risques
- Bilans chiffrés annuels et précis
- Risques dans la chaîne de transformation alimentaire et impacts sur la santé humaine
- Coût et influence des leviers sur la gestion de la qualité
- Cas spécifique de la production Bio

Une partie de l'information attendue existe :

Nécessité de travailler sur un meilleur transfert des références obtenues et sur leur mode de diffusion

Besoins et attentes des conseillers (3/3)

- **Les attentes**

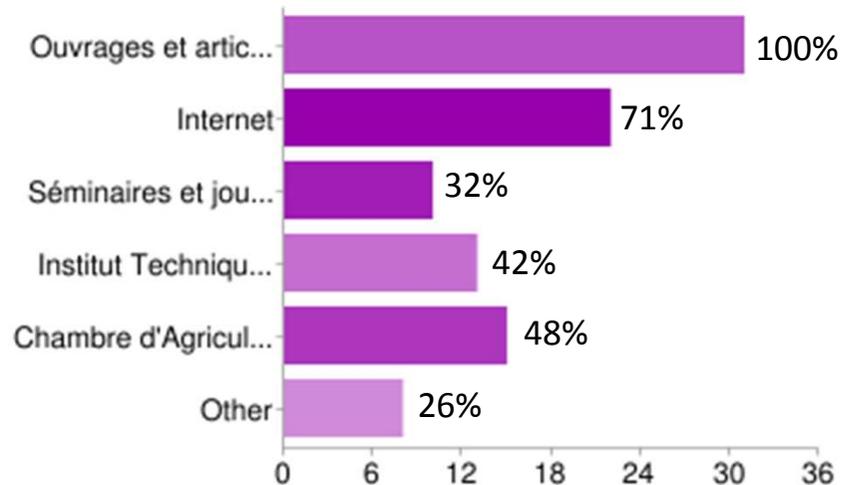
- Mise en place de formation et production de supports adéquats
- Information centralisée, facilement accessible et rapidement assimilable
- ✓ Sur la thématique mycotoxines
- ✓ Sur l'impact des changements de pratiques phytosanitaires suite à ECOPHYTO 2018
- ✓ Sur les éléments traces métalliques, jusque là peu abordés

- **Les supports**

- Synthèses thématiques, diaporamas, plaquettes
- Documents facilement réutilisables auprès des agriculteurs
- Outils spécifiques : outils de diagnostics au champ

Les besoins et attentes des enseignants 1/2

⇒ Mise à jour des connaissances



⇒ Difficulté identique pour les 6 thèmes

⇒ Interdisciplinarité essentielle :
Biologie/Agronomie/Écologie/Chimie/Zootéchnie – TD/TP/sorties

Les besoins et attentes des enseignants 2/2

- ⇒ Les supports demandés : Diaporamas et synthèses thématiques
 - ☛ supports vulgarisés avec schémas explicatifs, facilement accessibles, veille bibliographique
- ⇒ Demande forte de mise en place de formations (certification, réglementation)
- ⇒ Sensibilisation des enseignants sur devenir et impact de cette thématique
- ⇒ Identification d'experts et d'intervenants
- ⇒ Aide pour réalisation des supports dans plus de 80% des cas

...Prospective...

- La qualité sanitaire de demain, c'est :

Un sujet en constante évolution	57	80%
De plus en plus de règles contraignantes	28	39%
De plus en plus difficile à gérer par les agriculteurs	36	51%
De plus en plus difficile à gérer par les collecteurs	30	42%
Un sujet bien maîtrisé	4	6%

→ **Crainte commune des conseillers et agriculteurs à la gérer dans le futur**

- Les facteurs d'évolution de la problématique
 - baisse de l'utilisation des phytosanitaires
 - modification des pratiques

RMT Quasaprove :
rapprochement à faire avec de nouveaux réseaux : Plan Ecophyto
(expérimentations et réseaux de fermes de références)

...Prospective...

RDV avec la Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche

- ☛ Niveaux ciblés : Bac Pro et BTS
- ☛ Proposition de supports pour test ultérieur
- ☛ Construction d'un groupe de travail avec enseignants référents

Conclusion

→ Objectif : mieux cerner le niveau de connaissance actuel sur la qualité sanitaire auprès de ceux qui travaillent au quotidien avec les agriculteurs.

- Sujet pris très au sérieux par les conseillers
- Connaissances plus développées sur les mycotoxines / aux ETM
→ **travail à renforcer sur ce point**
- Demande d'information importante sur les 2 thèmes
→ **un programme de communication / diffusion sur la qualité sanitaire au sens large doit être envisagé à destination des agents de terrain**
- Une différence d'appréciation du risque mycotoxines a été relevée entre les agriculteurs et les éleveurs
→ **la communication doit être adaptée à chaque public**

- L'information doit être facilement accessible et facilement assimilable
 - **nécessité de vulgariser les résultats déjà obtenus et réflexion sur la création de supports diversifiés, faciles à réutiliser**
- Demande spécifique de formation de groupe
- Demande très forte d'outils de diagnostic pour évaluer le risque au champ

Dans l'avenir :

- Intérêt **fort pour la qualité sanitaire qui pourrait se renforcer dans les années à venir** (changements climatiques, évolutions réglementaires, baisse utilisation des phytosanitaires...)

→ **Nécessité de renforcer le programme du RMT en se rapprochant d'autres réseaux travaillant sur ces sujets**

- Intérêt réel du monde enseignant pour cette thématique ainsi que pour la démarche de mise en relation de l'enseignement et de la recherche
 - Le RMT doit continuer et renforcer son action de valorisation de connaissances et d'implication de l'enseignement agricole
- Ciblage des niveaux (adéquation des résultats de l'enquête et RDV DGER) et adaptation des supports en conséquence
- Nécessité de vulgariser les résultats déjà obtenus et réflexion sur la création de supports diversifiés, faciles à réutiliser
 - Importance de travailler en relation directe avec des enseignants pour évaluer les supports rédigés par les partenaires → réseau d'enseignants référents
- Effort à porter sur la disponibilité d'informations sur des supports exploités par les enseignants (Internet en premier lieu des sites d'Instituts Techniques, des Chambres d'Agriculture et des RMT, etc.)
 - Développer les bases de données bibliographiques : effort à porter sur le site RMT ; relations avec le portail educagri « portea »

- Instituts Techniques Agricoles ne sont pas consultés dans plus d'un cas sur deux
 - Le RMT peut jouer un rôle d'intermédiaire

- Demande de formation
 - Creuser la possibilité d'organiser une formation continue pour les enseignants sur ces thèmes

- Importance de l'interdisciplinarité pour l'enseignement de la thématique de la qualité sanitaire
 - Réflexion à mener sur des projets communs intra-établissement

- Contact important à développer avec les agriculteurs
 - Favoriser les études de cas pratiques, que ce soit au sein de l'établissement ou en dehors avec par exemple des mises en situation chez des agriculteurs → réseau de parcelles

Merci de votre attention !!

Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols de France : bilan de la première campagne du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols

Claudy Jolivet*, Line Boulonne, Céline Ratié, Nicolas Saby, Estelle Villaneau et Dominique Arrouays

INRA – US 1106 InfoSol
Centre de recherche d'Orléans
2163 Avenue de la Pomme de Pin
CS 40001 ARDON
45075 ORLEANS Cedex 2

*claudy.jolivet@orleans.inra.fr

Résumé

Compte tenu de leurs fonctions essentielles et des risques de dégradation, il est primordial de préserver les sols par une gestion respectueuse de l'environnement et économe des ressources non renouvelables. Une telle gestion nécessite une évaluation de l'état des sols et un suivi de leur évolution. Ceci est désormais possible grâce au Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) dont l'objectif est de dresser un bilan de l'état des sols français et de suivre leur évolution à long terme. Sa mise en place est coordonnée par l'Unité InfoSol de l'Inra d'Orléans, avec la participation de nombreux partenaires régionaux (chambres d'agriculture, instituts de recherche, établissements d'enseignement supérieur, associations, bureaux d'études, etc.). Le RMQS couvre actuellement l'ensemble du territoire métropolitain, la Corse et les Antilles françaises. Parmi les multiples propriétés des sols sensibles d'un point de vue environnemental, le RMQS se focalise dans un premier temps sur les teneurs en carbone organique et en 9 éléments traces métalliques (ETM) : cadmium, cobalt, chrome, cuivre, molybdène, nickel, plomb, thallium, zinc. D'autres propriétés des sols sont également étudiées, telles que les polluants organiques, les radio-éléments ou la diversité microbienne. Le RMQS est constitué de 2 200 sites disposés sur le territoire national selon un maillage systématique de 16 km de côté. Au centre de chaque maille, des observations et des prélèvements d'échantillons de sols sont reconduits tous les 10 à 15 ans. L'évaluation et le suivi de la qualité des sols sont fondés sur l'analyse de propriétés physico-chimiques des sols, associée à la recherche des sources de contamination diffuse et de l'historique de l'occupation et des pratiques de gestion de chaque site. L'achèvement de la première campagne (2000-2009) permet d'établir un bilan de la contamination des sols en ETM.

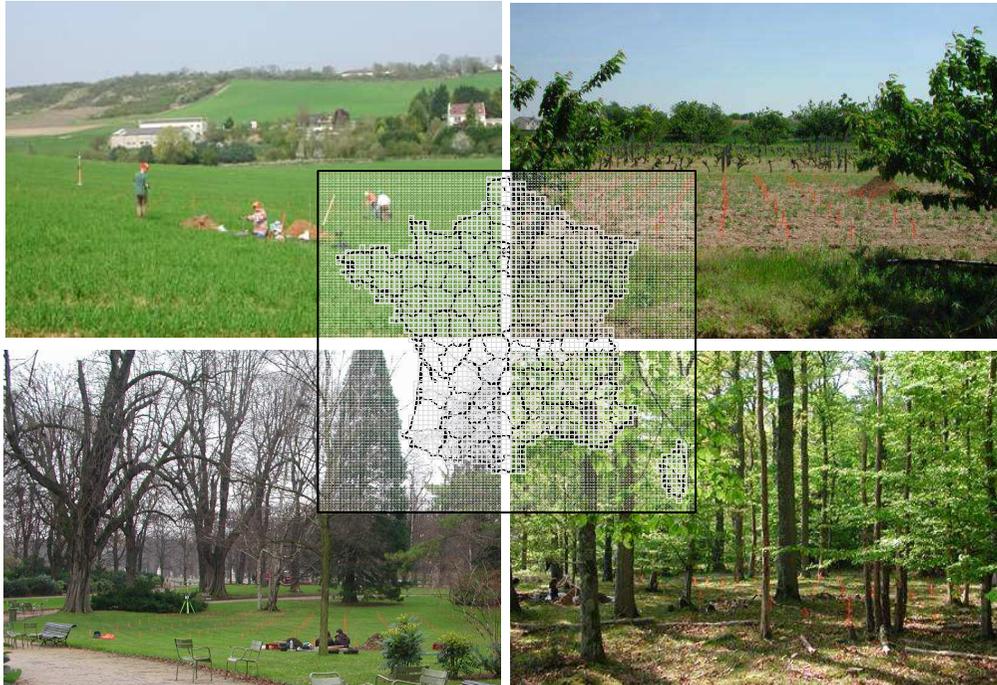
La distribution géographique des ETM dans les sols du territoire français est principalement attribuable au fond pédogéochimique naturel, hérité du matériau parental des sols. Outre ces teneurs naturelles, la répartition de certains ETM comme le plomb ou le cadmium, peut être reliée à des phénomènes de contamination diffuse. Ces contaminations concernent principalement des zones urbaines ou industrielles bien qu'elles s'étalent parfois sur de vastes territoires en périphérie des agglomérations, comme en région parisienne ou dans le Nord-Pas-de-Calais. Il est probable que de telles contaminations existent également autour de pôles urbains ou industriels plus petits, mais qu'elles aient échappé à la maille carrée de 16 km de côté du RMQS. Certains sols urbains présentent d'ailleurs ponctuellement des teneurs élevées en certains ETM. L'origine de certaines contaminations diffuses peut être considérée comme historique. Ainsi, la contamination diffuse en plomb des sols périurbains est très probablement liée aux émissions de cet élément, utilisé pendant de longues années

dans les carburants plombés, avant leur interdiction au début des années 90. Dans les sols agricoles, les sources principales de contamination en ETM sont liées aux usages et aux pratiques agricoles tels que les traitements phytosanitaires, les amendements, les épandages d'engrais ou d'effluents d'élevage. La contamination en cuivre est ainsi omniprésente dans les sols viticoles et pourrait devenir une source de contamination majeure en cas de changement d'usage des sols. Malgré l'identification de ces contaminations diffuses ou ponctuelles, la grande majorité des sols de France présente des teneurs en ETM plutôt faibles ou d'origine naturelle avec dans la majorité des cas, un risque de transfert très limité de ces éléments dans la chaîne alimentaire.

Mots clés : sol, Réseau de Mesures de la Qualité des Sols, éléments traces métalliques



Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols de France :



Bilan de la première campagne du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS)

Claudy Jolivet – US 1106 InfoSol INRA Orléans



Le GIS Sol : la politique française pour la protection des sols

LE GROUPEMENT D'INTERET SCIENTIFIQUE SOL (MEEDDM, MAAP, INRA, ADEME, IRD, IFN)



pour une gestion patrimoniale et durable des sols

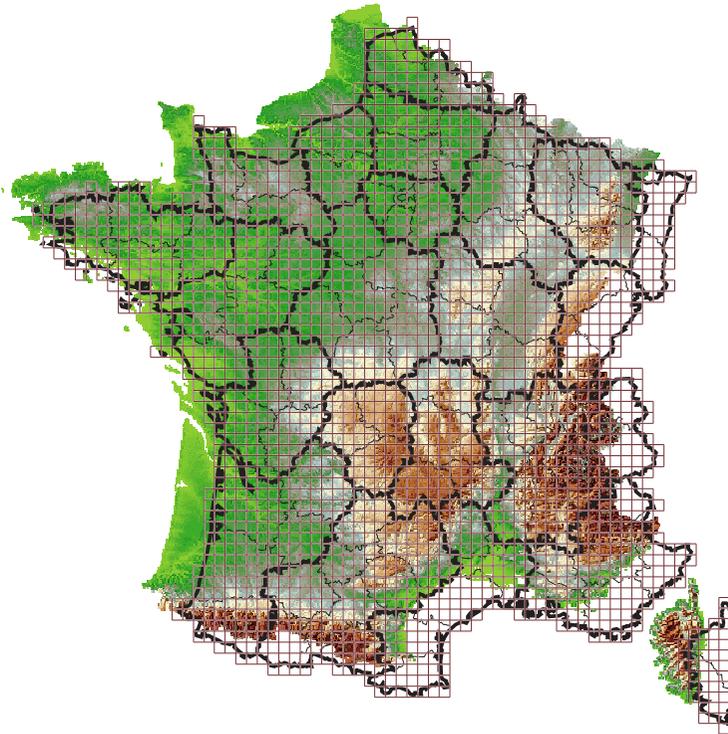


« constituer et gérer le système d'information sur les sols de France »

www.gissol.fr



RMQS : un réseau systématique



- 2200 sites
- répartis selon une grille de 16 km x 16 km
- échantillonnés tous les 10-15 ans
- représentatifs des sols français et de leurs usages

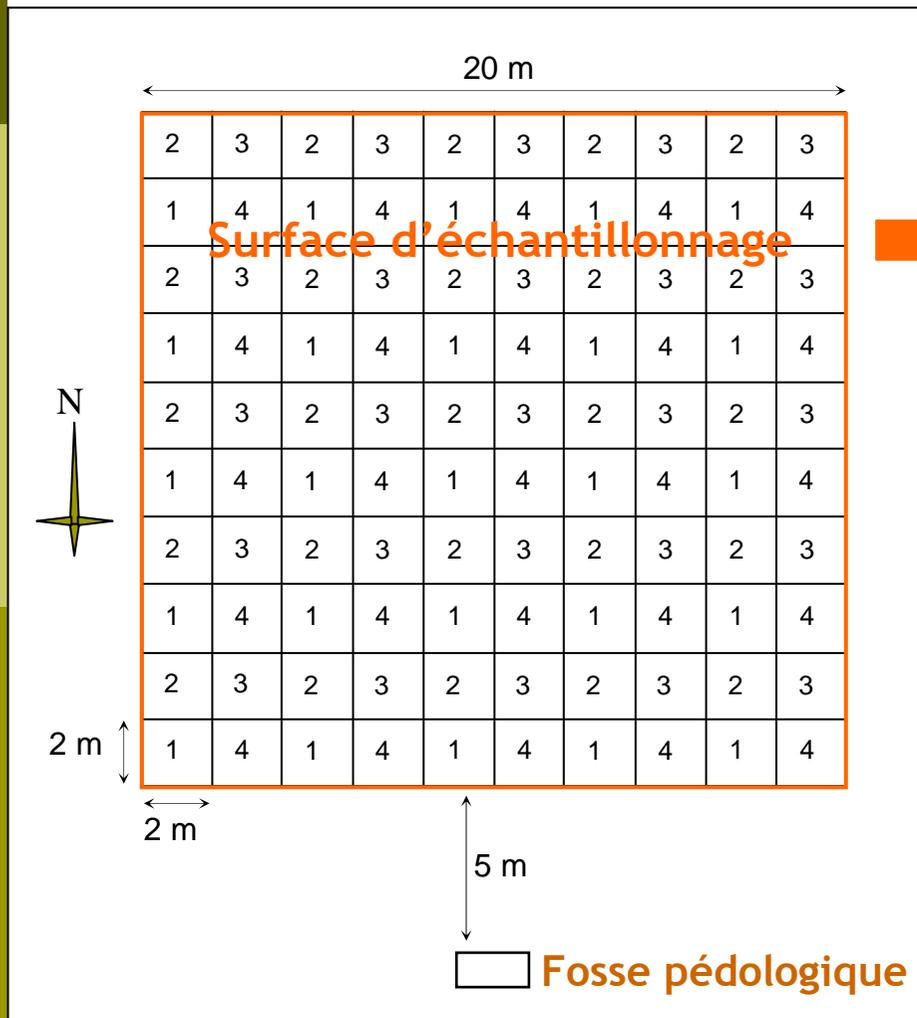


Les objectifs du RMQS

- Disposer d'un tableau de bord (bilan et référence)
- Caractériser des gradients (contamination diffuse)
- Détecter des évolutions (réseau d'alerte)
- Support de validation (couverture exhaustive)
- Banque d'échantillons (conservatoire)



Qu'est ce qu'un site RMQS ? la stratégie d'échantillonnage





Qu'est ce qu'un site RMQS ? de nombreuses observations

Historique et pratiques de gestion



Environnement et sources de contamination





Le conservatoire des sols



R.M.Q.S.		Site : 514
		Type de profil : Composite
		No Horizon : 1
		Profondeur : 0 - 20 cm
		No Prelevement : 1
Date d'intervention : 2002-06-17		
		
100514C11		





Les paramètres mesurés

par le Laboratoire d'Analyse de Sols de l'INRA d'Arras

38 paramètres mesurés en routine :

- Granulométrie (cinq fractions)
- pH eau
- Carbone organique et azote total
- CEC et cations échangeables (Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn)
- CaCO₃
- P₂O₅
- Bore
- Fer libre
- Eléments majeurs totaux (Ca, K, Mg, Na, Fe, Al, Mn)
- Eléments traces totaux (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Tl, Mo)
- Eléments traces EDTA (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn)



La base de données : DONESOL

Groupement d'intérêt Scientifique

Accueil GIS Sol Partenaires Programmes Outils Liens Actualités 14 mars 2005

>> Outils > DONESOL > Connexion > Menu

La lettre du GIS Sol

Base de Données Indicateurs de la Qualité des Sols
> Indiquasol

AIDE
Saisie
Modification
Interrogation

INRA

Vous souhaitez commander une carte pédologique INRA ?
> Carte

Répertoire national des organismes intervenant en pédologie
> Repedo

Déconnexion

Base de données nationale des informations spatiales pédologiques

Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (Utilisateur standard)

INFORMATIONS GENERALES

- Organisme
- Campagne
- Cellule

SITES RMQS

- Site
- Description d'une intervention

PROFILS

- Profils
- Photographie de profil
- Profils RMQS
- Horizons
- Analyses
- Analyses complémentaires

PEDOTHEQUE

- Prélèvement
- Prélèvement complet

ENQUETE AGRONOMIQUE

- Enquête sur les grandes cultures et les prairies

Chargé

Une base de données commune aux programmes d'inventaire et de surveillance des sols



La base de données : DONESOL 1 746 460 données RMQS

INRA Unité Informat - RMQS

RMQS F 01B version 3 1105

5.4. Façons culturales, itinéraires techniques

Numéro du site RMQS

Angle

Distance (en cm)

Code espèce

1. Lister la succession des opérations pour les principales cultures de la succession culturale en sous-solage, déchaumage, semis, hersage ou semis combiné, labour, (préciser la profondeur de travail du sol), passages pour fertilisation et traitements...
2. Préciser pour chaque opération l'outil utilisé, notamment pour les travaux du sol.
3. Préciser également la période ou date d'intervention.

1^{re} culture : ... année : ... année : ... précédent : ...

Opérations	Date	Outil-méthode	Profondeur de travail du sol
Déchaumage (2 passages)	août	outil à dents et disques	11151 NW
Fertilisation PK	septembre	épandeur centrifuge	11151 NW
Semis			11151 NW
Roulage			11151 NW
6 traitements (herbicides)			11151 NW
Fertilisation N S	janvier	épandeur centrifuge	11151 NW
3 traitements fongicides			11151 NW
Récolte			11151 NW
Broyage des tiges	août		11151 NW

2^{me} culture : ... année : ... année : ... précédent : ...

Opération	Date	Outil-méthode	Profondeur de travail du sol
Déchaumage (2 passages)	oct	outil à dents et disques	11151 NW
Semis	oct	épandeur centrifuge	11151 NW
6 traitements	oct		11151 NW
4 passages fertilisation (N,S)	nov		11151 NW
Récolte	juillet		11151 NW
Récolte paille	août		11151 NW

52	464 VILLIERS-EN-	5	2	30	11,6	200	339	242
52	583 MUSSEY-SUF	5	1	0	20,6	410	294	163
52	643 RIMAUCOUR	5	1	0	20	47,4	260	120
52	643 RIMAUCOUR	5	1	0	20	23,1	434	359
52	644 ILLOUO	5	2	30	50	31,9	567	279
52	644 ILLOUO	5	1	0	30	29,9	377	401
52	644 ILLOUO	5	2	30	50	37,6	523	301
52	699 AIZANVILLE	5	1	0	30	23,6	435	373
52	699 AIZANVILLE	5	2	30	50	13,2	403	438
52	700 CHAUMONT	5	1	0	25	45,8	545	279
52	702 BREUVANNE	5	1	0	30	28,7	466	313
52	702 BREUVANNE	5	2	30	50	24	462	301
52	758 ROLAMPONT	5	1	0	30	24,1	355	291
52	758 ROLAMPONT	5	2	30	50	27,2	557	288
52	760 BOURBONNE	5	1	0	30	26,3	382	415
52	760 BOURBONNE	5	2	30	50	13,9	264	521
52	812 VITRY-EN-MC	5	1	0	30	34	432	388

- 18 833 horizons de sol décrits

- 1 099 980 variables pédologiques décrites

- 85 400 analyses physico-chimiques

- 48 480 pages d'enquêtes (historique, occupation, gestion)

- 15 960 données botaniques

- 40 997 photos (sols et environnement)

- 6 786 heures de levé GPS

Saisie des horizons du profil (compatible DONESOL 3) RMQS F 04 0305

Etude RMQS N° RMQS 1463

Eléments grossiers

Abondance (% volumique) Nature

Forme Taille

Types d'horizons

Code de l'horizon

INRA Montpellier

Culture traitée	Nature	Objetif	Produit (nom commercial)	Matières actives	Dose	Période ou date d'apport	Fréquence d'apport
colza	herbicide	herbicide	GLYPHOS	glyphosate	5,5 L	3/9/04	1
colza	herbicide	herbicide	LINATAC	metolachlor	5 L	10/9/04	1
colza	herbicide	herbicide	NOAOT	cléthadine	1,6 L	7/10/04	1
colza	herbicide	herbicide	ZAPPA	cyfluthrine	0,3 L	15/10/04	2
blé	herbicide	herbicide	ILLOXAN	diclofop - méthyle	1 L	19/12/03	1
blé	herbicide	herbicide	VELEZIA	-	1 L	19/12/03	1
blé	herbicide	herbicide	ELVIS	lévoglifosine de roge	0,5 L	27/3/04	1
blé	herbicide	herbicide	OPUS TEAM	glyphosate + fenoxipropyl	0,5 L	19/4/04	1



Les projets associés au RMQS

Thématique	Nombre de projets	Nombre d'échantillons
Biodiversité	4	4000
Spectrométrie, carbone	3	5000
Polluants organiques persistants	3	660
ETM, transferts	2	150
Radioéléments	1	45



Les contaminants mesurés sur le RMQS

- **éléments traces** : As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, Zn, etc.
- **contaminants organiques** : HAP, PCB, dioxines, furanes, pesticides, etc.
- **radioéléments** : Cs, Sr, I, Cl, etc.
- **pathogènes** : microorganismes, prions, parasites, etc.
- **contaminants émergents** : perturbateurs endocriniens (phtalates, bisphénol A, polybromés, alkylphénols, hormones...), transgènes, nanoparticules, etc.



Les résultats de la première campagne du RMQS : ETM



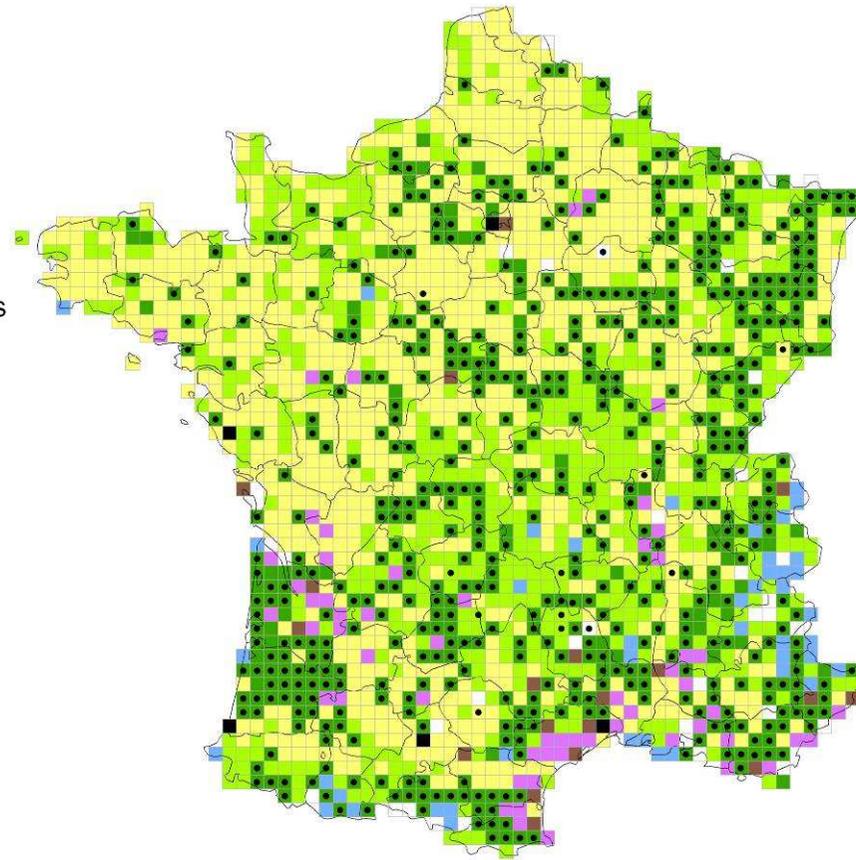
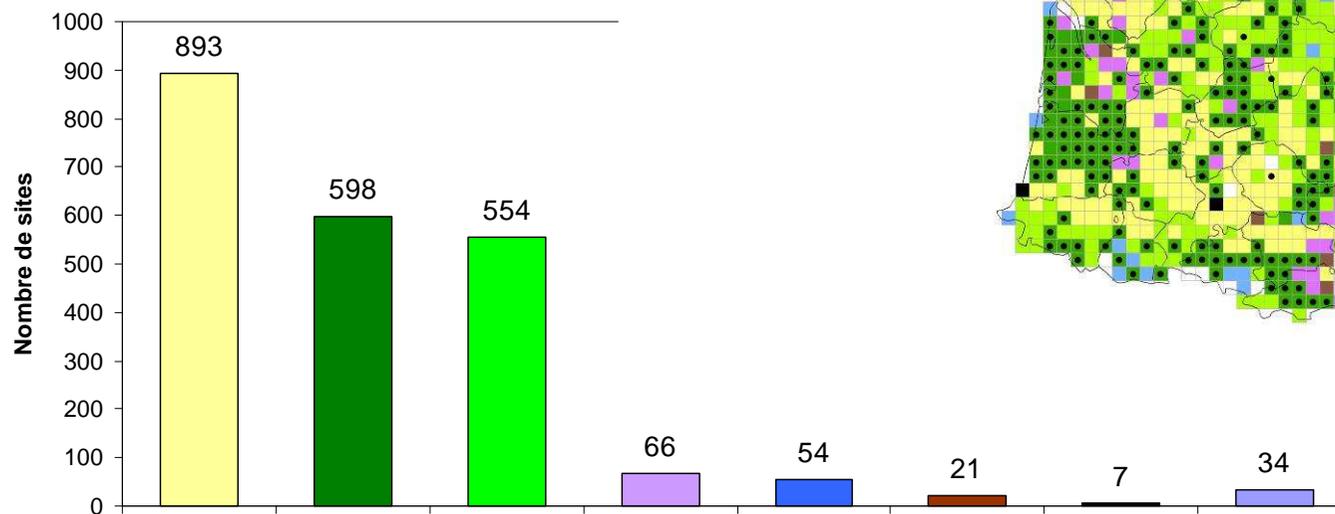
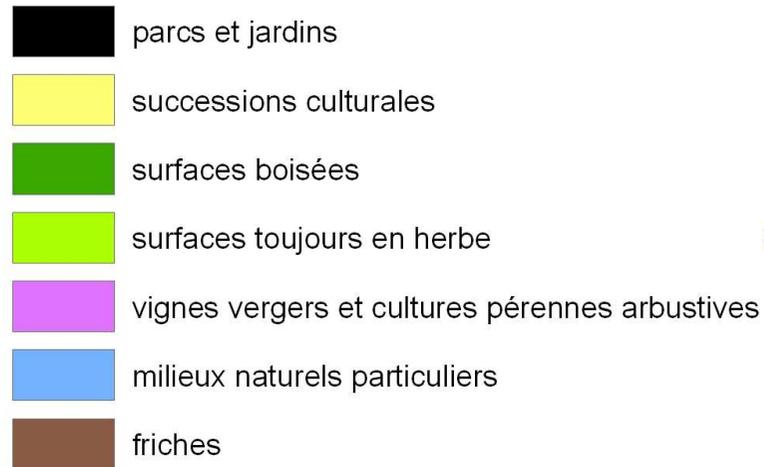
Réseau
de mesures
de la qualité des sols



3èmes Rencontres Recherche Appliquée, Formation et Transfert du RMT 'Quasaprove'
Lycée agricole de Pau-Montardon 22 septembre 2011



Occupation des sites





Paramètres pédologiques

Couche de surface	Argile G/KG	Limon G/KG	Sable G/KG	C ORG G/KG	pH EAU	CEC CMOL+ /KG	S/T %	calc total G/KG	AL ECH CMOL+/K G	P205 OLSEN G/KG
Minimum	5	2	7	1,5	3,7	<1	2	<2	< 0,02	<0,01
1er quartile	149	271	159	13,1	5,3	6	85	<1	0,03	0,013
Médiane	202	407	296	18,9	6,1	9	98	1,0	0,08	0,037
3ème quartile	310	547	523	30,3	7,6	18	105	1,8	0,46	0,080
Maximum	819	819	985	243,0	8,8	70	691	842	8,76	0,319
Nb de valeurs	1766	1766	1766	1761	1766	1766	1720	1761	1766	1761
Moyenne	239,4	408,5	352,0	25,3	6,3	14	88	67,5	0,70	0,062



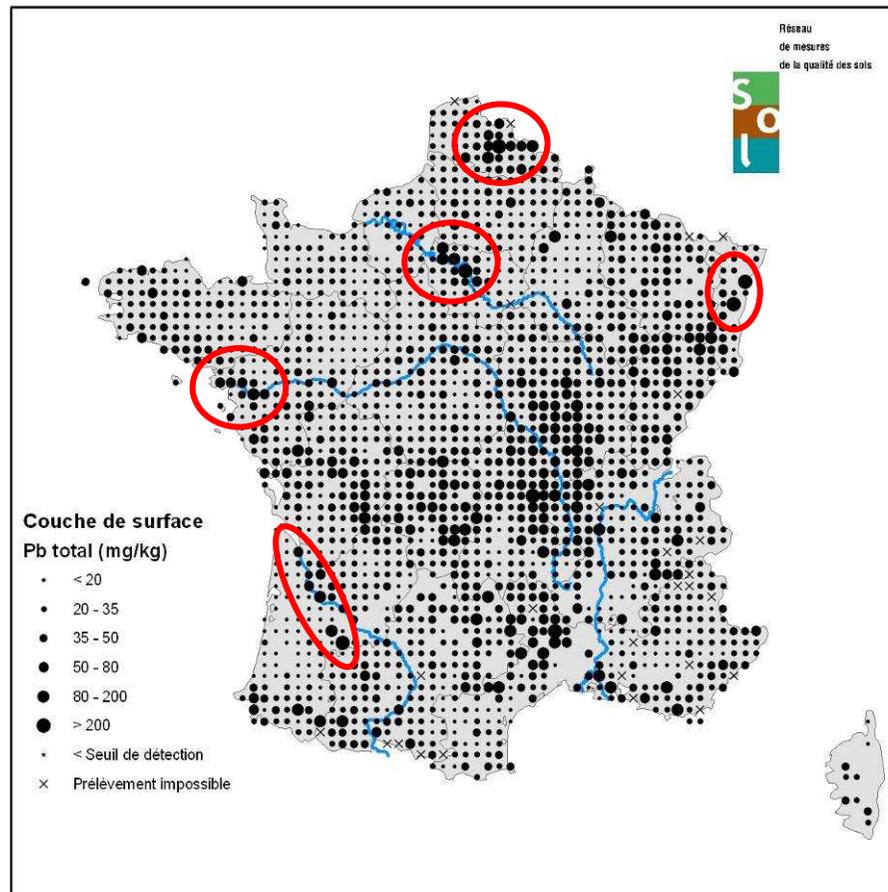
Teneurs totales (HF) en éléments traces métalliques

Couche de surface	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Tl µg/kg	Zn mg/kg
Minimum	<0,02	<2	2,1	<1	<0,04	<2	2,9	<0,01	<5
1er quartile	0,12	5,2	32,0	8,0	0,41	10,3	21,3	0,39	40,7
Médiane	0,19	8,8	46,9	13,2	0,57	18,2	27,7	0,54	60,8
3eme quartile	0,32	13,2	63,6	20,9	0,87	28,9	37,7	0,78	87,4
Maximum	5,53	100	3030	491	19,8	1530	624	16,8	1231
Effectif	1761	1761	1761	1761	1720	1761	1761	1761	1761
Moyenne	0,30	10,8	53,9	18,6	0,79	24,7	32,8	0,68	72,2
<i>seuil de valeurs « ordinaires »</i>	<i>>0,45</i>	<i>> 23</i>	<i>> 90</i>	<i>>20</i>		<i>>60</i>	<i>>50</i>	<i>>1,7</i>	<i>>100</i>
nombre de valeurs > seuil de valeurs « ordinaires »	265	92	133	475		54	173	74	318
<i>seuil de valeurs « anormales »</i>	<i>> 2</i>	<i>> 90</i>	<i>>150</i>	<i>>62</i>		<i>>130</i>	<i>>90</i>	<i>>4,4</i>	<i>>250</i>
nombre de valeurs > seuil de valeurs « anormales »	13	2	21	57		13	31	3	23

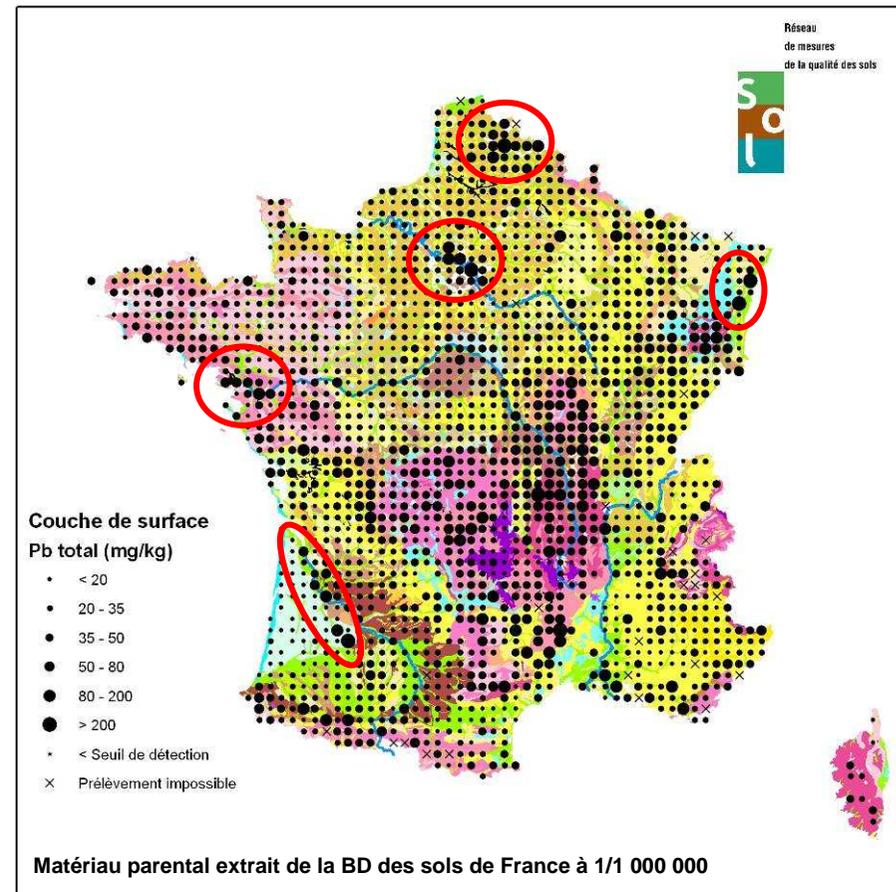


Teneurs totales (HF) en plomb

Surface (0-30 cm)



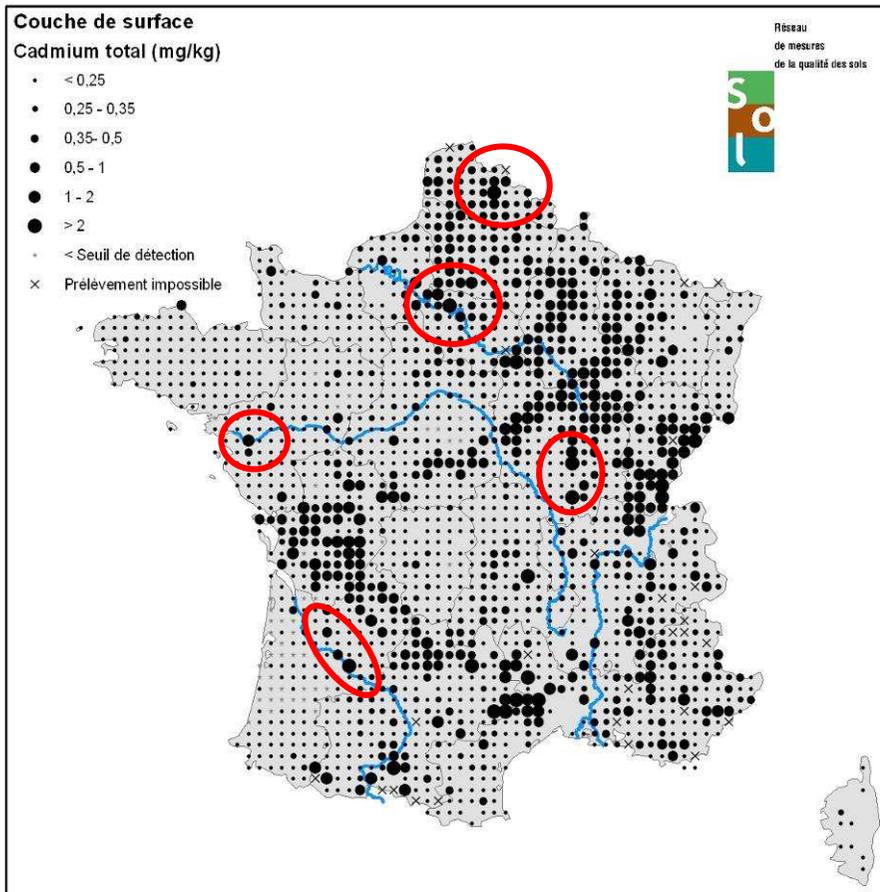
Surface (0-30 cm) + matériau parental



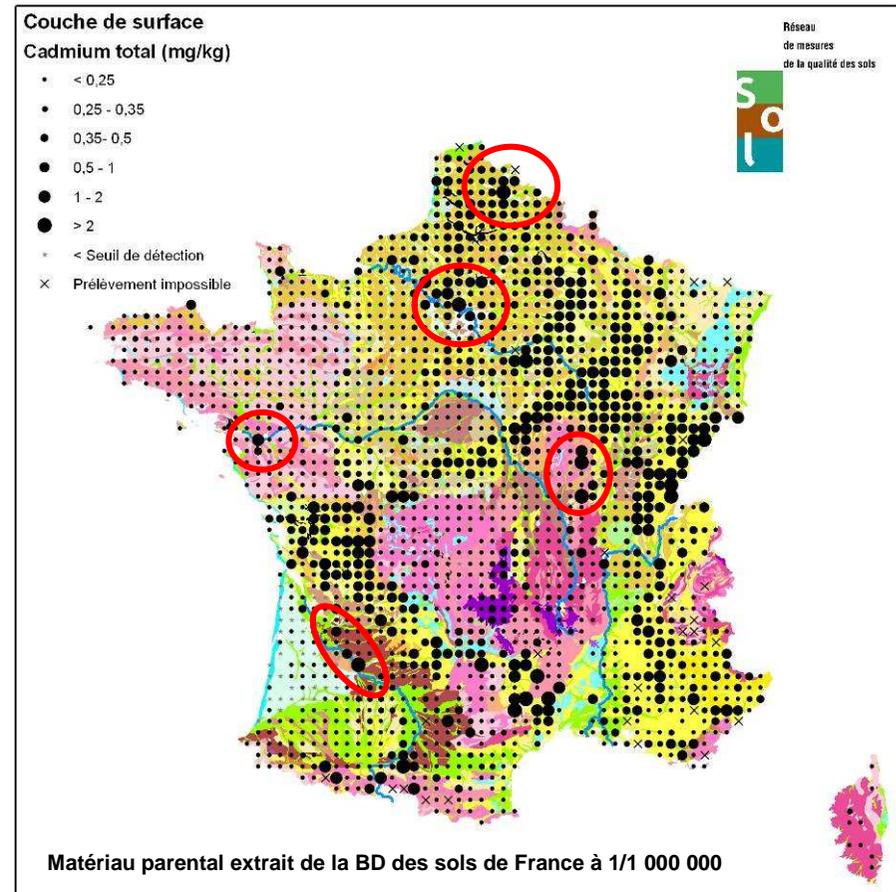


Teneurs totales (HF) en cadmium

Surface (0-30 cm)



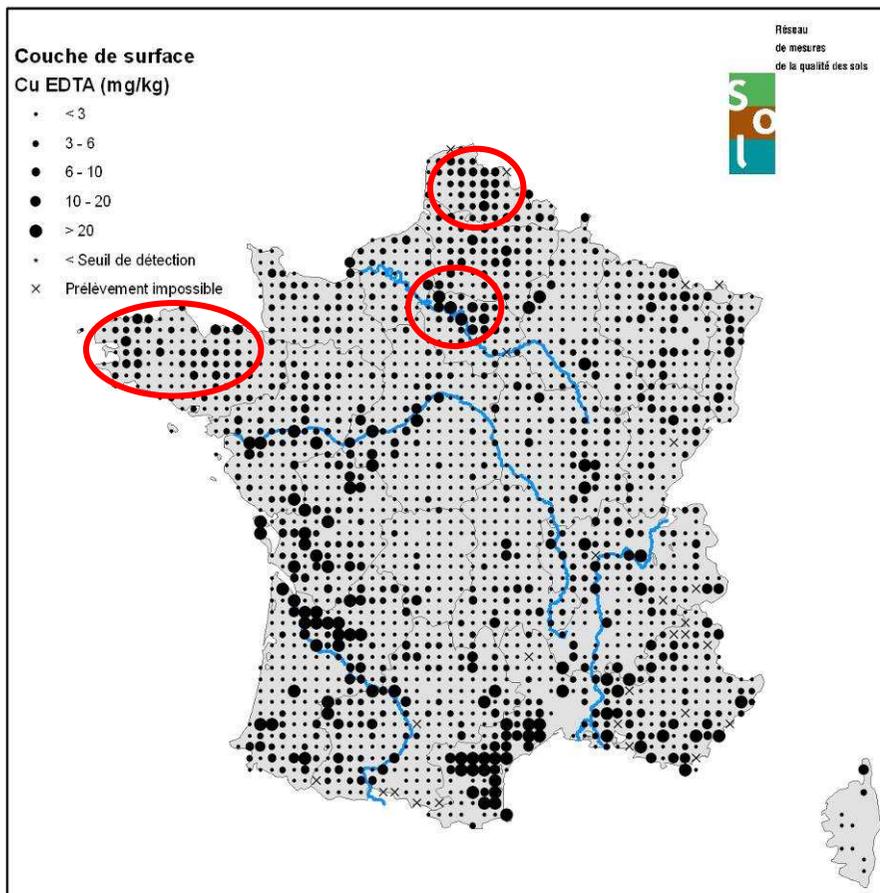
Surface (0-30 cm) + matériau parental





Teneurs en cuivre extrait à l'EDTA

Surface (0-30 cm)



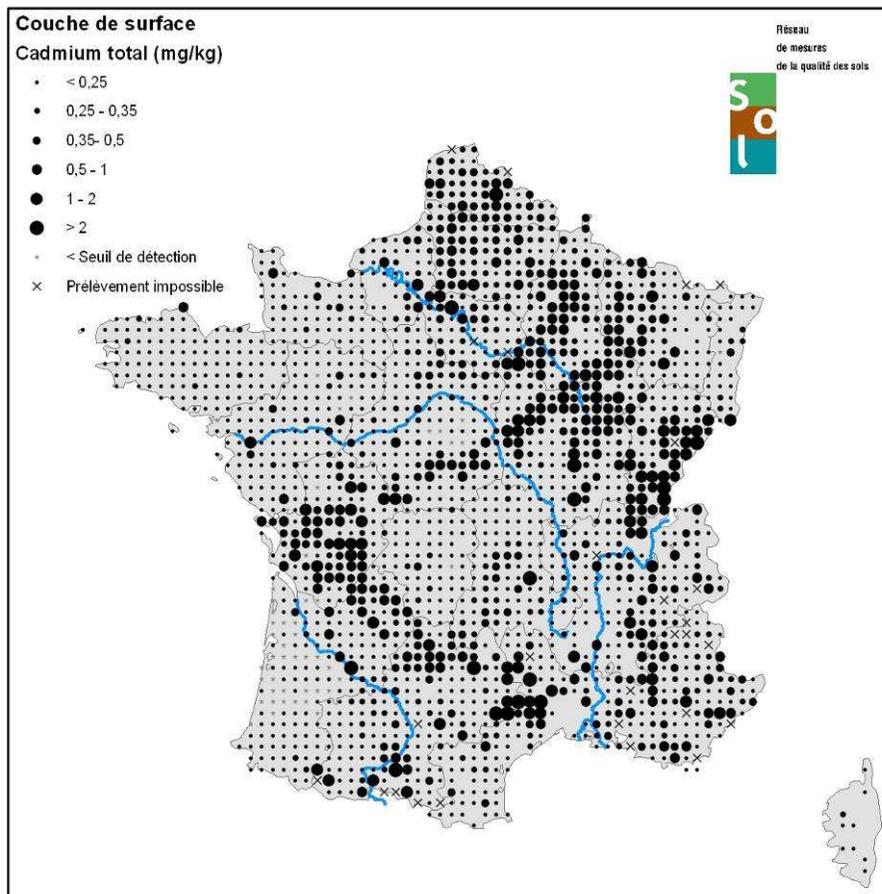
Surface (0-30 cm) + matériau parental

Carte des vignobles français





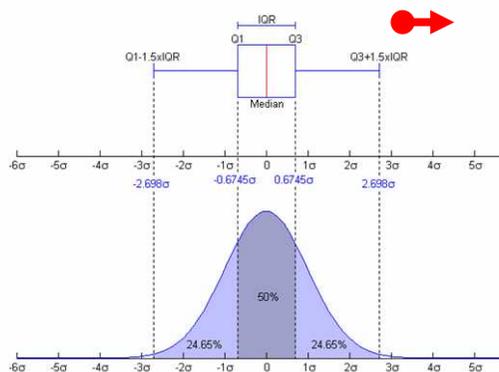
Quelles applications ?



- Quelles **cartographies** des ETM sommes-nous en mesure de fournir ?
- Peut-on en identifier les **origines** de la répartition des ETM ?
- Quels sont les **risques** ?
- Quelles **évolutions** des teneurs en ETM pourrions-nous mesurer ?

