

# Réseau de parcelles Quasaprove 2010-2013 état des lieux explicatif des contaminations des sols et des végétaux par les ETM et les mycotoxines

LAURENCE DENAIX, STÉPHANE THUNOT, EMMA KOO SEEN LIN,  
FLORENCE FORGET ET EMILIE DONNAT

## Contexte

- Etude de l'alimentation française met en évidence le risque pour le Cd, le Pb, les mycotoxines
- EFSA 2009 propose de limiter la dose hebdomadaire admissible en Cd
- Règlementations en discussion
- Peu de données sur le territoire prend en charge la contamination des sols et des végétaux en conditions agricoles « réelles » par les contaminants chimiques et biologiques



## Objectifs du réseau de parcelles

- ⇒ Recensement des niveaux contamination des sols et des végétaux de grande culture en conditions agricoles classiques,
- ⇒ Analyse des flux de contaminants minéraux à la parcelle
- ⇒ Compréhension des mécanismes de contamination des productions végétales de grande culture par un test en vraie grandeur d'hypothèses explicatives

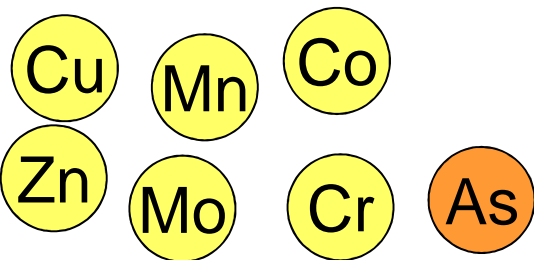
# Les contaminants recherchés

## Les éléments traces

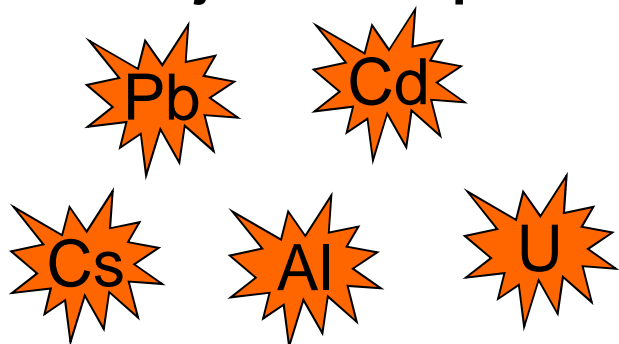
( < 0.1 % de la masse de sol)