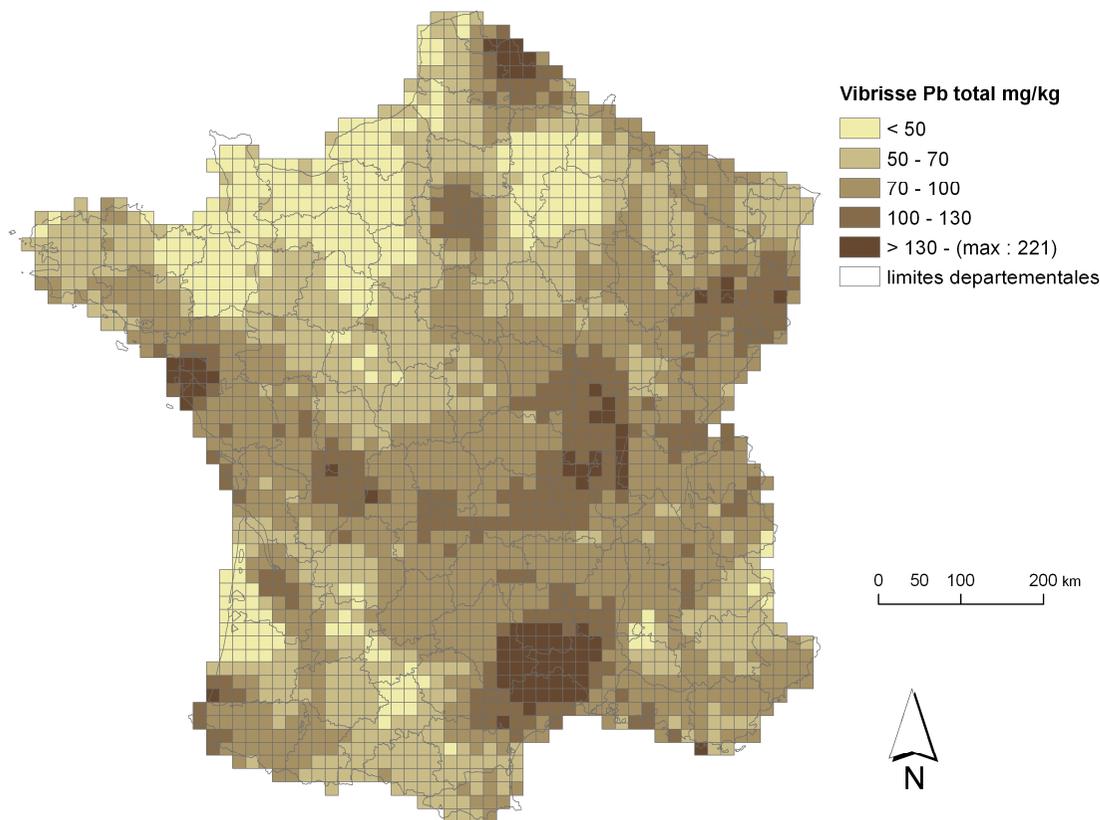


Détection de valeurs anormales en ETM dans les sols



Plomb total (HF)
Surface (0-30 cm)
Vibrisse supérieure
France entière

Vibrisse supérieure en Pb sur le RMQS



INDIQUASOL : Base de Données Indicateurs de la Qualité des Sols
<http://www.gissol.fr/programme/bdiqs/bdiqs.php>



Application à un cas réel : Fonderie d'Us (Val d'Oise)

- Sur le site :
 - 9 000 à 78 000 mg Pb/kg
 - 50 à 400 mg Cd/kg

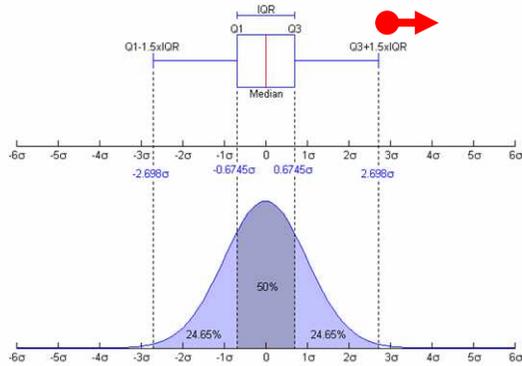
- Hors site : décroissance des teneurs avec la distance
 - dans un rayon de 50 m : 1000 mg Pb/kg et 1.3 mg Cd/kg
 - dans un rayon de 100 m : 350 mg Pb/kg et 0.8 mg Cd/kg
 - dans un rayon de 250 m : 100 mg Pb/ kg et 0.5 mg Cd/kg

Jusqu'où s'étend la contamination ?
Quel est le bruit de fond naturel ?



Bruit de fond régional en Plomb

Vibrisse régionale 60 km - RMQS



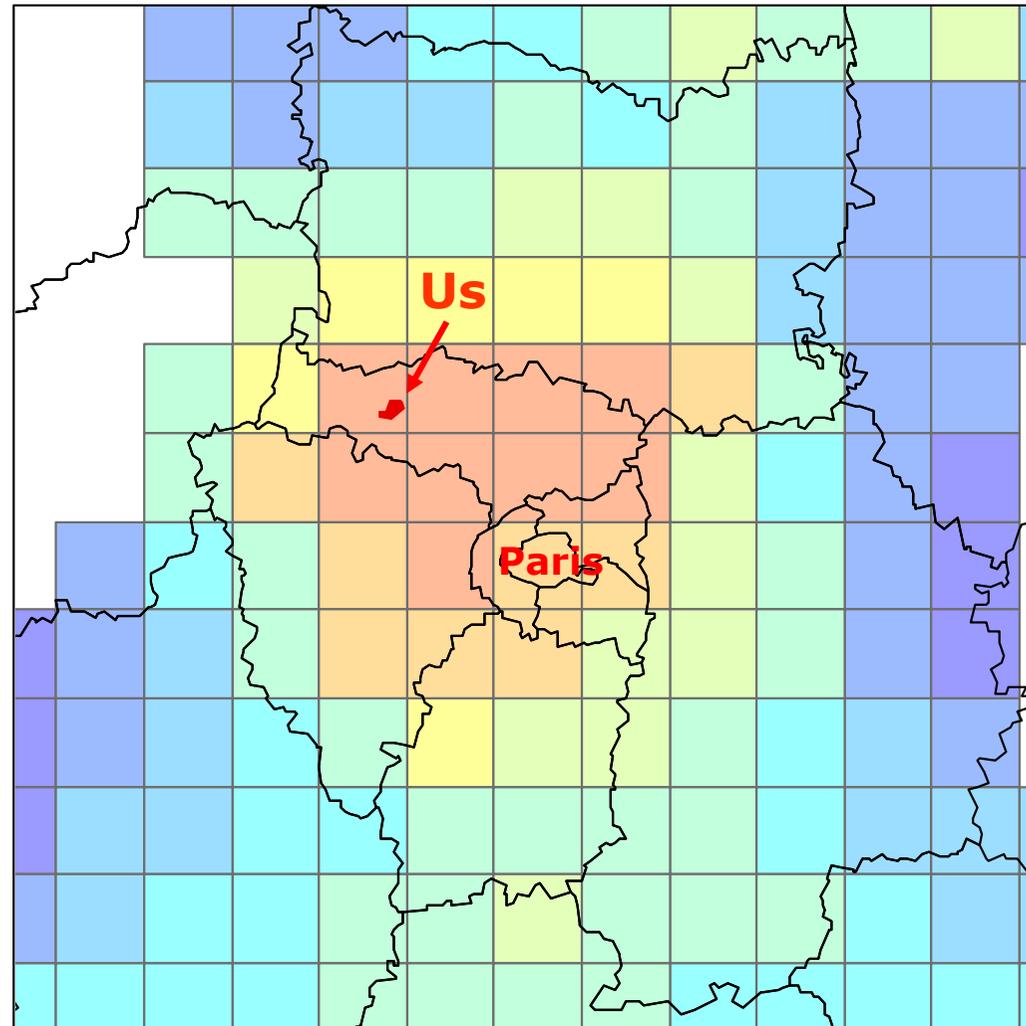
▭ Limites des départements

▭ Commune d'Us

Vibrisse régionale

Pb total mg/kg

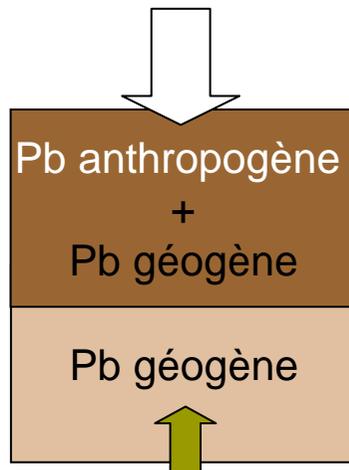
23.33 - 29.76
29.77 - 36.61
36.62 - 42.73
42.74 - 48.05
48.06 - 53.38
53.39 - 59.06
59.07 - 65.71
65.72 - 73.25
73.26 - 87.08
87.09 - 142.90





Identifier les origines des ETM : stocks de Pb anthropogène

Méthode fondée sur le calcul des facteurs d'enrichissement ou RTE
(relative topsoil enhancement)



Deux hypothèses de travail :

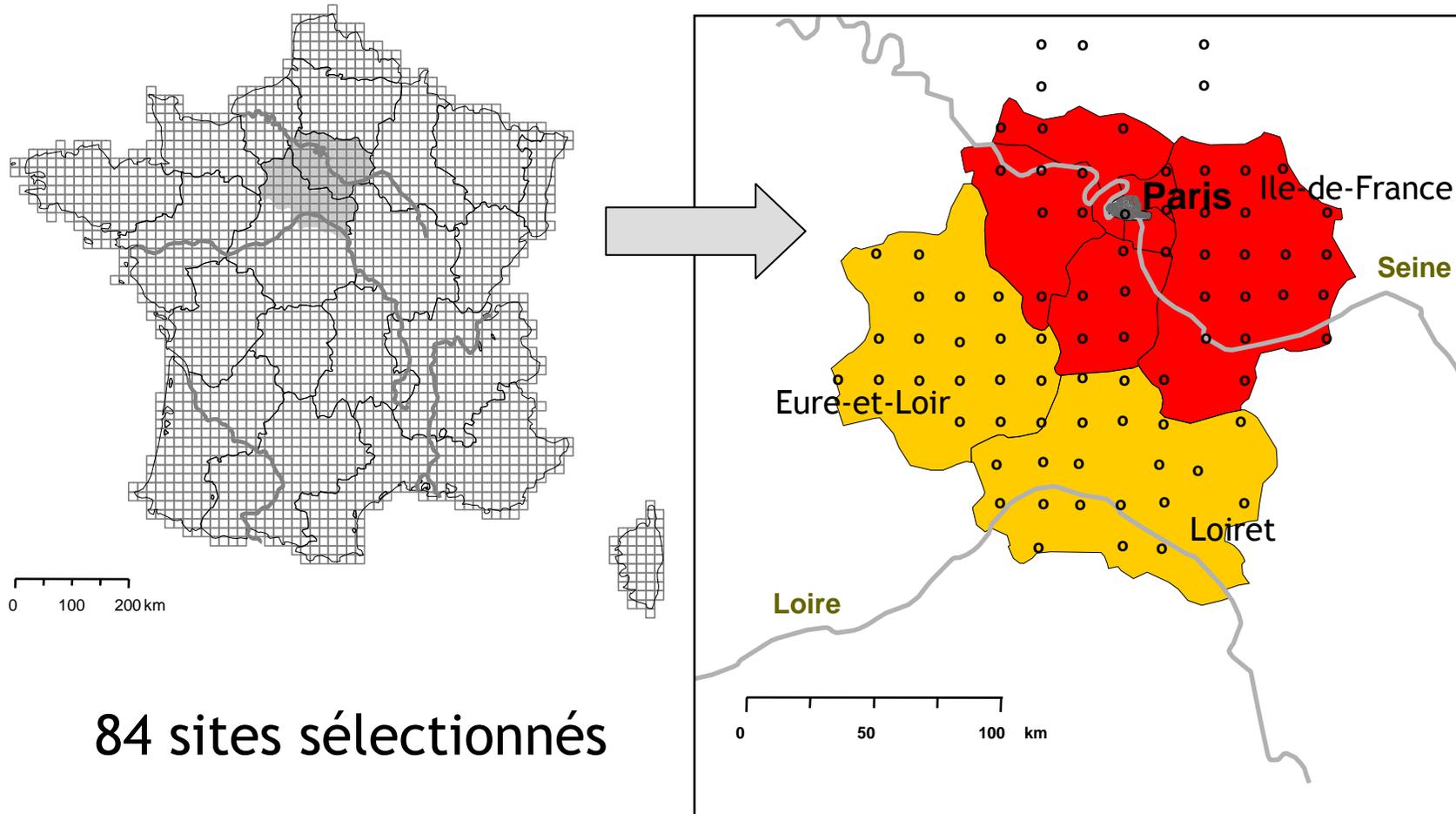
- Les sols sont développés à partir d'un seul matériau parental
- Le plomb ne migre pas en profondeur

$$\text{RTE} = (\text{teneur Pb surface} - \text{teneur Pb profondeur})$$

$$\text{Stock de Pb Anthropogène} = \text{RTE} \times \text{masse volumique de terre fine}$$



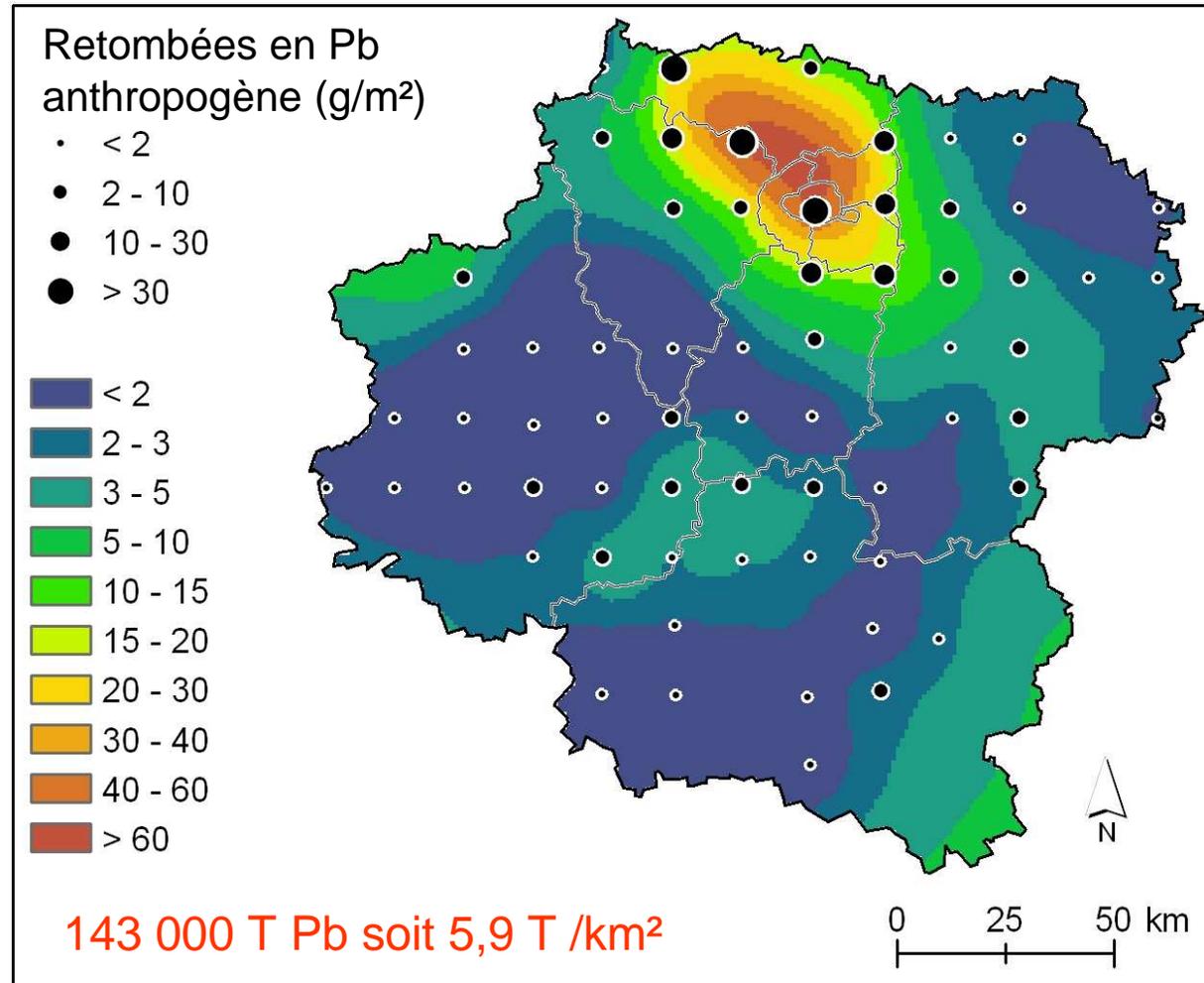
Identifier les origines des ETM : stocks de Pb anthropogène





Identifier les origines des ETM : Retombées en Pb anthropogène

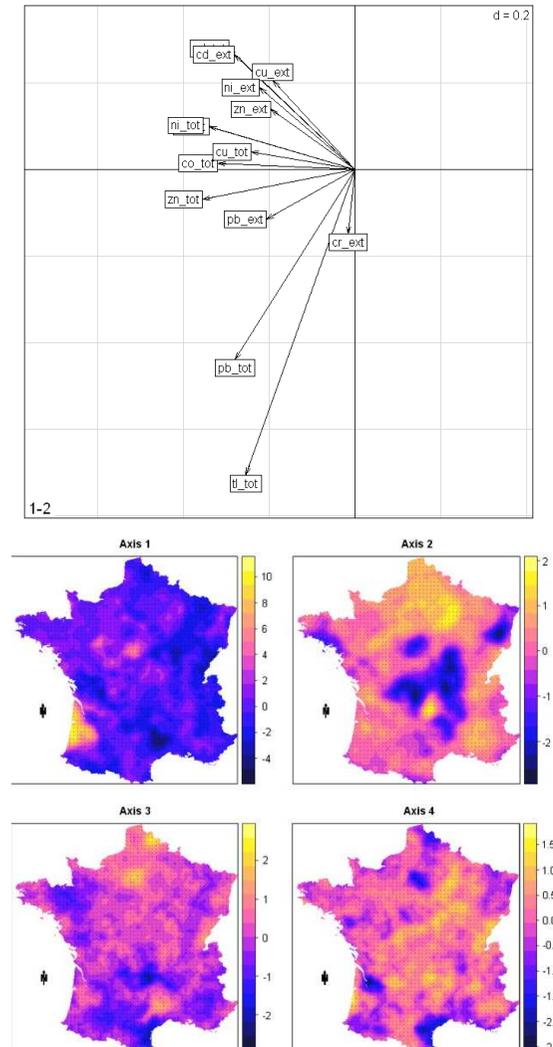
Un gradient de
contamination
autour de Paris





Identifier les origines des ETM : signatures géochimiques

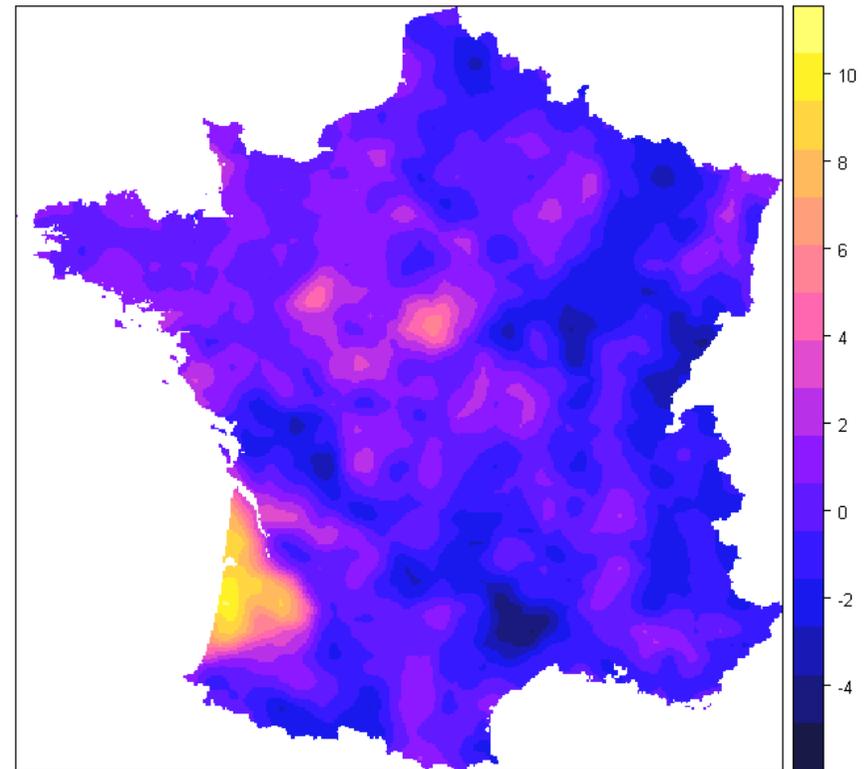
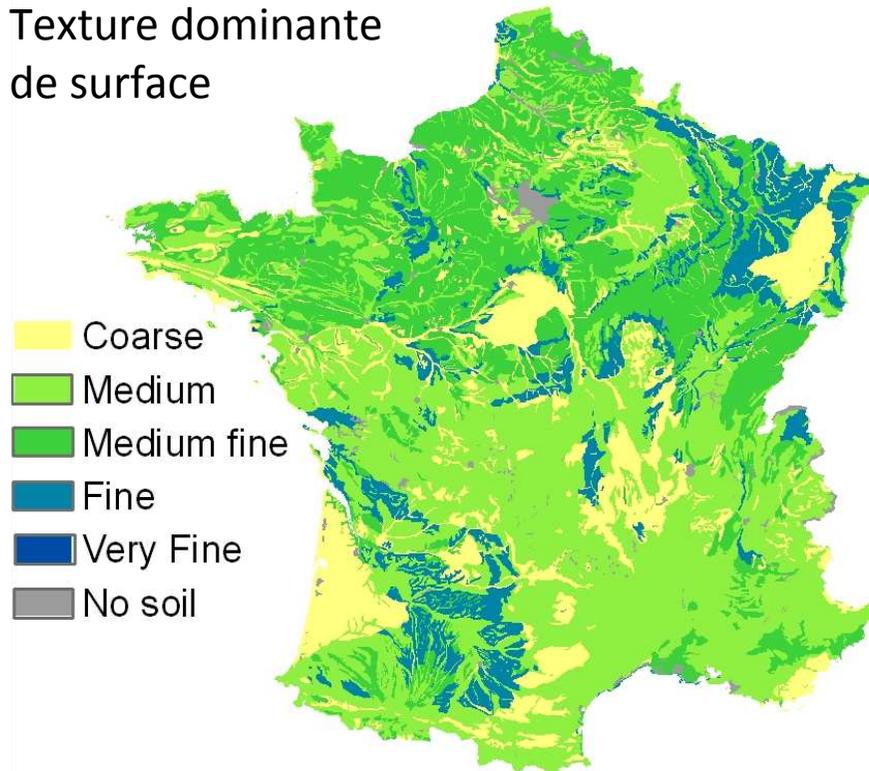
- **Cartographie des coordonnées des individus sur les axes d'une ACP spatiale par couplage avec la géostatistique**
- **8 ETM (extraction totale HF):
Cd, Cu, Cr, Co, Ni, Pb, Tl, Zn**
- **6 ETM (extraction partielle EDTA)
Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn**
- **France entière (0-30 cm)**





Axe 1 : richesse globale en ETM

Texture dominante
de surface



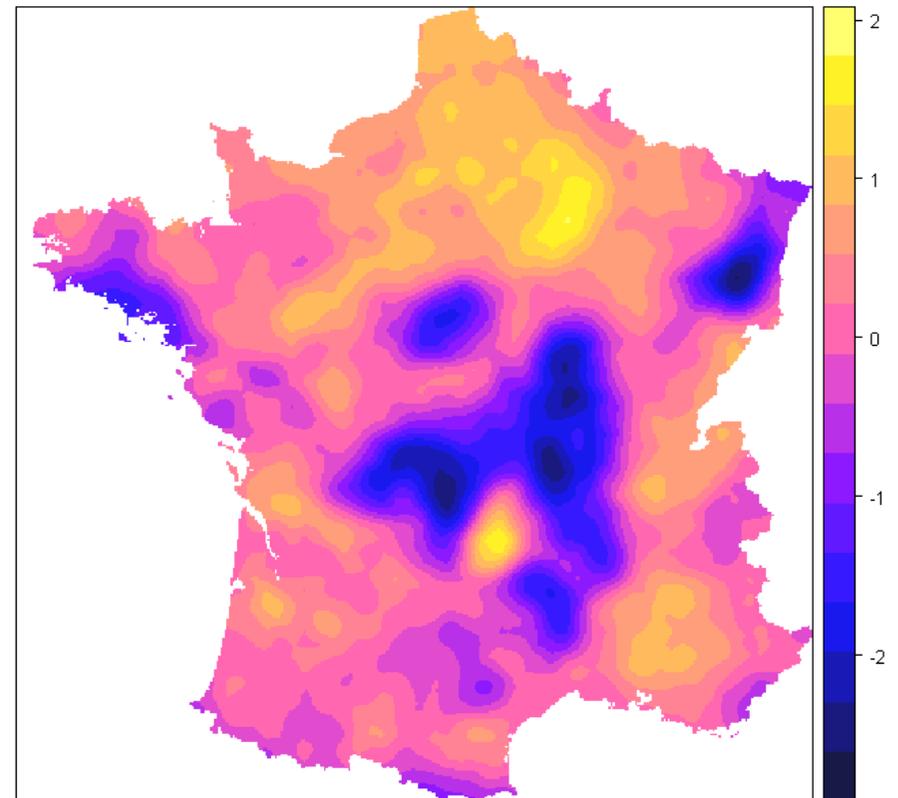
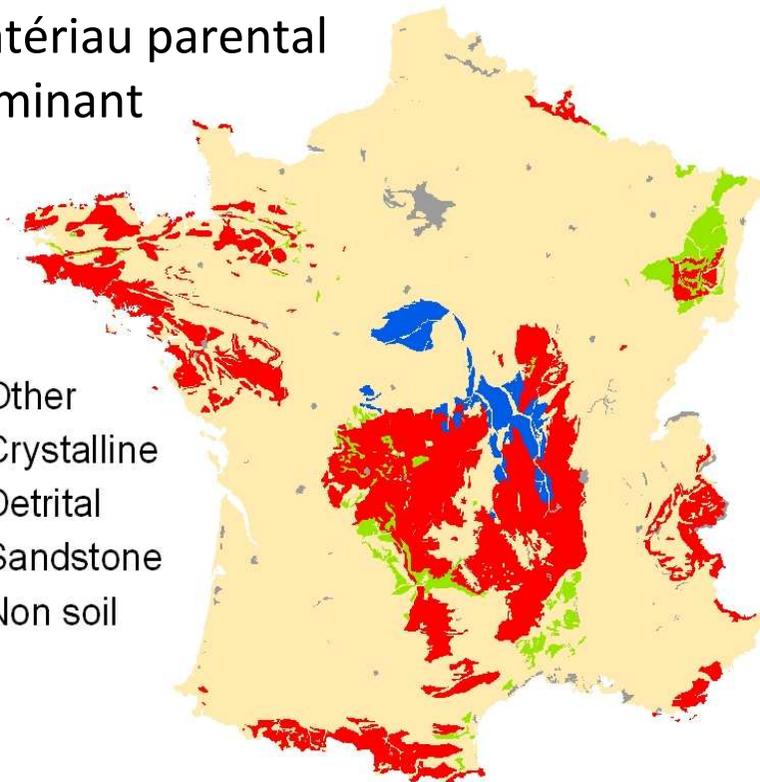
Saby et al. 2009. Sci. Tot. Env..



Axe 2 : origine naturelle en Pb et Tl

Matériau parental
dominant

- Other
- Crystalline
- Detrital
- Sandstone
- Non soil

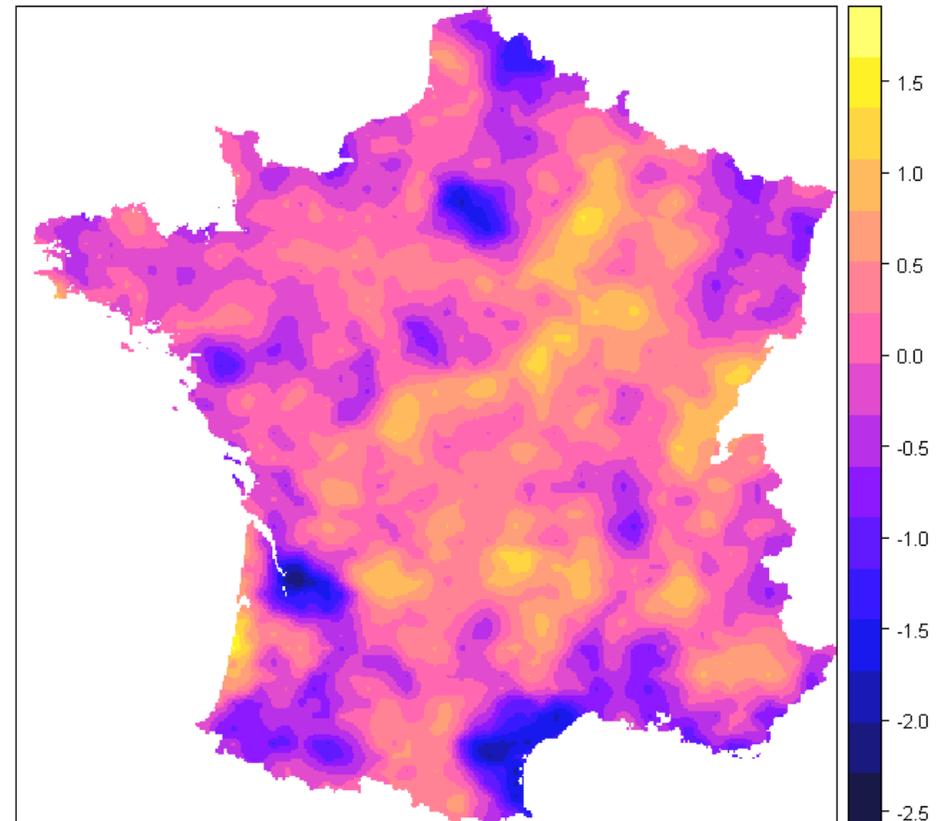
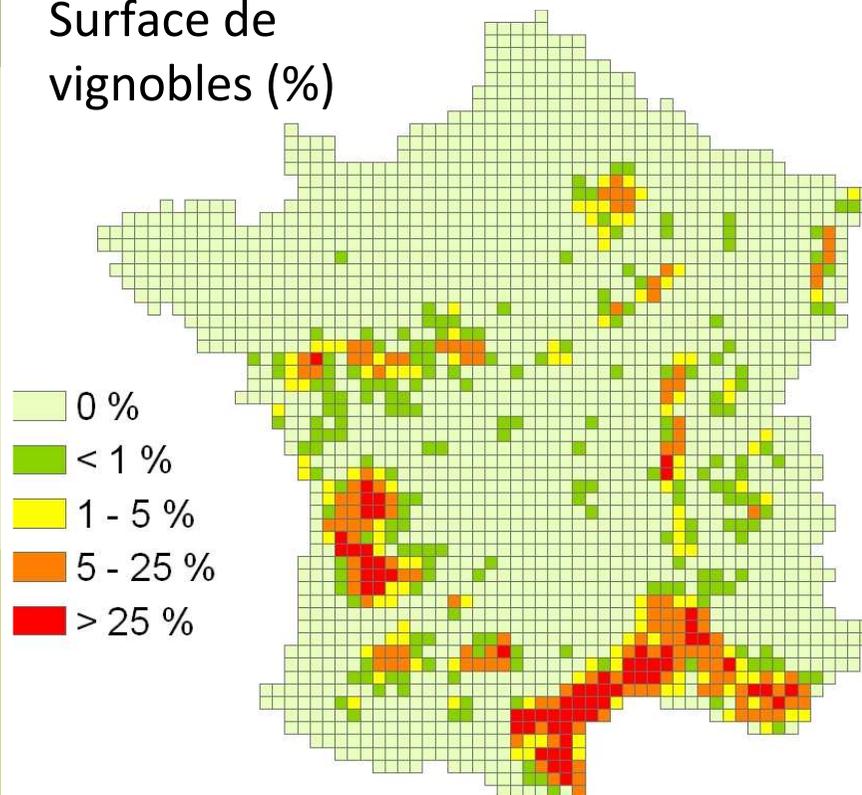


Saby et al. 2009. Sci. Tot. Env..



Axe 4: Richesse relative en Pb et Cu

Surface de
vignobles (%)



Saby et al. 2009. Sci. Tot. Env..

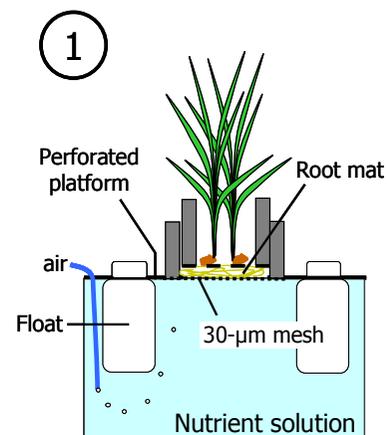
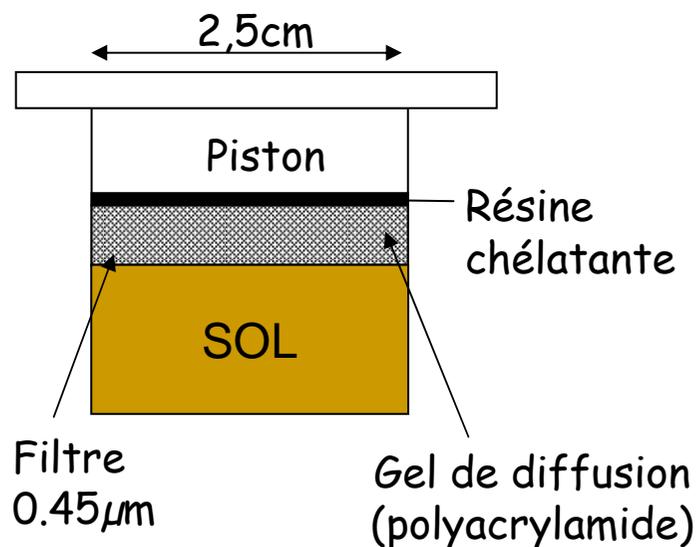


Evaluation des risques : projets DGT-RMQS et NORMA-RHIZO

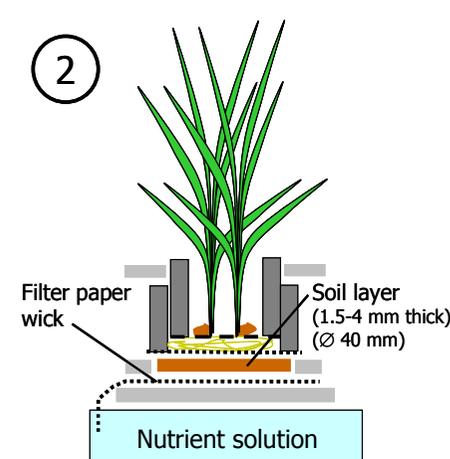
Evaluation de la phytodisponibilité des éléments traces dans les sols

DGT – RMQS
ADEME/INRA 2008-2009
L. DENAIX INRA Bordeaux

NORMA-RHIZO
ANR 2010-2012
E. DOELCH CIRAD Montpellier



Preculture period
in hydroponics
2 to 3 weeks



Test culture period
Soil-plant contact
1 week

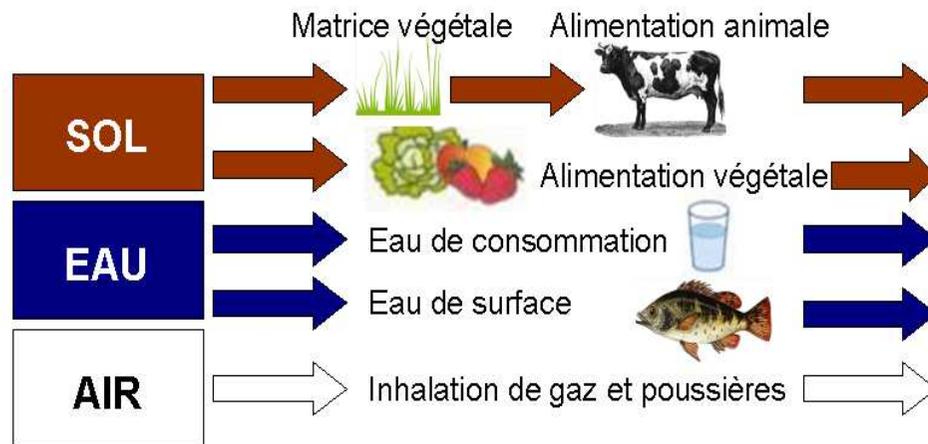


Evaluation des risques

Quantification de l'exposition de la population aux
contaminants de l'environnement

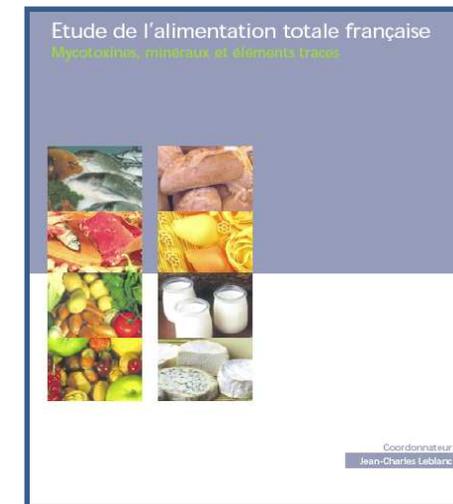
Julien CAUDEVILLE, Gérard GOVAERT, André CICOLELLA

Environnement local



**Modèle de bioaccumulation multimédia
(INERIS, R. Bonnard)**

Ubiquitaire

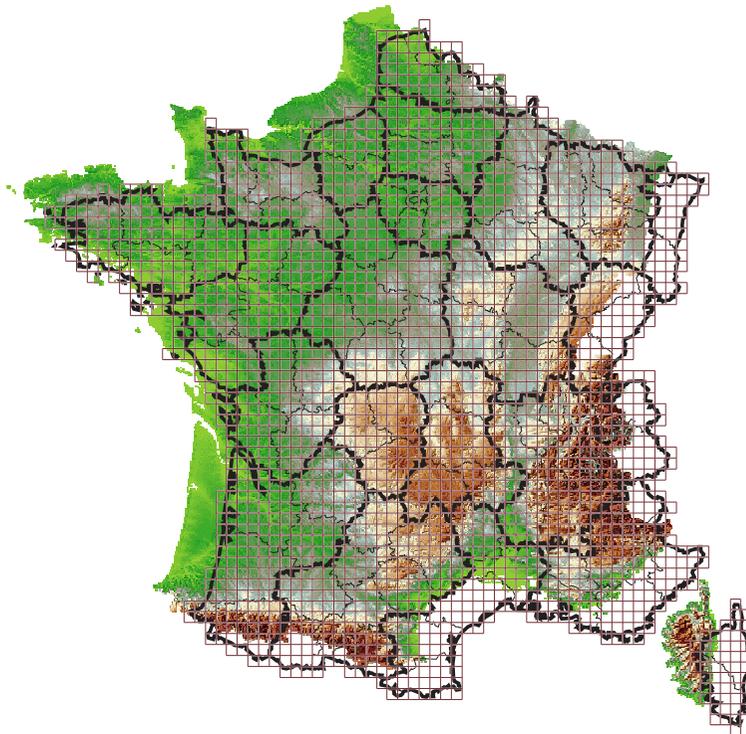


**Etude de l'Alimentation Totale
(AFSSA, INRA, Coord. Leblanc)**



Quelles évolutions ?

2^{ème} campagne RMQS 2012-2020



- Comparaisons entre les deux campagnes
- Nouveaux contaminants : As, Hg, Se, etc.
- ETM « biodisponibles »



Contacts & infos RMQS...

Responsable de projet : Claudy Jolivet
claudy.jolivet@orleans.inra.fr

US 1106 InfoSol
INRA Centre de Recherche d'Orléans
2163, Avenue de la Pomme de Pin
CS 40001 ARDON
45075 Orléans cedex 2
Tél. 02 38 41 78 00 - Fax 02 38 41 78 69
<http://www.gissol.fr>

Démystifier le transfert des contaminants minéraux du sol à la plante.

Laurence Denaix et Christophe Nguyen

INRA Centre de Bordeaux Aquitaine – UMR 1220 Transfert Sol-Plante et Cycle des Éléments Minéraux dans les écosystèmes cultivés – Equipe Biogéochimie des Éléments Traces

71 avenue E. Bourleaux 33883 Villenave d'Ornon Cedex

- mèl : denaix@bordeaux.inra.fr

- mèl : christophe.nguyen@bordeaux.inra.fr

Résumé

Les contaminants minéraux ou éléments-traces sont des éléments présents à des concentrations inférieures à 0,1 % dans les sols ou les roches et inférieures à 0,01% dans les organismes vivants. Certains sont des oligoéléments mais d'autres tels que le plomb, le cadmium, le césium sont toxiques quelle que soit leur concentration. Il est donc crucial de contrôler leur niveau de concentration dans les productions végétales destinées à l'alimentation animale ou humaine.

Les sols sont des compartiments accumulateurs en contaminants minéraux. En milieu agricole, ces éléments proviennent des retombées atmosphériques, des pesticides dont la bouillie bordelaise pour le cuivre, des engrais minéraux, des produits résiduels organiques (composts, fumiers, lisiers, boues de STEP...), des amendements calciques ou de l'irrigation. Par rapport à ces flux, on considère que seulement quelques pourcents (et dans la plupart des cas moins de 1%) des flux entrant à la parcelle percolent par drainage vers les nappes. Ainsi, au cours des années, les sols se sont chargés en éléments-traces contaminants.

Mais cela signifie-t-il qu'il y a une augmentation du danger d'accumulation dans les plantes ? Cela n'est pas si simple. En effet, il a été clairement démontré par de nombreuses études qu'il n'y a pas de relation directe et simple entre la concentration en contaminant minéral présent dans le sol et la concentration dans les végétaux cultivés sur ce sol. Cela s'explique par les mécanismes d'accumulation des contaminants minéraux dans les plantes. Ceux-ci proviennent majoritairement des sols (entre 60 et 95% suivant les éléments, les plantes et le niveau de contamination de l'atmosphère). Mais, pour qu'une plante absorbe un élément contaminant présent dans le sol, il faut qu'il soit biodisponible, c'est-à-dire qu'il soit présent sous une forme absorbable par la racine. Or, un élément inclus dans une structure minérale dans le sol sera peu disponible. Un élément complexé par de la matière organique sera moins disponible qu'un élément sous forme ionique présent dans la solution du sol.

Ainsi, la teneur en matière organique des sols, le pH, la teneur en argile seront des paramètres aussi importants voire plus importants que la teneur totale en métal du sol pour rendre compte de la biodisponibilité des éléments présents dans les sols et de leur accumulation.

L'accumulation par le végétal dépend aussi du végétal lui-même : de l'espèce, de l'organe, de la variété, des conditions de croissance (fertilisation).

En résumé, la quantité d'éléments contaminants prélevés par le végétal va dépendre de la biodisponibilité des éléments présents dans le sol et de la physiologie du végétal. La concentration dans un organe précis dépendra de propriétés génétiques et de la réponse du végétal à son environnement.

Mots clés : éléments-traces, accumulation, transfert sol-plante, biodisponibilité.

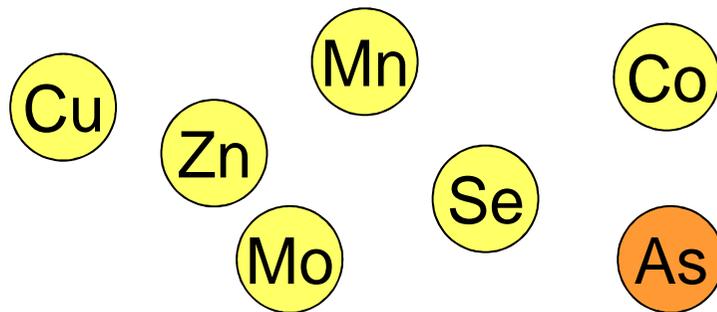
Démystifier le transfert des polluants minéraux du sol à la plante

Laurence Denaix et Christophe Nguyen
UMR TCEM – INRA Centre de Bordeaux Aquitaine

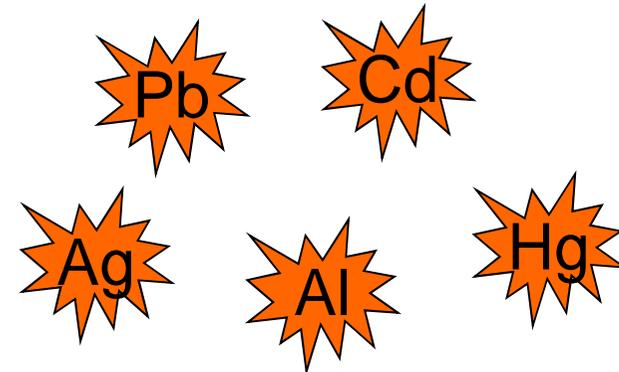
Que sont les polluants minéraux (éléments traces) des sols ?

Les éléments traces (< 0.1 % de la masse de sol) sont

**Nécessaires (OLIGOELEMENTS)
Mais toxiques au-delà d'un seuil**

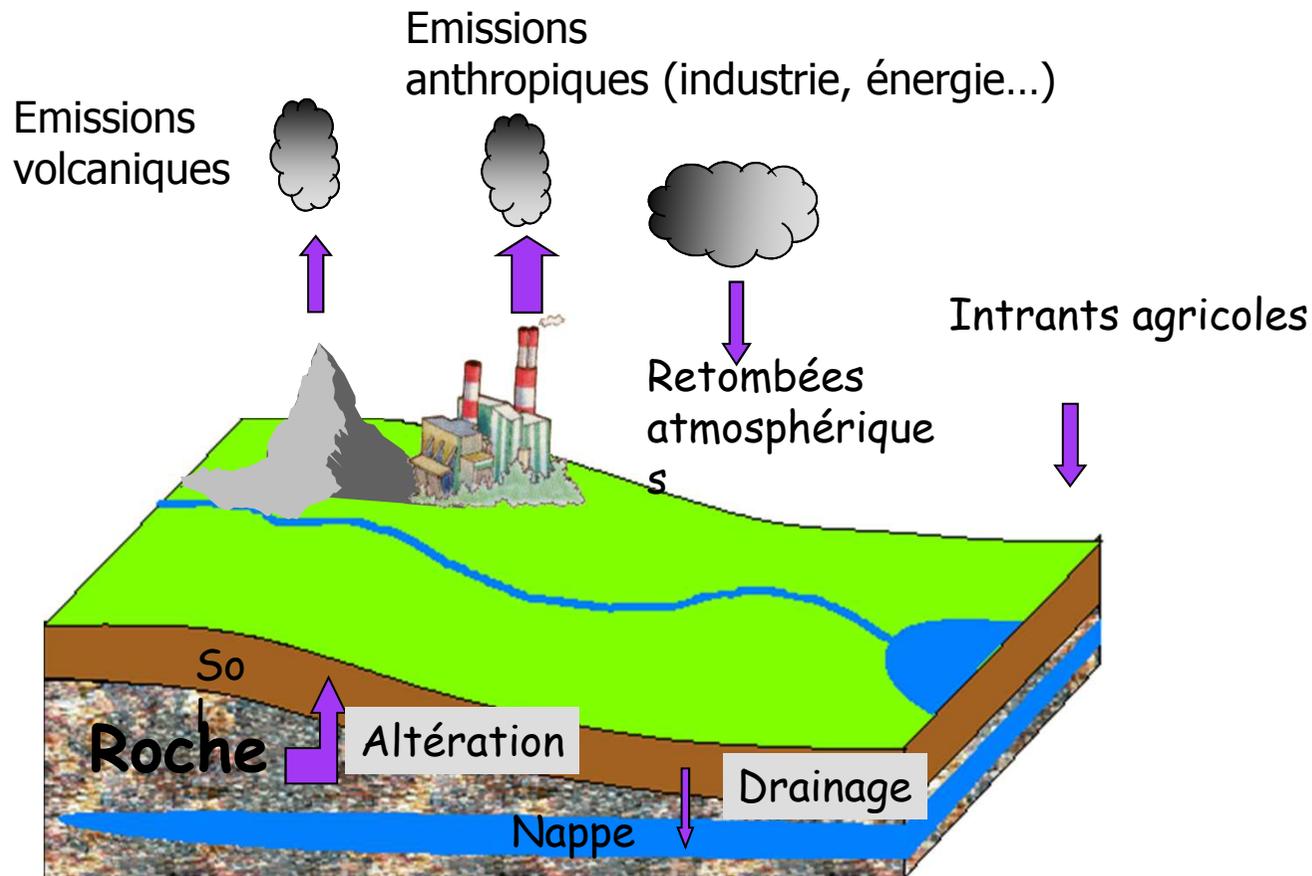


Toujours toxiques

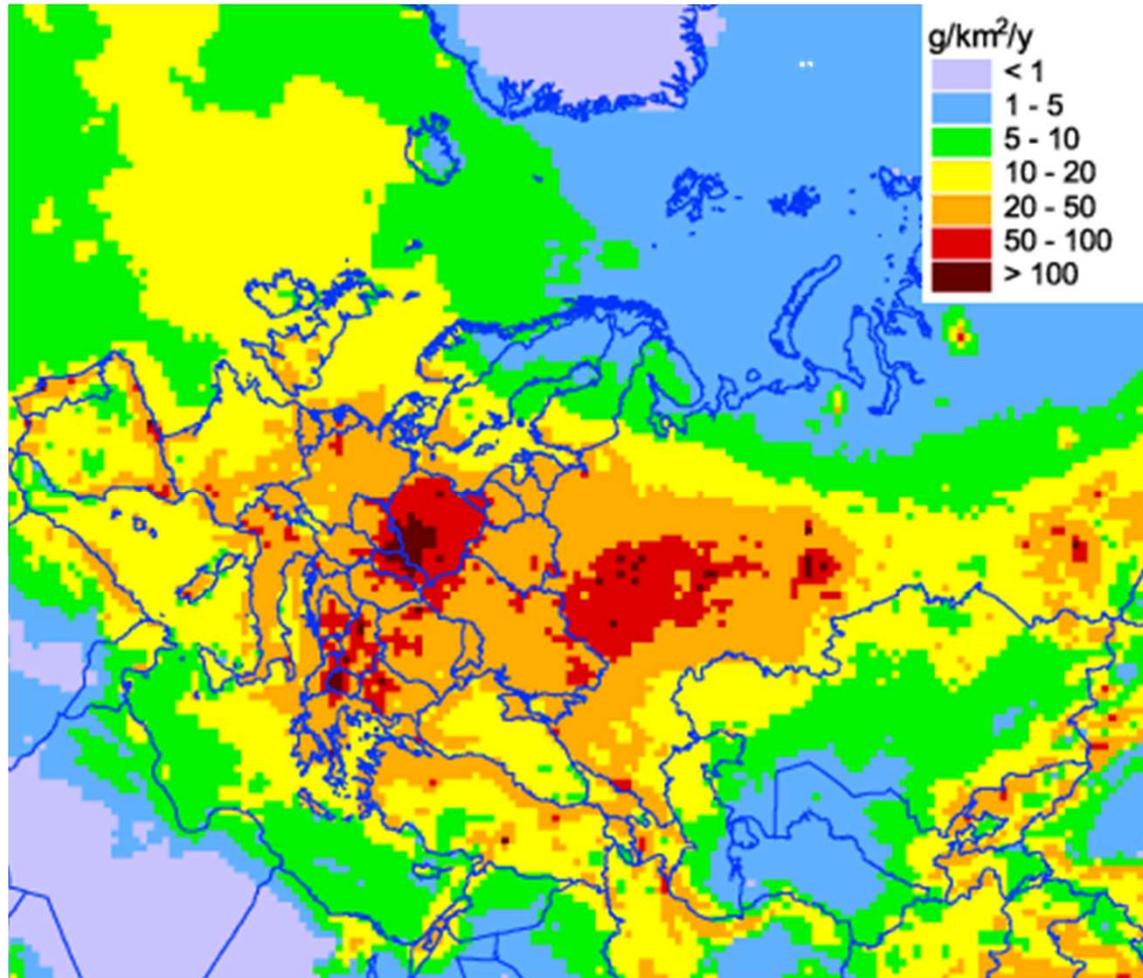


D'où viennent les éléments traces des sols agricoles ?

Une origine naturelle + une origine anthropique



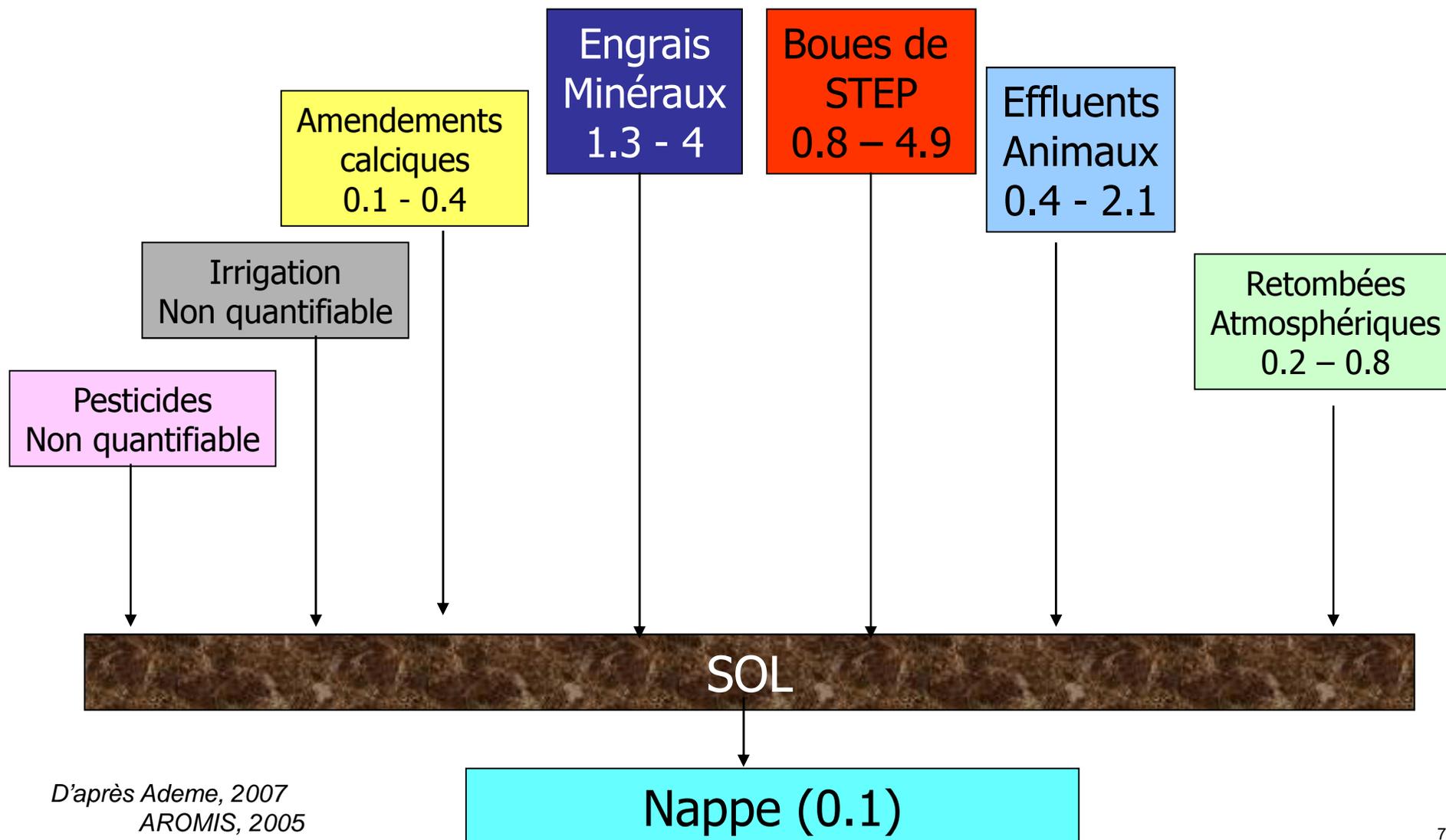
Emissions à l'échelle européenne Cadmium en 2008



Identification
de zones avec de
forts dépôts

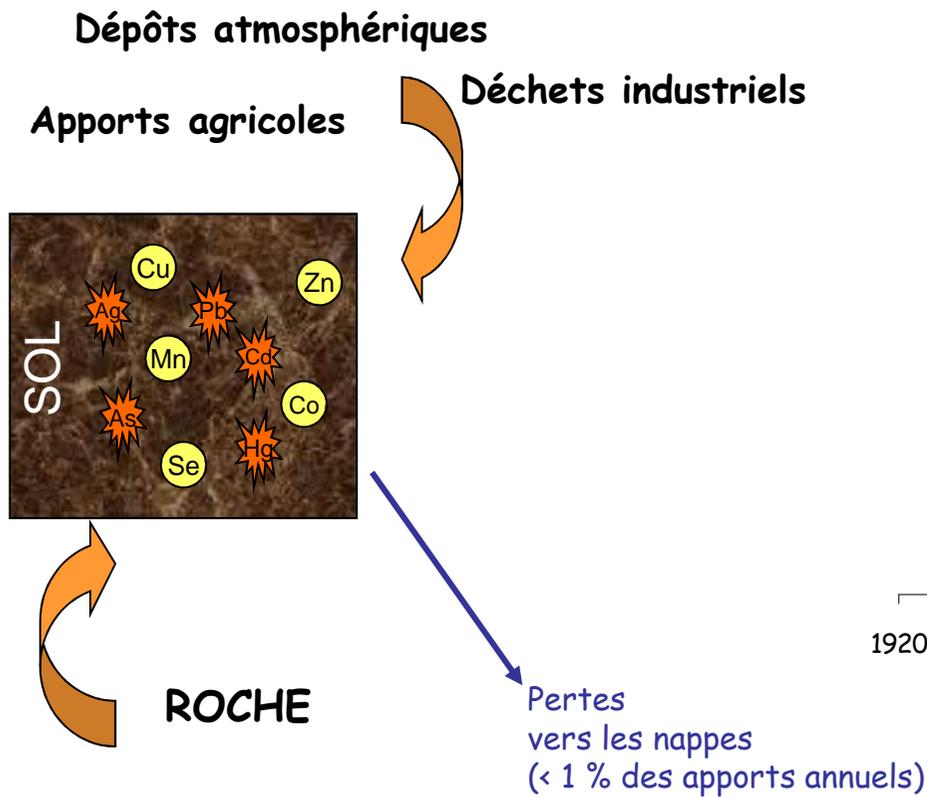
http://www.msceast.org/hms/emission_map.html

Flux moyen de cadmium sur les parcelles agricoles (g/ha/an)

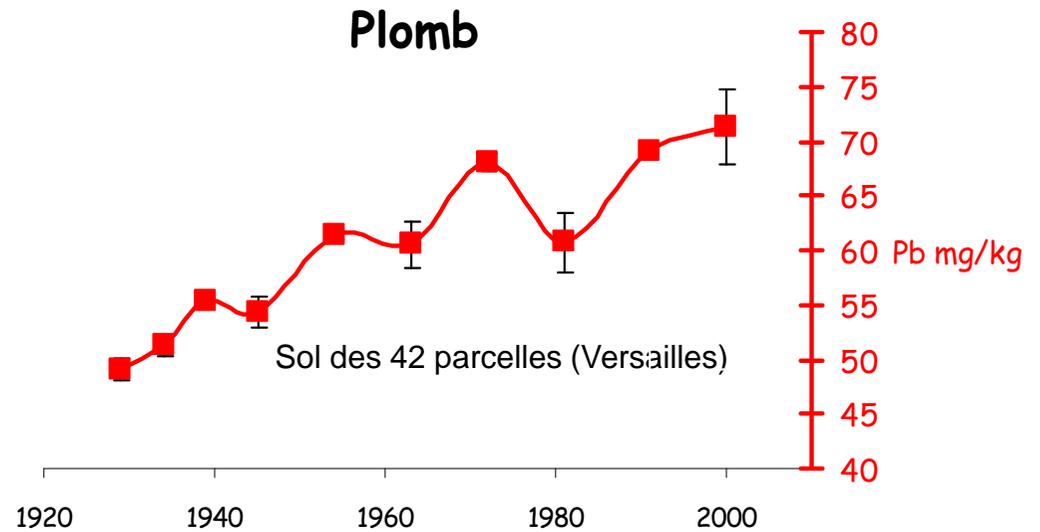


D'après Ademe, 2007
AROMIS, 2005

Les sols accumulent les contaminants minéraux



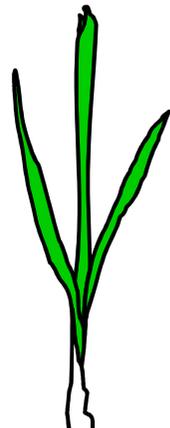
Accumulation au cours du temps



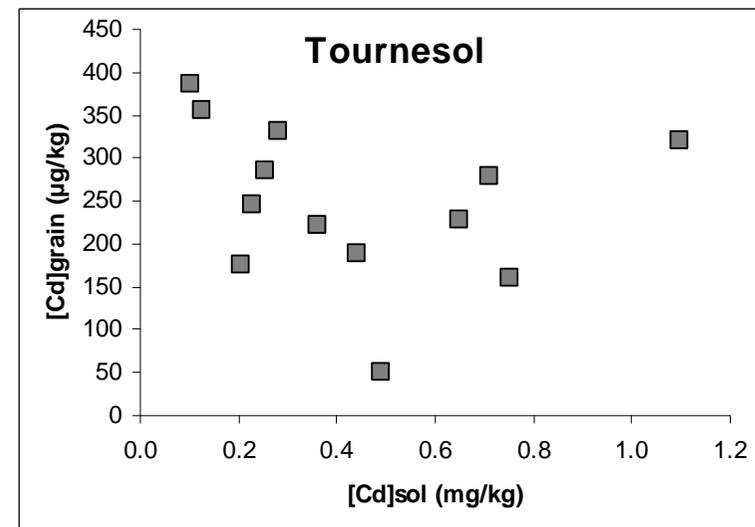
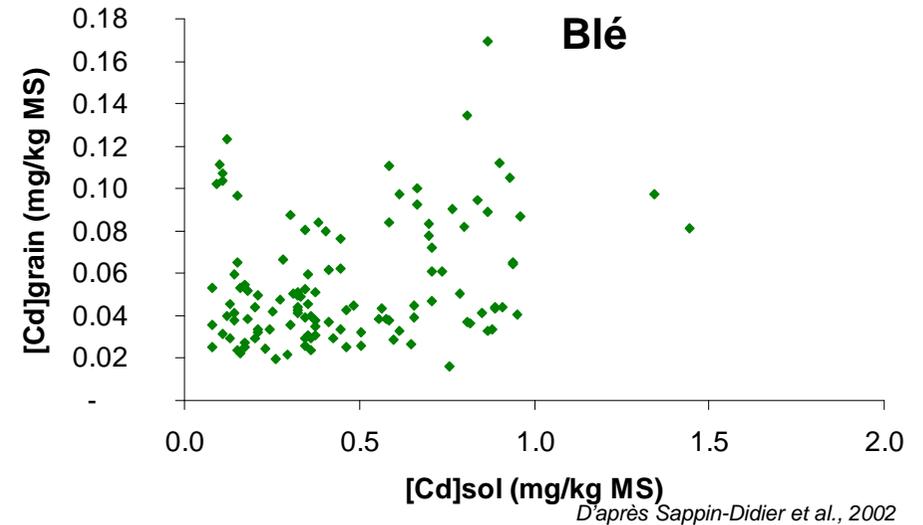
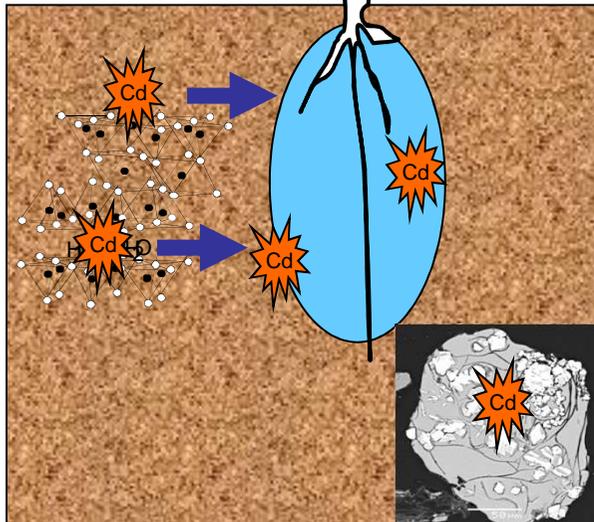
Semlali, 2000

Pour des cas de contamination diffuse,
 pas de relation entre la **teneur totale** dans un sol
 et la teneur dans le végétal = Notion de disponibilité

La plante prélève
 dans la solution du
 sol

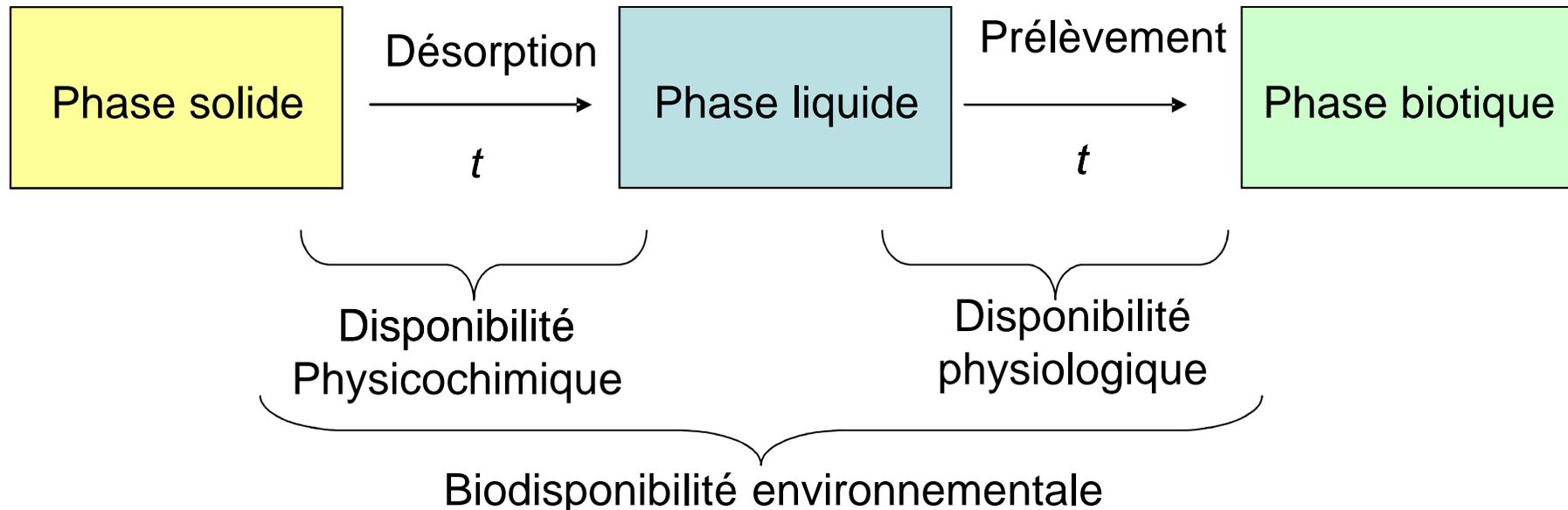


La disponibilité du
 métal dépend de sa
 localisation dans le
 sol

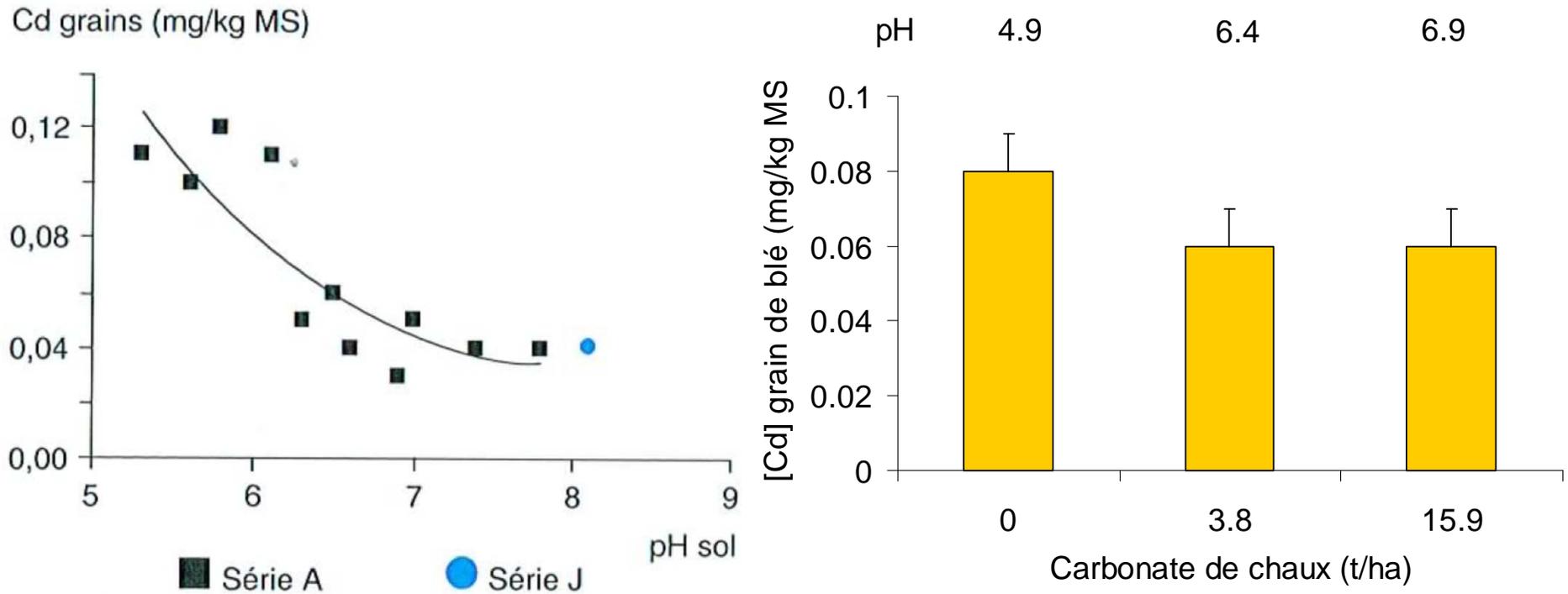


Pour qu'un élément soit prélevé, il faut qu'il soit disponible

- Quantité d'un élément susceptible d'être transférée vers un organisme vivant (phytodisponibilité = vers les plantes)



Une augmentation de pH diminue la biodisponibilité

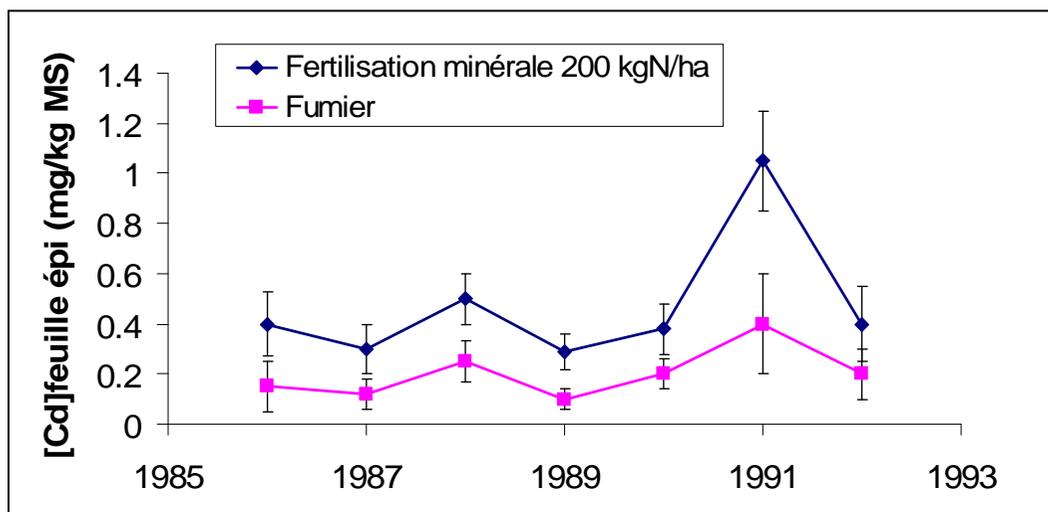


Sappin-Didier et al., 2002

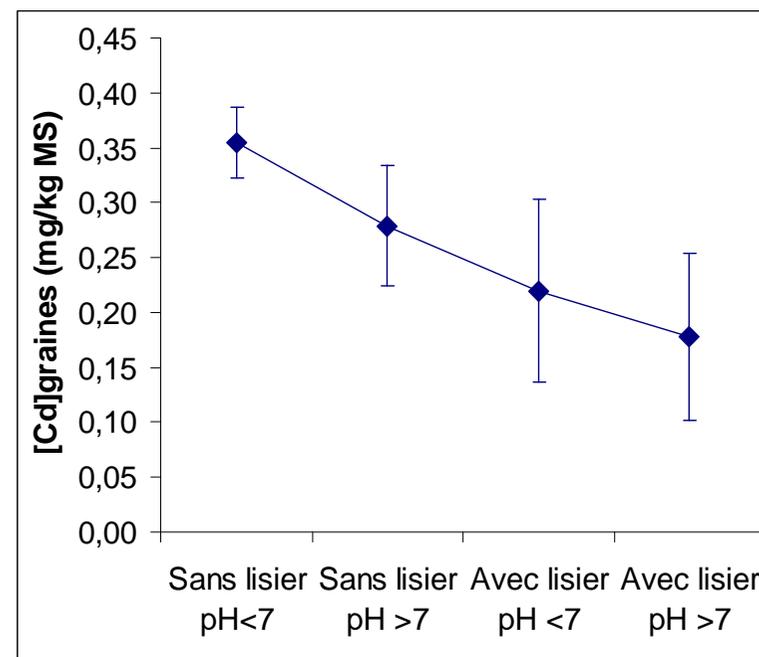
A pH plus élevé, la concentration en ETM dans le végétal est souvent plus faible

Rôle de la matière organique sur la biodisponibilité

Feuille de maïs



Graine de tournesol



Lors d'apport de matières organiques, la concentration en ETM dans le végétal est souvent plus faible

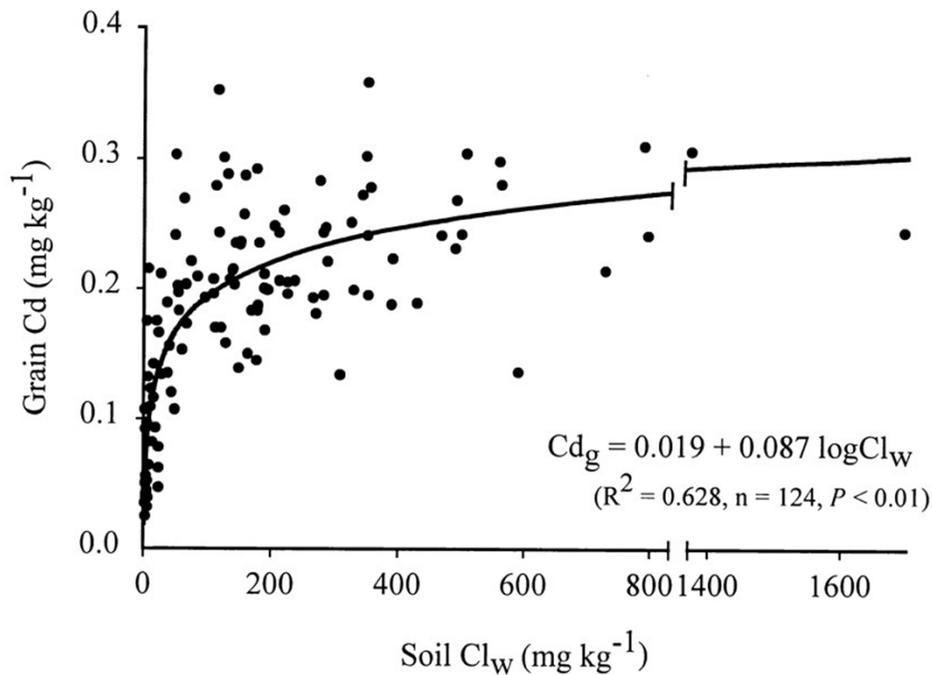
Effet combiné d'une augmentation de teneur en contaminant et d'un abaissement de pH

Exemple d'un essai longue durée d'épandage de boues

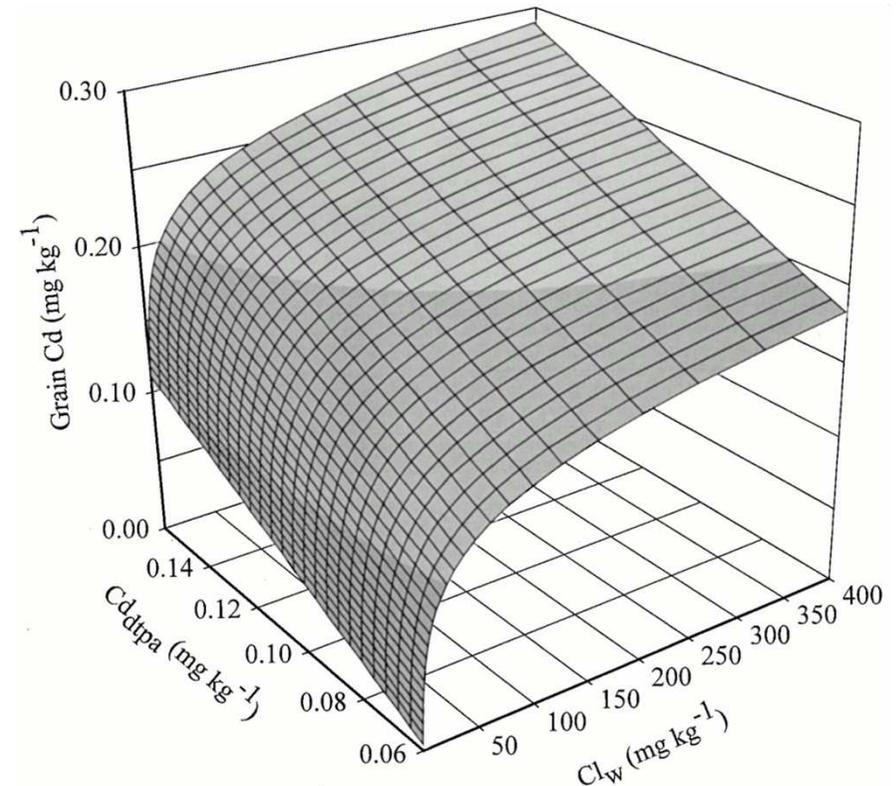
	Témoin	Ammonitrate 200 Unités	Boues 10t/ha
pH	6.4	5.7	6.4
Cadmium sol (mg/kg)	0.2	0.3	0.9
Plomb sol (mg/kg)	19	19	34
Zinc sol (mg/kg)	25	27	114

La concentration des éléments minéraux des végétaux augmente plus si on abaisse le pH d'une unité que si on multiplie par 3 la concentration en métaux dans les sols

Effet de la qualité de l'eau d'irrigation sur la biodisponibilité

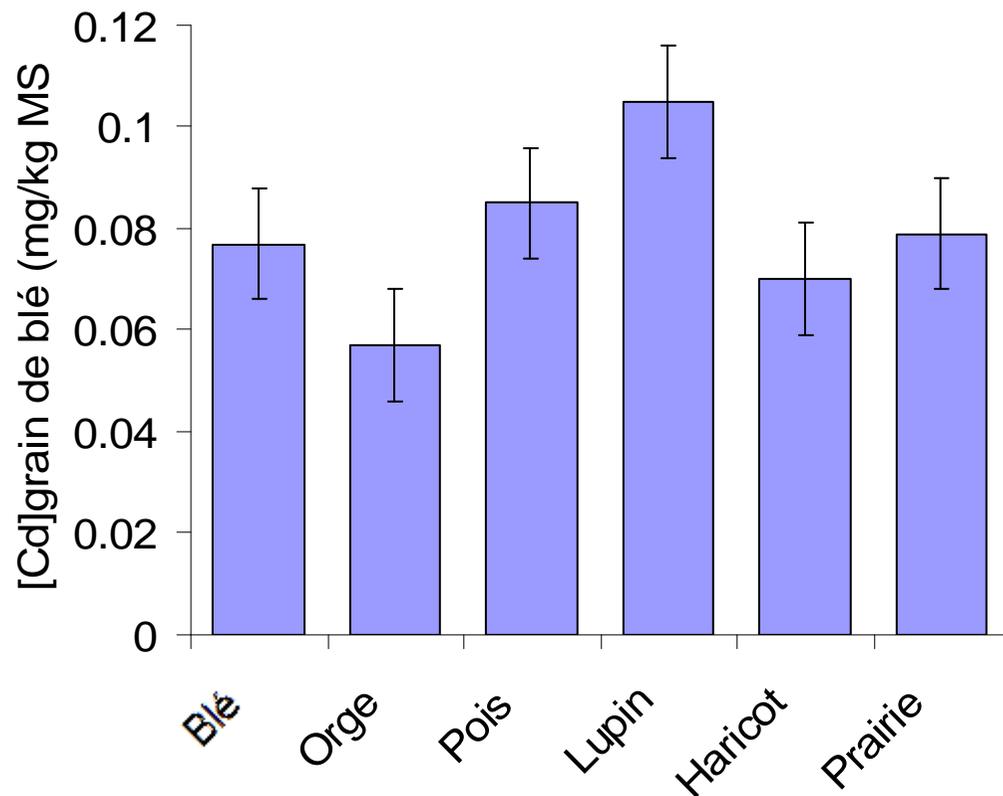


Norvell et al. 2000



Une augmentation de chlorure en solution conduit à une augmentation de la concentration en ETM

Effet du précédent cultural



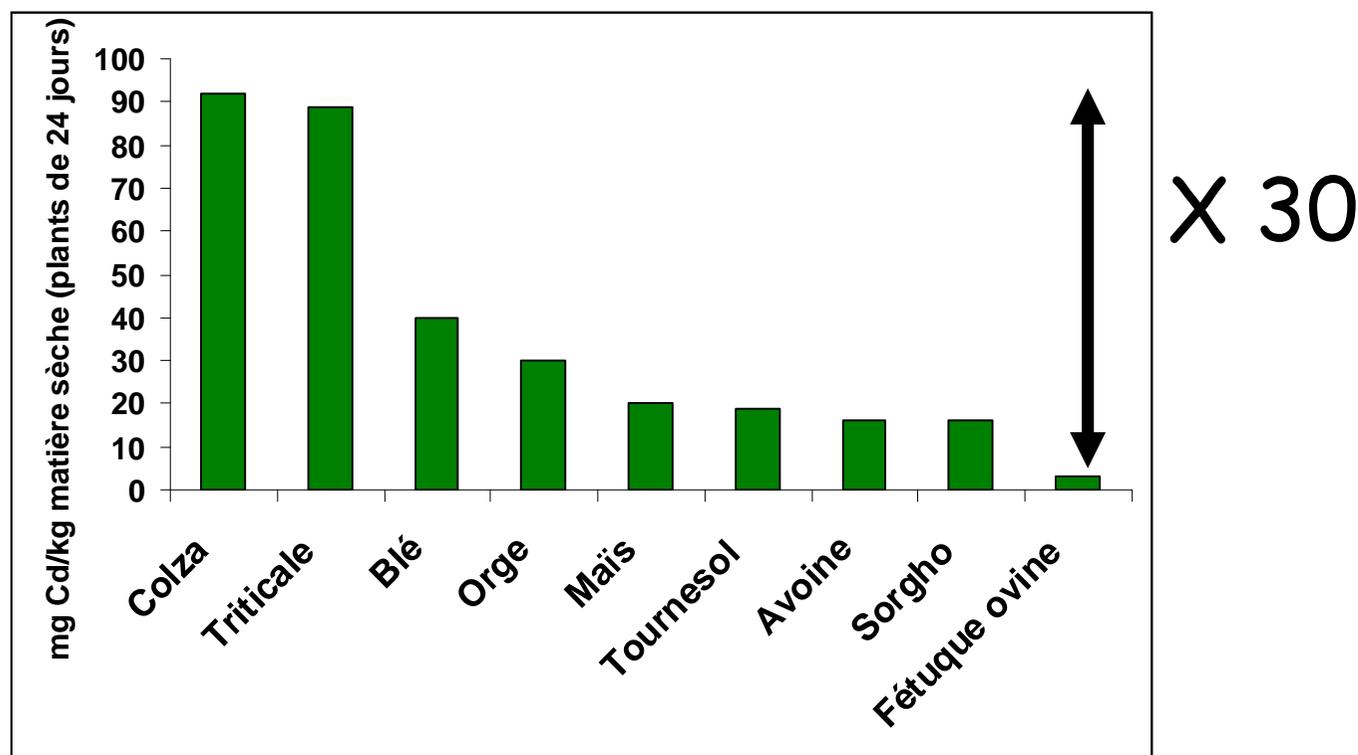
Essai longue durée
N=80 kg/ha

[Cd]blé ↗ après lupin
[Cd]blé ↘ après orge

Oliver et al., 1993

Des espèces différentes prélèvent différemment

Exemple pour le cadmium:

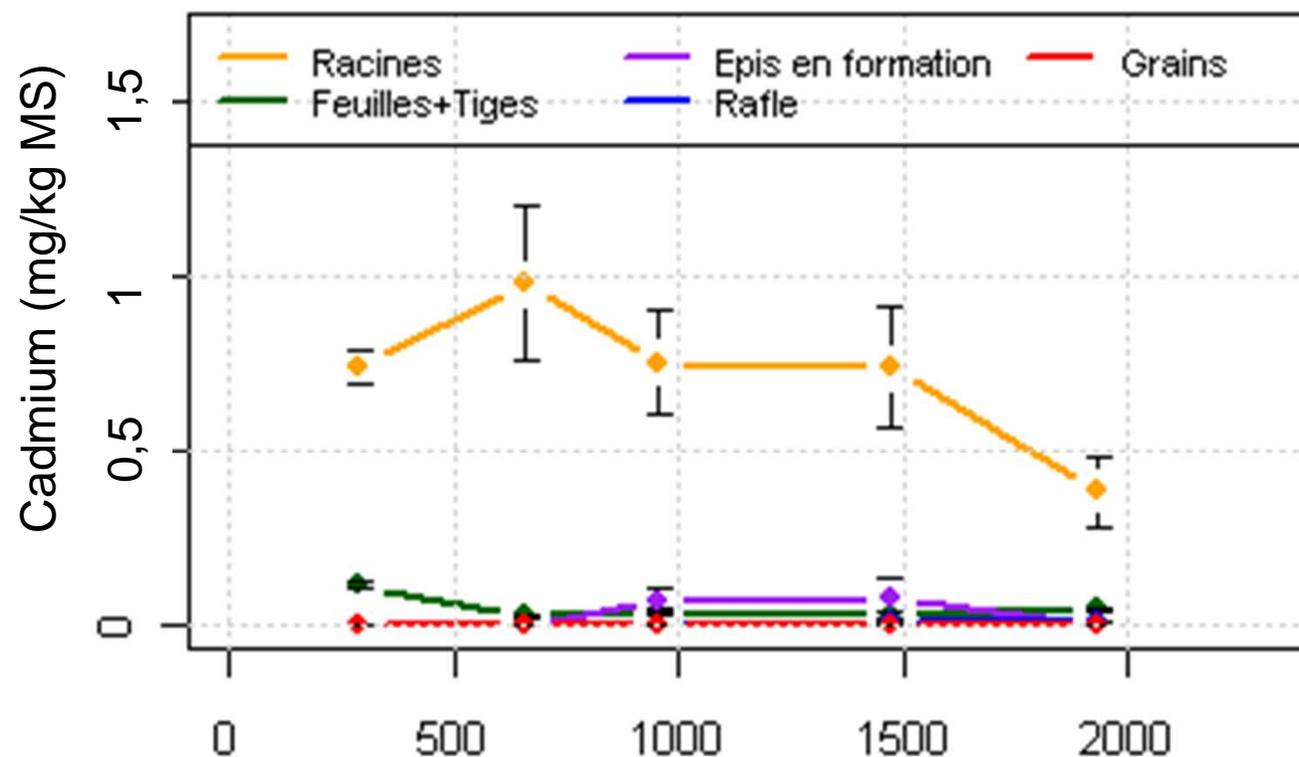


Cadmium :
peu accumultrices
Légumineuses

modérément accumultrices
Graminées, Liliacées,
Cucurbitacées et Ombellifères

fortement accumultrices
Chénopodiacées, Crucifères
Solanacées, Composées

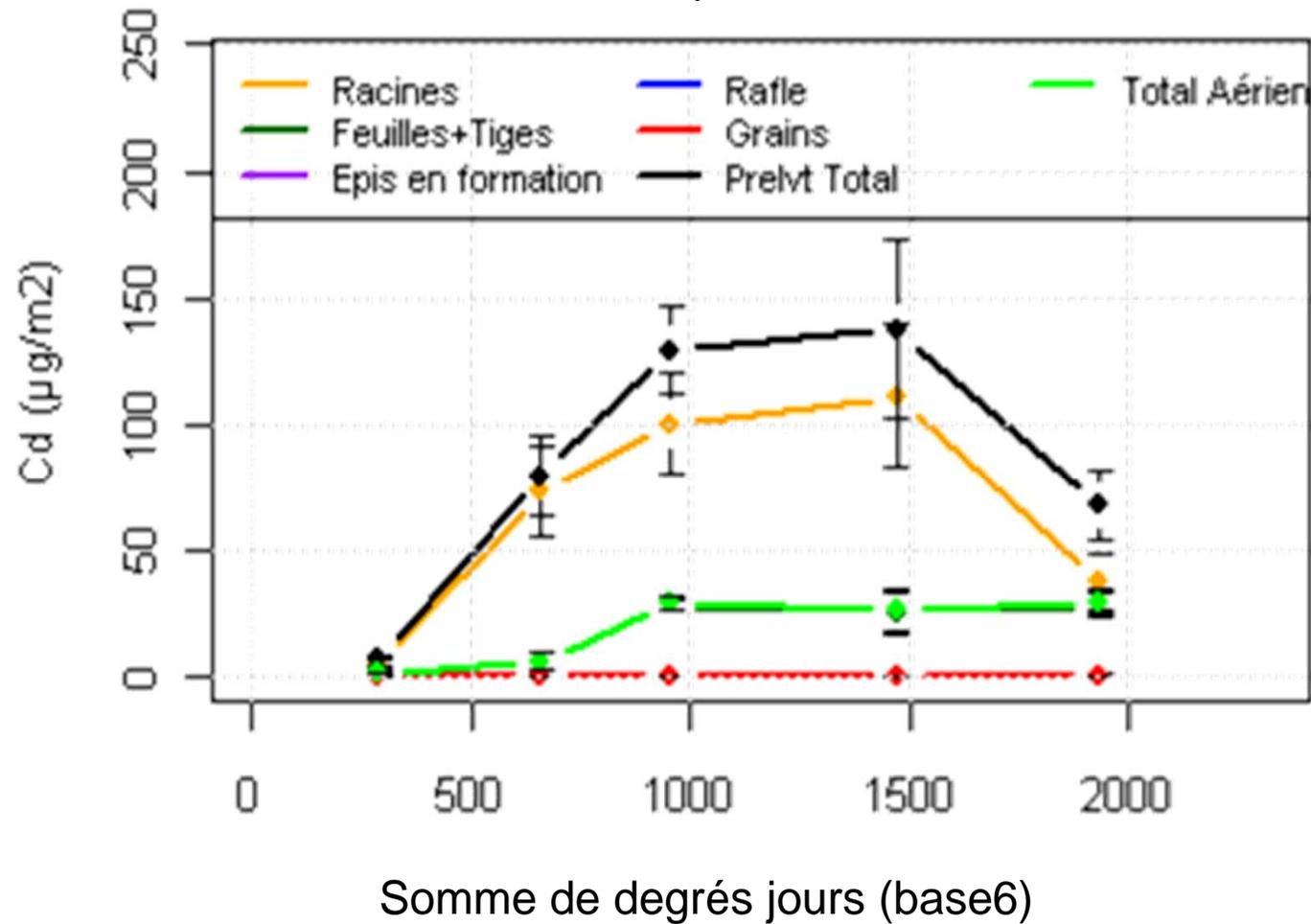
Des organes différents accumulent différemment



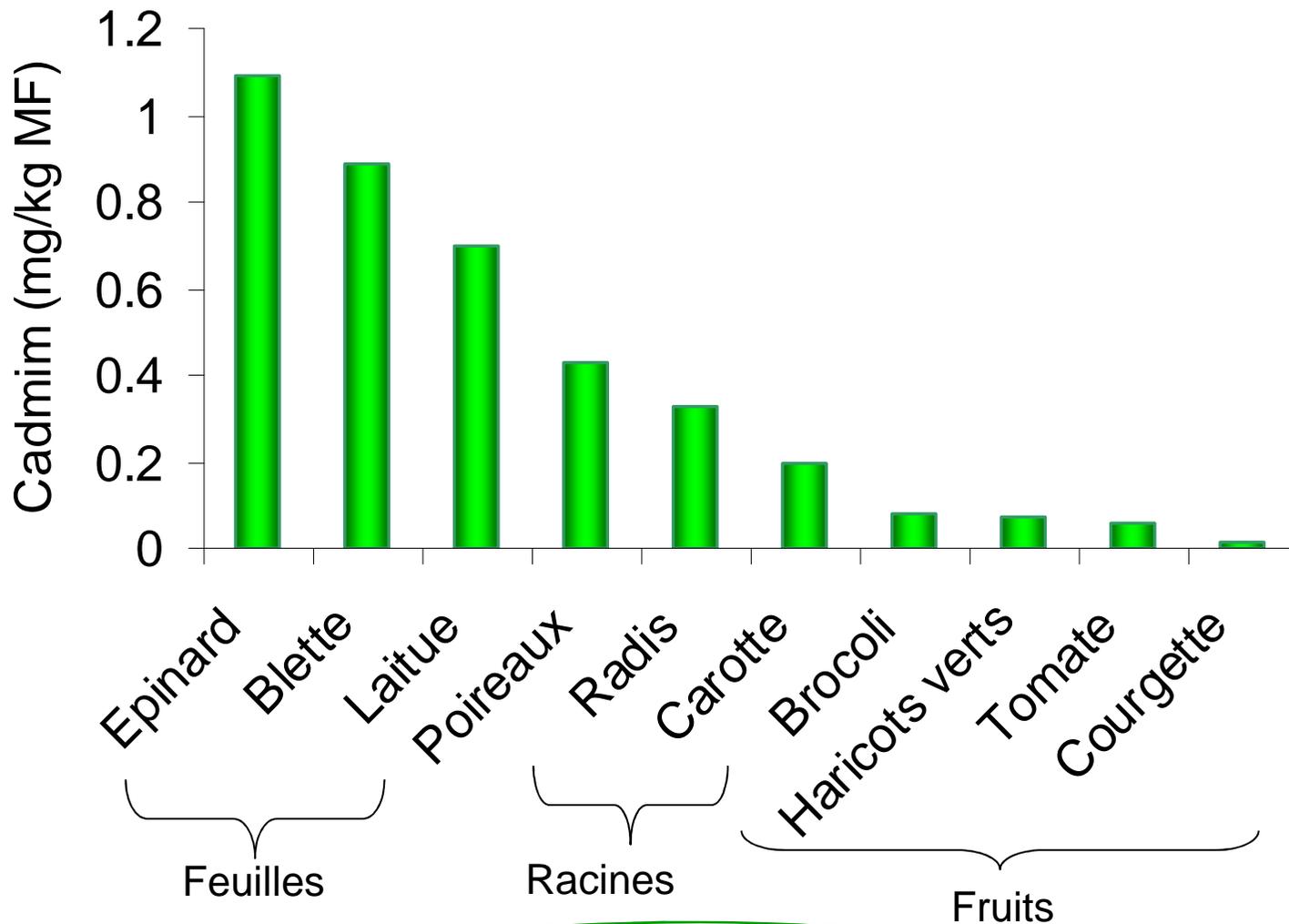
Somme de degrés jours (base6)

Racines >> Feuilles = Tiges > Grains ou graines

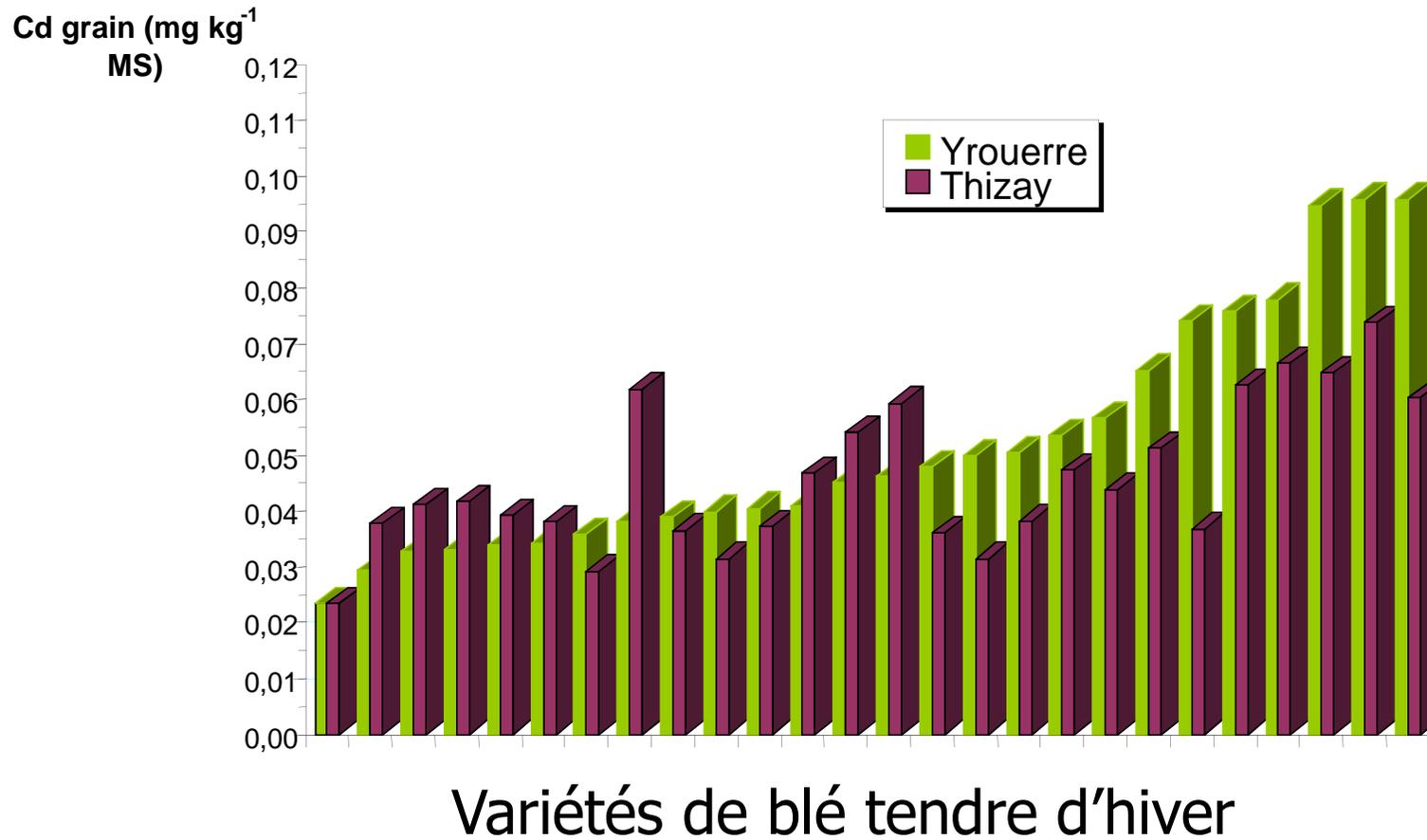
Les différents organes contribuent différemment à la masse prélevée



Suivant les organes végétaux récoltés, les niveaux d'accumulation sont variables



Des variétés différentes accumulent différemment



Conclusion

La concentration dans la plante dépend de la biodisponibilité dans le sol et de la physiologie de la plante

- Le comportement des contaminants minéraux dans la plante dépend :
 - De la génétique
 - De la réponse de la plante aux conditions du milieu
- La biodisponibilité des contaminants minéraux des sols dépend :
 - Du pH
 - De la teneur en matière organique
 - De la proportion d'argile
 - De la teneur totale en contaminants minéraux
 - De la minéralogie du sol.