**Nécessaires** (OLIGOELEMENTS)

**Mais toxiques** au-delà d'un seuil



**Toujours toxiques**



## Les Mycotoxines

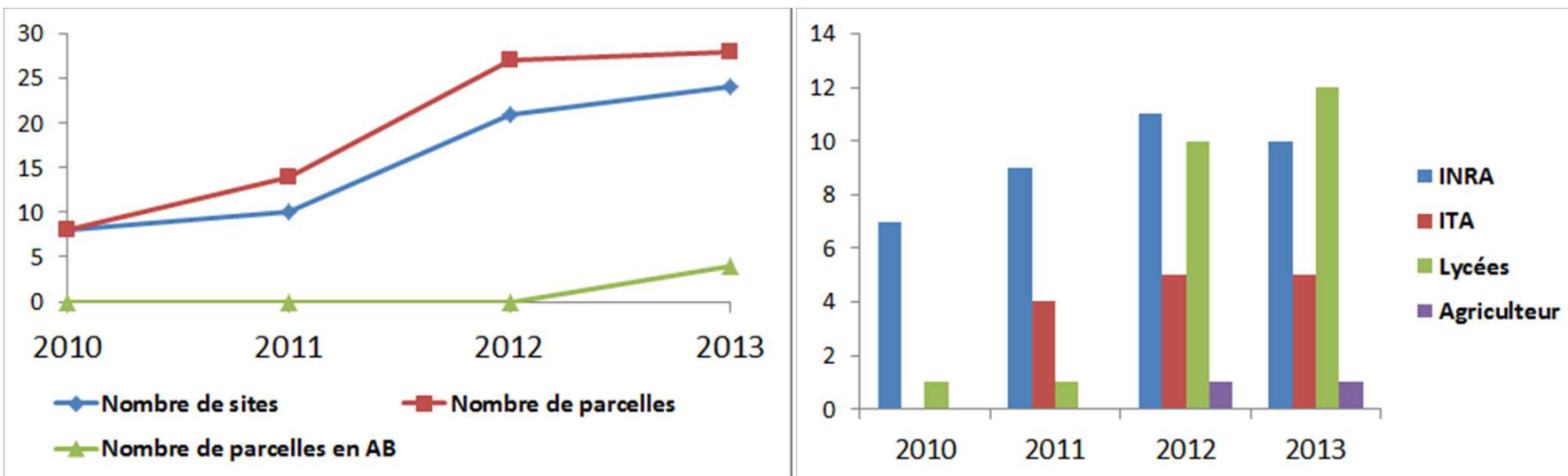
Dexoxynivalenol  
DON, ADON

Zéaralénone

Nivalénol

Fusarénone

# Constitution du réseau



49 parcelles différentes suivies au moins une année  
 9 parcelles suivies pendant 3 ou 4 ans  
 (3 tournesol, 3 blé dur, 3 blé tendre)

Implication constante des partenaires du début  
 Implication croissante des lycées agricoles

# Réseau QUASAPROVE



4 années

330 échantillons

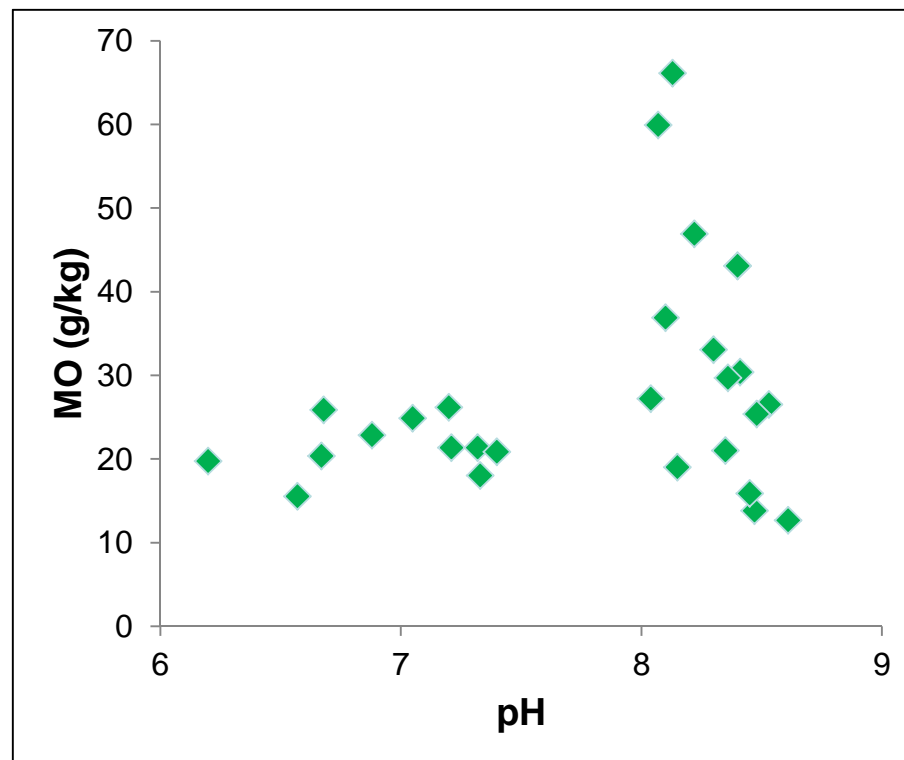
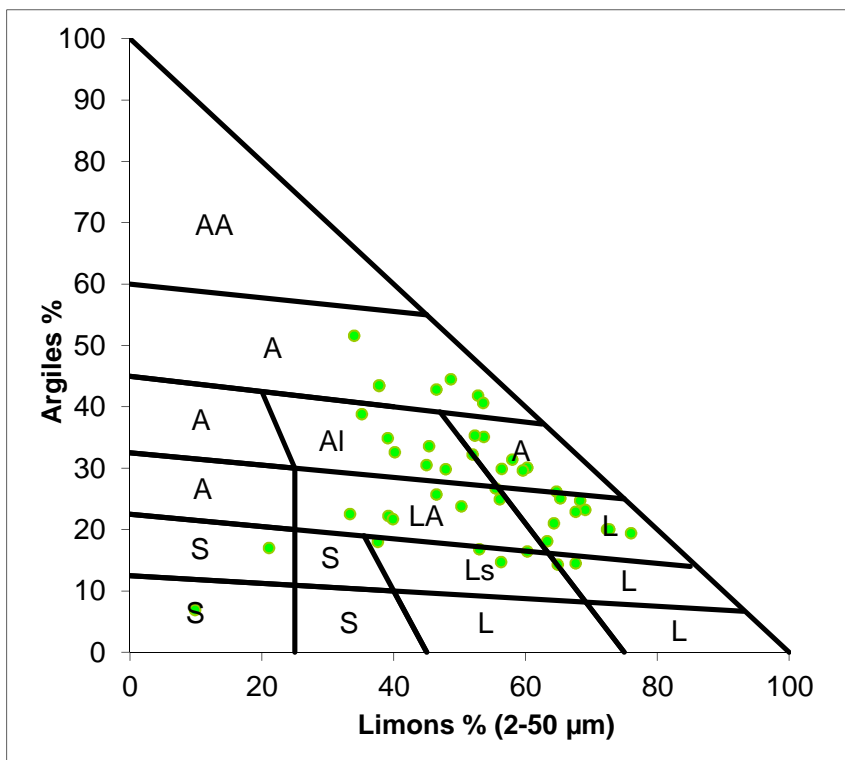
- Sols
- Plantes
- Intrants