Comment agir pour limiter l'accumulation des contaminants minéraux?

- Contrôler le pH
- Apporter de la matière organique
- Limiter les intrants contaminants
- Surveiller la qualité de l'irrigation
- Jouer sur l'espèce à cultiver
- Sélectionner les variétés peu accumulatrices

Mais il reste encore beaucoup de choses à mieux comprendre, en conditions de plein champ notamment

Mycotoxines des céréales : de la mise en place de la réglementation à la gestion du risque

Bruno Barrier-Guillot

ARVALIS - Institut du Végétal, Pôle Qualité Sanitaire et Stockage, 91720 Boigneville

- m^{él} : B.Barrier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Résumé

Après un rappel sur les principes de l'analyse de risque, de l'évaluation à la gestion du risque, cet exposé reprend la démarche et les différentes actions apportées par un Institut Technique comme ARVALIS-Institut du végétal sur le cas des mycotoxines de *Fusarium* des céréales. Ces actions peuvent se décomposer en 3 principales étapes :

1- Etre acteur et pourvoyeur d'informations auprès des décideurs en matière de législation, et avoir une bonne connaissance de l'occurrence

ARVALIS - Institut du végétal a apporté son appui technique auprès de l'interprofession céréalière, de manière à porter une position de filières tenant compte de la spécificité de chaque maillon ou métier, de l'amont à l'aval. Apporter des informations auprès des décideurs en matière de législation passe nécessairement par une bonne connaissance de l'occurrence des mycotoxines sur céréales. De plus, il est important d'avoir une vision pluriannuelle, multi-mycotoxines et multi-espèces de manière à identifier les couples toxines-espèces les plus pertinents.

2- Identifier les différents moyens de maîtrise et proposer des outils de gestion du risque mycotoxines du champ au silo

L'objectif principal a été d'identifier, de hiérarchiser et de pondérer les différents leviers, ainsi que les interactions entre les différents facteurs, afin de proposer aux opérateurs des outils de maîtrise le risque de contamination par les fusariotoxines du champ au silo. Après avoir identifié les principaux facteurs de risque, l'objectif principal a été de proposer des bonnes pratiques agricoles pour maîtriser le risque et surtout de proposer aux opérateurs des outils de gestion du risque. Plusieurs types d'outils ont été mis au point et proposés, avec pour exemple les grilles agronomiques et l'outil Myco-LIS®.

3- Communiquer très largement auprès des agriculteurs et des opérateurs économiques.

Si un travail conséquent a été accompli en termes d'acquisition de références et d'amélioration des connaissances, il était tout aussi important de largement communiquer ces nouvelles références pour répondre aux récentes contraintes réglementaires auxquelles doivent faire face les opérateurs économiques : formations, journées techniques, articles de vulgarisation, brochures, guide interprofessionnel de gestion du risque au sein de la filière céréalière française...

Mots clés : Mycotoxines, *Fusarium*, céréales, réglementation, gestion du risque

Mycotoxines des céréales : de la mise en place de réglementation à la gestion du risque

Bruno BARRIER-GUILLOT



Les mycotoxines produites au champ et au stockage en France

Champignons

Mycotoxines

De champ



Fusarium



Trichothécènes

- type A (T2* et HT2*)
- type B (DON^{(a)(b)}, NIV)

Zéaralénone^{(a)(b)}

Fumonisines B1, B2 ^{(a)(b)}

De stockage

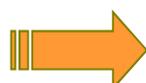


Aspergillus



Aflatoxines^{(a)(c)}

Penicillium



Ochratoxine A (OTA ^{(a)(b)})

Citrinine

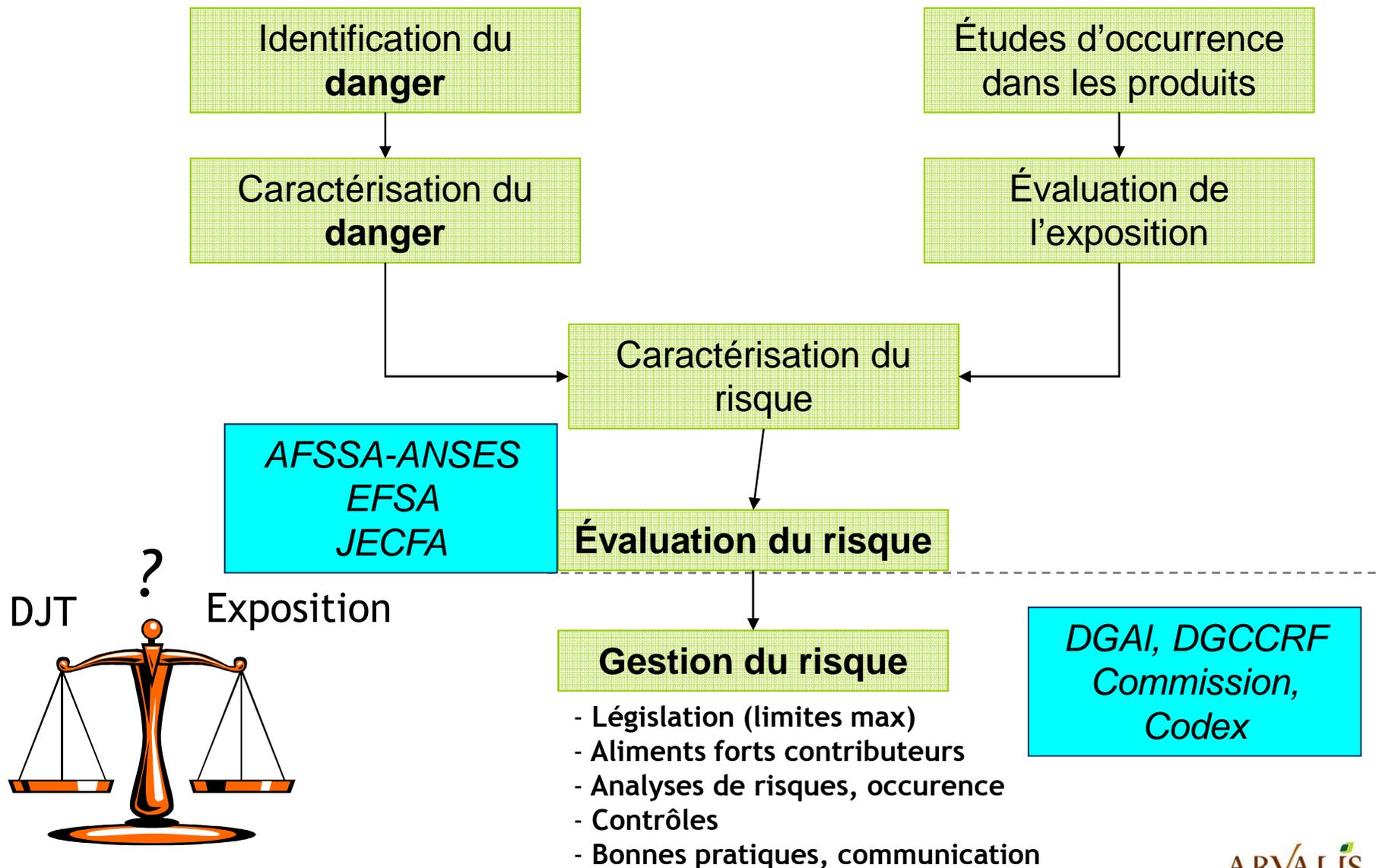
(a) Réglementé en alimentation humaine

(b) Recommandé en alimentation animale

(c) Réglementé en alimentation animale

* Limites en cours d'élaboration en alimentation humaine

Danger / Evaluation et gestion du risque



Évaluation du risque (EFSA, AFSSA-ANSES)

Danger

Etude
Toxicologique
Toxicité aiguë
à moyen terme
à long terme

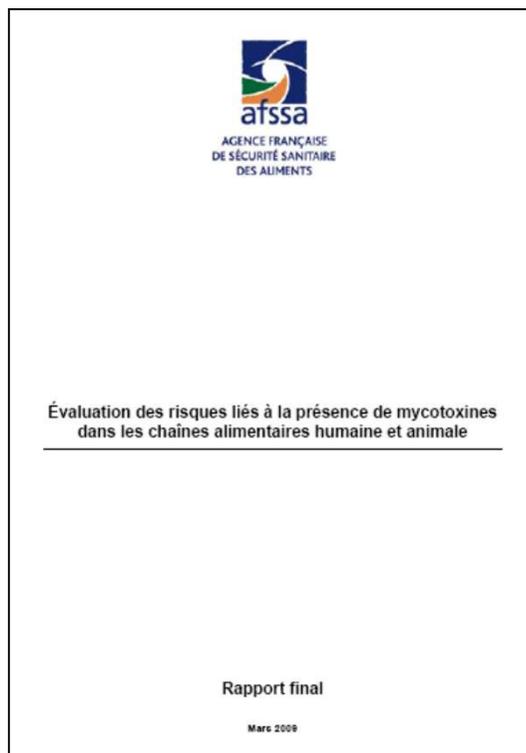


Dose sans effet
observé **DSE**
chez l'animal
(qté/kgPV/j)

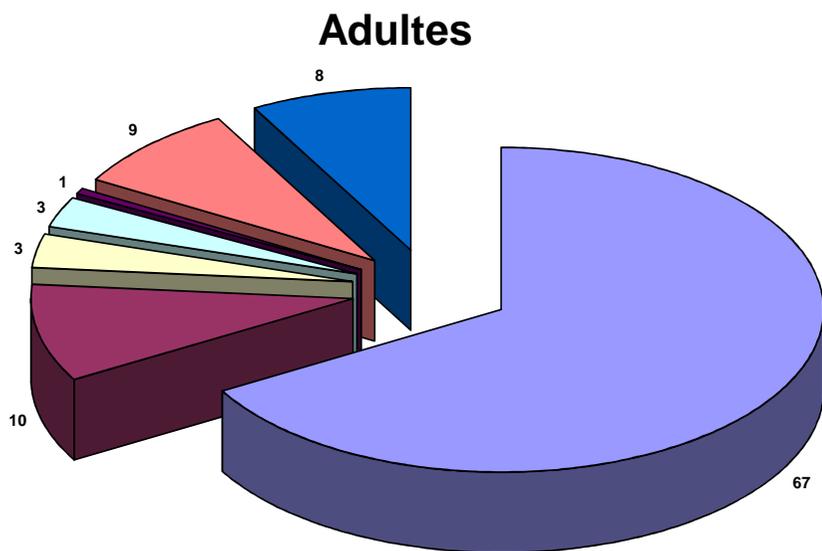
*Coefficient
de sécurité*



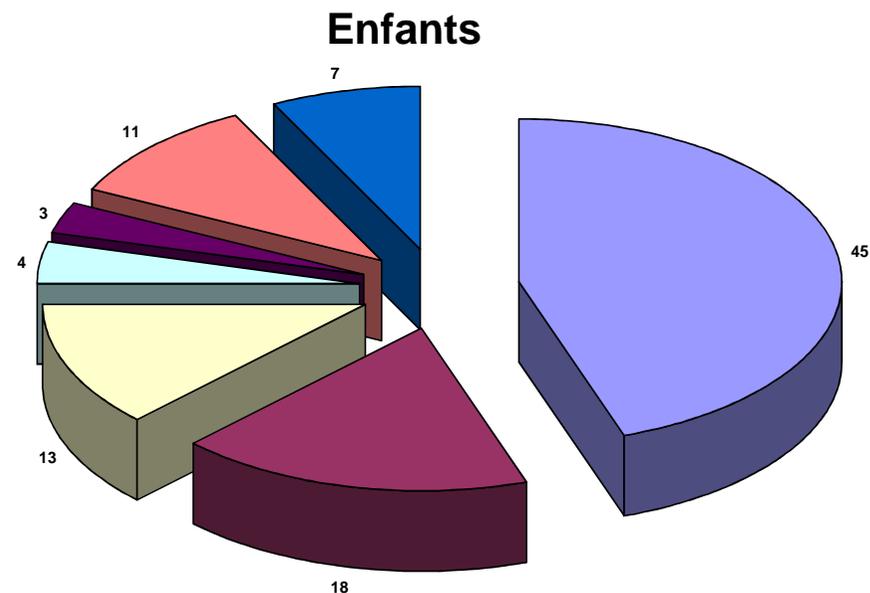
Dose journalière
tolérable **DJT**
chez l'homme
(qté/kgPV/j)



Exposition des consommateurs français au DON et aliments contributeurs



Exposition totale moyenne = **28%** de la DJT



Exposition totale moyenne = **45%** de la DJT



EAT1, Leblanc et al., 2005

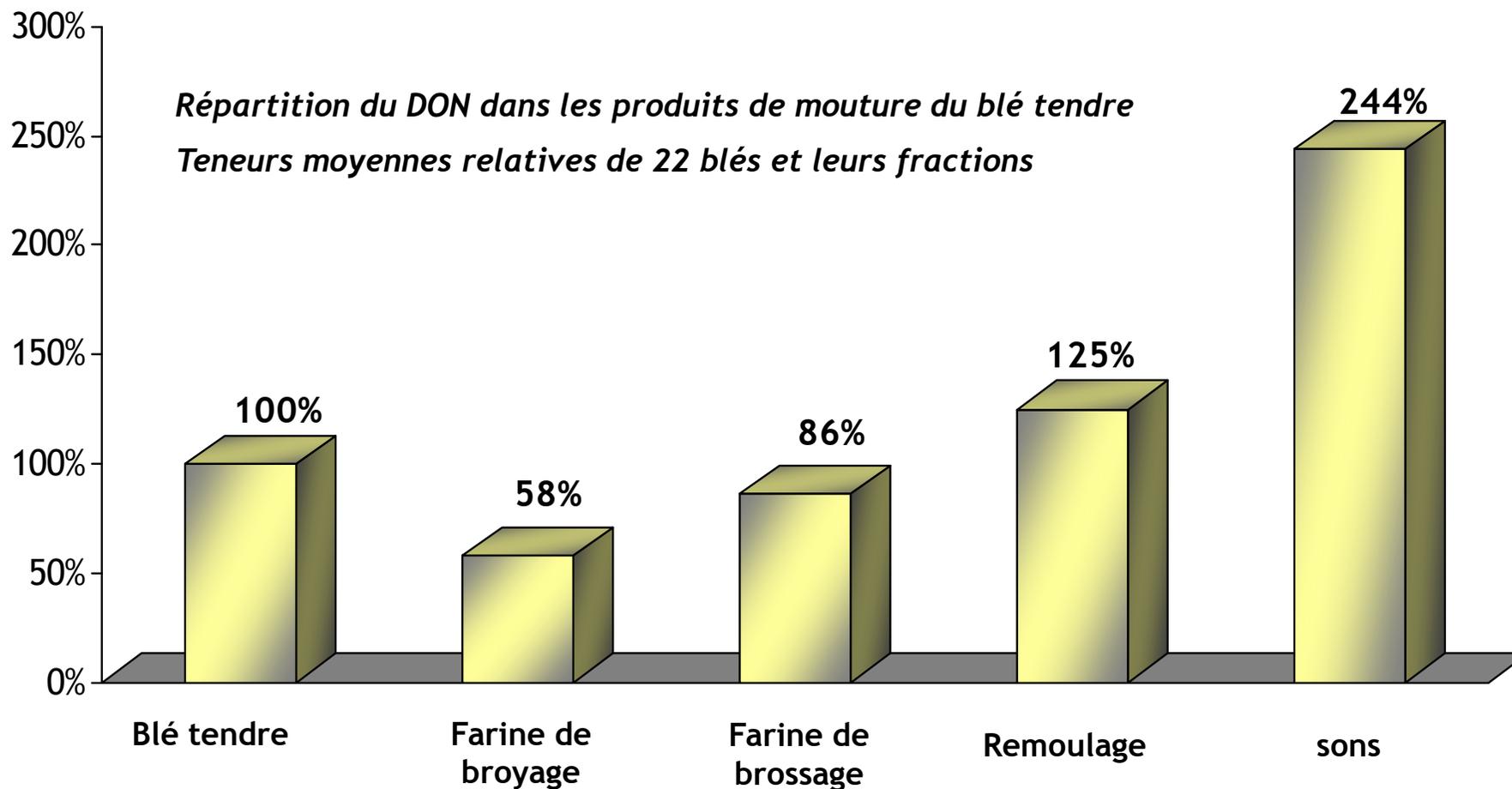
Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

Démarche suivie par ARVALIS-Institut du végétal sur les mycotoxines des céréales

- 1. Etre pourvoyeur d'informations auprès des décideurs en matière de législation et avoir une bonne connaissance de l'occurrence***
 - 2. Identifier les différents moyens de maîtrise et proposer des outils de gestion du risque mycotoxines du champ au silo***
 - 3. Communiquer très largement auprès des agriculteurs et des opérateurs économiques***
- ***A noter la nécessité de pouvoir disposer de méthodes d'échantillonnage et d'analyses performantes***

1- Etre pourvoyeur d'informations auprès des décideurs en matière de législation et avoir une bonne connaissance de l'occurrence

Tenir compte des coefficients de passage du blé aux produits de moutures



Source ARVALIS - 2006

Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

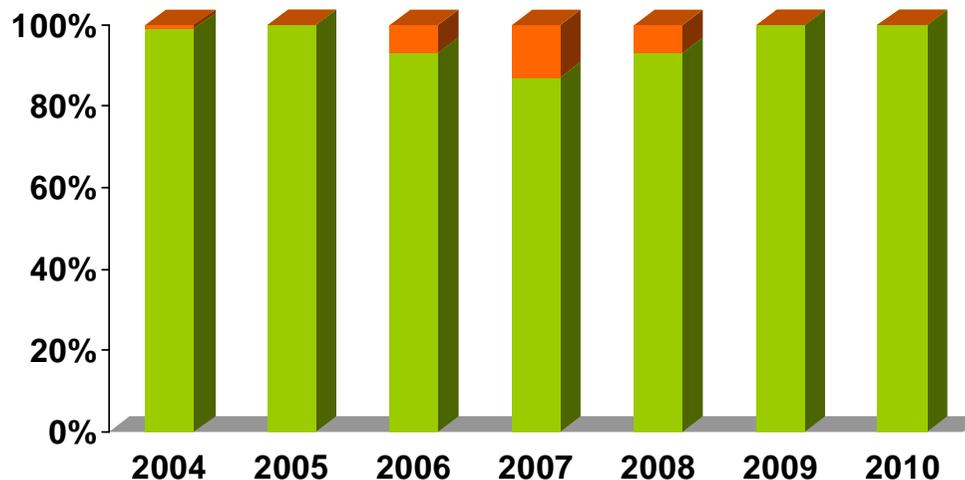
Historique teneurs en DON des blés en France

2004 à 2006, 2009, 2010 :
pression très faible

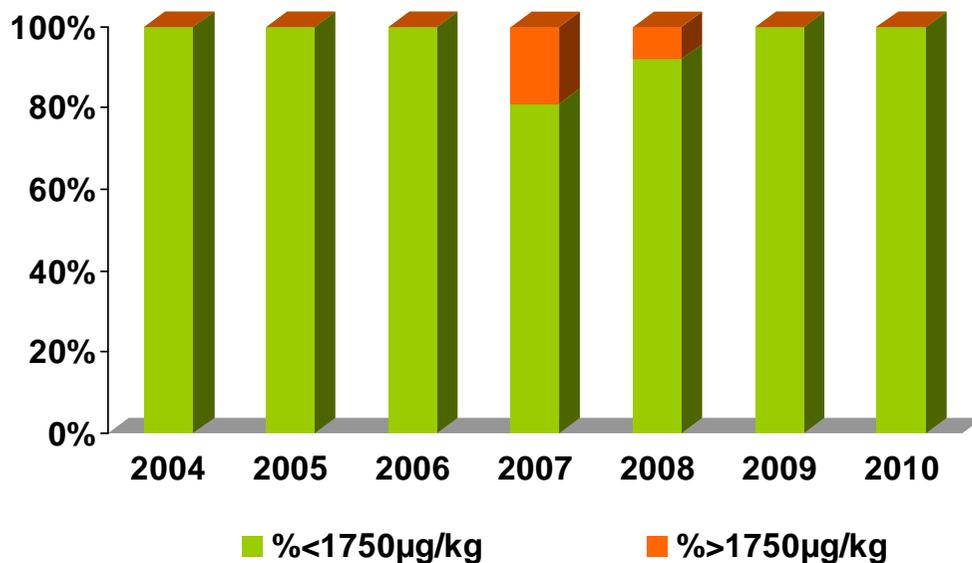
2007, 2008 : pression forte

100% des blés sont < 8000 µg/kg,
utilisables en alimentation animale

Blé tendre



Blé dur



Source : ARVALIS - FranceAgriMer
Enquêtes au champ
En % des surfaces enquêtées

Le risque dépend des mycotoxines et des céréales

		Mycotoxines de					
		champ				stockage	
		DON	ZEA	FUMO	T2-HT2	OTA	AFLA
Grains	Blé tendre	Fort	Modéré	Faible	Faible	Modéré	Faible
	Blé dur	Fort	Modéré	Faible	Faible	Modéré	Faible
	Orge de printemps	Modéré	Modéré	Faible	Modéré	Modéré	Faible
	Orge d'hiver	Modéré	Modéré	Faible	Faible	Modéré	Faible
	Maïs	Fort	Fort	Fort	Faible	Modéré	Faible
	Seigle	Fort	Modéré	Faible	Faible	Modéré	Faible
	Sorgho	Modéré	Fort	Faible	Faible	Modéré	Faible
	Avoine	Fort	Modéré	Faible	Fort	Modéré	Faible
	Triticale	Fort	Modéré	Faible	Faible	Modéré	Faible

Risque

■ Faible ■ Modéré ■ Fort

Ce tableau est à titre d'exemple. L'analyse de risque doit être adaptée en fonction de la zone géographique et des risques de l'année.

Le risque T2/HT2 est un risque relatif en l'absence de limites maximales réglementaires ou recommandées, contrairement aux autres toxines.

Une consultation par la Commission des organisations professionnelles

- INTERCEREALES : interprofession céréalière française
 - Producteurs de céréales
 - Collecteurs et négociants
 - 1^{ère} transformation (food et feed)
 - Exportateurs

- ARVALIS : Expertise technique



- **Consultation filières**
 - **Rencontre représentants nationaux**
 - **Consultation autres états membres**
 - **Consultation associations européennes**
 - **Argumentaires documentés**
 - **Interventions annuelles Forum Européen de consultation**
 - **Rencontres Commission Européenne**



Réglementation Européenne mycotoxines en alimentation humaine

AFLATOXINES

Limites maximales aflatoxine B1

- ♦ 2 µg/kg céréales
- ♦ 5 µg/kg maïs destiné à être trié

Limites maximales aflatoxines B1-B2-G1-G2

- ♦ 4 µg/kg céréales
- ♦ 10 µg/kg maïs destiné à être trié

OCHRATOXINE A

Limites maximales

- ♦ 5 µg/kg céréales
- ♦ 3 µg/kg céréales transformées



Réglementation Européenne mycotoxines en alimentation humaine

Règlement européen 1881/2006
du 19 décembre 2006
Modifié le 28 septembre 2007 pour le maïs

		Limites maximales (µg/kg) applicables à partir du :			
		1 ^{er} /07/06	1 ^{er} /10/07 *	2012 ?	
		DON	ZEA	Fumonisines B1 + B2	T2 + HT2
Céréales <i>blé tendre</i>	Brut	1 250	100		
	Farine	750	75		
	Pain, biscuits, pâtisseries, cér. petit déjeuner	500	50		?
	Baby food	200	20		
Blé Dur Avoine	Brut	1 750	100		
	Farine, semoule, pâtes sèches	750	75		
	Pâtisseries, cér. petit déjeuner	500	50		?
	Baby food	200	20		
Maïs	Brut	1 750	350	4 000	
	Farine, grits, semoule < 500 µ	1 250	300	2 000	
	Farine, grits, semoule > 500 µ	750	200	1 400	
	Cér. petit déjeuner, snacks	500	100	800/1000	?
	Baby food	200	20	200	
maïs destiné à l'amidonnerie non réglementés					

* Pour maïs : règlement (CE) N 1126/2007

Législation européenne mycotoxines en alimentation animale

 Valeurs maximales en µg/kg	Céréales	Aliment
	AFLA B1 (1)	20

Valeurs maximales recommandées en µg/kg	Céréales*	Aliment
DON (2)	8 000 Co-produits maïs : 12 000	5 000 sauf Veau, agneau et chevreau 2 000 Porc 900
Fumonisines B1 + B2 (2)	60 000 Maïs et co-produits maïs	Ruminant 50 000 Volaille, veau, agneau et chevreau 20 000 Poisson 10 000 Porc, cheval, lapin et pet food 5 000
Zéaralénone (2)	2 000 Co-produits maïs : 3 000	Veau, VL, ovin, caprin 500 Truie et porc charcutier 250 Porcelet et cochette 100
Ochratoxine A (2)	250 céréales et co-produits	Porc 50 Volaille 100

* : toutes céréales, tous types de co-produits et également fourrages et fibres

(2) Directive 2002/32 et (2) Recommandation UE du 17 août 2006

***2 - Identifier les différents moyens de maîtrise
et proposer des outils de gestion du risque
mycotoxines du champ au silo***

Comprendre la contamination au champ pour gérer le risque

Mise en place d'une démarche d'enquête au champ depuis 2001



Prélèvement d'un échantillon à la récolte

Questionnaire sur les pratiques agronomiques

Choix des parcelles :

Un maximum de conditions pédo-climatiques

Un maximum de pratiques agronomiques



Objectif : déterminer les éléments de maîtrise du risque de développement du *Fusarium* et de production de toxines

➔ Développement d'outils d'aide à la décision

Les différents leviers pour maîtriser le DON sur blé tendre



Le climat : un rôle prépondérant

Les leviers ... du champ ...

... au silo

Lors de l'implantation de la culture

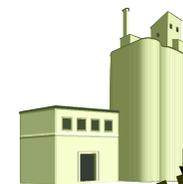
A la moisson



Précédent cultural et travail du sol



Récolte propre



Bonne conservation des grains



Sensibilité variétale à la fusariose des épis et à l'accumulation de DON

Traitement anti-Fusarium autour de la floraison

En cours de culture



Nettoyage des lots

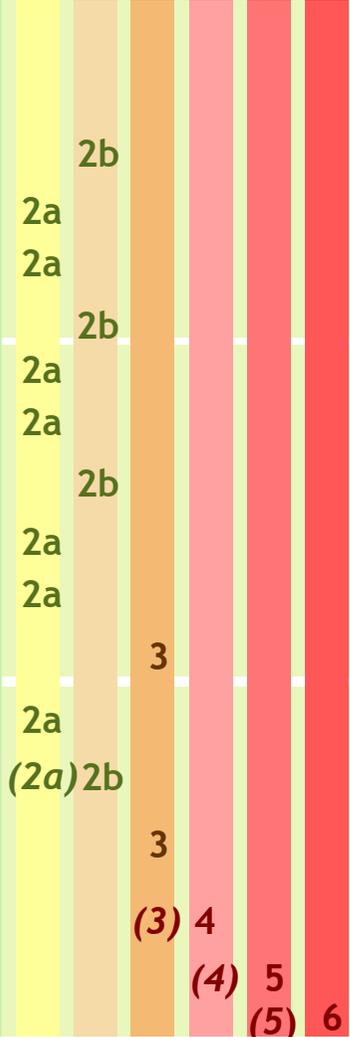


Importance du levier



Attention aux interactions et au cumul des facteurs

Grille d'évaluation du risque DON sur blé tendre

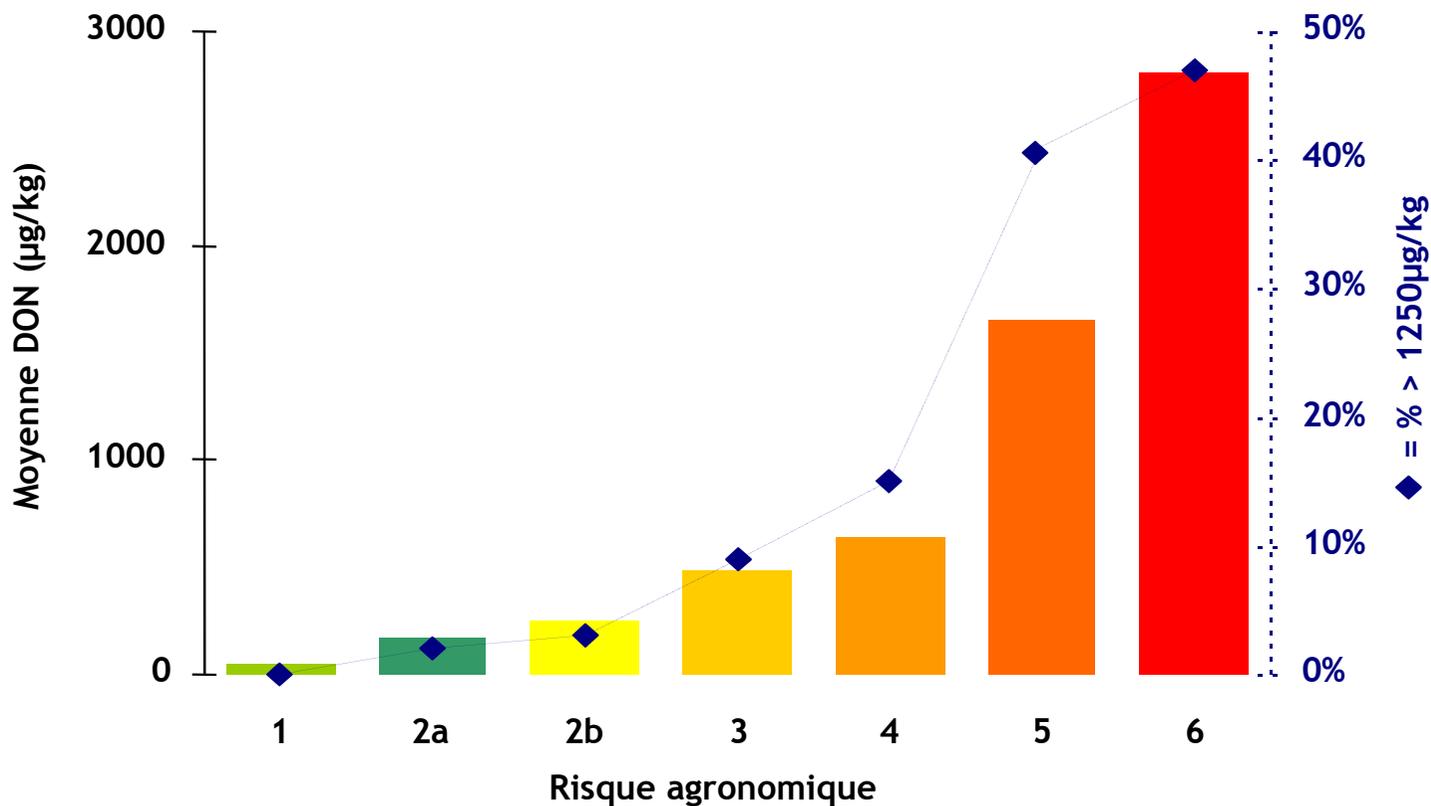
Système de culture		Sensibilité variétale		Niveaux de risque			
 <p>Céréales à paille, colza, lin, pois, féverole, tournesol</p>	Labour	Peu sensibles	1				
		Moyennement sensibles	1				
		Sensibles	2b				
	Techniques sans labour	Peu sensibles	2a				
		Moyennement sensibles	2a				
		Sensibles	2b				
 <p>Betteraves, pomme de terre, soja, autres</p>	Labour	Peu sensibles	2a				
		Moyennement sensibles	2a				
		Sensibles	2b				
	Techniques sans labour	Peu sensibles	2a				
		Moyennement sensibles	2a				
		Sensibles	3				
 <p>Maïs, sorgho (Fourrages)</p>	Labour	Peu sensibles	2a				
		Moyennement sensibles	(2a)2b				
		Sensibles	3				
	Techniques sans labour	Peu sensibles	(3) 4				
		Moyennement sensibles	(4) 5				
		Sensibles	(5) 6				

Enquête SCEES 2006	1	2a	2b	3	4	5	6
Représentativité	17%	26.5%	39%	10%	2%	3%	2.5%

Grille construite avec les enquêtes parcellaires blé tendre 2001-2007

Risque DON associé aux niveaux de la grille agronomique sur blé tendre

Enquêtes blé tendre 2001-2007 N=1817 données



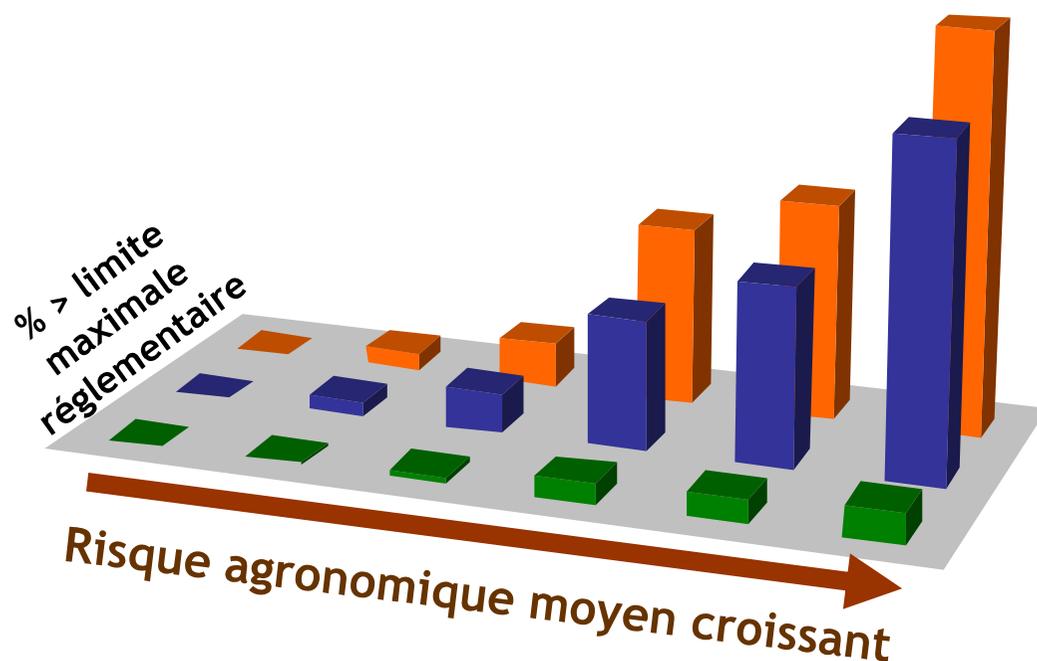
risque	1	2a	2b	3	4	5	6
effectifs	238	488	568	349	80	106	66

Source ARVALIS - Institut du végétal- 2008

Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

Du risque agronomique vers un risque agro-climatique

- Risque agronomique
- Scénario climatique favorable
- Scénario climatique défavorable

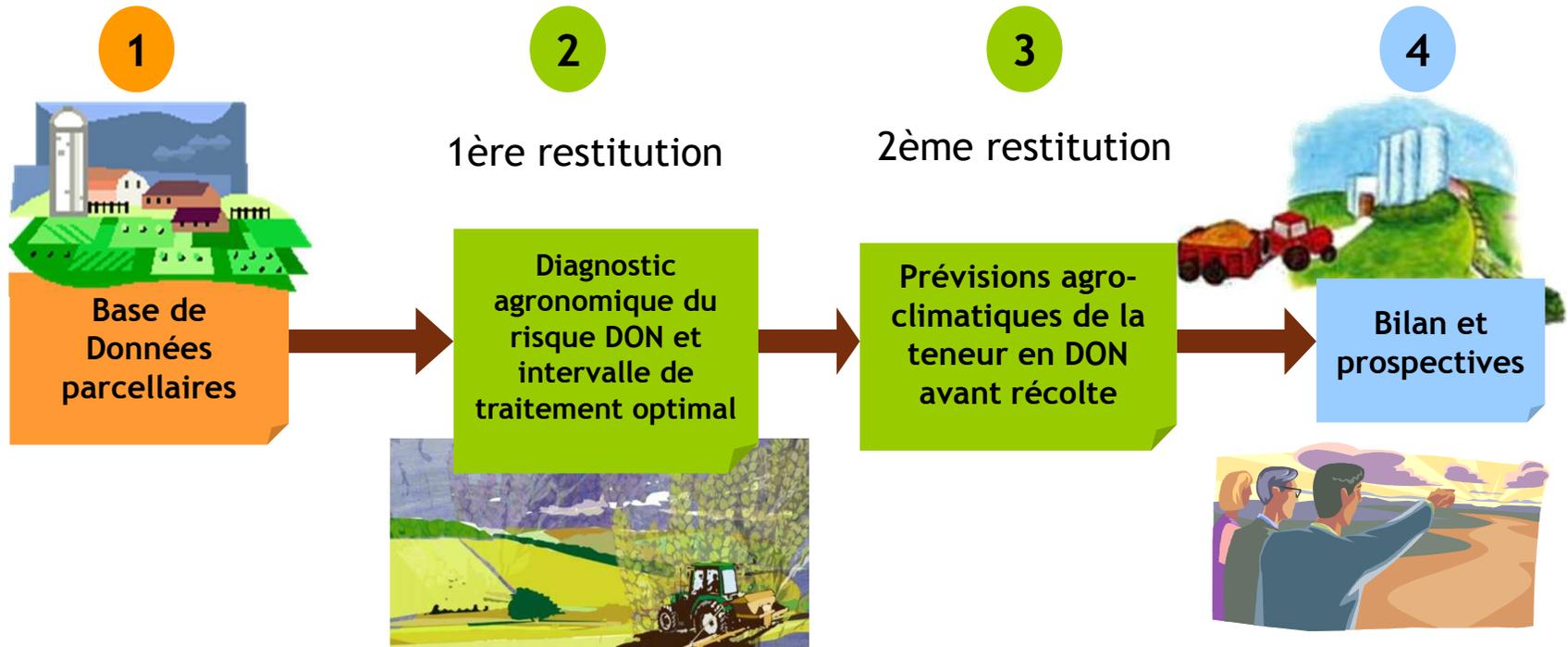


Année propice au développement de *Fusarium graminearum* et à la production de DON

Année défavorable au développement de *Fusarium graminearum* et à la production de DON



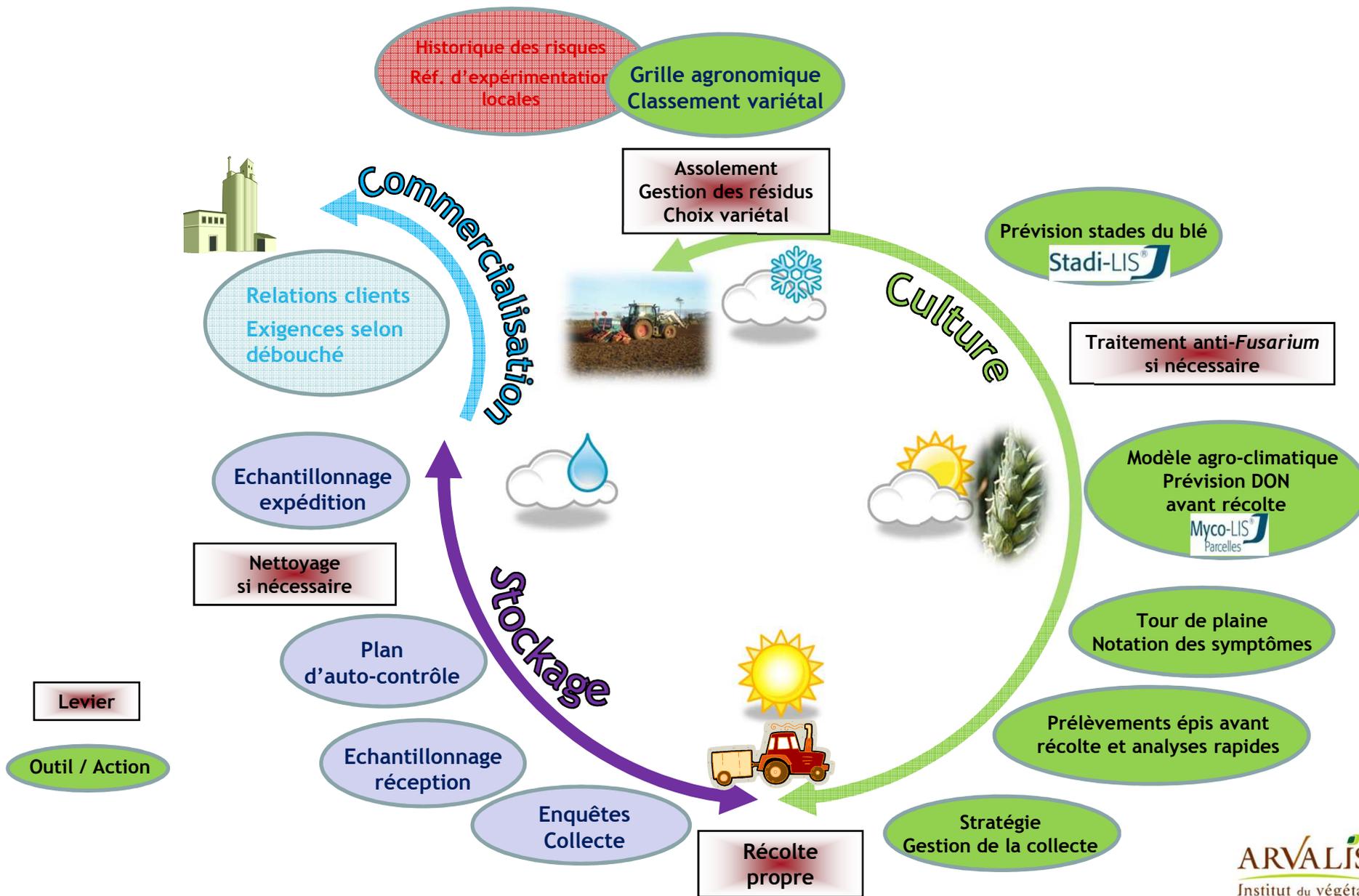
Un outil d'aide à la décision Une démarche en 4 étapes :



- Un accompagnement du champ au silo : sensibilisation des producteurs, préconisations
- Anticipation du risque DON avant collecte : adaptation plans de collecte et de surveillance
- Mise en avant de la démarche pour assurer les débouchés

Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

Gestion du risque DON du semis à la mise en marché du blé



Source ARVALIS-Institut du végétal, 2010

3 – Communiquer très largement auprès des agriculteurs et des opérateurs économiques

Une large diffusion des bonnes pratiques

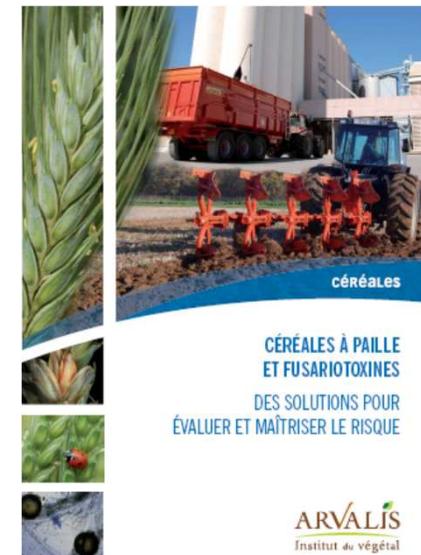
Grilles agronomiques
et résultats d'essais



Établissement de
préconisations, de bonnes
pratiques, d'OAD



Diffusion aux producteurs et
techniciens *via* différents
supports de communication



Maîtrise du risque : de la théorie à la pratique

Des difficultés rencontrées pour la mise en application de la réglementation

- Problèmes d'occurrence certaines années : un effet climat avant tout !
- Difficultés pour connaître le niveau de chaque parcelle ou chaque lot
- Question de la définition d'un lot ?
« *Une quantité identifiable... livrée en une fois... présentant des caractéristiques communes telles que l'origine, la variété...* »
- Incertitudes fonction de l'échantillonnage et des méthodes d'analyses

➤ ***Un guide pour expliquer comment les différents maillons de la filière céréalière mettaient en œuvre la réglementation européenne sur les mycotoxines avec des recommandations pratiques***

Guide gratuit disponible au format pdf sur simple demande mail
contact@intercereales.com

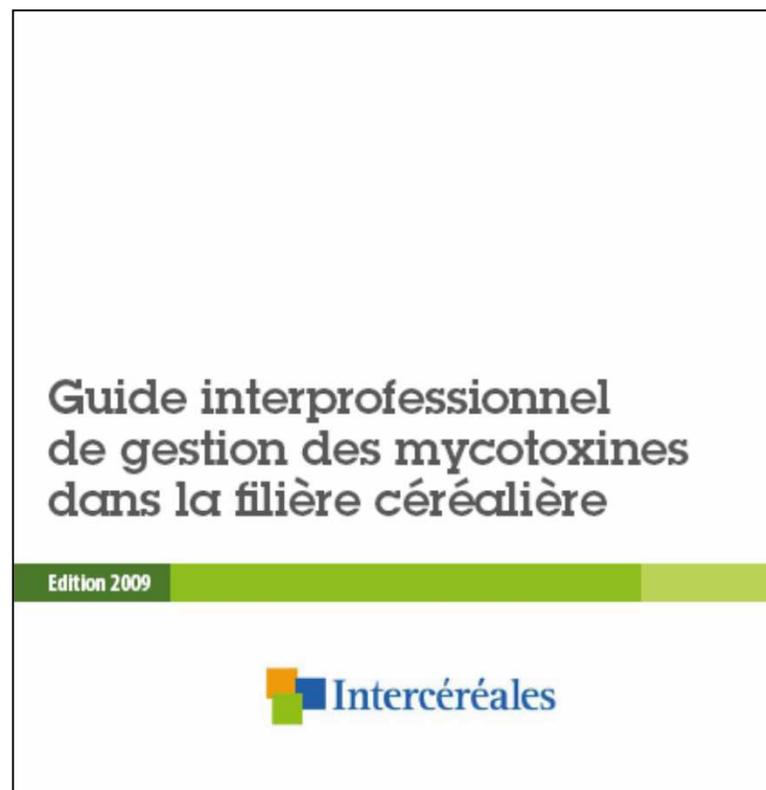
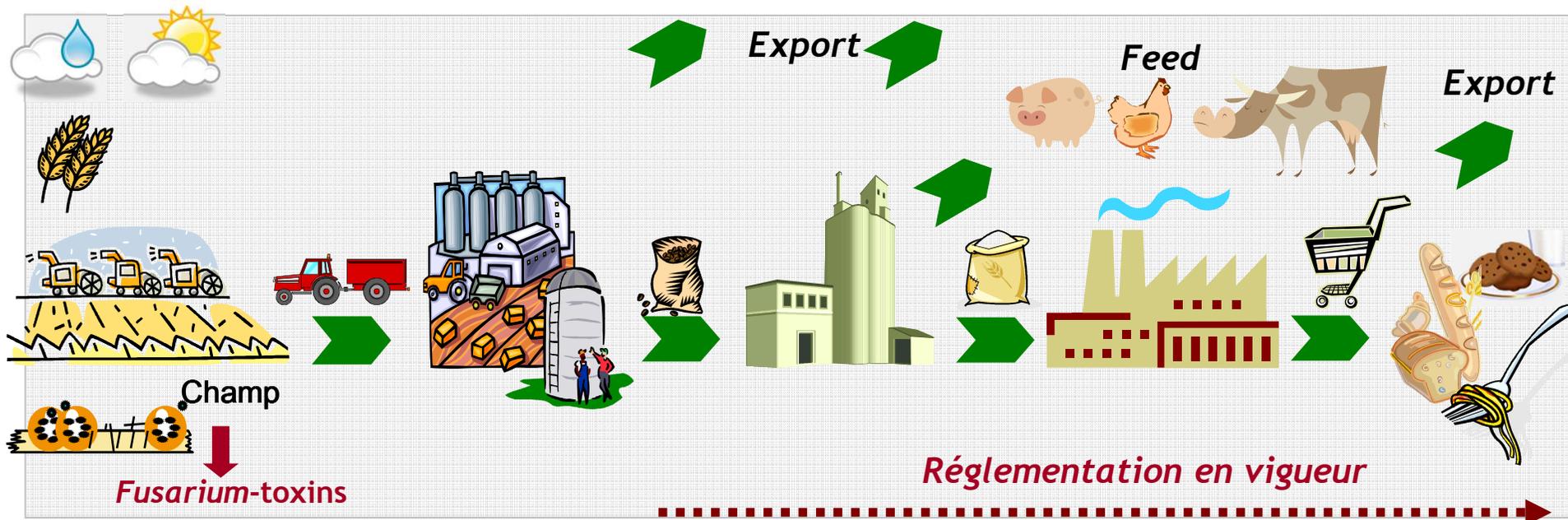


Schéma filière céréalière et positionnement des outils



**Conseil
Production**

Outils prédictifs

Collecte Stockage Commerce

Enquêtes nationales
Plans auto contrôles

Plans de surveillance (Commun - IRTAC ; privés)

Normes échant.

Guide analyses
rapides

Normes échant.

Guide analyses
rapides

Normes échant.

Guide analyses
rapides

1ère transformation 2de transformation

Conclusions

- Une travail en amont de recherche important, suivi d'un accompagnement des opérateurs économiques et d'une communication large
- Une approche filière indispensable aussi bien pour l'obtention d'une réglementation réaliste que pour la gestion en pratique du risque mycotoxines
- Une démarche en perpétuelle évolution :
 - évaluation du risque (ex : nouveaux avis)
 - exposition de consommateur (ex : EAT2)
 - modifications réglementaires (nouvelles toxines ?)
 - état des connaissances et outils de gestion (ex: flore)

Le réseau Quasaprove : un outil pour comprendre les multicontaminations

Laurence Denaix⁽¹⁾, Emilie Donnat⁽²⁾

(1) INRA UMR 1220, Transfert Sol-Plante et Cycle des Éléments Minéraux dans les Ecosystèmes cultivés, 71, avenue Edouard Bourleaux – BP n° 81, 33883 Villenave d'Ornon Cedex, France

- mël : denaix@bordeaux.inra.fr

(2) ACTA, 149 rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12, France

- mël : emilie.donnat@acta.asso.fr

Résumé

Les partenaires du RMT Quasaprove ont pour ambition d'unir leurs compétences et expériences autour de l'utilisation d'un nouvel « instrument agronomique » pérenne et national, à savoir un réseau d'une vingtaine de parcelles multisites et multicontaminants, sur lequel le programme de travail s'appuiera pour arriver à anticiper et gérer de manière optimale la multicontamination naturelle en plein champ des grains ou graines.

Pour cela, il est indispensable de s'appuyer sur une diversité de situations de culture, tant du point de vue des sols que du point de vue du climat, pour identifier des situations conduisant à un risque de contamination des productions végétales de grande culture et proposer des bonnes pratiques pour les limiter. Il n'existe aujourd'hui aucune étude rassemblant des données sur les mycotoxines, les éléments traces dans les végétaux et les paramètres climatiques et pédologiques potentiellement explicatifs.

Sur ces parcelles, sont cultivées des céréales (maïs, blé dur et blé tendre) ou des oléagineux (tournesol) dont des échantillons sont récoltés annuellement pour analyse. L'ensemble des cultures est concerné par la problématique éléments-traces, seules les céréales sont concernées par la problématique mycotoxines.

La première année d'analyse a montré que les gammes de contamination des sols en éléments étaient représentatives des contaminations agricoles habituelles. Pour les végétaux, l'année 2011 a été une année défavorable au développement de mycotoxines et les résultats sur le réseau le confirment. Les contaminations des végétaux en éléments-traces se sont révélées modérées, mais très variables d'un site à l'autre. Certains paramètres connus, tels que le pH, permettent d'expliquer des niveaux plus élevés mais pour d'autres cas, les niveaux d'accumulation ne s'expliquent pas simplement. Plusieurs années de suivi seront nécessaires pour obtenir des réponses à nos questions et mieux prévoir les contaminations des productions végétales de grande culture.

Mots clés : multicontamination, éléments-traces, mycotoxines, conditions de plein champ.

Le réseau Quasaprove : un outil pour comprendre les multicontaminations

Laurence Denaix, *INRA TCEM Bordeaux*
Emilie Donnat, *ACTA*



Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011



Pourquoi un réseau de parcelles ?

- Il n'existe **aucun référentiel national, aucune donnée** couvrant le territoire pour les productions végétales (risque d'une mauvaise interprétation des analyses de sol)
- **Manque de références** sur sites non contaminés pour certaines cultures :
betteraves, colza, tournesol, maïs stade ensilage
- **Nécessité de mieux expliquer :**
 - *la variabilité interspécifique,*
 - *la variabilité interannuelle,*
 - *l'effet des conditions climatiques sur les niveaux de contamination.*

Le Réseau Quasaprove, c'est ...

- **Un réseau de parcelles expérimentales pérennes**
 - réparties sur l'ensemble du **territoire métropolitain**
 - dont les **caractéristiques** sont parfaitement **connues**

- **L'instrument agronomique et national du RMT**
 - pour **tester en grandeur réelle** nos hypothèses et modèles
 - et ainsi **identifier les situations** conduisant à un risque de contamination des productions végétales de grande culture
 - en s'appuyant sur une **diversité de situations de culture** (sols, climat, pratiques)

- **Des expérimentations originales et inédites**
 - **multisites et multicontaminants**
 - pour des études rassemblant des **données conjointes** sur **les mycotoxines, les éléments-traces dans les végétaux** et les paramètres climatiques et pédologiques

Un réseau distribué sur près de 20 sites



- Unités expérimentales INRA
- Stations expérimentales d'ARVALIS-Institut du Végétal et du CETIOM
- Réseau Chambres d'Aquitaine
- Lycées agricoles : *bientôt 9 lycées agricoles supplémentaires*

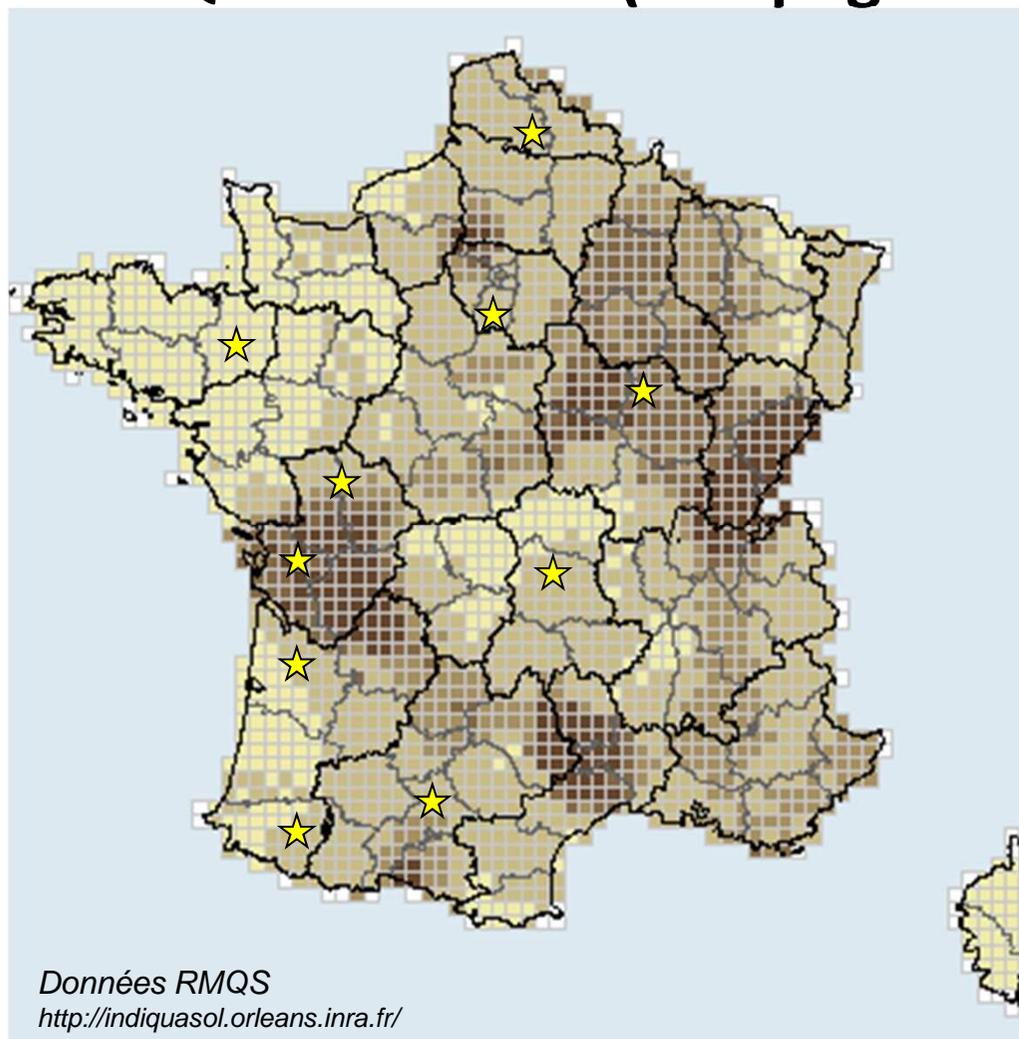
Objectifs de la mise en œuvre du réseau d'expérimentation multisites et multicontaminants

- ❑ Collecter des **données** sur les niveaux de contamination
- ❑ Analyser et hiérarchiser les **facteurs explicatifs** des concentrations en contaminants dans les organes récoltés : climatiques, pédogéochimiques, biologiques et agronomiques
- ❑ Tester au champ les **modèles de transfert ou de développement** des contaminants
- ❑ Analyser les **relations** entre les différents contaminants (approche multicontaminants)
- ❑ Disposer d'une **banque d'échantillons géoréférencés** et dont le mode de collecte et de préparation est parfaitement connu

Campagnes 2010 et 2011

- Collecte d'échantillons de sol
 - Caractéristiques pédologiques classiques
 - Teneurs en éléments traces
 - Indicateur de la biodisponibilité des éléments traces
- Prélèvement de végétaux
 - Cultures de céréales (ETM et mycotoxines)
 - Blé tendre (Caphorn)
 - Blé dur (Isildur)
 - Maïs
 - Cultures d'oléagineux (ETM)
 - Tournesol (Extrasol)

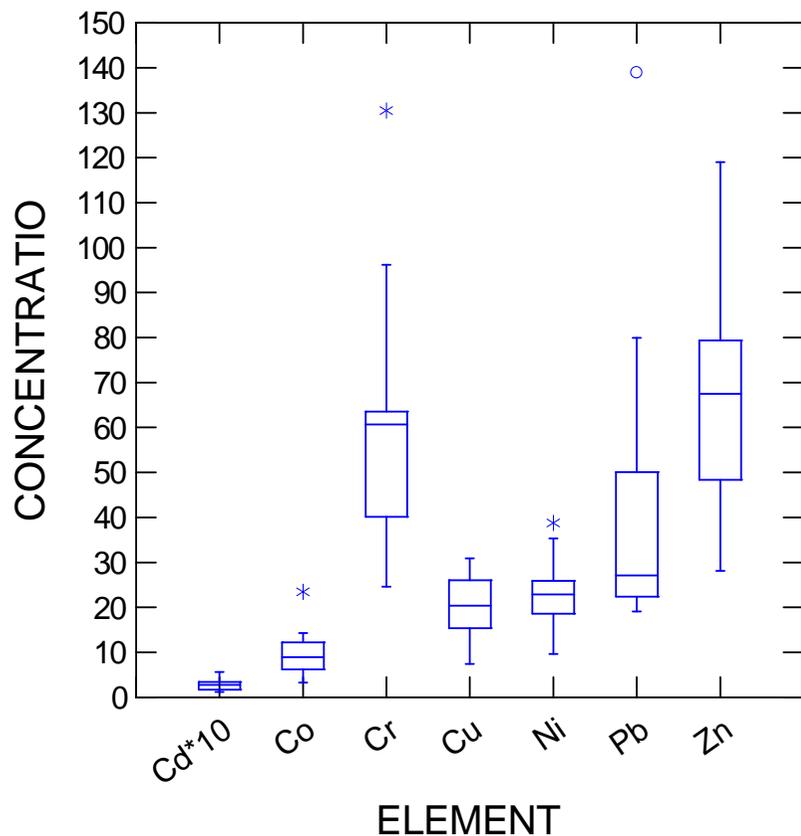
Distribution du cadmium dans les sols du réseau QUASAPROVE (campagne 2010)



**Carte du RMQS
 Cadmium dans les sols**
 Vibrisses calculées
 mg/kg sol

-  0 - 0.5
-  0.5 - 1
-  1 - 1.5
-  1.5 - 2
-  >2

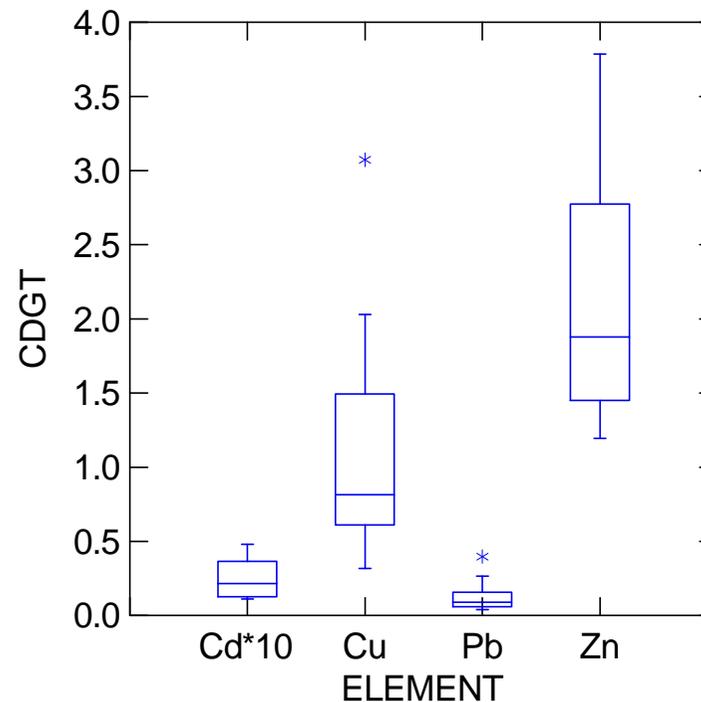
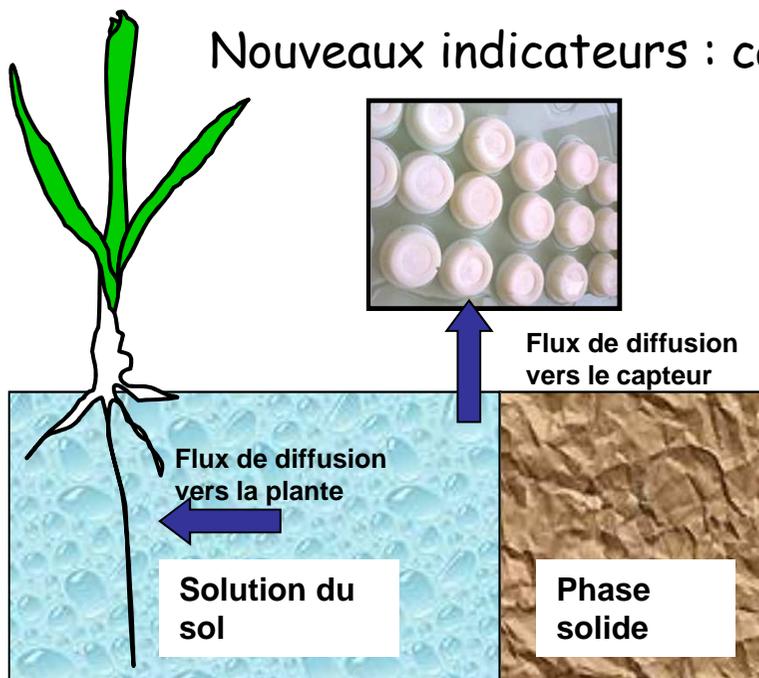
Distribution des éléments traces dans les sols du réseau QUASAPROVE



Elément	Médiane Quasaprove	Médiane RMQS	Rapport Maximum/Minimum
Cadmium (mg/kg)	0.28	0.23	5
Chrome (mg/kg)	60.67	45.85	5
Cobalt (mg/kg)	8.94	9.06	7
Cuivre(mg/kg)	20.44	12.88	4
Nickel (mg/kg)	22.91	18.91	4
Plomb (mg/kg)	27.11	27.75	7
Zinc(mg/kg)	67.48	58.6	4

Biodisponibilité des éléments traces dans les sols du réseau QUASAPROVE

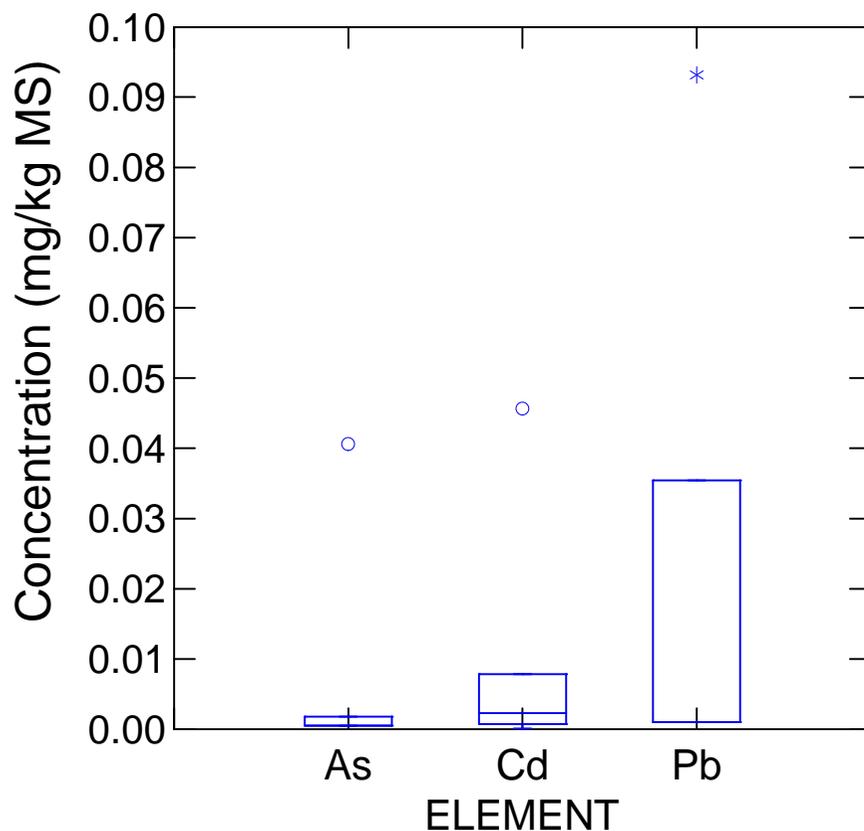
Nouveaux indicateurs : capteurs passifs



Elément	Médiane Quasaprove	Médiane RMQS	Rapport Maximum/Minimum
Cadmium (µg/l)	0.02	0.128	4
Cuivre(µg/l)	0.82	2.35	10
Plomb (µg/l)	0.09	0.44	10
Zinc(µg/l)	1.91	8.76	3

Concentrations en éléments traces dans le maïs sur le réseau QUASAPROVE (2010)

Le maïs est très faiblement accumulateur en éléments traces



Les valeurs maximales ne correspondent pas au même site

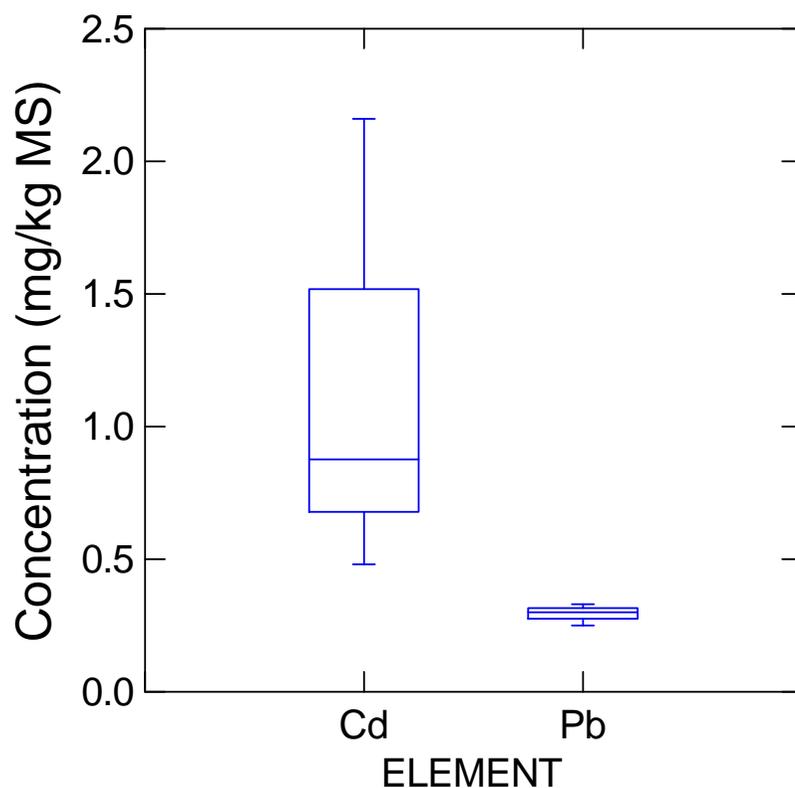
Pas d'explication simple

Problèmes rencontrés :

- *différentes variétés*
- *concentrations mesurées inférieures aux limites de quantification des appareils*

Concentrations en éléments traces dans le tournesol stade jeune sur le réseau QUASAPROVE (2011)

Le tournesol (variété EXTRASOL) accumule le cadmium plus que le plomb



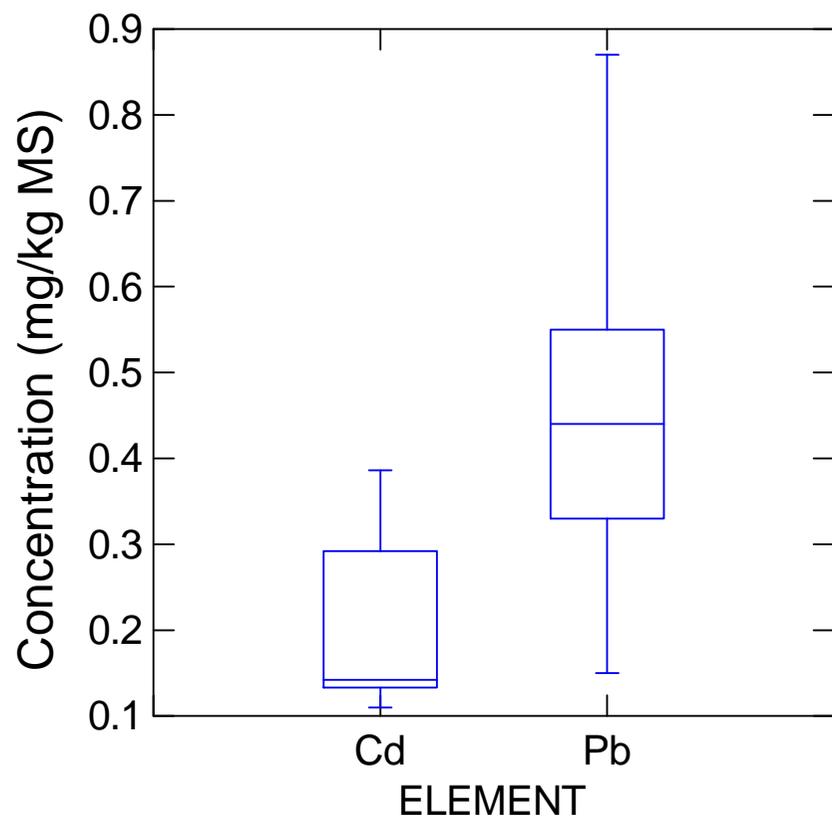
Teneur élevée sur le sol à pH acide

Lien entre indicateur biodisponibilité et accumulation dans le végétal.

Nombre d'échantillons trop faible (4)

Concentrations en éléments traces dans le blé tendre stade jeune sur le réseau QUASAPROVE (2011)

Le blé (variété CAPHORN) accumule le plomb plus que le cadmium.



Teneurs élevées non expliquées par des paramètres du sol

Lien entre indicateur biodisponibilité et accumulation dans le végétal.

Nombre d'échantillons faible (6)

Concentrations en mycotoxines dans le blé sur le réseau QUASAPROVE (2011)

Mycotoxines analysées :

- déoxynivalénol (DON) et de ses dérivés acétylés (3 et 15ADON),
- nivalénol et dérivé acétylé (FusarénoneX).

10 Echantillons récoltés et analysés (2 Blé dur et 8 blé tendre):

Résultats :

Quel que soit l'échantillon, aucune toxine détectée.

Méthode : LC/DAD

Limite de détection de la méthode : 100 µg/kg

Limite réglementaire européenne pour le DON

- blé dur et maïs = 1750 µg/kg
- blé tendre = 1250 µg/kg.

Conclusions

- Premières données sur le transfert sol-plante des ETM
- Année peu favorable au développement des mycotoxines => Effet site non détectable
- Nécessité d'augmenter le nombre de sites
- 2012 : suivi précis de la cinétique d'accumulation des ETM et de la cinétique de contamination par les mycotoxines
- Possibilité d'accueillir d'autres expérimentations réseau = grand instrument agronomique

Merci de votre attention !

Devenir des éléments-traces et de composés organiques dans des essais de longue durée de recyclage agricole de Produits Résiduaire Organiques

Philippe Cambier, Sabine Houot, A. Michaud, M. Deschamps, V. Mercier, G Bodineau, JN Rampon, P Benoît ; A. Schaub, D Montenach ; V Brochier, J Doublet, C Lhoutellier

Institut National de la Recherche Agronomique (Grignon, Colmar) ; Association pour la Relance Agronomique en Alsace ; Veolia Environnement R&I

- mèl : pcambier@grignon.inra.fr

Résumé

Le recyclage de déchets organiques en agriculture est de nouveau fortement encouragé, en vue de préserver les ressources (énergie, minerais, sols !) et de limiter les émissions de CO₂. Des impacts négatifs sont toujours possibles malgré les efforts en matière de réglementation et de limitation des flux d'éléments et composés toxiques ou pathogènes. Le contrôle du devenir des nutriments majeurs est aussi délicat dans ce contexte. Enfin, les effets positifs ou négatifs apparaissent en bonne partie à moyen ou à long terme, par exemple via l'accumulation dans les agrosystèmes de contaminants persistants comme certains éléments-traces ou composés traces organiques (CTO). Cette problématique justifie le développement d'essais au champ de longue durée, dont plusieurs, d'ancienneté variable, viennent d'être regroupés en termes de coordination, d'accueil de programmes de recherche, et de constitution de bases de données. Il s'agit du SOERE¹ Produits Résiduaire Organiques (PRO). Le terme PRO indique que les traitements des déchets en amont des épandages font partie des moyens d'agir sur la balance entre effets positifs et risques liés au recyclage de diverses matières organiques en agriculture.

Nous présentons des données acquises sur deux des sites du SOERE PRO, tous deux suivis depuis environ 10 ans, concernant les principaux flux et les teneurs dans des sols et les récoltes de contaminants de type éléments-traces et CTO. Ces sites localisés près de Grignon (78) et à Colmar (68) fonctionnent avec des protocoles d'épandages et des rotations différents, adaptés au contexte agronomique et pédoclimatique. Les PRO utilisés sont conformes à la réglementation actuelle, les apports et les flux entrant sont aussi conformes dans le cas de Colmar, où les épandages sont basés sur l'azote. Mais certains apports de contaminants dans le site francilien dépassent légèrement les seuils réglementaires, du fait de l'intensité des amendements, basés sur l'apport de C organique. Par exemple, le seuil pour Pb est dépassé avec les apports de 2 types de composts d'origine urbaine et avec le fumier de bovin utilisé ; les seuils pour deux HAP réglementés sont dépassés avec les apports du compost de bio-déchets (fraction fermentescible des ordures ménagères). Les impacts sur les sols (accroissement de teneur dans la couche labourée) sont significatifs surtout pour 2 métaux : Cu et Zn. Ils ne sont pas significatifs pour les HAP ou d'autres CTO analysés malgré des flux entrant parfois importants. Les impacts sur les récoltes (grains, betterave à Colmar, des résidus de culture) sont non significatifs dans la mesure où des différences entre parcelles amendées et témoins (sans PRO) apparaissent parfois une année mais dans un sens ou l'autre (PRO > Témoin ou l'inverse) et ne sont pas reproductibles.

Mots clés : élément trace, métal lourd, polluant organique, recyclage agricole, déchet, produit résiduaire organique, essai au champ

¹ Système d'Observation et d'Expérimentation de longue durée pour la Recherche en Environnement

Devenir des éléments-traces et de composés organiques dans des essais de longue durée de recyclage agricole de Produits Résiduaire Organiques

Philippe Cambier, Sabine Houot, Aurélia Michaud, M. Deschamps,
Vincent Mercier, G. Bodineau, JN. Rampon, P. Benoît, **INRA Grignon**
Anne Schaub, Denis Montenach, **ARAA et INRA Colmar**
V. Brochier, J. Doublet, C. Lhoutellier, **Veolia R&I**



Enjeux du recyclage des déchets organiques en agriculture

Valeur agronomique immédiate ou différée
amendante (C organique, CaCO_3)
fertilisante (N, P, K)



Impacts sanitaires et environnementaux ?

- excès de nutriments (N, P), contaminants chimiques et biologiques, etc.

=> Préserver la qualité des sols, des eaux, des cultures et de l'air

Contaminants limités par la réglementation, mais pouvant s'accumuler ou produire des effets à long terme

→ Évaluer à long terme valeur agronomique et impacts

→ Faire évoluer pratiques, traitements et la réglementation

Systèmes d'Observation et d'Expérimentation pour la Recherche en Environnement –

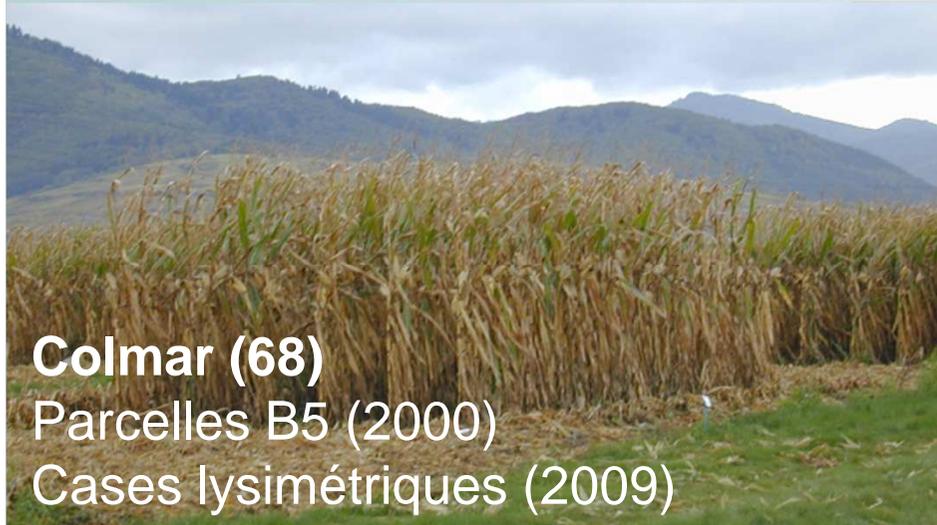
PRO

SOERE PRO : sites expérimentaux au champ, observations détaillées, de longue durée

→ *Étude des effets des apports de Produits Résiduels Organiques en grandes cultures (valeur agronomique et impacts environnementaux/sanitaires)*

**Mesures sur compartiments clés du système (PRO, sol, plante, eau, air)
Variabilité des PRO et des contextes pédoclimatiques**

Vocation : être ouvert à large partenariat scientifique et technique



Colmar (68)
Parcelles B5 (2000)
Cases lysimétriques (2009)



Grignon (78)
Qualiagro (1998)

→ **Labellisation par ALLENI du SOERE PRO en 2010**

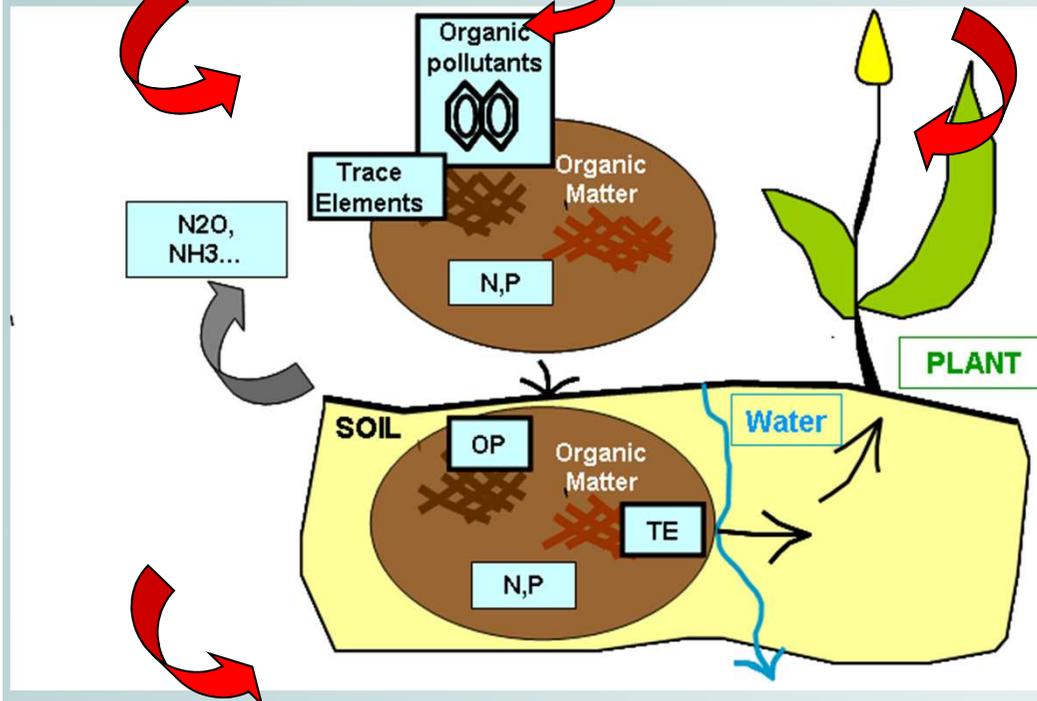
SOERE PRO

Origine: déchets + Traitement

Composts, digestats, Boues, Effluents d'élevage,...

Climat

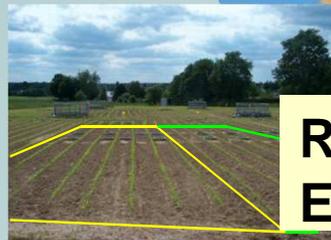
Temps



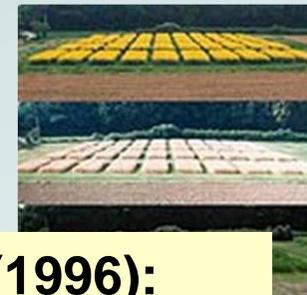
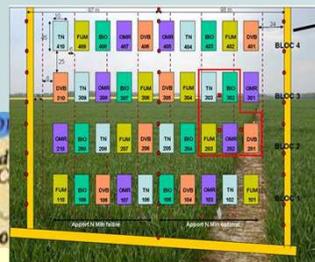
Contexte pédologique

- Décrire les effets des PRO sur les **caractéristiques et la dynamique des MO** dans les sols et leurs conséquences sur les propriétés des sols
- Comprendre et hiérarchiser les facteurs influençant le devenir des **polluants organiques, biologiques et minéraux** après apport des PRO aux sols
- Interpréter ces effets par rapport à **l'origine des PRO** et aux **caractéristiques de la MO**
- Retour vers les procédés de traitement; indicateurs; participation aux instances réglementaires
- **Durabilité du recyclage agricole**

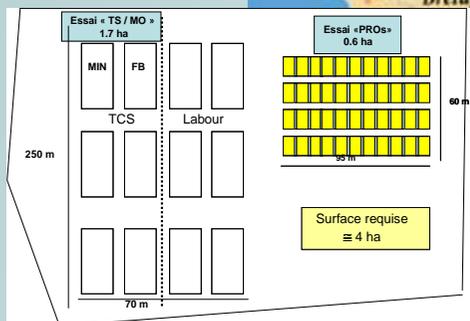
Historique du réseau



**Rennes (2011-2012):
Effluents d'élevage**



**Nancy (1996):
Boues et composts**



**Grignon (QualiAgro, 1998):
Composts urbains, fumier**

**Colmar (2000):
Boue, composts, fumier**

**Bordeaux (1974):
Boues**



- Extension à d'autres PRO (digestats), d'autres contextes...
- Couplage à un autre réseau (Réseau PRO): essais des chambres d'agriculture, instituts...
- Définition de protocoles permettant l'intégration des résultats dans des BDD

Présentation : Apport de 2 essais du SOERE PRO à la connaissance du devenir de contaminants (ETM, CTO) dans des systèmes cultivés recevant des PRO

Plan :

- Sites de Feucherolles (QualiAgro) et de Colmar
- Flux d'ETM et évolution des teneurs dans le sol
- Teneurs en ETM et exportations dans les récoltes
- Données sur les Composés Traces Organiques (QA)
- Conclusions et perspectives

Colmar (68)

Mis en place en **2000**, 2 ha

2 essais sur effets de 5 PRO (+Témoin), correspondant à **2** niveaux de N minéral

Sol limoneux calcaire ; pH 8,3

Traitements :

boue (BOUE)

boue compostée + déchets verts (BOUE comp)

compost biodéchets (BIO)

fumier bovin (FUM)

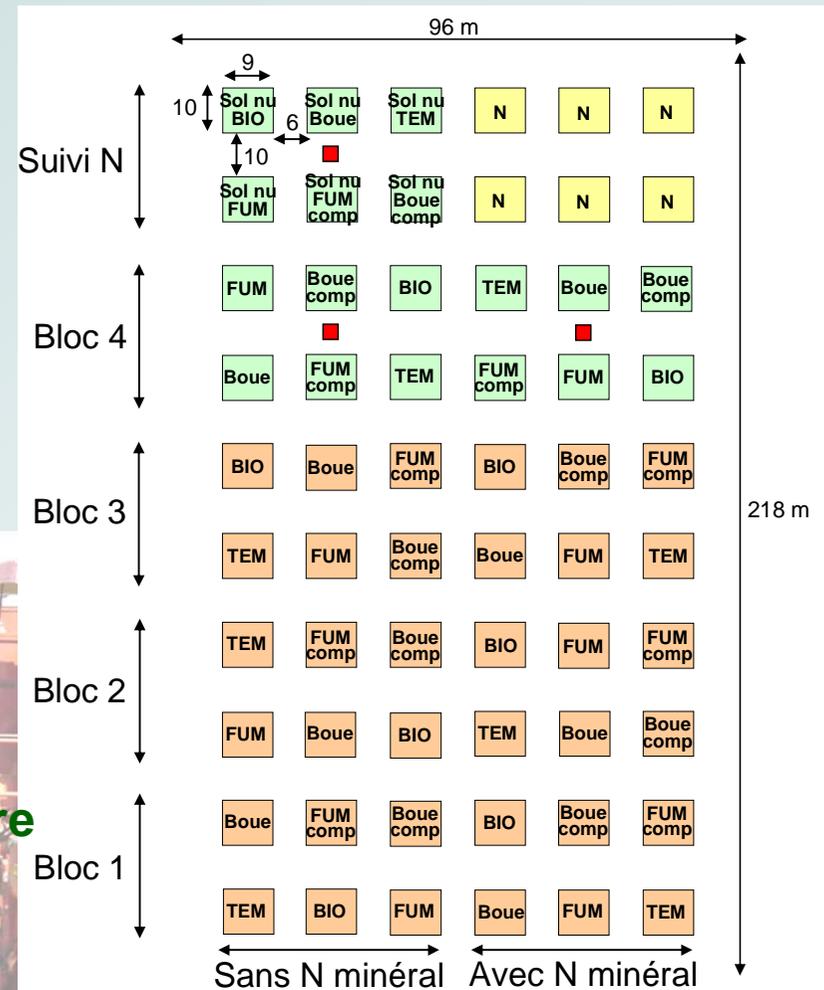
fumier bovin composté (FUM Comp)

témoin (TEM)

1 essai suivi pour ETM, CTO: +N minéral

Cultures : maïs - blé - orge - betterave sucrière

Épandages: tous les 2 ans, base 170 kg N/ha



Feucherolles (78)

Mis en place en **1998**, 6 ha
2 essais sur effets de 4 PRO,
correspondant à 2 niveaux de N minéral

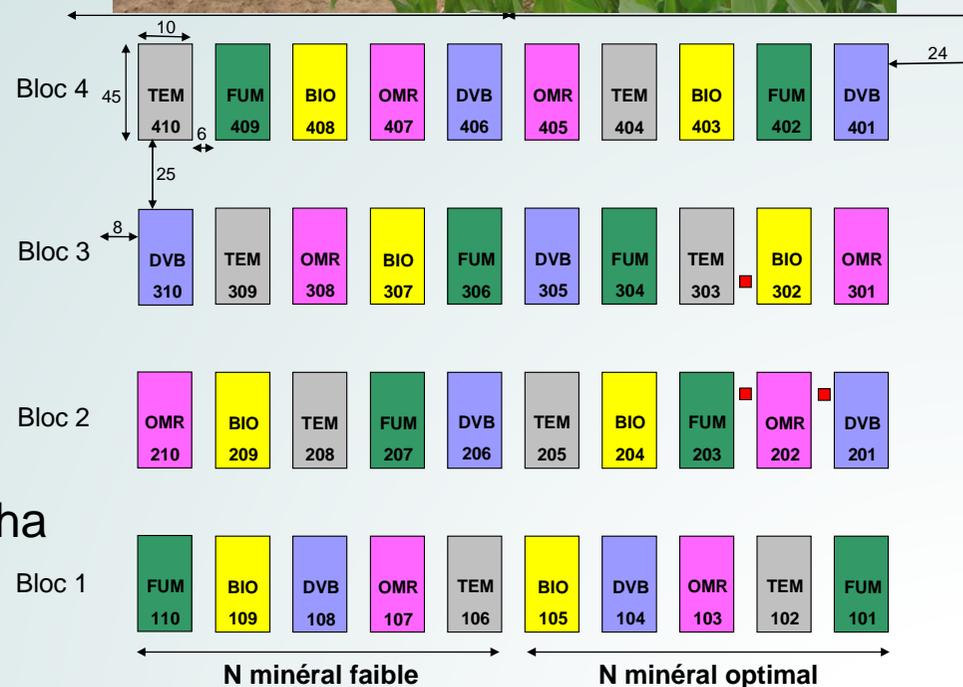
Sol limoneux lessivé ; pH 7,0

Traitements:

- compost biodéchets (BIO)
- compost déchets verts + boue (DVB)
- compost ordures ménagères rés. (OMR)
- fumier bovins (FUM)
- témoin (TEM)

Cultures: blé - maïs (orge 2007)

Épandages: tous les 2 ans, base 4 t C /ha
(2006 et 2007)



Feucherolles (suite contexte physique, ETM)

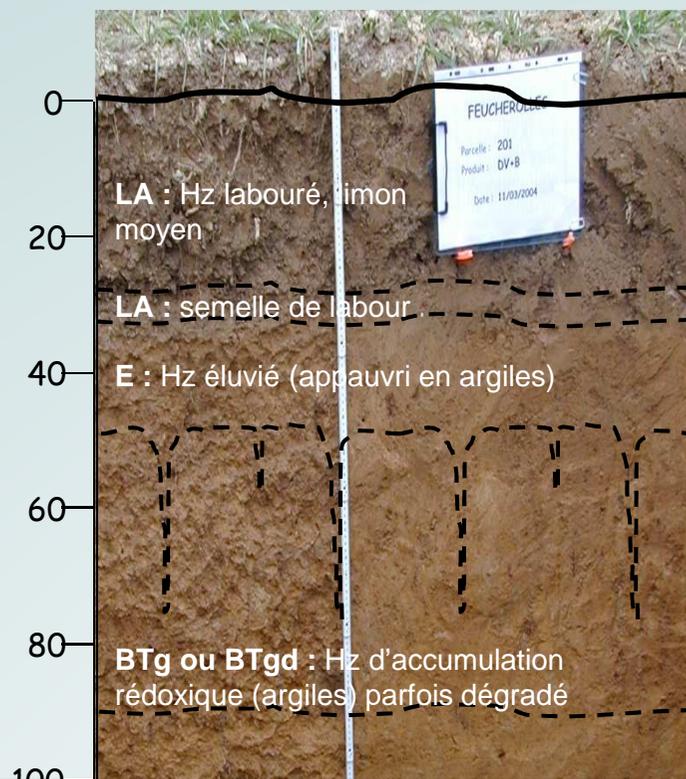
Sol (représentatif Centre Bassin Parisien)
limoneux lessivé, sur limon loessique

Horizon cultivé : pH 7,0

15% Argile, 78% limon, 7% sable

matière organique faible (1,8 % MO)

Précipitations et température moyennes annuelles : 572 mm , 11°C



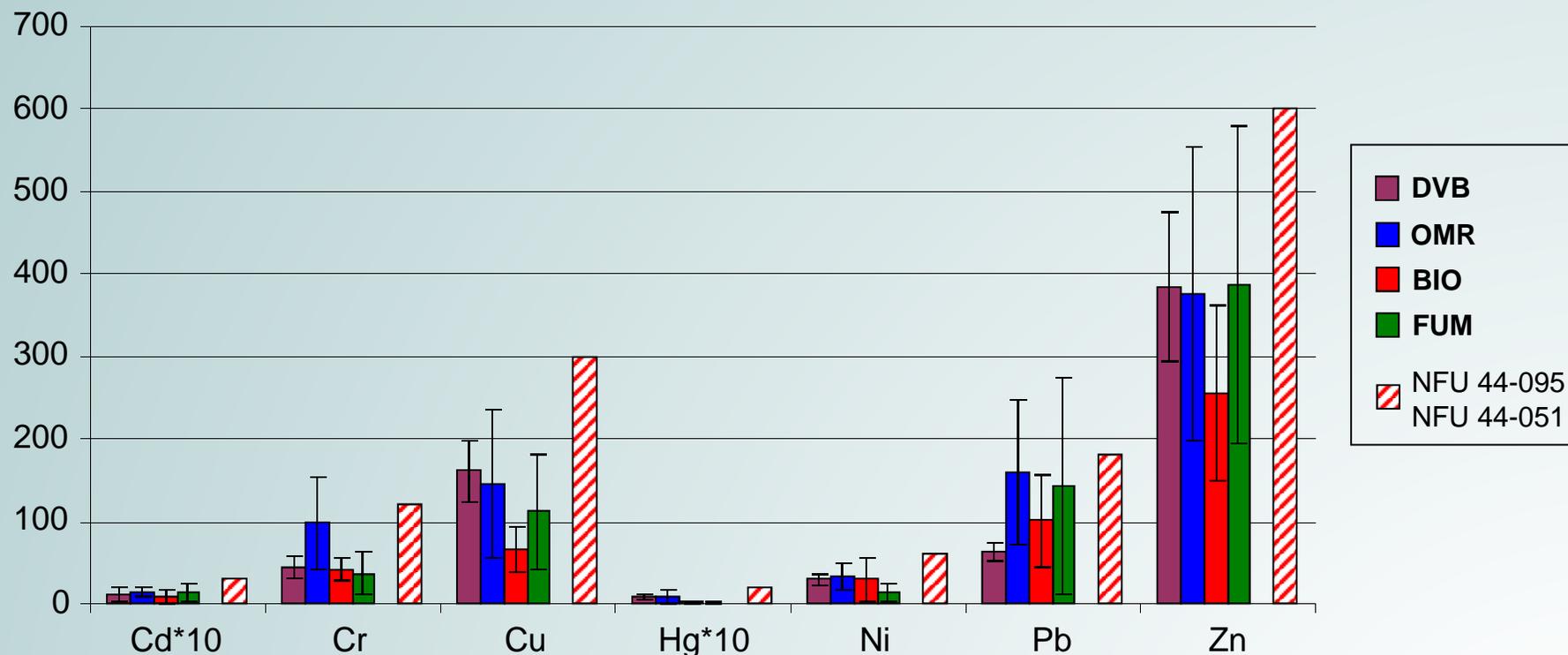
Teneurs totales – Horizon labouré (mg kg⁻¹) – moyennes des parcelles (écart-type)

Élément-Trace	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Feucherolles (site QA) (état initial, 1998)	0.23 (0.01)	45.3 (2.7)	11.6 (0.9)	0.09 (0.02)	15.0 (0.9)	25.3 (6.1)	49.2 (3.4)
Références régionales : (Baize, 2008)	0.27 (0.06)	46.3 (5.8)	20.3 (7.7)	0.14 (0.06)	19.8 (3.1)	38.0 (13.8)	52.3 (3.3)