# LES ÉLÉMENTS TRACES DANS LES SOLS



# Caractéristiques des sols

Des sols majoritairement limoneux





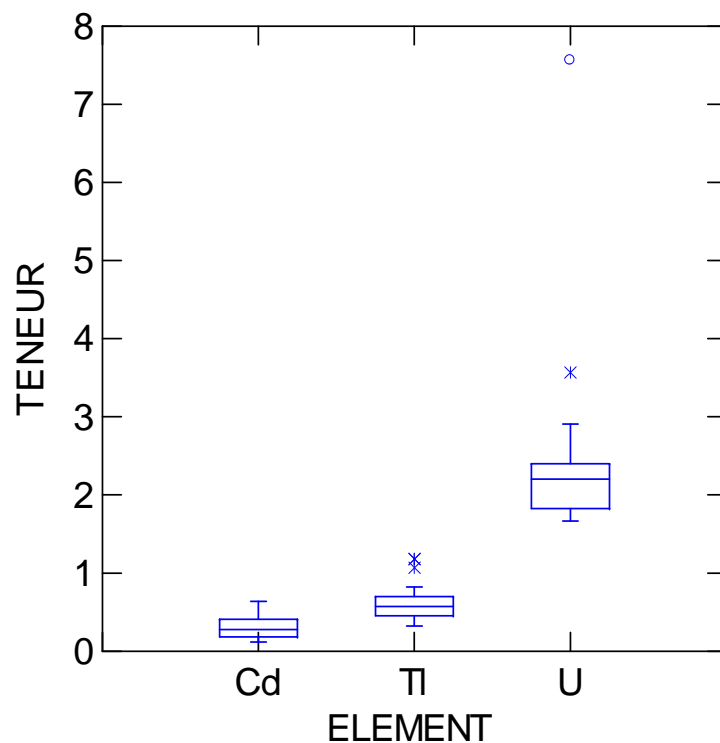
# Résultats ETM Sols

## QUASAPROVE

mg/kg	Cd	Tl	U
Min	0.12	0.32	1.67
Max	0.64	1.18	7.56
Moyenne	0.31	0.62	2.44
Médiane	0.28	0.57	2.21

## RMQS

mg/kg	Cd	Tl	U
1 <sup>er</sup> décile	0.07	0.27	
Max	5.53	16.8	
Moyenne	0.30	0.68	
9 <sup>ème</sup> décile	0.62	1.2	
Médiane	0.20	0.55	



# Résultats ETM Sols

## QUASAPROVE

mg/kg	As	Co	Cr	Cs	Cu	Ni	Pb	Zn
Min	7.6	3.3	25	2.3	7.5	9.3	16	28
Max	46.6	25.8	132	16.1	120	44	97	131
Moyenne	16.8	10.5	65	6.8	26	25	35	74
Médiane	12.9	8.8	61	5.3	20	23	29	69