II Cca : Limons carbonatés

Données ETM - Feucherolles: 1) teneurs moyennes des PRO

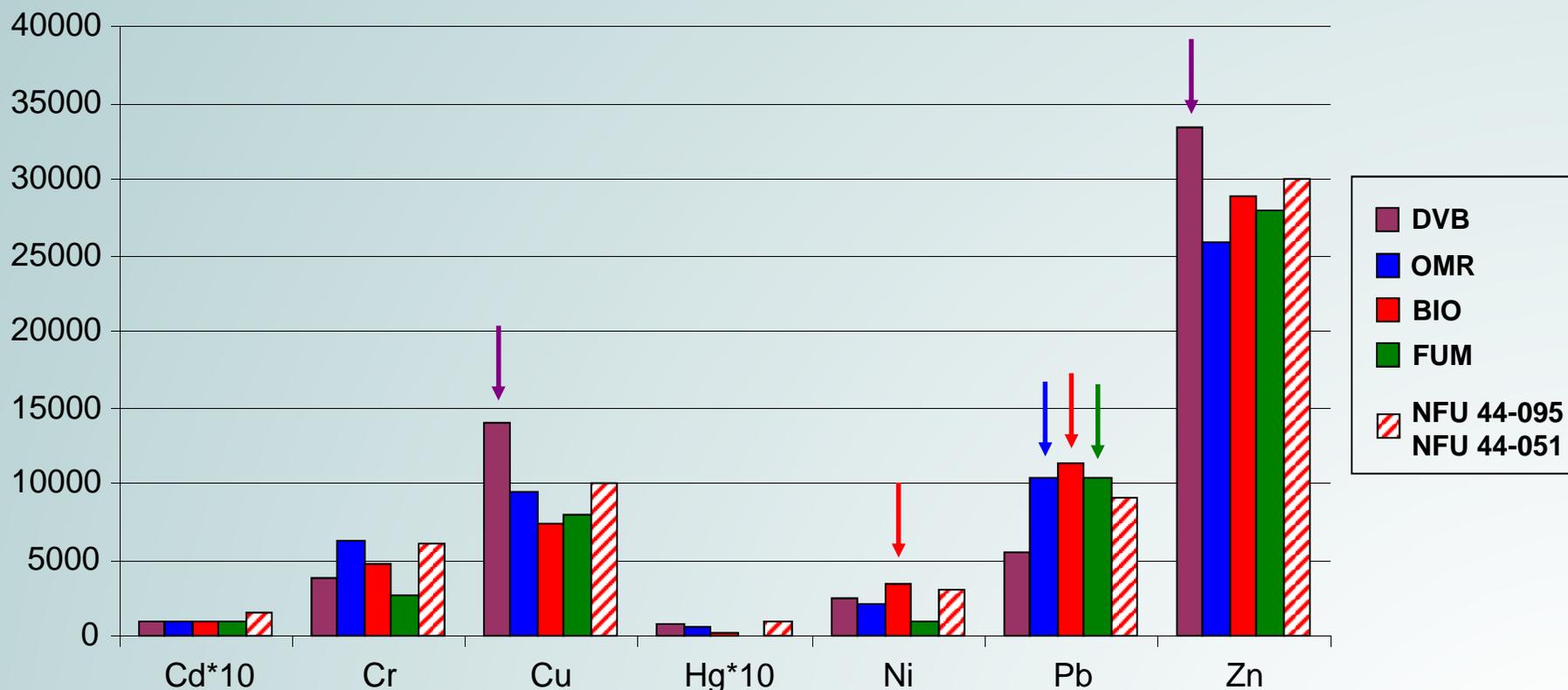
Teneurs (mg kg⁻¹ sec)



les amendements appliqués de 1998 et 2009 à Feucherolles respectent les normes réglementaires sur teneurs ETM : NFU 44-095 (composts de boues) NFU 44-051 (autres amendements organiques)

ETM – PRO: 2) flux cumulés durant 10 ans

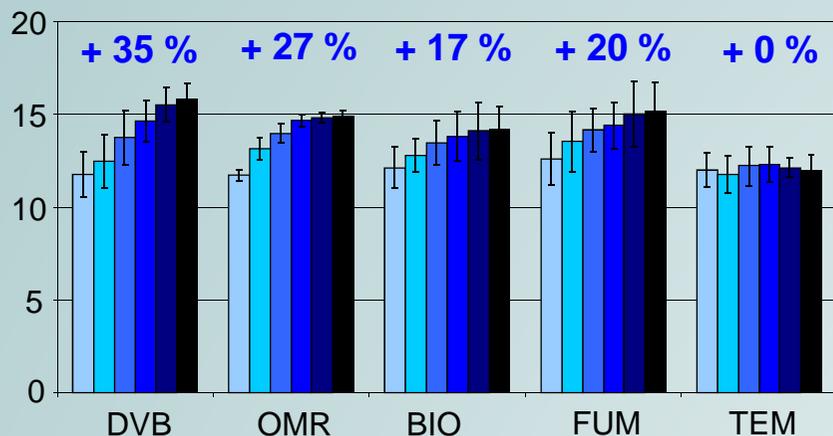
Apport en ETM en 10 ans ($\text{g ha}^{-1} 10 \text{ a}^{-1}$)



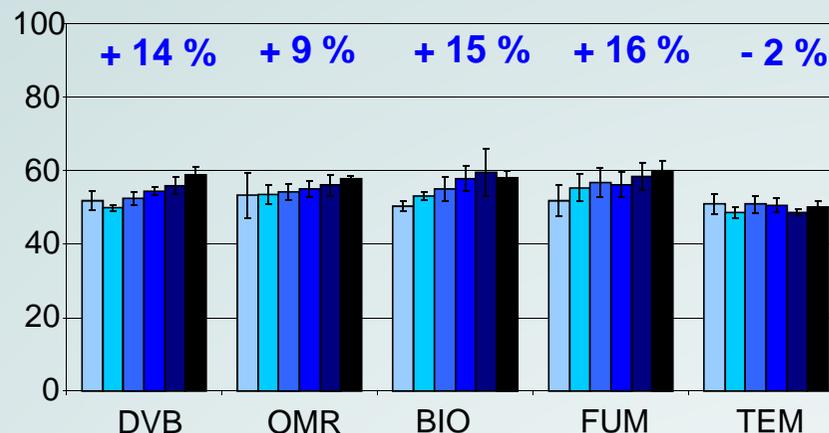
Légers dépassements des flux réglementaires :
DVB (Cu, Zn), BIO (Ni, Pb), OMR (Pb), FUM (Pb)

ETM – sol : 3) comparaison, évolution des teneurs totales

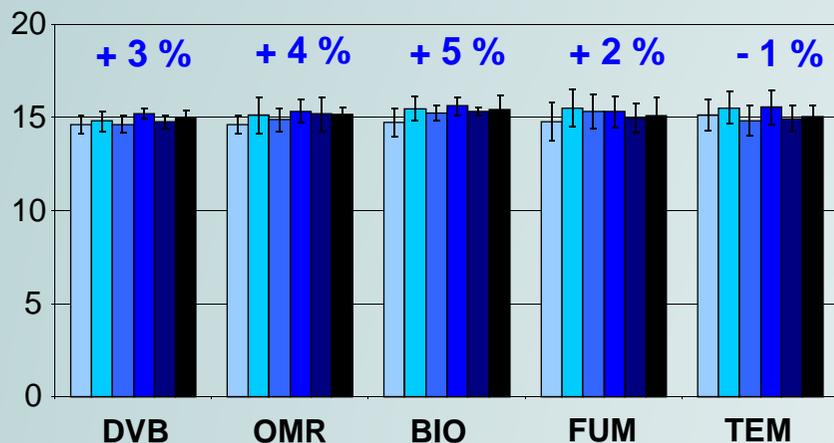
[Cu] (mg kg⁻¹)



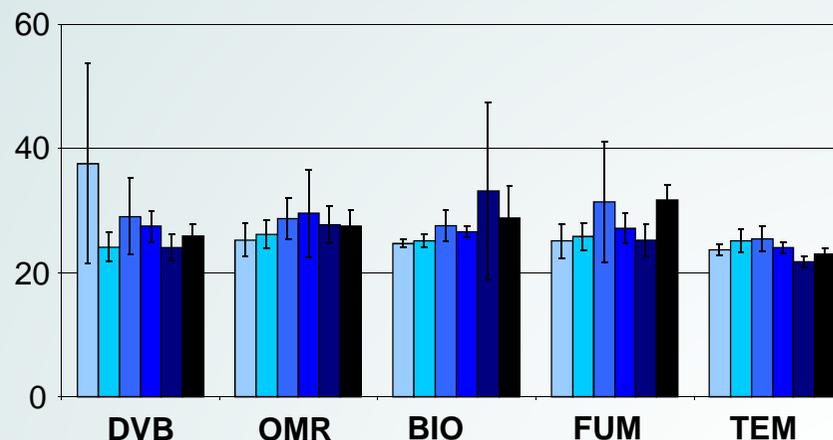
[Zn] (mg kg⁻¹)



[Ni] (mg kg⁻¹)



[Pb] (mg kg⁻¹)

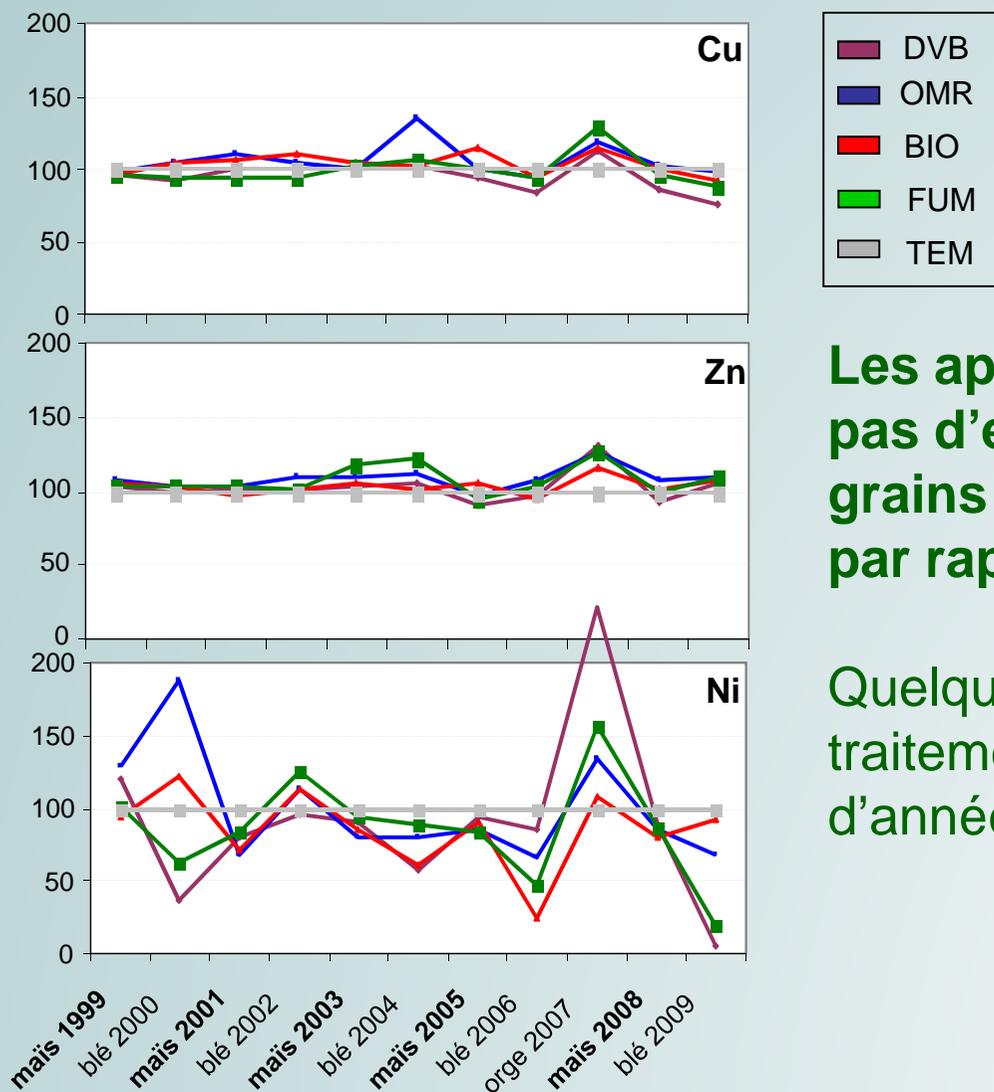


1998 2002 2004 2006 2007 2009

Après 6 apports de PRO, les teneurs en Cu et Zn de la couche labourée

Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

ETM Plantes Feucherolles: teneurs relatives dans grains (% TEM)



Les apports de composts n'ont pas d'effet sur les teneurs des grains ni des résidus de récolte par rapport au Témoin

Quelques différences entre traitements, non reproductibles d'année en année

Plantes : teneurs dans les grains, comparées aux valeurs habituelles

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	mg kg ⁻¹ MS						
Teneurs moyennes (tous confondus) (moyennes, écarts-types)							
blé *	< 0.02 ^a	0.26 (0,14)	3.1 (0.5)	< 0.005-0.01 ^a	0.13 (0.13)	< 0.2 ^a	19.6 (2.6)
maïs *	< 0.02 ^a	0,09 (0.1)	2.4 (0.4)	< 0.005-0.01 ^a	0,29 (0,09)	< 0.2 ^a	17.7 (2.5)
orge **	< 0.02 ^a	0.36 (0.06)	5.6 (0.7)	<0.005-0.01 ^a	0.12 (0.09)	< 0.2 ^a	28.9 (3)
Teneurs usuelles (pas de contamination notoire) (ADEME 2005)							
Blé	0.04	0.03	7	0.008	0.38	0.05	45.6
Maïs	0.03	0.36	1 - 6	0.013	1.33	0.89	20 - 50
Orge	0.03	0.14	4	0.036	0.56	0.33	34
* n = 5 ** n = 1 ^a limites de quantification							

Les teneurs en ETM mesurées sont plutôt < teneurs « normales » pour les mêmes plantes cultivées

Les apports de PRO n'ont pas d'effet significatif sur ces teneurs

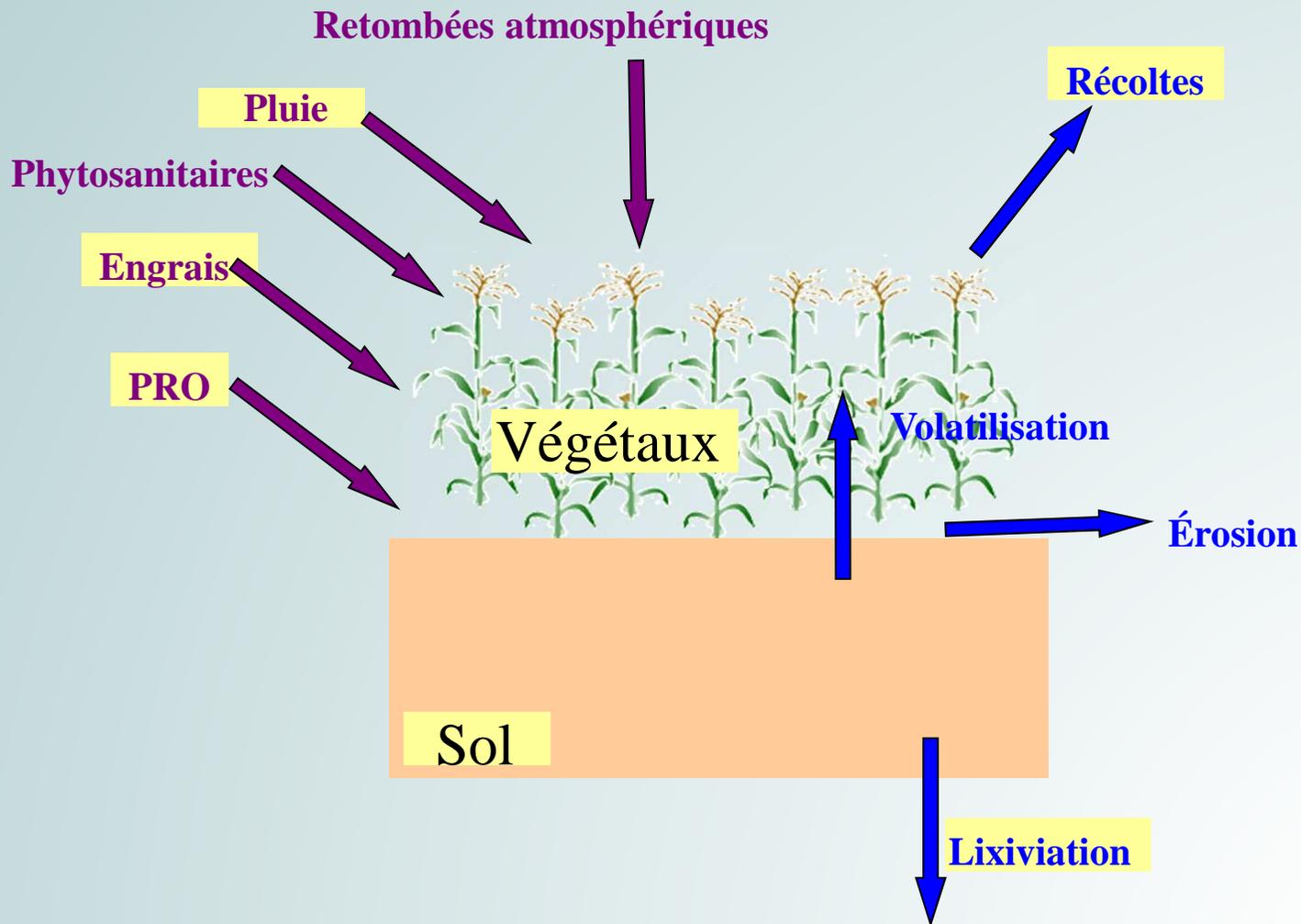


Syndicat Mixte Recyclage Agricole
du Haut-Rhin

ETM : synthèse de 10 ans d'essai (site de Colmar)

Anne Schaub, Denis Montenach et al.

Site de Colmar – Bilan des flux : **compartiments analysés**



Colmar (rappel)

Mis en place en **2000**, 2 ha

Sol limoneux calcaire ; pH 8,3

Traitements :

boue (BOUE)

boue compostée + déchets verts (DVB)

compost biodéchets (BIO)

fumier bovin (FUM)

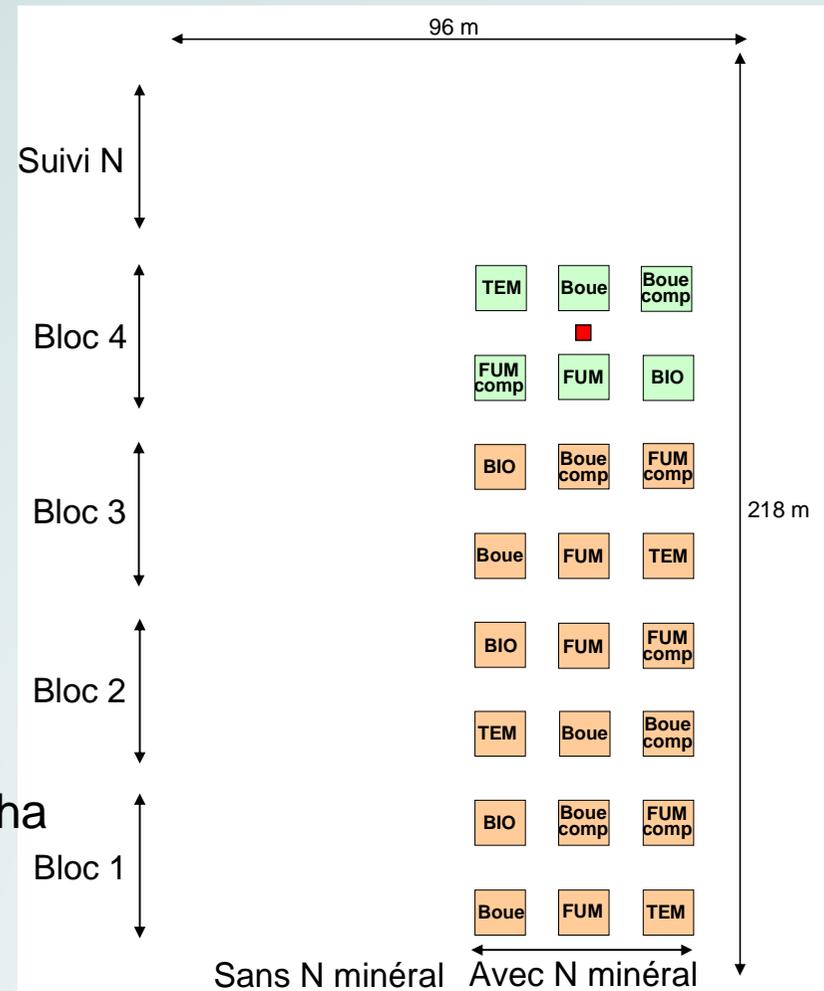
fumier bovin composté (FUM Comp)

témoin (TEM)

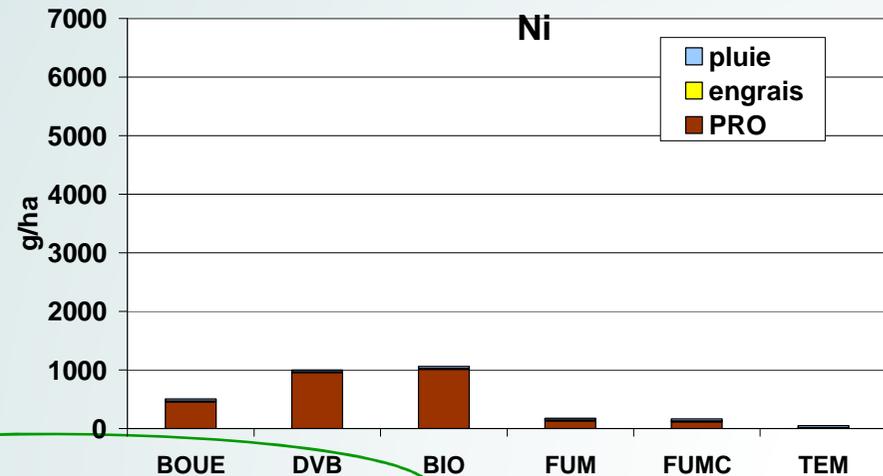
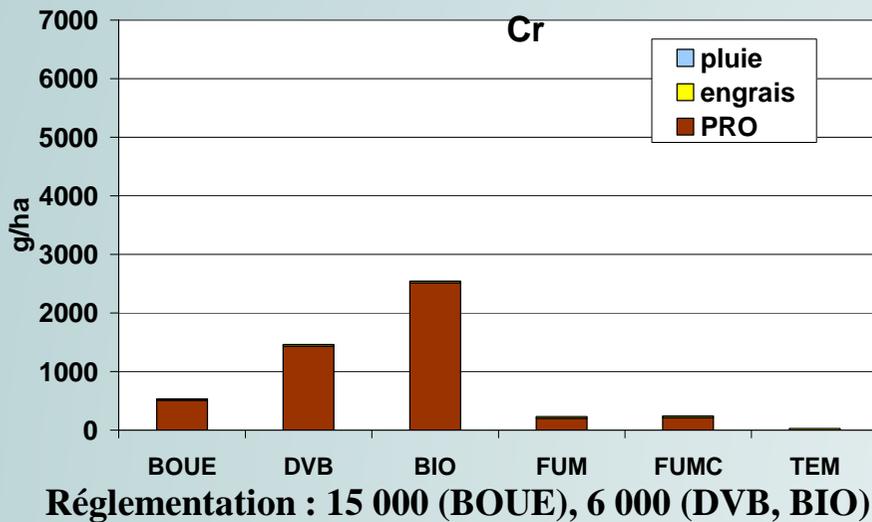
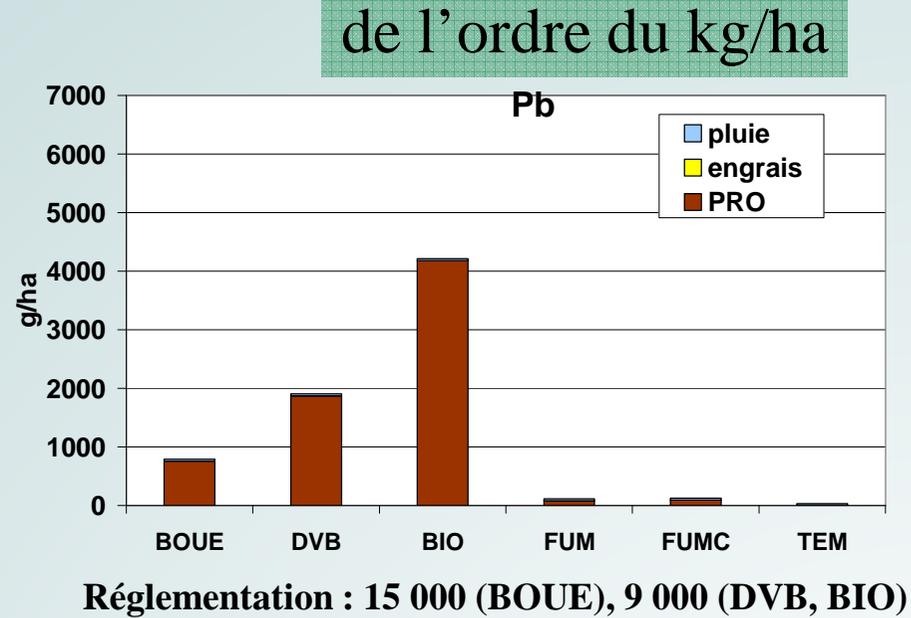
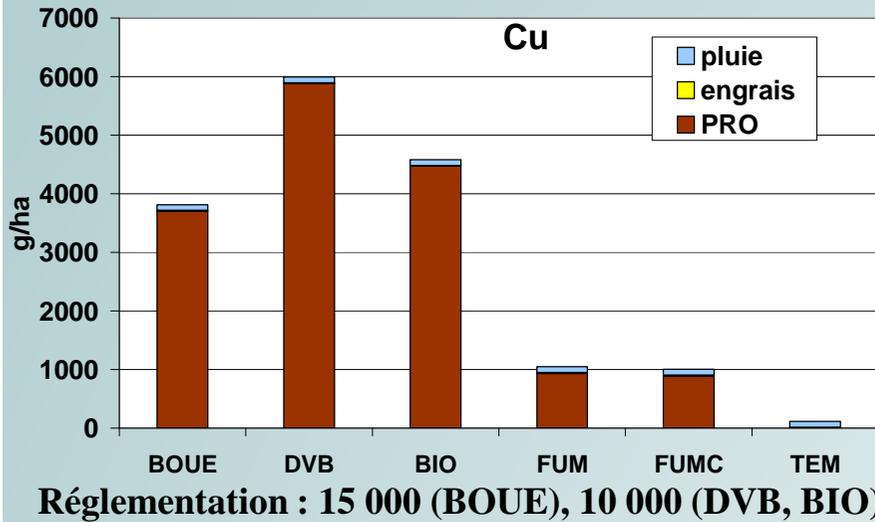
Seul essai suivi pour ETM, CTO : +N min.

Cultures : maïs - blé - orge - betterave

Épandages: tous les 2 ans, base 170 kg N tot/ ha

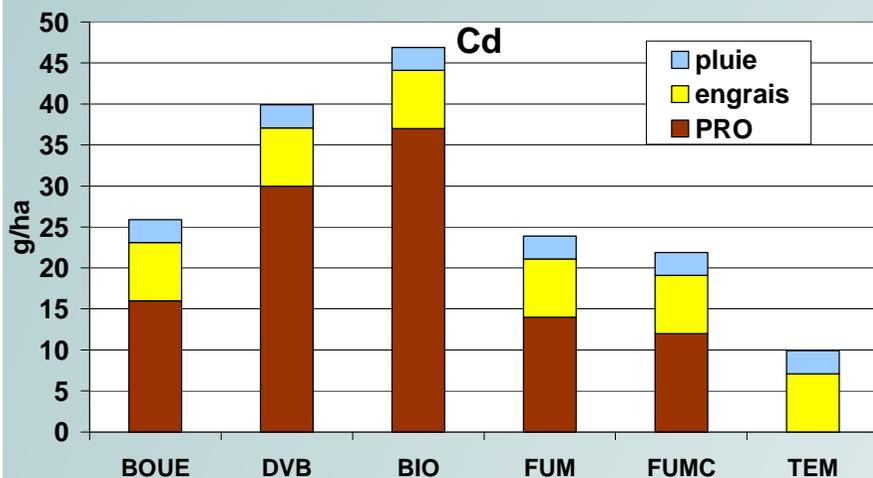


Flux d'entrée mesurés sur 10 ans (g/ha)



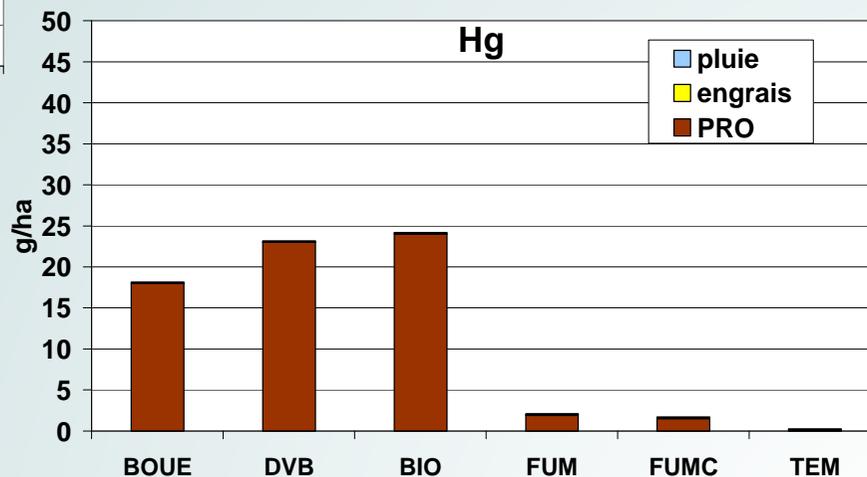
Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

Flux d'entrée mesurés sur 10 ans (g/ha)



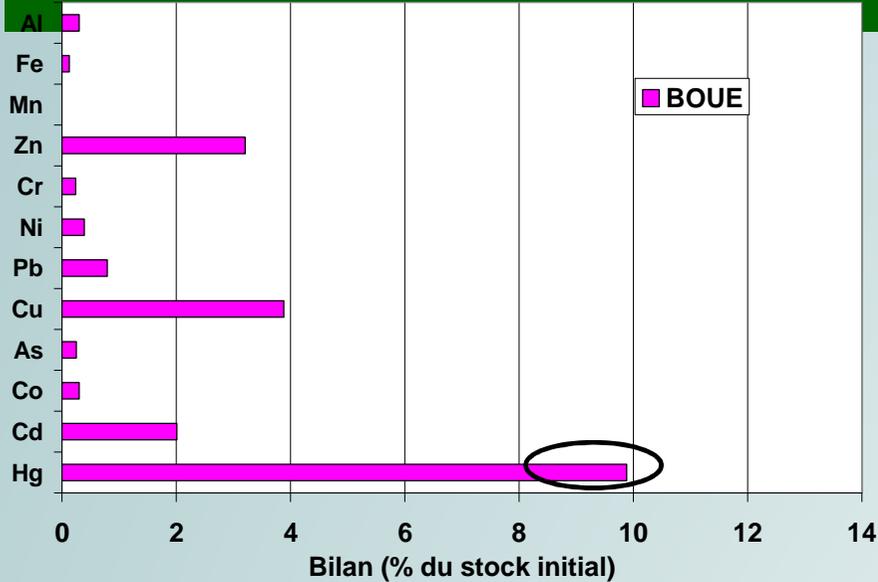
Réglementation : 150 (BOUE, DVB, BIO)

de l'ordre de la dizaine de g/ha

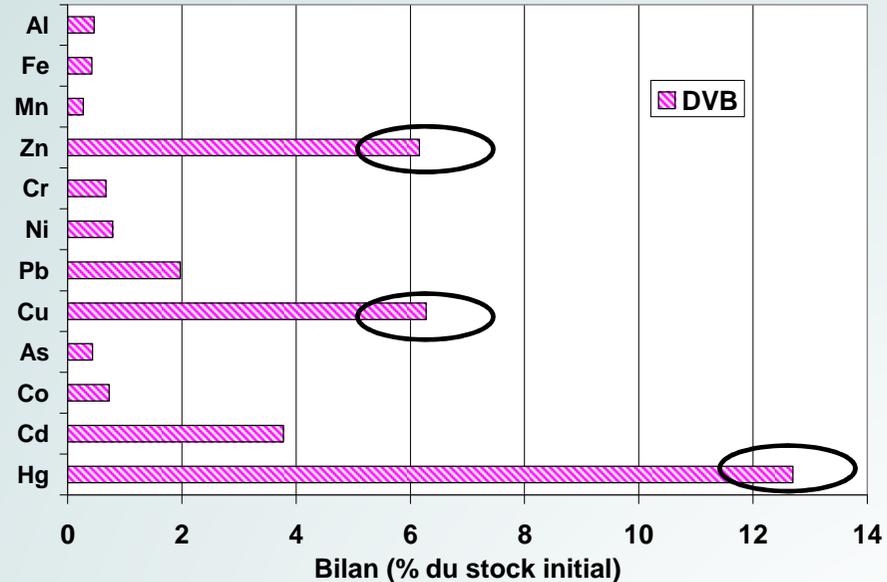


Réglementation : 150 (BOUE), 100 (DVB, BIO)

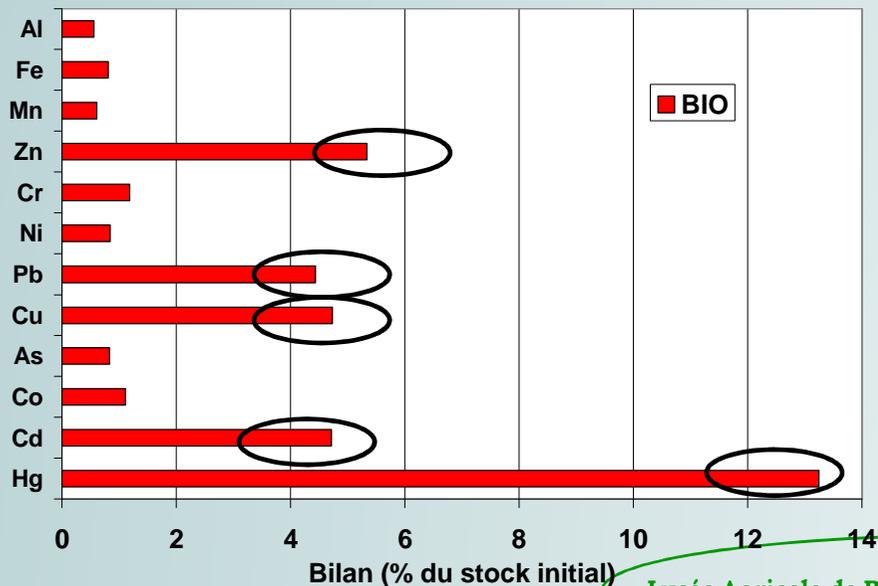
Bilan (Entrées – Sorties) sur 10 ans, en % stock couche LA



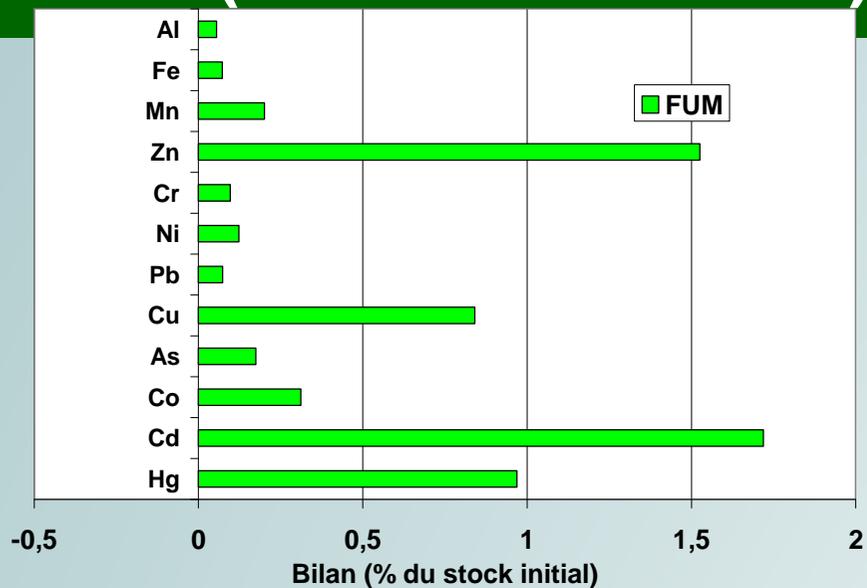
Bilan > 10% du stock :
Hg pour BOUE, DVB, BIO



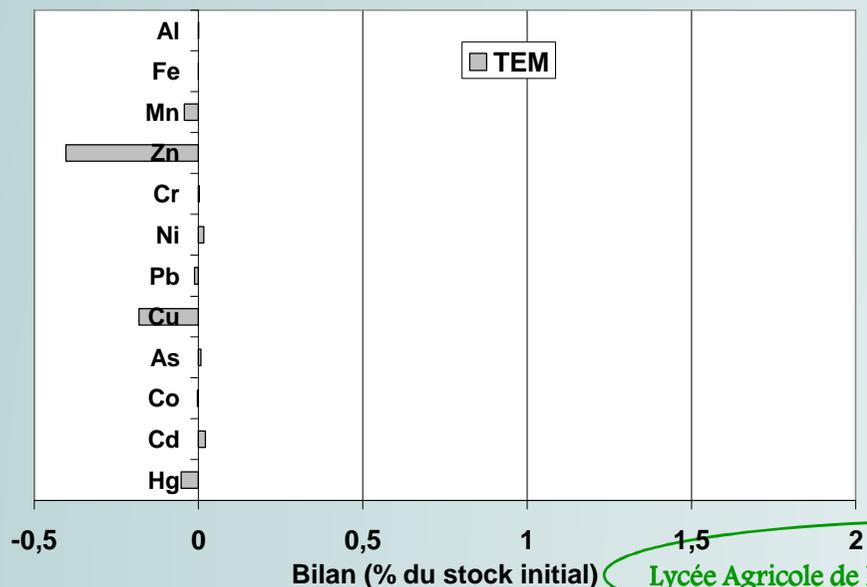
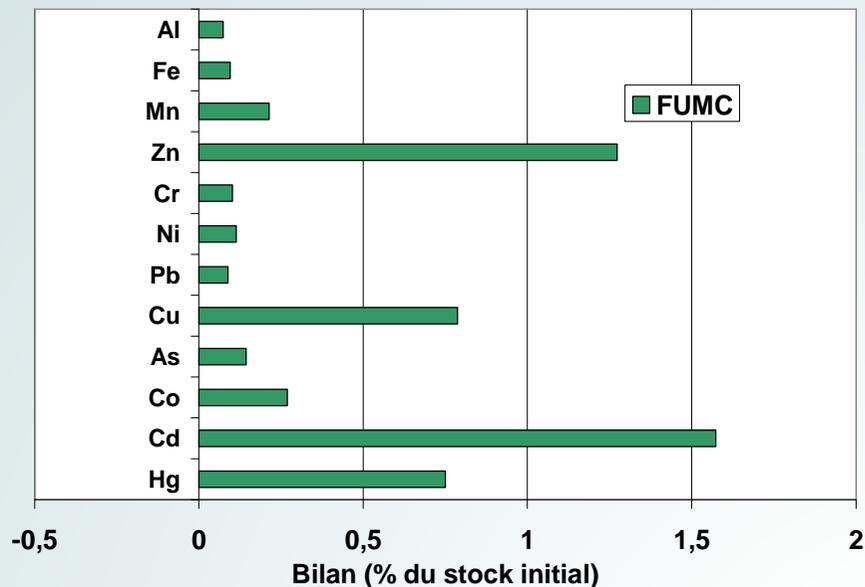
Bilan > 4% du stock :
Cu, Zn pour DVB, BIO, (BOUE)
Pb, Cd pour BIO



Bilan (Entrées – Sorties) sur 10 ans Bilan calculé



**Peu d'évolution du stock :
FUM, FUMC, TEM**



Effets des PRO sur les teneurs ETM des cultures

- Pas d'effet PRO sur les teneurs dans les parties récoltées.
- **Effet PRO** sur les teneurs dans certains **résidus de récolte** pour **Bore, Mn, Mo.**
- Effet CULTURE marqué pour certains ETM
- Effet ANNEE prépondérant (pour tous les ETM)

Conclusions sur les effets ETM des PRO, site de Colmar

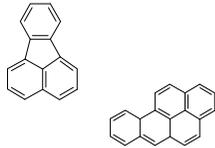
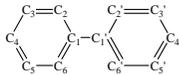
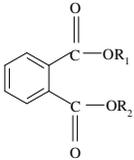
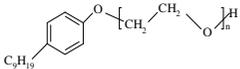
- Effet PRO sur les teneurs dans le sol :
 - Plus dans TEM : Mn, Ni
 - Moins dans TEM : Pb, Tl, Ag, Se, B
- Effet PRO sur les teneurs ou les exportations par les cultures :
 - Plus dans TEM : Cu, Mn
 - Moins dans TEM : Mo.
- Pas de relation entre les teneurs ou les exportations/ RECOLTES et les teneurs dans le SOL ni avec les apports par les PRO.

Conclusions sur les impacts ETM des PRO (10 ans)

Épandages répétés, conformes à la réglementation ou proches,
=> augmentations significatives dans l'horizon labouré de
quelques ETM, principalement Cu et Zn (Feucherolles)
tout en restant < teneurs « normales ».

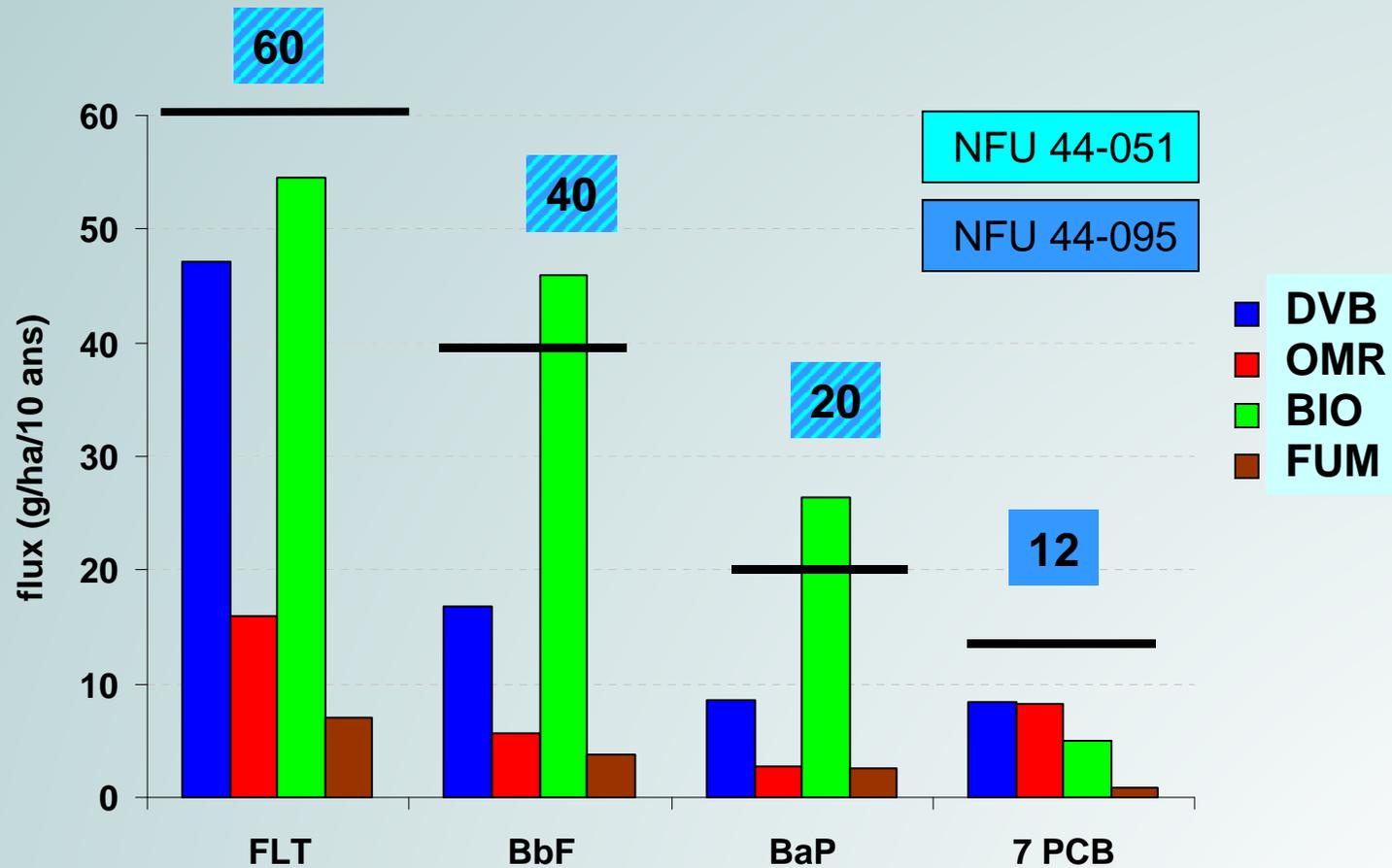
Pas d'impacts sur les teneurs dans les plantes au moins
pour 7 ETM réglementés, a fortiori pour les 3 réglementés pour
l'alimentation humaine (Cd, Pb, Hg)

Contaminants Traces Organiques pouvant se trouver dans les PRO

CTO	Formules chimiques	Origine, utilisation	Demi-vie dans le sol	Toxicité
HAP		Chauffages urbains, trafic automobile	50 jours à 2 ans	Toxiques et Cancérigènes
PCB		isolant diélectrique	2 à 6 ans	Toxiques et Cancérigène
PCDD/F		Résidus combustion composés chlorés	3 à 6 ans	Toxiques et Cancérigènes
Phtalates: DIBP, DBP, DEHP, DMP, DEP, BBzP, DIDP, DINP, DOP, BBP		Plastifiants	1 à 60 jours	Toxiques pour la reproduction
NEP		Détergents, surfactants,	8 à 90 jours	Perturbateur endocrinien
LAS		émulsifiants	9 à 17 jours	Peu toxiques

CTO	<i>Compartiments Analysés (sites de Colmar et/ou Feucherolles)</i>
16 HAP	PRO , pluie
7 PCB	Sols Grains (depuis 2004)
Phtalates	PRO (depuis 2002)
NP-NEP	Sols (2006)
LAS	Grains (depuis 2004)
PCDD/DF	PRO (depuis 2002) Sols (2006) Grains (depuis 2004)

HAP et PCB inputs après 5 apports (10 ans) (Feucherolles)



⇒ BIO > DVB > OMR > FUM
 ⇒ BIO: BbF et BaP > flux NFU 44-051 (teneurs conformes mais apports élevés)

Comparaison des flux entrant avec les stocks du sol (LA)

(g/ha)	Stock	Input par épandage	Input via précipitations (/an)
16 HAP	1500	10 - 70	0.2-2
7 PCB	15	0.1 - 2	0.03
DiBP, DBP	55	0,9 - 300	?
DEHP	240	19 - 12 000	?
LAS	320	< 10 - 2 000	?

⇒ HAP - PCB: cumul épandages ~ 10% stock du sol

⇒ Fortes entrées de phtalate et LAS comparées aux stocks, sans augmentation significative des teneurs du sol... biodégradation?

Données Plantes et Conclusions sur les CTO apportés par les PRO

Quelques CTO quantifiés dans les grains à teneurs > celles du sol :
LAS, phtalate DiBP

Beaucoup non détectables (HAP, sauf NAPhtalène; PCB) ou non quantifiables

Aucune relation n'apparaît entre CTO des grains et PRO, ni avec CTO du sol (hétérogénéité spatiale initiale)

Les PRO n'ont pas d'impacts sur les teneurs en CTO du sol, ou des grains, malgré des apports relativement importants pour certains.

=> + Études pour la compréhension du devenir des CTO

Merci pour votre attention



Lutte contre les fusarioses des épis de blés : de l'utilisation raisonnée des fongicides aux méthodes de luttes alternatives

Gourdain Emmanuelle¹, Christian Barreau²

¹ ARVALIS-Institut du végétal Station expérimentale 91720 Boigneville

e.gourdain@arvalisinstitutduvegetal.fr

² INRA Unité MycSa

Résumé

La fusariose de l'épi est une maladie du blé très difficile à cerner car elle est induite par un complexe de plusieurs espèces de champignons des genres *Fusarium* et *Microdochium*, ayant des caractères épidémiologiques différents, productrices ou non de toxines et plus ou moins abondantes sur le territoire. Cette maladie peut occasionner certaines années des pertes importantes de rendement, mais surtout s'accompagner de l'accumulation de mycotoxines dans les grains, dont le déoxynivalénol (DON), toxine réglementée en Europe depuis 2006 pour les blés destinés à l'alimentation humaine. Les conseils aux agriculteurs pour réduire le risque «fusarioses» que ce soit en matière d'itinéraires techniques, de choix variétal ou de positionnement des traitements fongicides ne peuvent se faire de manière pleinement pertinente sans une information sur les espèces de *Fusarium* et *Microdochium* présentes, leurs fréquences relatives et leurs niveaux de sensibilité aux différentes matières actives. Le fait que ces espèces ne présentent pas la même sensibilité intrinsèque aux matières actives fongicides, et que certaines aient sélectionné des résistances à quelques familles couramment utilisées peut limiter l'efficacité actuelle de ces méthodes de lutte. Ainsi, dans un objectif de réduction des pesticides, un des enjeux majeurs pour les années à venir sera de quantifier les espèces fongiques en présence pour une compréhension plus fine et précise des liens directs existant entre flore, pratiques culturales et contamination en mycotoxines et ainsi éviter les traitements inutiles. Sur l'année 2009, près de 2.8 millions d'hectare de blés ont reçu une protection contre la fusariose de l'épi dans un contexte climatique qui *a posteriori* ne le méritait pas. Cependant, les critères objectifs de prise de décision restent encore fragmentaires, en particulier concernant la lutte contre *Microdochium*. Or, dans un contexte de réduction de 50% des pesticides dictés par le plan Ecophyto 2018, il est établi que le traitement de l'épi participe largement à la pression d'utilisation des fongicides sur blés. Considérant que cet objectif s'accompagne de la nécessité du maintien d'une agriculture productive qui satisfasse les débouchés alimentaires, les enjeux économiques et sanitaires de la lutte contre les «fusarioses» deviennent cruciaux. Plusieurs pistes sont donc envisageables pour répondre à l'objectif de réduction des fongicides, allant du raisonnement des applications aux méthodes de luttes alternatives mais doivent s'appuyer sur le développement de nouvelles méthodes d'analyse innovantes. Pour cela, une quantification par voie moléculaire (Q-PCR) peut permettre de définir de façon plus objective, les critères qui concourent à l'estimation des risques *Fusarium spp.* et *Microdochium* et conduire à des conseils mieux ciblés. Ainsi, c'est pour répondre à ces enjeux qu'un projet de recherche a démarré en 2010 entre ARVALIS-Institut du végétal, et les unités MycSa et Bioger de l'INRA avec le soutien financier du CASDAR.

Mots clés : *Fusarium*, *Microdochium*, méthodes de lutte, résistances, qualité sanitaire, biofongicides

Lutte contre les fusarioses des épis de blés : de l'utilisation raisonnée des fongicides aux méthodes de luttés alternatives*

Emmanuelle GOURDAIN
ARVALIS-Institut du végétal



Christian BARREAU
INRA, UMR 1264 – MycSa



**Projet de recherche ECOFUSA réalisé avec le soutien financier du CASDAR*

Fusariose des épis : symptômes sur blé



Épis entiers
+
cols d'épis



Épis partiel
+
Échaudage extrémité

Fusarioses : complexe des céréales à paille

Trichothécènes A

T-2

HT-2

DAS

Section
sporotrichiella

F. tricinctum

Pas de
Trichothécènes
Moniformine,
enniatives,
beauvericine

Zéaralénone

Trichothécènes B

DON NIV ADON

Fusarénone X

F. poae
F. sporotrichioides
F. langsethiae

groupe roseum

Section
roseum

F. avenaceum
arthrosporioides

F. graminearum

Section
discolor

F. Crookwellense
(*cerealis*)

F. pseudograminearum

F. culmorum

section
Gibbosum

F. equiseti



nivale :
Microdochium
nivale
majus



Fusarium



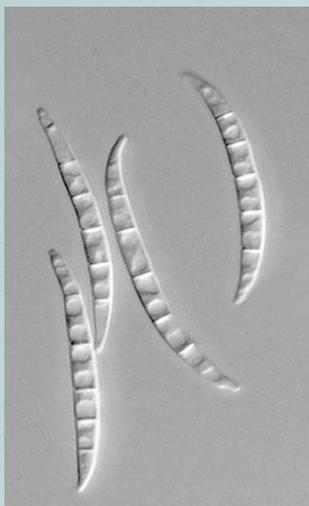
Microdochium



Reconnaissance au microscope

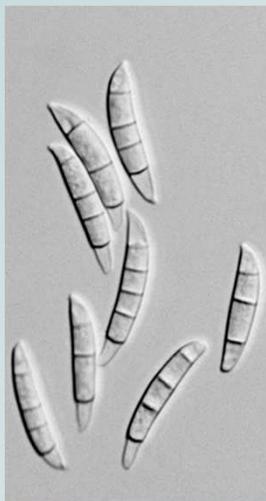
Les similitudes microscopiques sont fortes pour différencier les espèces du groupe « roseum » sur le plan morphologique : il faut utiliser les méthodes moléculaires.

F. graminearum

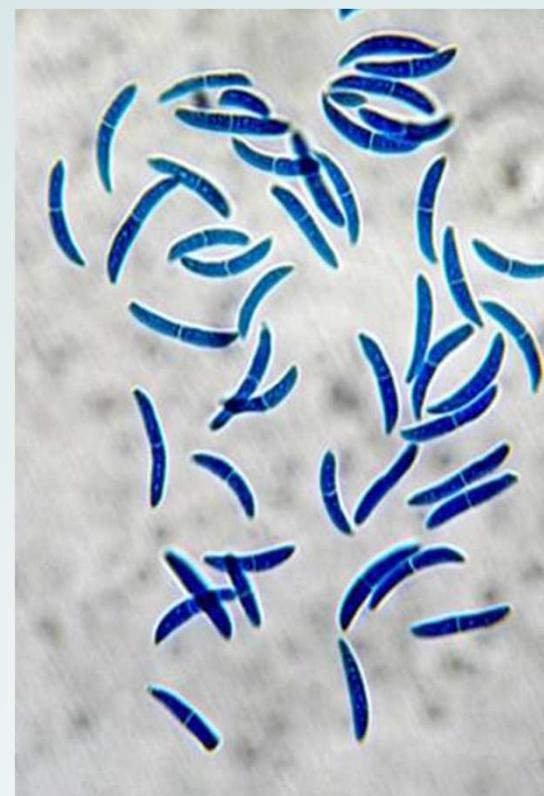


Burgess et al.

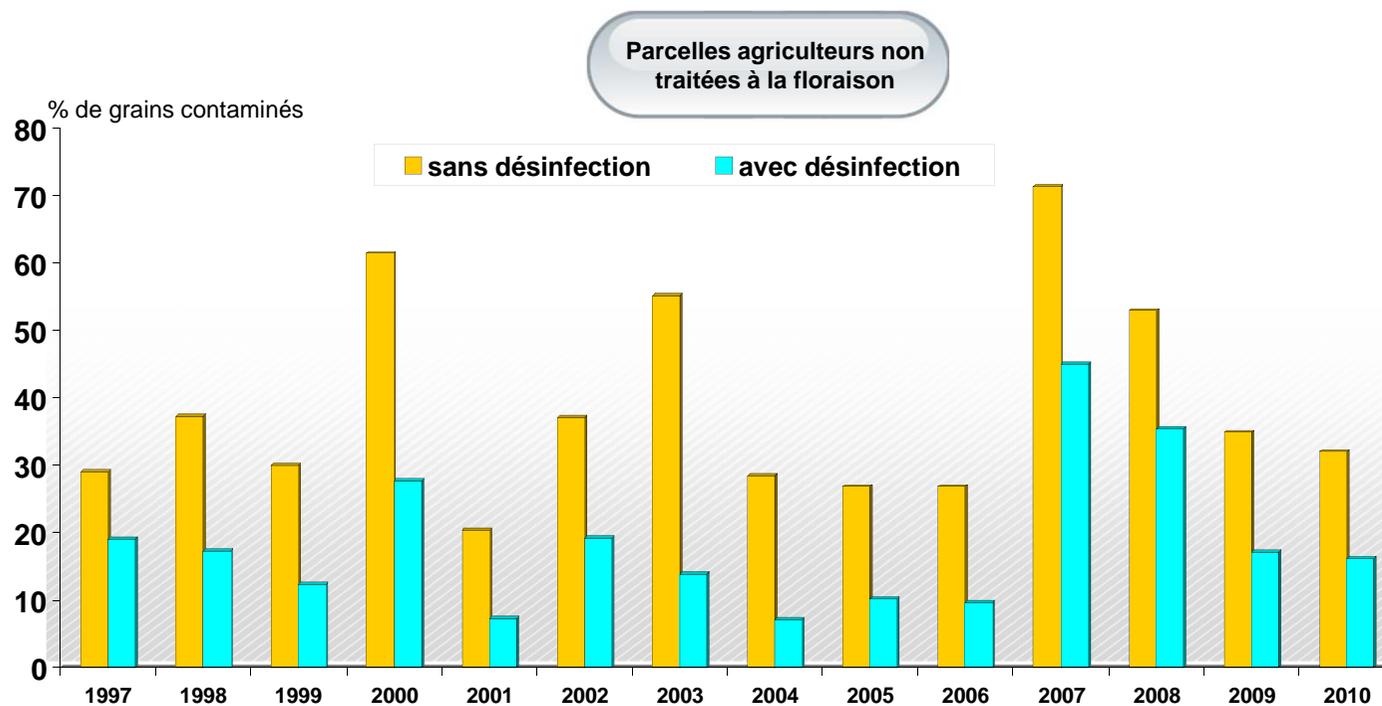
F. culmorum



Microdochium nivale



Cartographie Fusarioses 1997-2010 sur blés - % de grains contaminés



PAGE 6 - CONFIDENTIEL INTERNE - NE PAS DIFFUSER



Cartographie Fusarioses 1997 – 2010

Répartition des populations de Fusarioses : en base 100

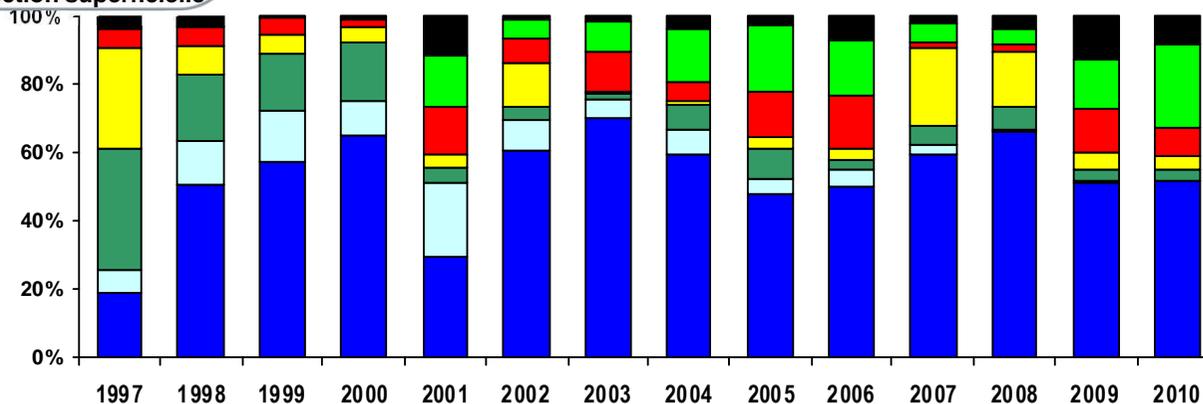
Les graphiques montrent la prédominance régulière de *F. graminearum*.

En 2010, la présence majoritaire de *F. graminearum* est confirmée.

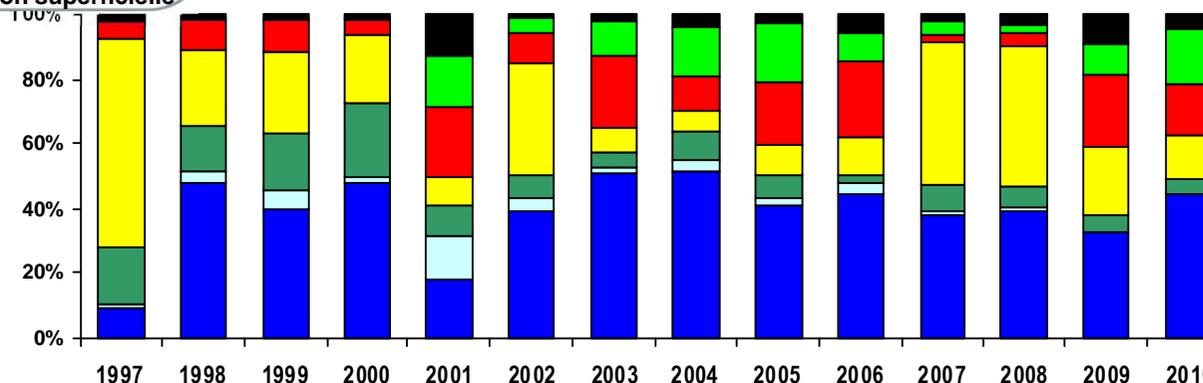
F. Poae et *F. tricinctum* ont été identifiés.

La présence de *Microdochium spp* est très irrégulière mais reste en fréquence le second « fusariose ».

Étude mycologique **sans** désinfection superficielle



Étude mycologique **avec** désinfection superficielle



- *F. graminearum*
- *F. culmorum*
- *F. avenaceum*
- *Microdochium spp*
- *F. poae*
- *F. tricinctum*
- Autres fusarium



Incidences sur le rendement, la qualité technologique et sanitaire



Dans les deux cas :

- ⇒ Augmentation de la proportion de grains échaudés
- ⇒ Perte de rendement
- ⇒ fonte de semis



Actuellement la lutte contre la fusariose des épis c'est ...

...lutter contre *F. graminearum* pour réduire le DON : enjeu sanitaire

- *Gestion des résidus*
- *Choix variétal*
- *Fongicides*

... ou ...

...lutter contre *M. spp* pour gagner en rendement : enjeu économique

- *Fongicides*

... mais

les méthodes de lutte ciblées influent sur l'équilibre des espèces du complexe en faveur de l'un ou l'autre champignon

+

l'apparition de résistances aux fongicides et à la diminution programmée de leur utilisation

=

Trouver des méthodes de lutte alternative pour préserver qualité sanitaire et rendement !

Lutte contre la fusariose des épis



- *Lutte agronomique*

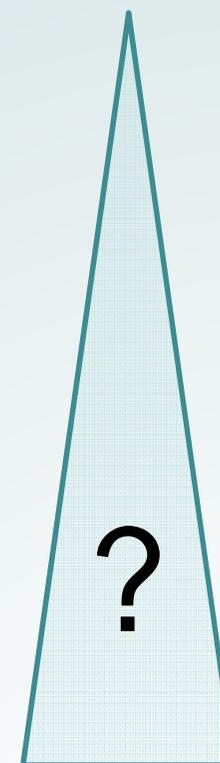
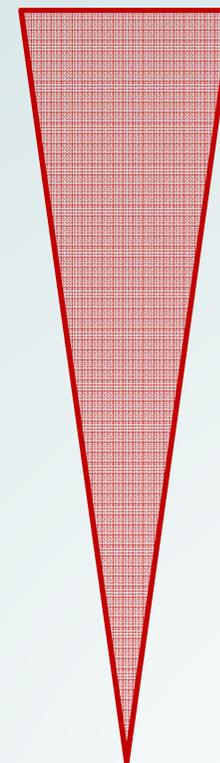
- *Lutte génétique*

- *Lutte chimique*

Poids des facteurs de risque

F. graminearum

M. spp



Lutte agronomique : ce que l'on sait sur l'effet des résidus

Essai travail du sol de longue durée Boigneville – blé tendre précédent maïs

DON (% du labour)	Broyage Labour	Broyage Rotavator	Sémavator	Semis direct (SD)	SD puis broyage
1999 à 2007	100	177		335	
2003 à 2007	100	158	286	329	
2007	100	209	234	335	159

Résidus en surface en Octobre

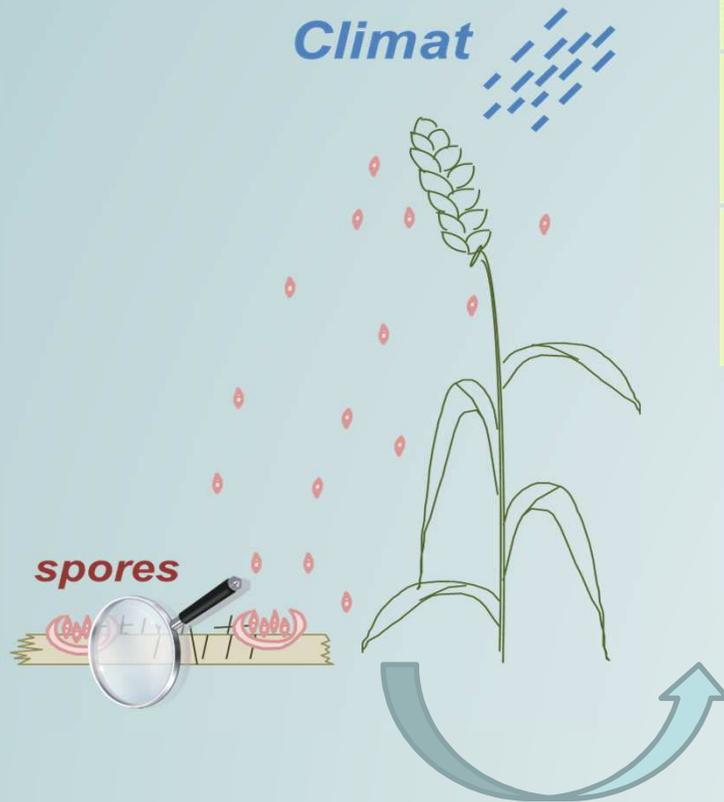


Résidus en surface en Juin



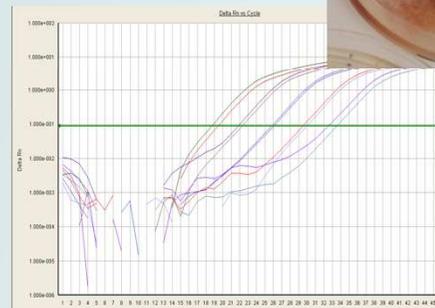
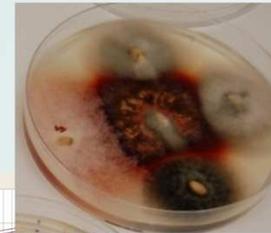
Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

Enjeu : hiérarchiser les résidus quant à leur pouvoir infectieux au moment de la floraison des blés



Système de culture	Sensibilité variétale	Niveaux de risque
Céréales à paille, colza, lin, pois, féverole, tournesol	Peu sensibles	1
	Moyennement sensibles	1
	Sensibles	3
	Peu sensibles	2
	Moyennement sensibles	2
	Sensibles	3
Betteraves, pomme de terre, soja, autres	Peu sensibles	2
	Moyennement sensibles	2
	Sensibles	2
	Peu sensibles	2
	Moyennement sensibles	2
	Sensibles	4
Maïs, sorgho (Fourrages)	Peu sensibles	2
	Moyennement sensibles	(2) 3
	Sensibles	4
	Peu sensibles	(4) 5
	Moyennement sensibles	(5) 6
	Sensibles	(6) 7

Améliorer les grilles d'aide à la décision pour gérer le risque global fusariose



Caractériser les espèces fongiques présentes sur résidus

Lutte génétique : sensibilité des variétés à l'accumulation de DON

Evaluation variétale:

-> inscription (CTPS): note de sensibilité à la fusariose

-> post-inscription (ARVALIS) : essais dédiés pour valider la note de sensibilité à la fusariose et ajustée une note de sensibilité à l'accumulation de DON



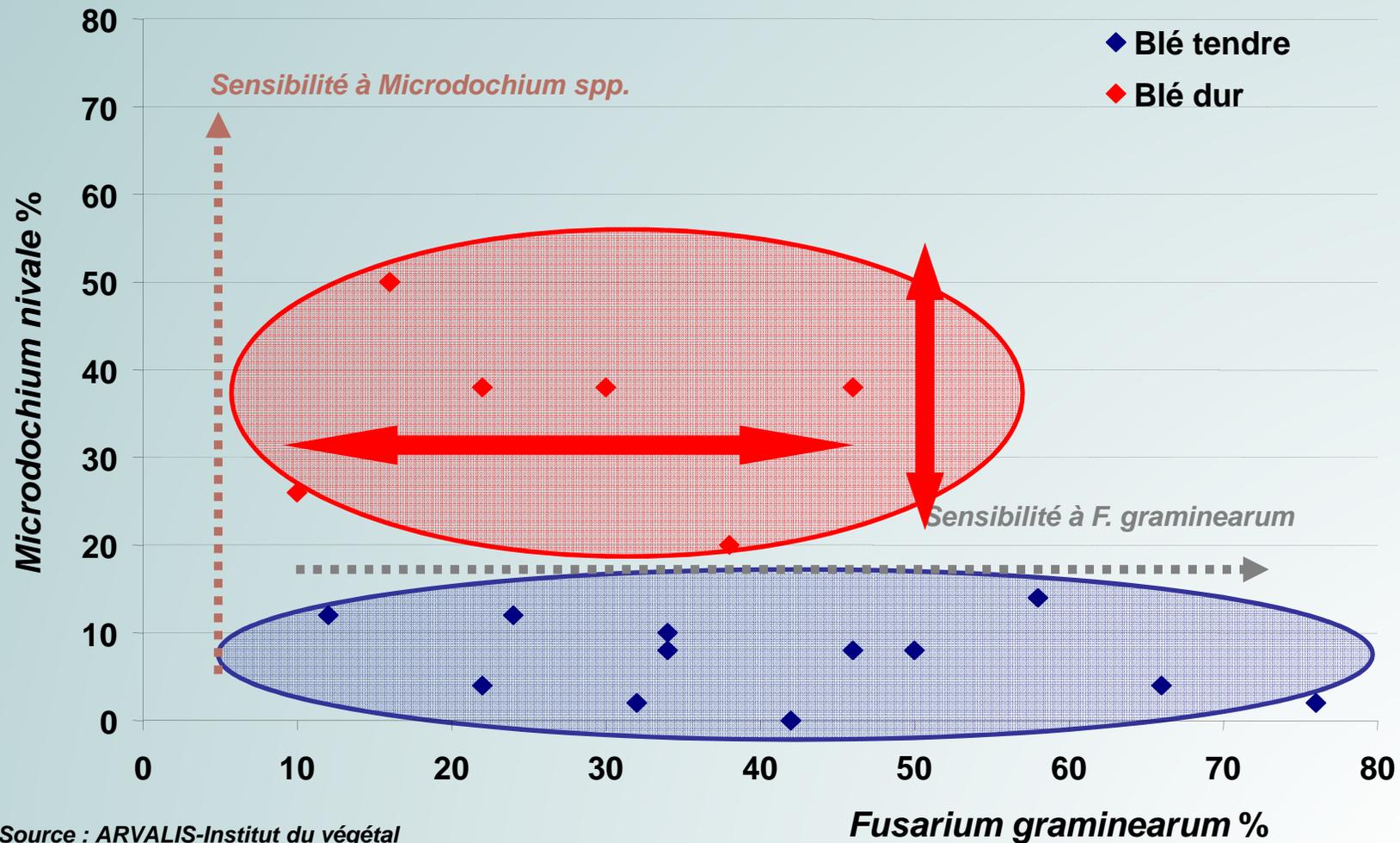
7	APACHE	RENAN	GRAINDOR		
6	CHEVALIER	GALIBIER	HYMACK	HYSUN	
5	ALIXAN	(AREZZO)	ARLEQUIN	(HYSTAR)	(GARANTUS)
4.5	ACCOR	(BUENNO)	(DIALOG)	(FIORETTO)	
	PALEDOR	MERCATO	SANKARA	RUSTIC	SOISSONS
4	ALTIGO	AUBUSSON	(AMUNDSEN)	CCB INGENIO	KORELI
	EUCLIDE	(EXELCIOR)	PEPIDOR	SELEKT	(SOLLARIO)
3.5	ALDRIC	AMBITION	BAGOU	CAMPERO	
	DINOSOR	(INTERET)	(PHARE)	PREMIO [#]	
3	BERMUDE	BOISSEAU	(BOREGAR) [#]	CAPHORN	(EXPERT) GARCIA
	(GALACTIC) [#]	(MINOTOR)	ROSARIO	(TIAGO)	TOISONDOR (VALODOR) [#]
2	(MAXWELL)	PR22R58	ROYSSAC	TIMBER	

() : peu de données

: en cours de confirmation

Source : Arvalis-Institut du végétal 2009

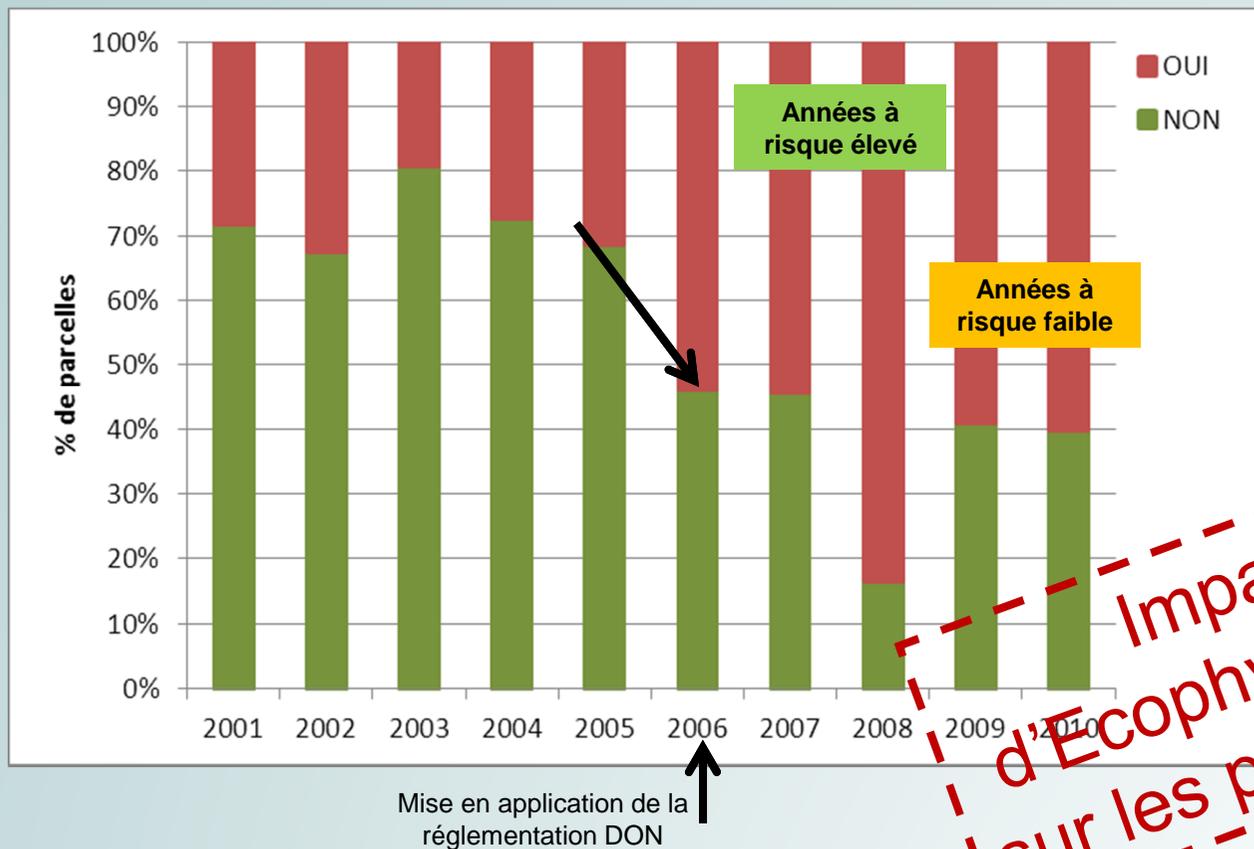
Enjeu : Mieux caractériser les sensibilités des espèces et variétés aux différentes espèces du complexe fusarien



Source : ARVALIS-Institut du végétal
 Analyses mycologiques des grains récoltés et désinfectés
 ESSAI BRUMISE et cannes de maïs – Ouzouer le Marché (41) - 2009

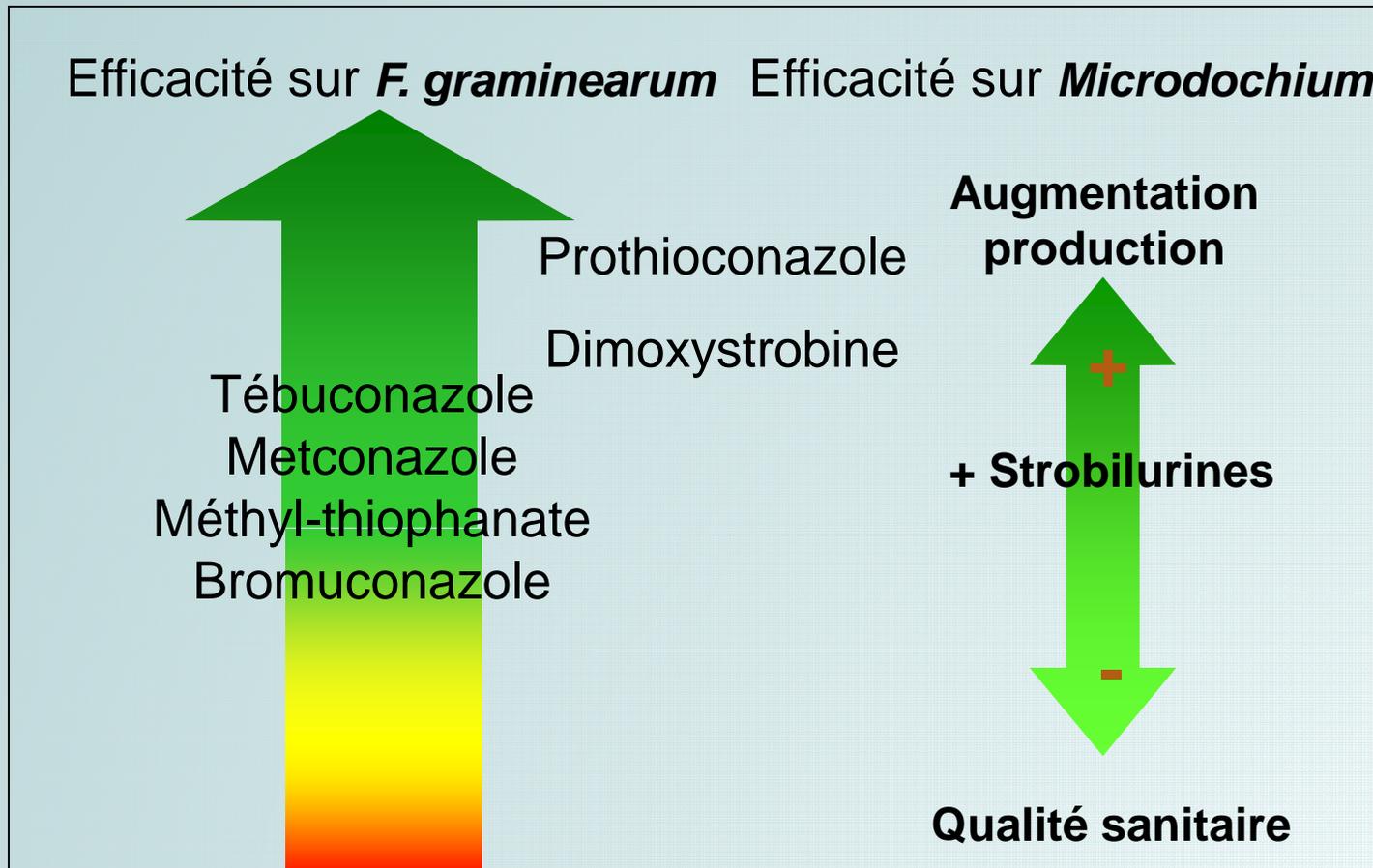
Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

La lutte chimique anti-Fusarium d'hier à aujourd'hui ?



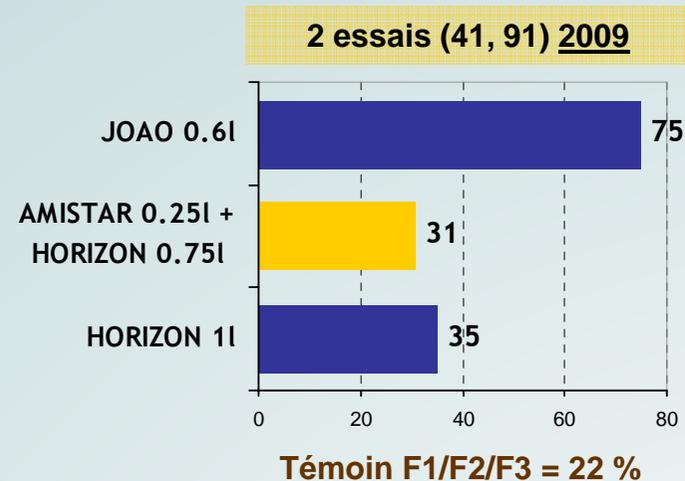
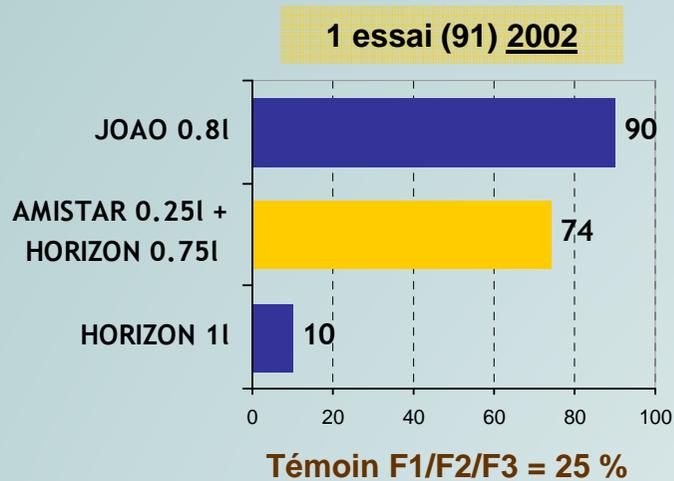
Source : enquêtes blé tendre/ blé dur agriculteurs ARVALIS-Institut du végétal 2001-2010
 Résultats donnés à titre indicatif sur un jeu de données non représentatif de la sole totale de blé

Equilibre de flore et matières actives

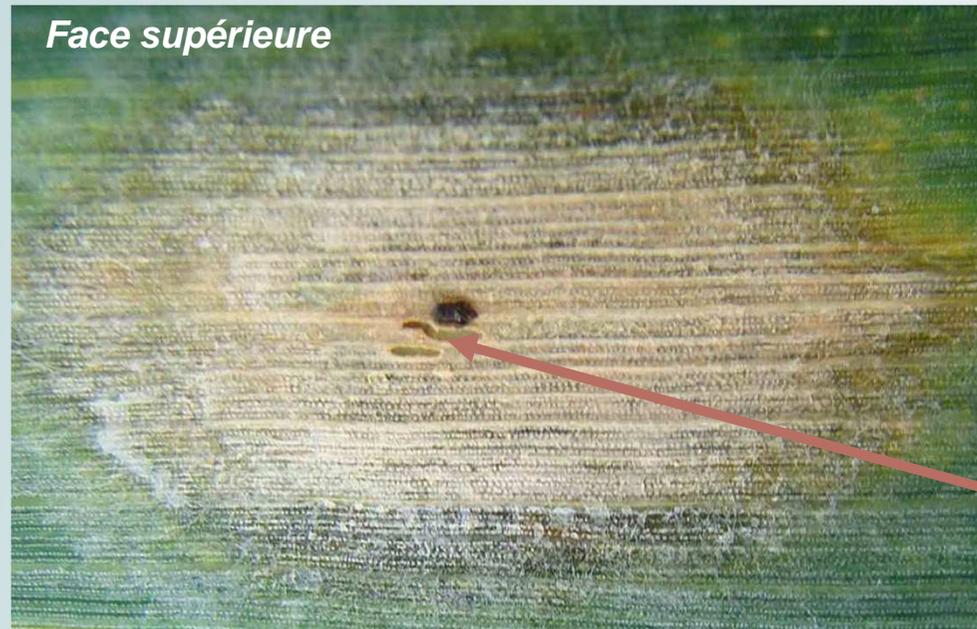


Oui mais ...

... apparition de résistances de *Microdochium* aux strobilurines

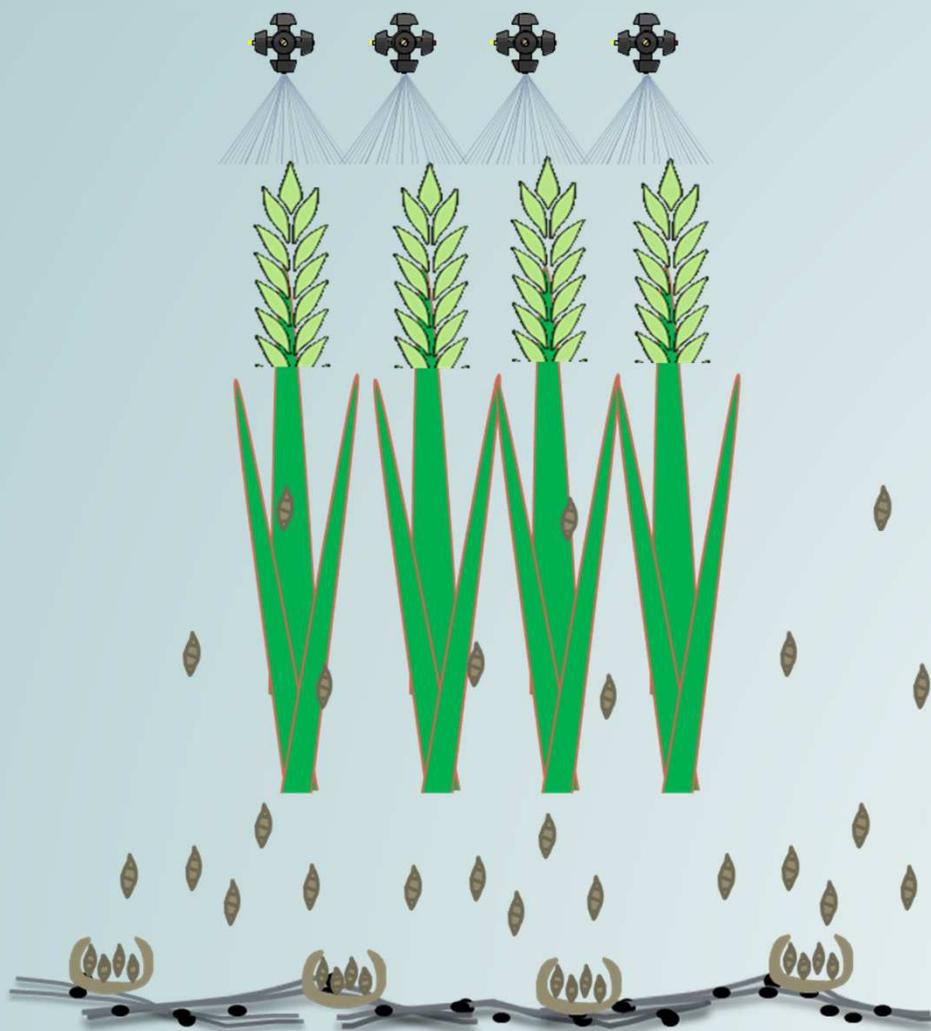


La résistance de *Microdochium spp.* aux strobilurines est associée à une perte d'efficacité de l'ensemble des représentant de la famille

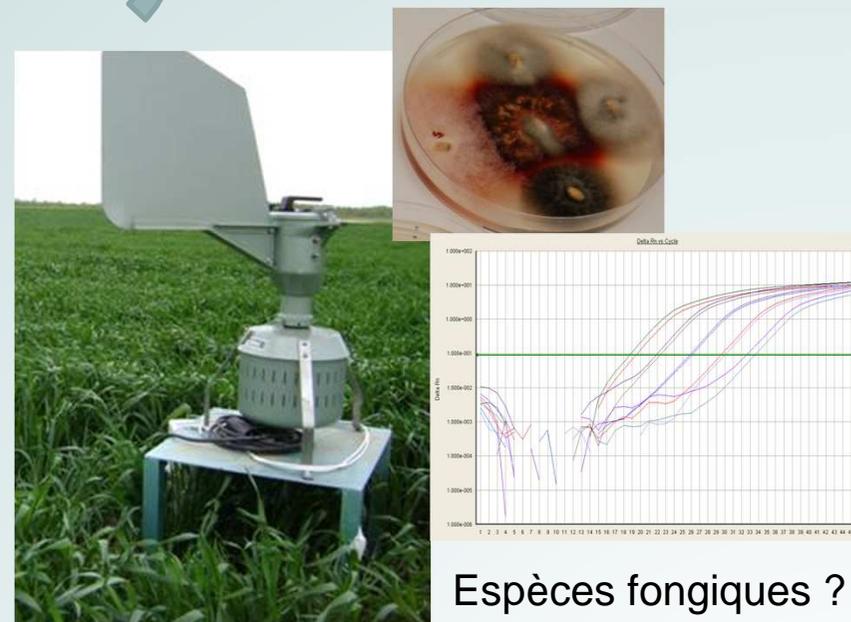


Microdochium spp. est un champignon opportuniste qui exploite les lésions provoquées par d'autres bioagresseurs (ici une morsure de cryocères)

Enjeu : étudier la flore fongique en présence pour évaluer le risque et ajuster le traitement



Choix de la matière active la plus efficace si nécessaire



Espèces fongiques ?
Résistance ?



Fongicides :

Efficacité à condition que :

- Bon stade d'application
- Bonne dose
- Spécificité



Limites :

- Compétition : *Fusarium/Microdochium*
- ↗ Toxines
- Pollution
- Intoxication
- Coût élevé

Biomolécules :

- Efficaces
- Spécifiques
- Non toxiques
- Produites industriellement à moindre coût et facilement

Enjeu pour la recherche :
mieux comprendre la toxinogenèse et sa régulation
pour aider à la définition d'approches alternatives

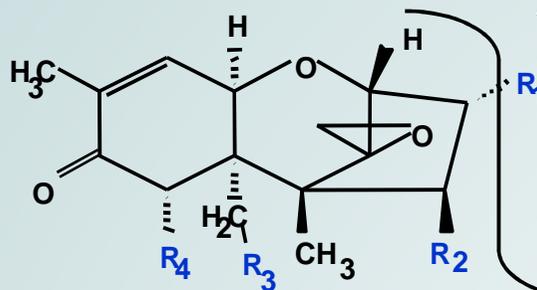
Enjeu pour la recherche : mieux comprendre la toxigenèse et sa régulation

Mycotoxines produites par *Fusarium*

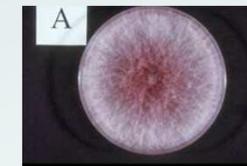
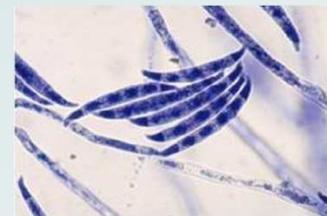
Trichothecenes B
Chemotype DON/ADON
R1 R2 R3 R4



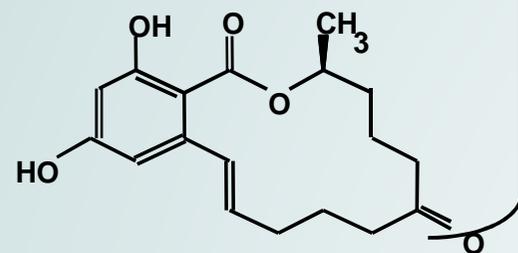
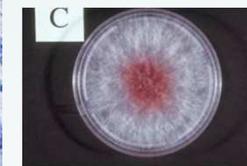
Chemotype NIV/FX
Zearalenone



F. graminearum



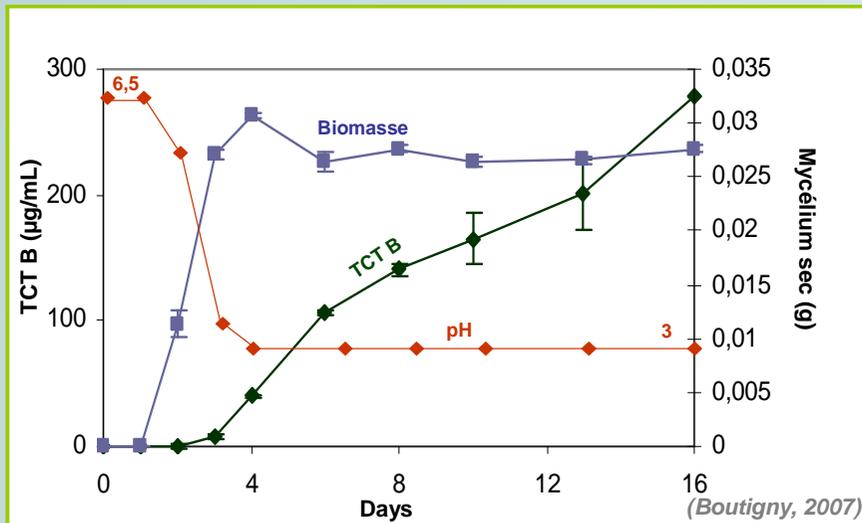
F. culmorum



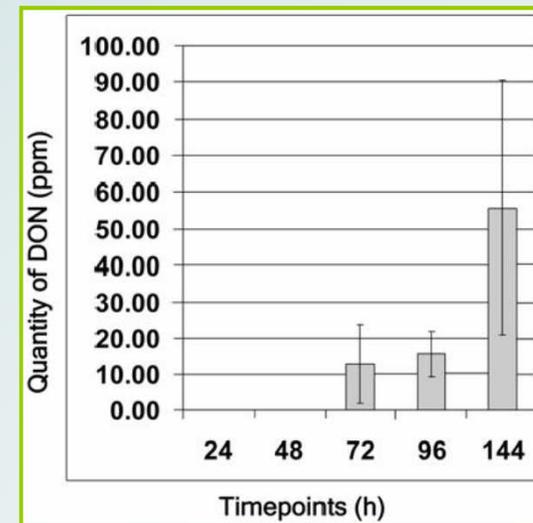
Enjeu pour la recherche : mieux comprendre la toxigenèse et sa régulation

Cinétique de production du DON

En culture *in vitro*



Chez la plante

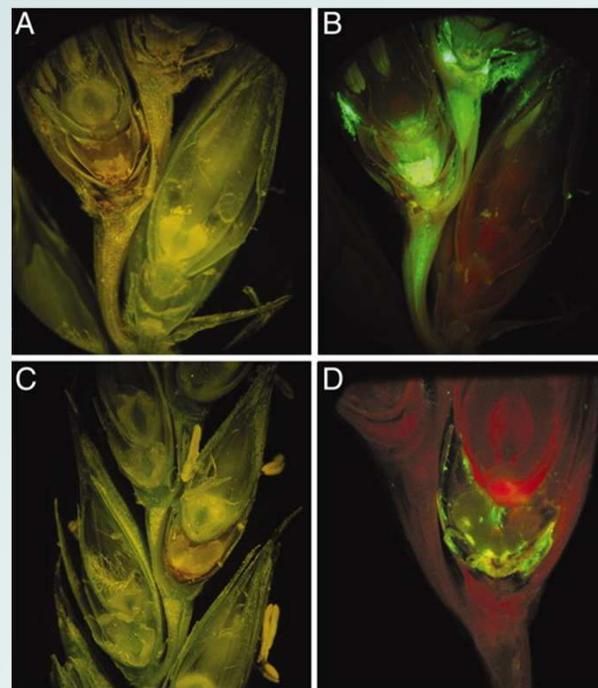


Enjeu pour la recherche : mieux comprendre la toxinogénèse et sa régulation

Le DON est un facteur d'agressivité

La toxine est importante pour la progression de la maladie

La toxine permet la progression de *Fusarium* d'un épillet à l'autre en passant par le rachis



Jansen C. et.al. PNAS 2005;102:16892-16897

Enjeu pour la recherche : mieux comprendre la toxinogénèse et sa régulation

Voie de biosynthèse du DON (déoxynivalénol) chez *Fusarium graminearum*

D'après Ponts 2005 (Thèse U. Bordeaux1 2007); Kimura et al. 2003 FEBS Letters 539 (2003) 105-110; Kimura et al. 2007 Biosci. Biotechnol. Biochem. 71:2105-2123

METABOLISME PRIMAIRE

Voie des isoprénoïdes

Farnesyl-PP → STEROLS

Tri5 Trichodiène synthétase

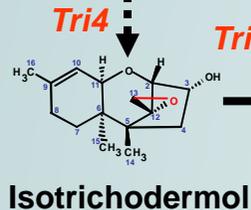
Trichodiène

Tri4

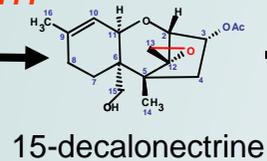
Tri4

Tri4

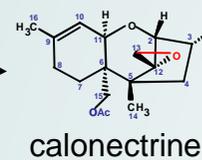
Self-protection



Tri101 **Tri11**

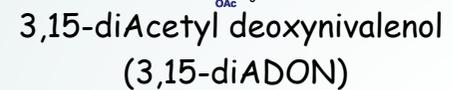


Tri3



Tri1 **Tri1**

?

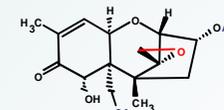
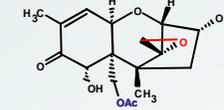
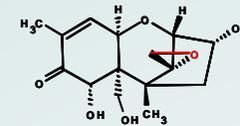


Deoxynivalénol (DON)

Tri101?

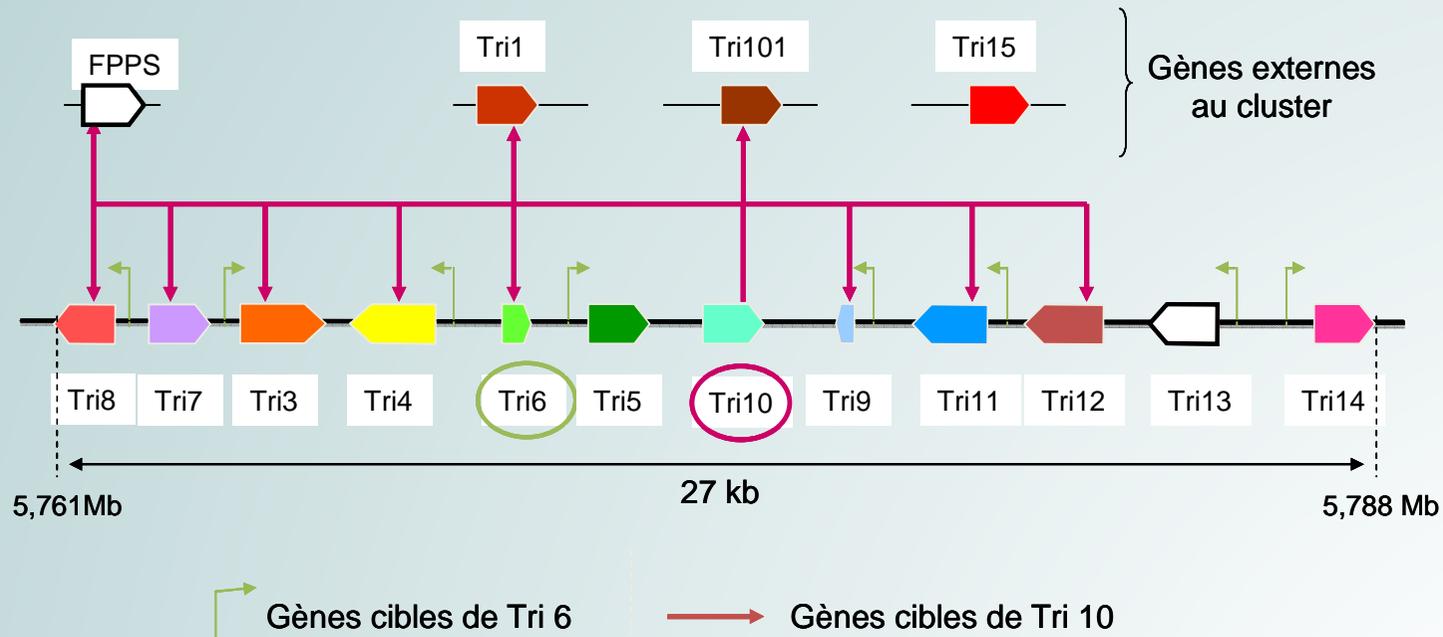
15-Acetyl deoxynivalénol (15-ADON)

Tri8c3



Enjeu pour la recherche : mieux comprendre la toxigenèse et sa régulation

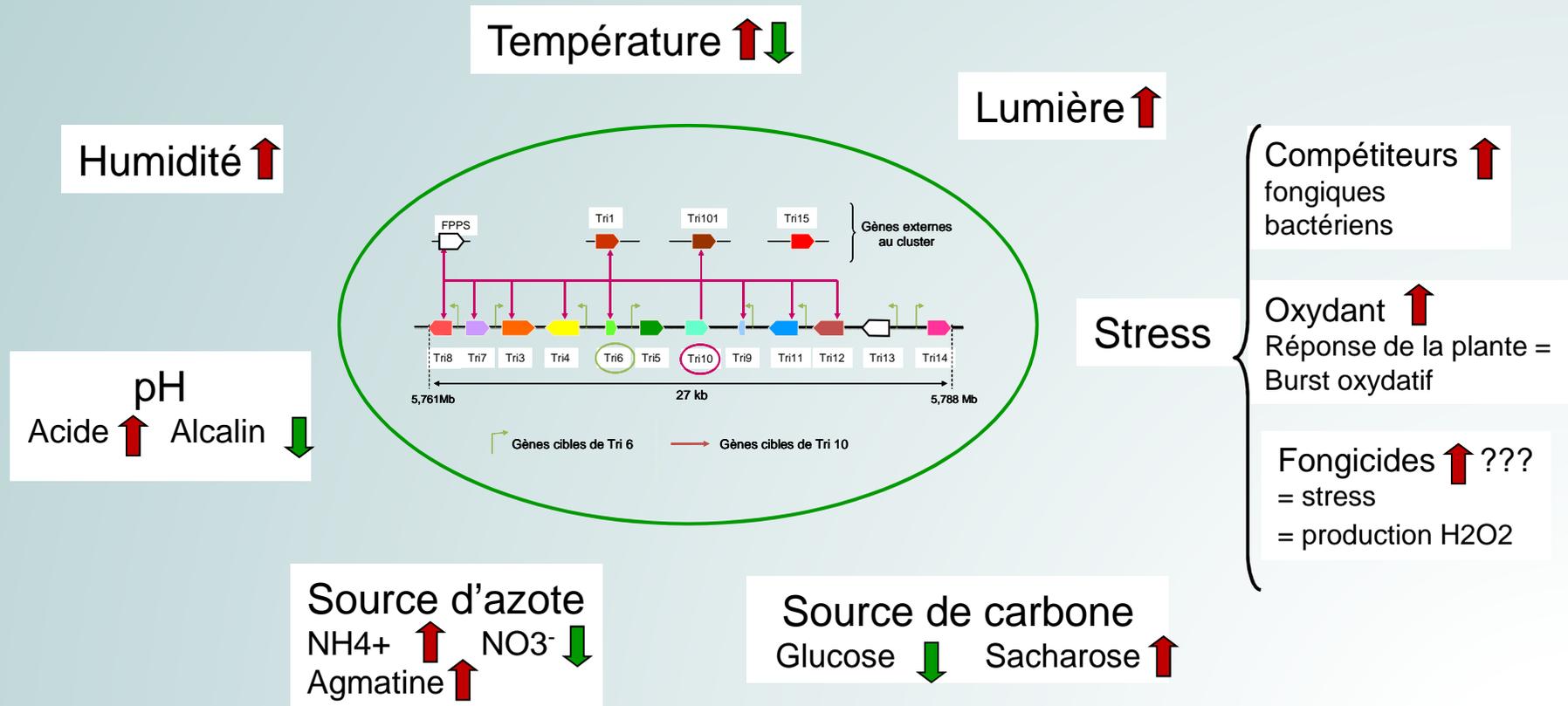
Les gènes *Tri* de biosynthèse du DON sont regroupés dans un « cluster ».



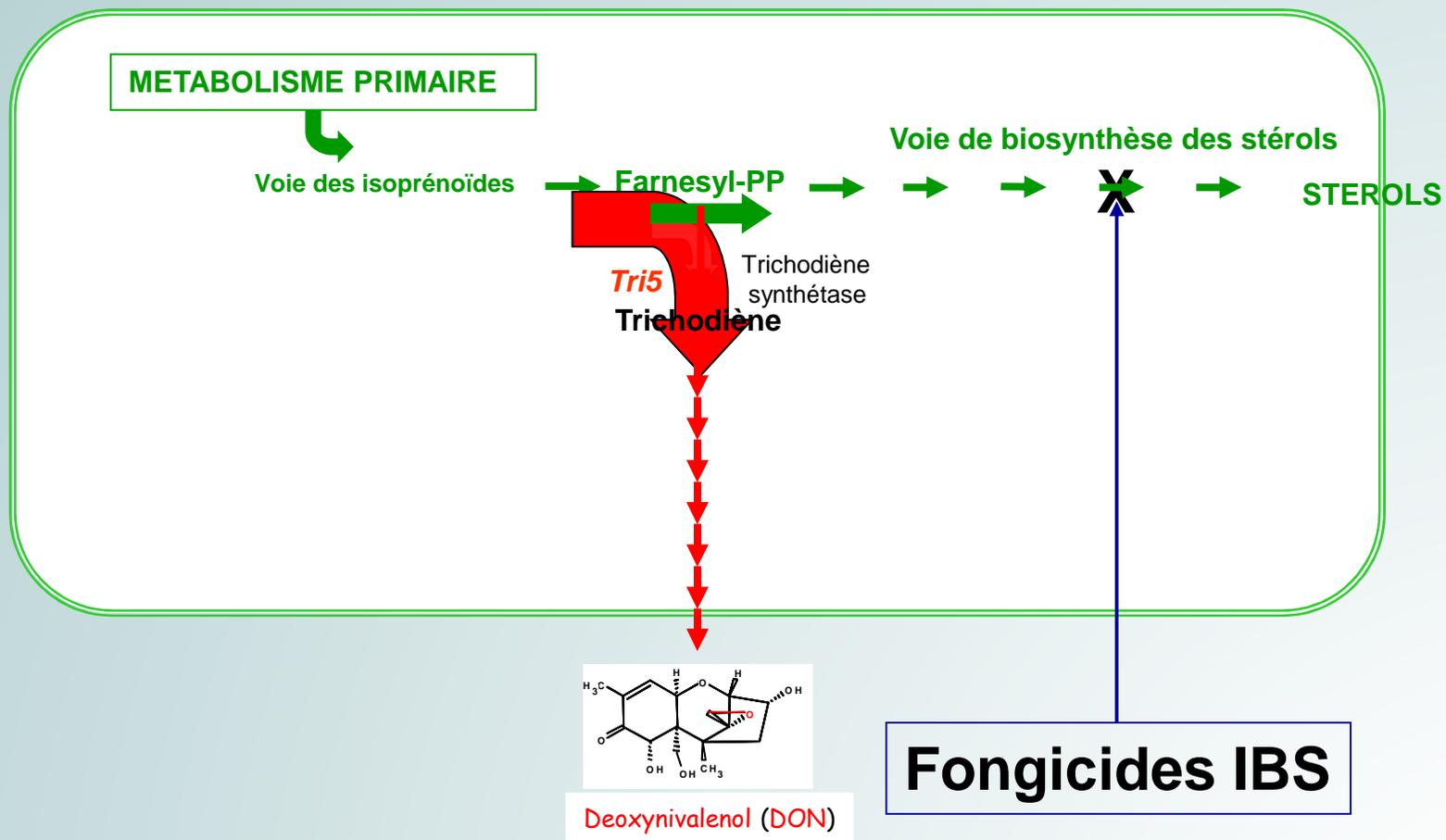
Deux régulateurs transcriptionnels *Tri 6* et *Tri 10* sont présents dans le “cluster”

Enjeu pour la recherche : mieux comprendre la toxigenèse et sa régulation

L'expression des gènes *Tri* et la biosynthèse du déoxynivalénol sont soumis à des mécanismes complexes de régulation



Effet potentiel des fongicides IBS sur la biosynthèse du DON



Il est important d'appliquer les fongicides IBS avant l'envahissement par *Fusarium*!

***Nouvel enjeu pour la recherche:
trouver des substances alternatives aux fongicides***

Deux impératifs:

- Cribler des molécules d'origine biologique efficaces pour limiter le développement des espèces fongiques responsables de la fusariose
- Rechercher des molécules ayant un effet "antimycotoxinogénique"

Projet CASDAR Tâche 3

Raisonner la lutte chimique : optimisation des traitements classiques et évaluation de nouvelles molécules issues de la chimie verte

Projet Région Aquitaine ECOPRESERVGRAIN

Volet caractérisation de l'activité antifongique d'essences végétales sur les champignons mycotoxinogènes

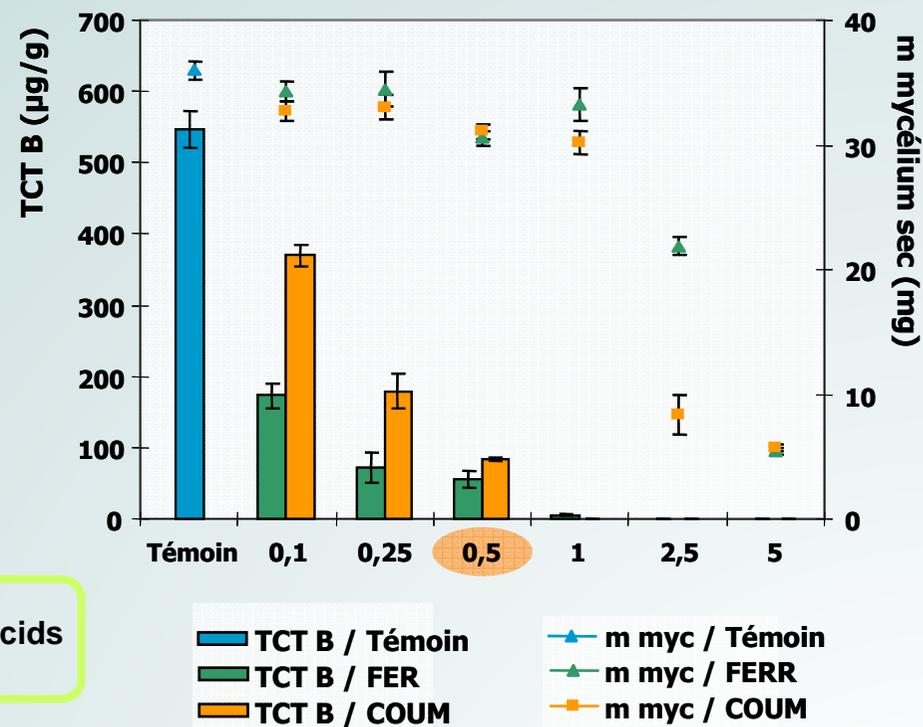
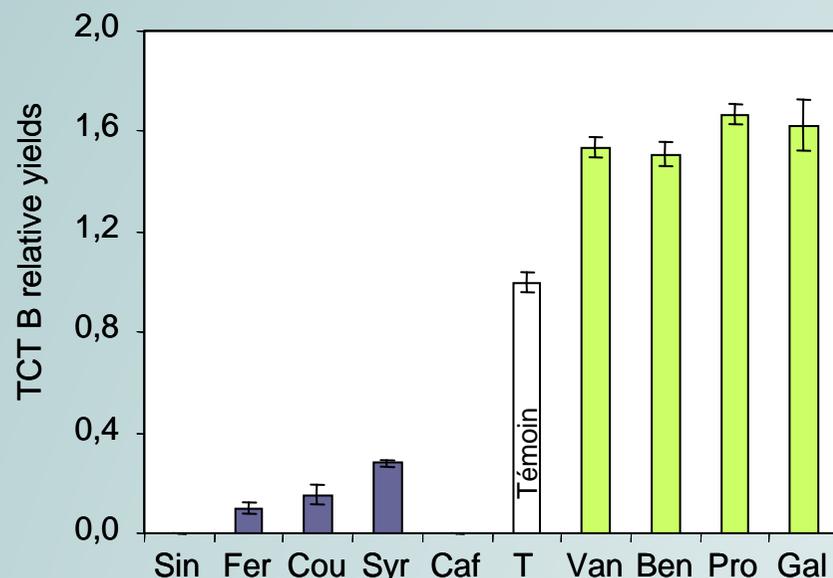
***Nouvel enjeu pour la recherche:
trouver des substances alternatives aux fongicides***

- Molécules naturellement présentes dans le grain
 - Molécules candidates
 - Acides phénols
 - caroténoïdes
 - Tocopherols
 - Autres

- Molécules issues d'autres végétaux ou d'autres organismes
 - Dérivés des acides férulique et caféique
 - Dicafeoylquinique
 - Curcumine
 - Huiles essentielles (ex: eugénol)
 - Chitosane (dérivé de la chitine de la carapace de crustacés)
 - Autres

- Criblage d'un grand nombre de molécules pour leur effet sur la croissance et sur la toxinogénèse (criblage à haut débit)

Inhibition de la biosynthèse du DON et de la croissance fongique par les acides phénoliques



Boutigny, A. L., et al., (2008). "Natural mechanisms for cereal resistance to the accumulation of *Fusarium* trichothecenes." European Journal of Plant Pathology 121 (4): 411-423

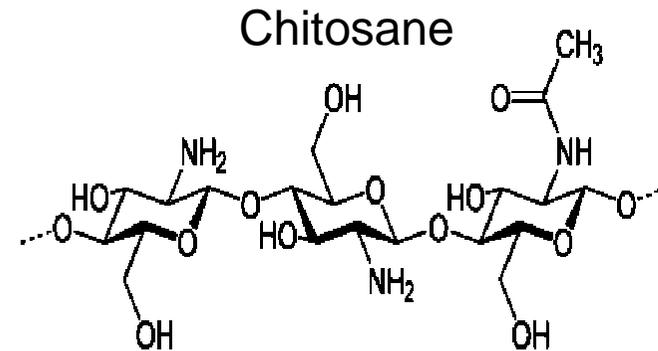
Les acides phénoliques dérivés de l'acide cinnamique ont un effet inhibiteur de la croissance et de la toxinogénèse

Lycée Agricole de Pau-Montardon, 22 Septembre 2011

Molécules naturelles comme biofongicides ?

Biofongicide :

- disponible
- faible coût
- efficace (spécifique)



- Effet perméabilisant sur la membrane fongique (*Neurospora crassa*)
(palma-Guerrero J. *et al*,2010)
- Pas de travaux sur *Fusarium*
- *Si effet perméabilisant/membrane fongique est vérifié pour Fusarium : le chitosane augmente-t-il l'efficacité de molécules antimycotoxines ?*

Etude de l'effet synergique du chitosane et de l'acide férulique

Concentration en chitosane en µg/ml

0 µg/ml

10 µg/ml

20 µg/ml

50 µg/ml

100 µg/ml

500 µg/ml



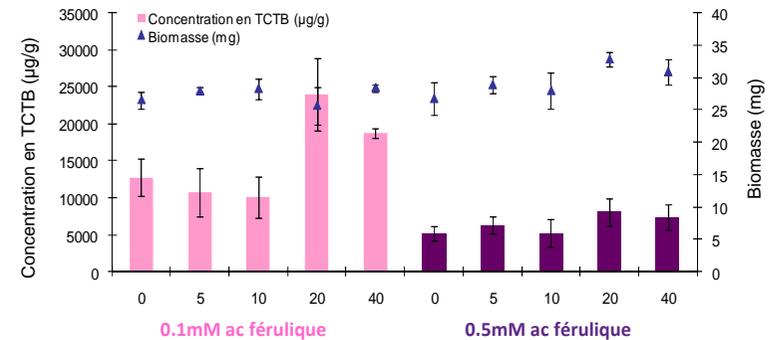
Avec chitosane

Inhibition de la germination aux concentrations >50µg/ml

Chitosane ajouté 12 h après l'inoculation (après la germination)



Pas d'effet sur la croissance après germination



Le chitosane n'augmente pas l'effet inhibiteur de l'acide férulique

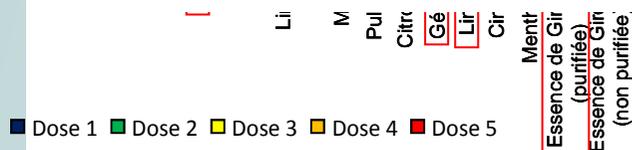
Pas d'effet synergique et seulement inhibition de la germination des spores

Cribler des molécules d'origine biologique diverses pour leurs propriétés antifongique et antimycotoxinogénique

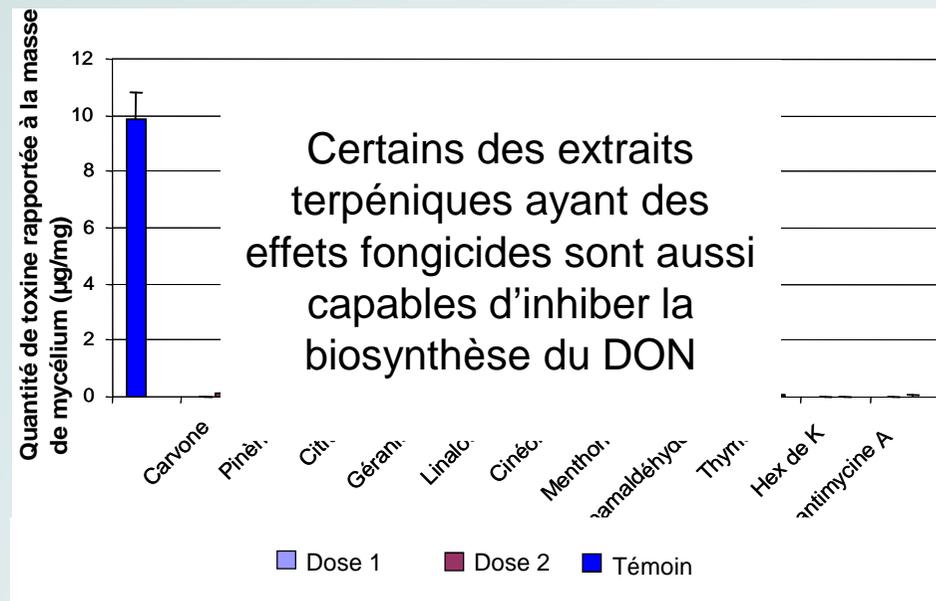
Effet de terpènes *in vitro* (Projet Région ECOPRESERVGRAIN)

Sur la croissance de *F. graminearum*

Des extraits de différentes plantes aromatiques ont des effets fongicides et sont capables d'inhiber la germination et/ou la croissance de Fusarium



Sur la production de déoxynivalénol par *F. graminearum*



Il est donc possible d'identifier des biomolécules capables d'inhiber à la fois la germination, la croissance et la toxinogénèse de Fusarium

Conclusion

La recherche de nouveaux fongicides laisse espérer identifier de nouvelles biomolécules issues de la chimie verte

Cependant; les différents résultats ont été observés *in vitro*!

Essais préliminaires → A valider sur plante et au champ
projet ECOFUSA; Projet Europeen PURE

Autres voies de lutte à l'étude pour réduire l'impact de la fusariose :

- Biocontrôle par d'autres microorganismes
 - Champignon compétiteur non toxigène
 - Espèces endophytes
- Résistance variétale
 - Evaluation précise des variétés existantes
 - Création de nouvelles variétés en sélectionnant des variétés résistantes à la fois à la fusariose et à la mycotoxinogénèse.

Nous vous remercions de votre attention



**Résultats de l'étude nationale de
surveillance des expositions
alimentaires aux substances
chimiques (Etude de
l'Alimentation Totale 2 - 2006-2010)**



Contexte

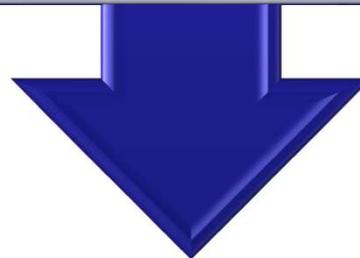
Présentation des EAT

Objectifs

Evaluer la composition / contamination des aliments « tels que consommés »

Evaluer l'exposition alimentaire des populations pour des substances d'intérêt en termes de sécurité sanitaire

Outil des politiques de santé publique (réglementaire et recherche)



Méthode

Combinaison de données de consommations alimentaires et de données de composition / contamination des aliments

Méthode standardisée, recommandée par l'OMS

Les « EAT » dans le monde



EAT2 (2006-2010)

- 8 grandes régions
- 20 000 produits alimentaires
- 445 substances
- 250 000 résultats
- 5 millions d'euros

EAT1 (2001-2005)

- 3 régions
- 2 300 produits alimentaires
- 39 substances
- 40 000 résultats
- 1 million d'euros



Source : OMS, 2008

Les 3 vocations de l'EAT

Eclairer les pouvoirs publics

- quels sont les besoins de nouvelles normes ? quelles sont les autres mesures à prendre ?

Guider la communauté scientifique sur le champ des recherches à conduire

- quelles sont les substances ou les catégories d'aliments sur lesquelles il convient d'investiguer davantage ? A-t-on besoin de mise au point d'appareils de mesure plus précis ? etc.

Informers le consommateur

- partager nos conclusions générales mais aussi donner les conseils à suivre et préciser les zones de vigilance



Méthode

445 substances étudiées

Contaminants inorganiques et minéraux

- Aluminium, Antimoine, Arsenic, Cadmium, Mercure, Plomb
- Calcium, Chrome, Cobalt, Cuivre, Fer, Lithium, Magnésium, Manganèse, Molybdène, Nickel, Potassium, Sélénium, Sodium, Zinc
- Etain, Vanadium, Baryum, Strontium, Gallium, Argent, Tellure

Contaminants issus des activités humaines

- Dioxines et furanes, polychlorobiphényles (PCB), composés perfluorés, retardateurs de flammes bromés

Mycotoxines

- Aflatoxines BG & M, Patuline, Ochratoxine A, Fumonisines, Trichotécènes A & B, Nivalénol et Zéaralénone

Phytoestrogènes

- Isoflavones (génistéine, daidzéine, glycitein, biochanin A et formononétine)
- Coumestanes (coumestrol)
- Isoflavane (equol)
- Enterolignanes (entérolactone, matairesinol et secoisolariciresinol)

Pesticides

- 283 substances actives : Organochlorés, organophosphorés, pyrethrinoïdes et carbamates

Additifs

- rocou (E160b), nitrites (E249-250), sulfites (E220, E221, E222, E223, E224, E226, E227 et E228), acide tartrique (E334)

Composés néoformés

- Acrylamide et Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

L'EAT2 en 3 étapes



1.

**Echantillonnage
représentatif des
consommations
alimentaires en
France**

20 000 produits



2.

**Analyse des
échantillons
préparés « tels
que consommés »**

Laboratoires
accrédités

Limites analytiques
les plus basses
possibles



3.

**Evaluation de
l'exposition de la
population**

Adultes

(18 ans et plus)

Enfants (3-17 ans)

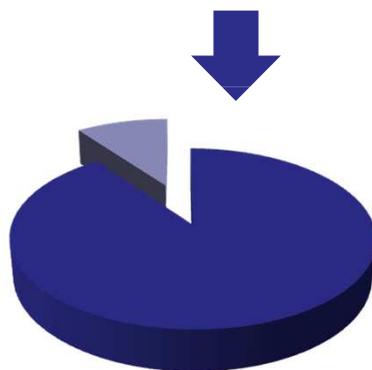
Sélection des aliments

1

- Aliments les plus consommés en France, par les adultes et les enfants, selon les résultats de l'enquête INCA2 (2006-2007)
- Au moins 5% de consommateurs

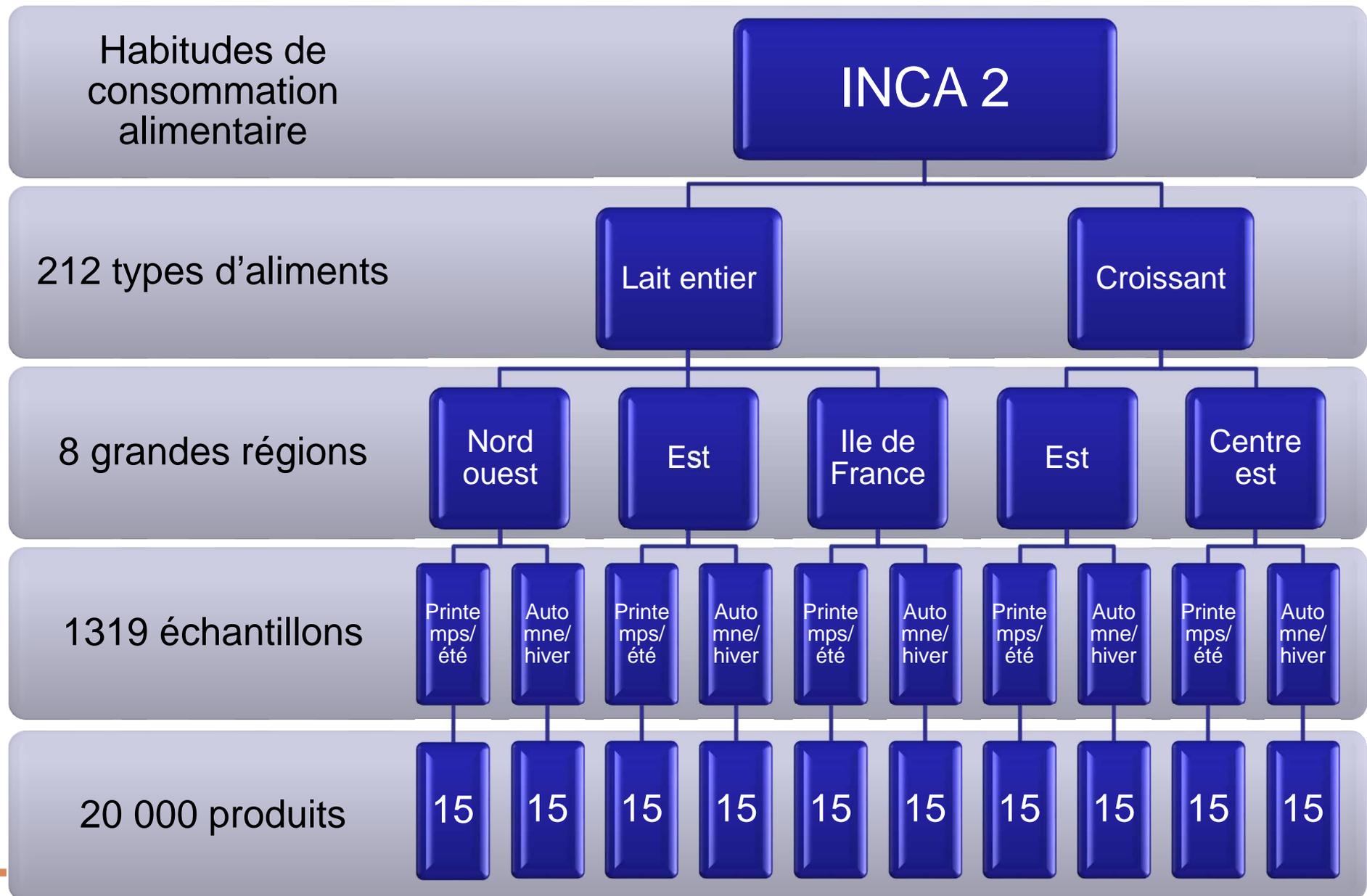
2

- Contributeurs majoritaires connus ou supposés à l'exposition de l'un au moins des contaminants d'intérêt

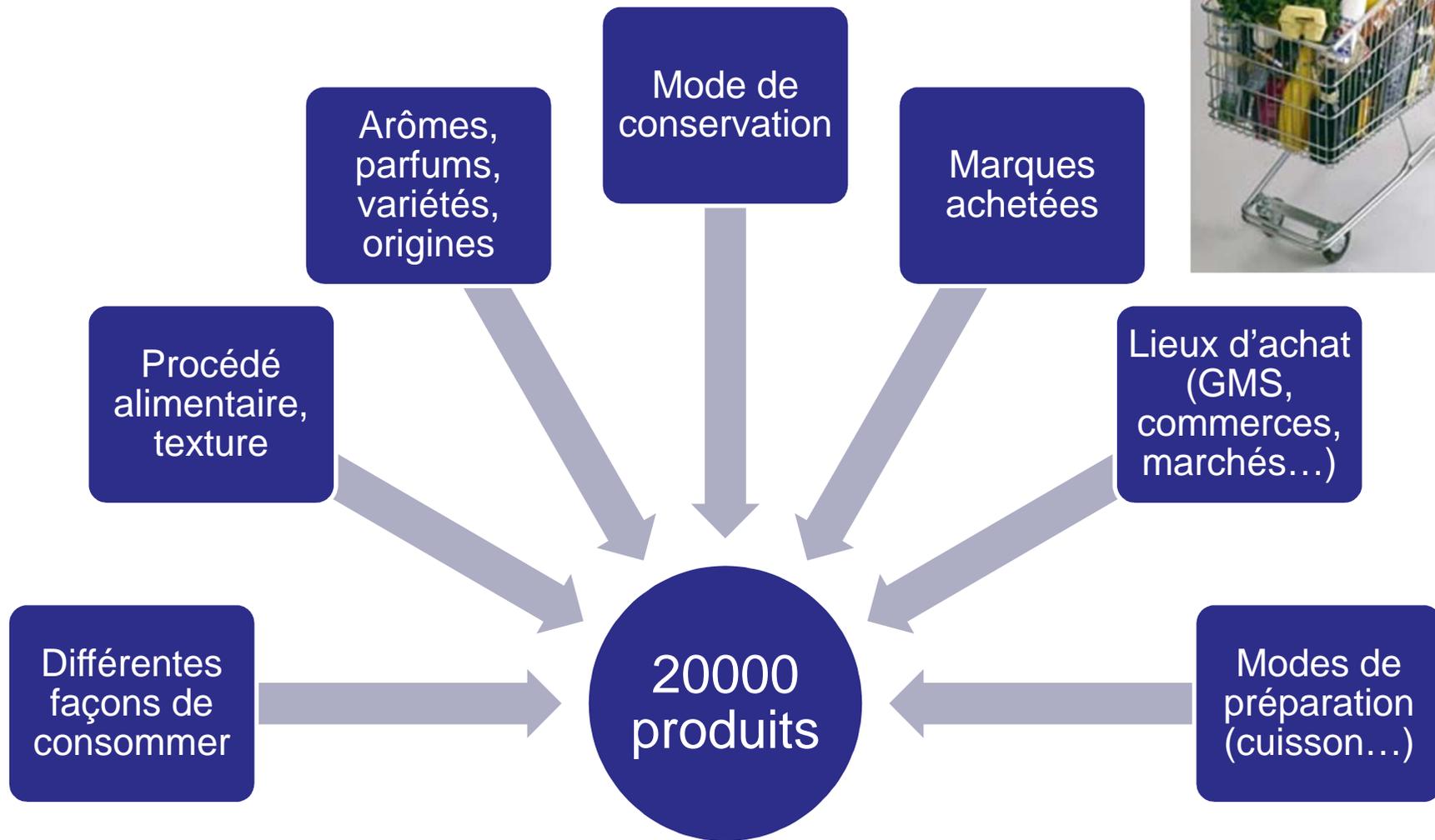


**90% de la consommation
couverte**

Des aliments aux échantillons



Constitution des échantillons



Exemple : viande de bœuf

Produit consommé	Texture/ procédé	Teneur en matière grasse	Mode de conservation	Marque	Lieu d'achat
1 Bifteck	-	-	Frais	-	Boucherie
2 Bifteck	-	-	Frais	-	GMS
3 Bifteck	-	-	Frais	-	GMS
4 Entrecôte	-	-	Frais	-	GMS
5 Rôti de boeuf	-	-	Frais	-	GMS
6 Rôti de boeuf	-	-	Frais	-	GMS
7 Bœuf steak	haché	15% mg	Surgelé	Marque 1	GMS
8 Bœuf steak	haché	15% mg	Surgelé	Marque 2	GMS
9 Bœuf steak	haché	15% mg	Surgelé	Marque 3	GMS
10 Bœuf steak	haché	15% mg	Frais	-	Boucherie
11 Bœuf steak	haché	15% mg	Frais	Marque 1	GMS
12 Bœuf steak	haché	15% mg	Frais	-	GMS
13 Bœuf steak	haché	15% mg	Frais	-	GMS
14 Bœuf steak	haché	15% mg	Frais	-	GMS
15 Bœuf steak	haché	5% mg	Frais	-	GMS

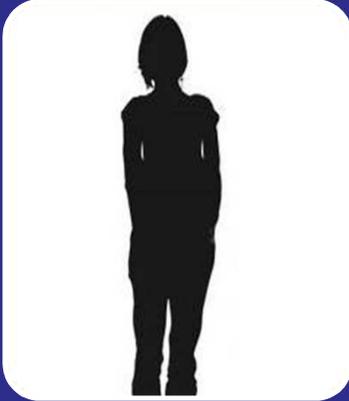


Calcul de l'exposition du consommateur

(exemple pour une substance donnée)

Dose apportée par chaque aliment	=	Quantité consommée (g/jour)	X	Teneur dans l'aliment (µg/g)	X	Poids corporel (kg)	=	Exposition (µg/kg/jour)
Ensemble du régime alimentaire	=	141,9	X	0,0093	/	65	=	0,020
	+	198,4	X	0,0009	/	65	=	0,003
	+	191,5	X	0,0076	/	65	=	0,022
	+	541,4	X	0,0025	/	65	=	0,021
	+	315,0	X	0,0007	/	65	=	0,003
Total							=	0,070 (µg/kg/jour)

Caractérisation du risque



Au niveau individuel : comparaison de l'exposition totale aux valeurs de référence pour chaque substance considérée



Au niveau populationnel : pourcentage de consommateurs qui atteignent les valeurs de référence, ou marge entre l'exposition et la valeur de référence

Valeurs de référence

- Les **valeurs toxicologiques de référence** (VTR) sont des niveaux d'exposition, par voie alimentaire et sur la vie entière, considérés comme acceptables vis-à-vis d'une substance chimique (OMS, EFSA...) : dose journalière admissible ou tolérable (DJA, DJT), marge d'exposition (MoE)...
- Des **repères nutritionnels** : besoin nutritionnel moyen (BNM), apports nutritionnels conseillés (ANC), limite de sécurité
- Des **seuils réglementaires** pour contrôler la conformité des aliments : limite maximale de résidus (LMR), autorisation maximale d'emploi (AME, pour les additifs), teneurs maximales (métaux...)

Conclusions

Quelle conclusion ?	Dans quels cas ?
Risque pouvant être écarté	<ul style="list-style-type: none">- Pas de dépassement de la VTR- Pas de risque d'inadéquation d'apport nutritionnel par rapport aux besoins
Risque ne pouvant être écarté	<ul style="list-style-type: none">- Dépassement de la VTR- Risque d'inadéquation d'apport nutritionnel par rapport aux besoins, ou dépassement de la limite de sécurité
Impossibilité de conclure	<ul style="list-style-type: none">- Absence de VTR ou de besoin défini, ou données analytiques insuffisantes- Caractérisation de l'exposition insuffisante

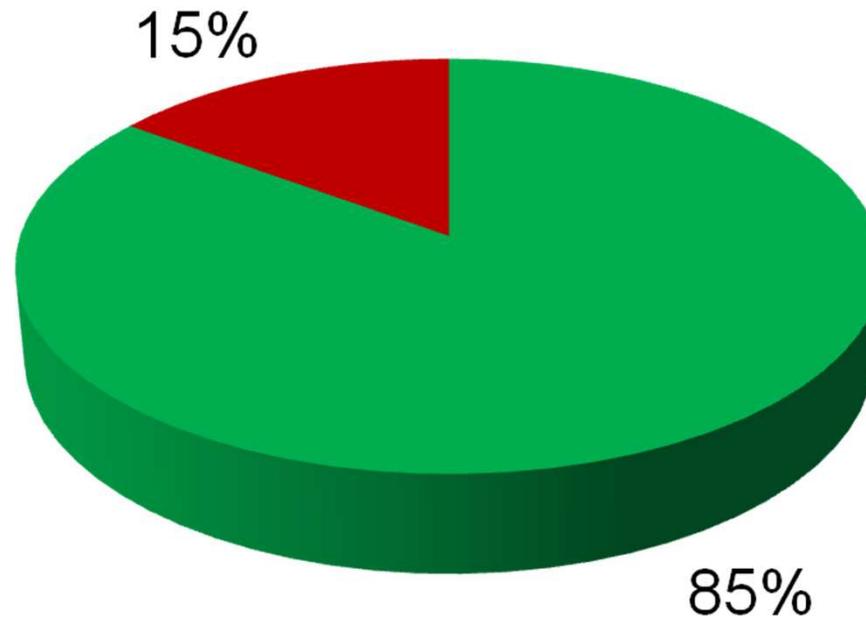
Ce sur quoi l'étude peut conclure

- L'EAT2 vise à caractériser
 - Apports et expositions alimentaires
 - Long terme
 - Consommation et contamination réelles
 - Population générale
- L'EAT2 ne vise pas à caractériser
 - Autres voies (respiratoire, cutanée...)
 - Court terme
 - Contaminations particulières (locale ou accidentelle)
 - Consommation de produits bio, importés...
 - Comportements type prise de compléments alimentaires, régimes particuliers...
 - Groupes de populations particulières
- Des questions encore ouvertes
 - Effets cumulés
 - VTR questionnées

Résultats et Conclusions

Sous l'angle toxicologique

Sur 361 substances qui ont pu être évaluées



■ Risque ne pouvant être écarté

■ Risque écarté au regard des VTR

Risque ne pouvant être écarté pour certains groupes de consommateurs

Plomb, cadmium, arsenic inorganique, aluminium, méthylmercure, dioxines et PCB, sulfites, deoxynivalénol et ses dérivés, acrylamide et diméthoate

- Constats cohérents avec ceux établis par d'autres organismes nationaux ou internationaux
- Réévaluation à la baisse de la VTR de la plupart de ces substances ces dernières années
- Poursuivre les efforts pour réduire les expositions

Cadmium

?

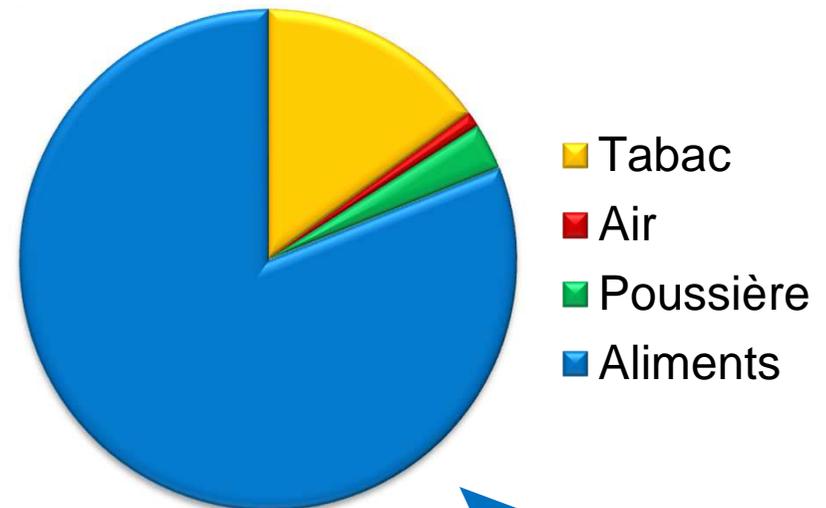
- Métal lourd de l'environnement (eau, sol, air) et des activités industrielles et agricoles

Expo

- Par rapport à EAT1, augmentation des teneurs et expositions
- Expositions équivalentes à différentes EAT : Catalogne 2003, Royaume-Uni 2006, Canaries 2006, US 2003

Contribution à l'exposition (exemple d'un adulte fumeur)

Source : EFSA, 2009



Céréales et produits à base de céréales (35%), pommes de terre (12%)

Dioxines et PCB

- Composés très stables, qui s'accumulent tout au long de la chaîne alimentaire
- Réduction des teneurs et des expositions depuis les évaluations précédentes



Dioxines, furanes et PCB dioxin-like

Dépassement VTR	2005	2010 EAT2
Adultes	20 à 28 %	< 0,1 %
Enfants	de la population	< 1 %

PCB non dioxin-like

Dépassement VTR	2007	2010 EAT2
Adultes	20 %	< 1 %
Enfants	58 %	< 3 %

- Cohérence avec les observations internationales
- Traduit l'efficacité des mesures de gestion

Déoxynivalénol

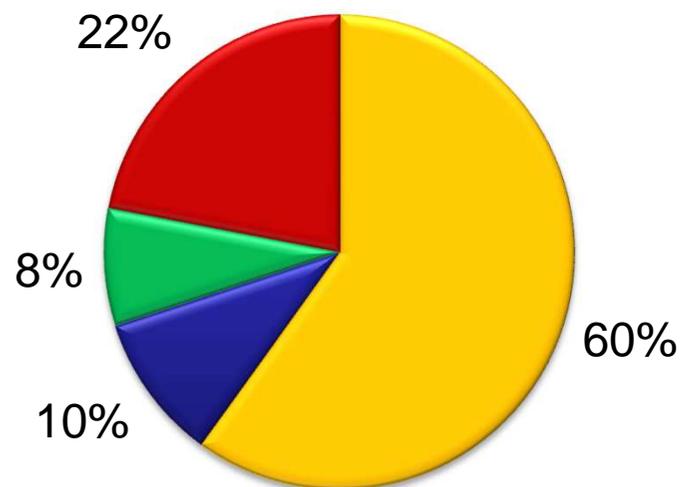
?

- Mycotoxine produite par des moisissures sur les céréales ou les fruits secs, au champ comme au stockage
- Teneurs dépendantes des conditions climatiques

Expo

- Augmentation des teneurs et des expositions par rapport à EAT1
- < 1 % des adultes et 5% des enfants dépassent la VTR

Contribution à l'exposition chez les adultes



- Pain, panification sèche
- Pâtisseries, gâteaux
- Pâtes
- Autres

Acrylamide

?

- Composé néoformé qui apparaît lors de la cuisson dans les aliments riches en glucides

Expo

- Diminution des teneurs et des expositions par rapport à l'évaluation de 2005
- Réévaluation des valeurs de référence en 2010
- Expositions trop élevées au regard de ces valeurs

Contributeurs majoritaires

- Adultes : 84 %

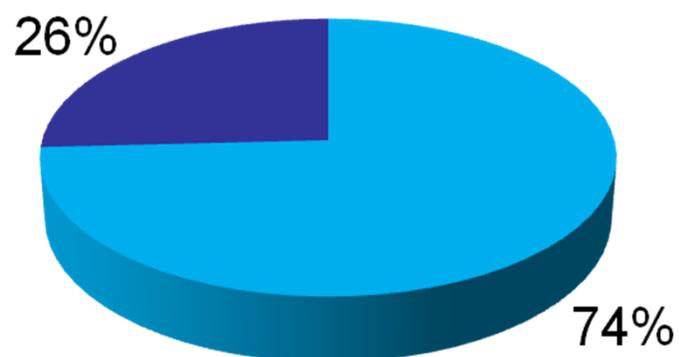


- Enfants : 80 %

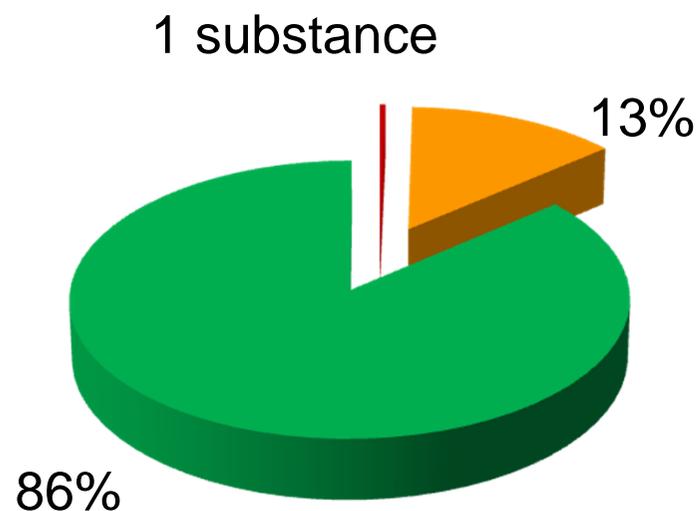


Résidus de pesticides

Sur 283 substances recherchées



- Jamais détectée
- Détectée au moins une fois



- Risque ne pouvant être écarté
- Impossible de conclure
- Risque écarté

Diméthoate

?

- Insecticide utilisé en viticulture et sur cultures fruitières et légumières
- Détections uniquement dans des échantillons de cerises et d'endives

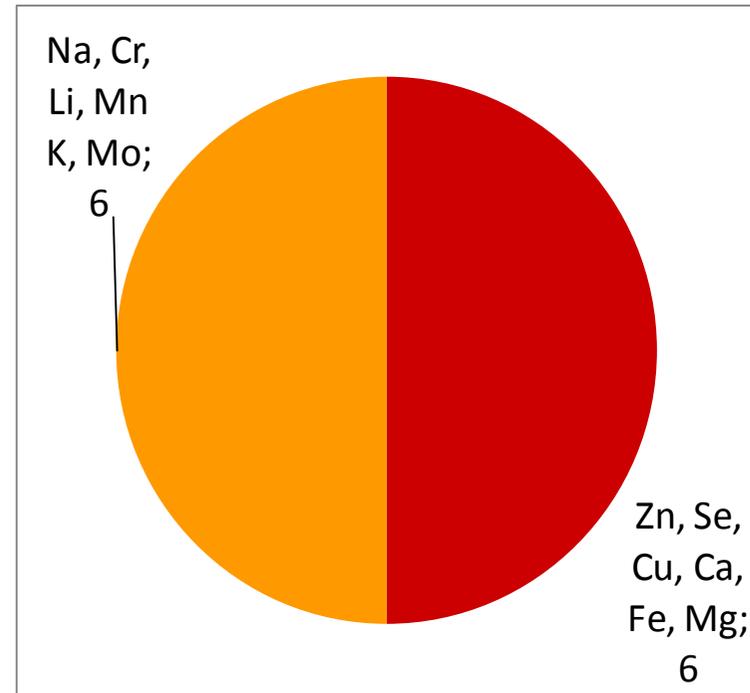
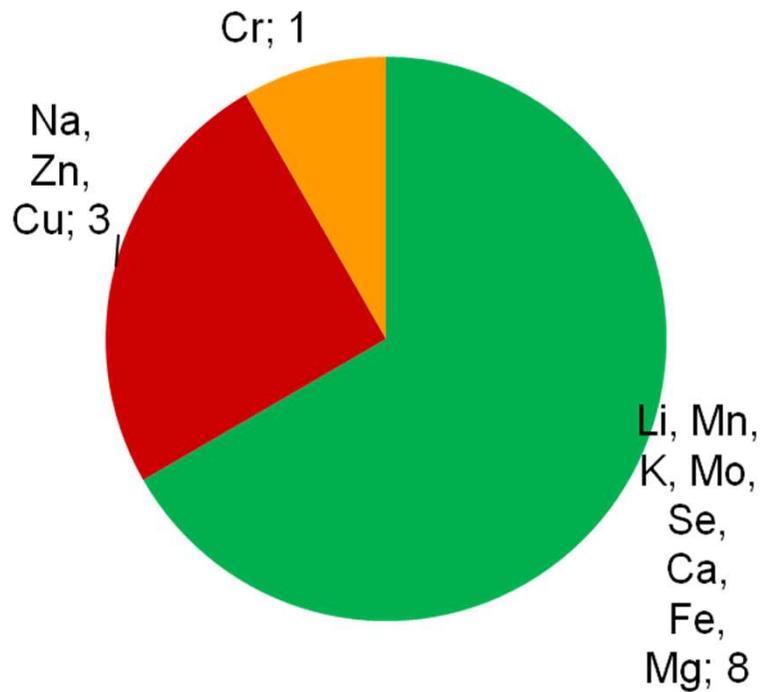
Expo

- < 1 % des adultes et des enfants dépassent la VTR
- Uniquement chez des forts consommateurs de cerises (plus d'1 kg par semaine pour les adultes et plus de 350 grammes par semaine pour les enfants de moins de 10 ans)
- Dépassements à relativiser au regard de la saisonnalité de la consommation de cerises sur l'année

Sous l'angle nutritionnel

Risque d'excès d'apports

Risque d'apports insuffisants



■ Risque écarté ■ Risque ne pouvant être écarté ■ Impossible de conclure

Plus généralement

- Conforte les recommandations de consommation antérieures de l'ANSES, notamment de diversification de l'alimentation
- Montre les effets positifs de la réglementation
- Biosurveillance, réévaluation de certaines VTR, prise en compte des effets cocktails, certains groupes de population sensibles
- Constitution d'une échantillothèque pour mener des analyses complémentaires

Ce qu'il faut faire aujourd'hui

Pour les scientifiques

- Affiner la biosurveillance
- Etudier de façon plus approfondie certaines populations
- Faire des recherches nouvelles sur certaines substances

Pour les pouvoirs publics

- Revisiter la question des seuils
- Poursuivre la réglementation pour limiter les contaminants

Pour les consommateurs

- Manger diversifié et équilibré