## RMQS

mg/kg	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1 <sup>er</sup> décile	2.9	19	5.1	5.9	2.9	28
Max	112	3030	508	1530	624	1231
9 <sup>ème</sup> décile	19	89	36	46	50	127
Moyenne	11	57	20	26	33	75
Médiane	9	49	14	19	28	64

# Teneur totale des sols fortement dépendante du substrat géologique

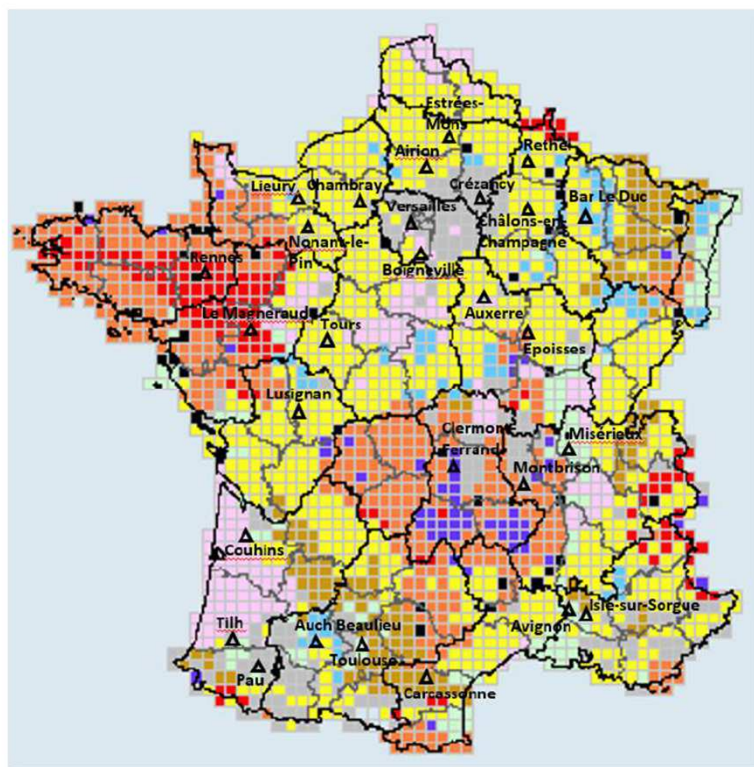
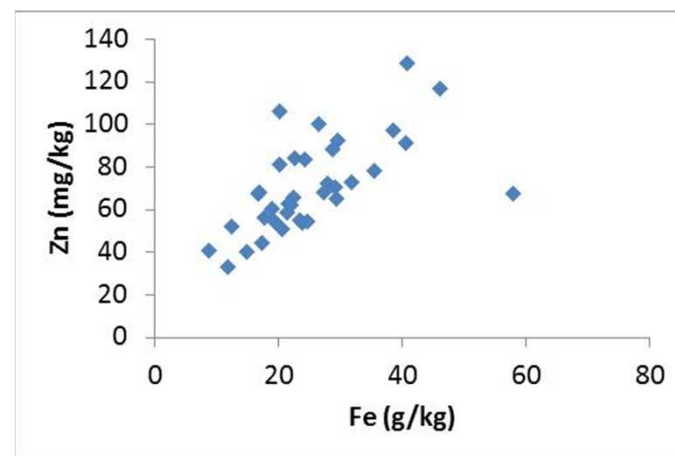
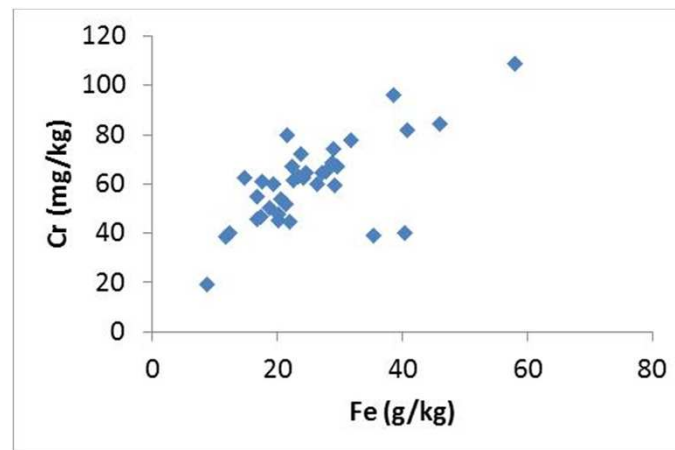


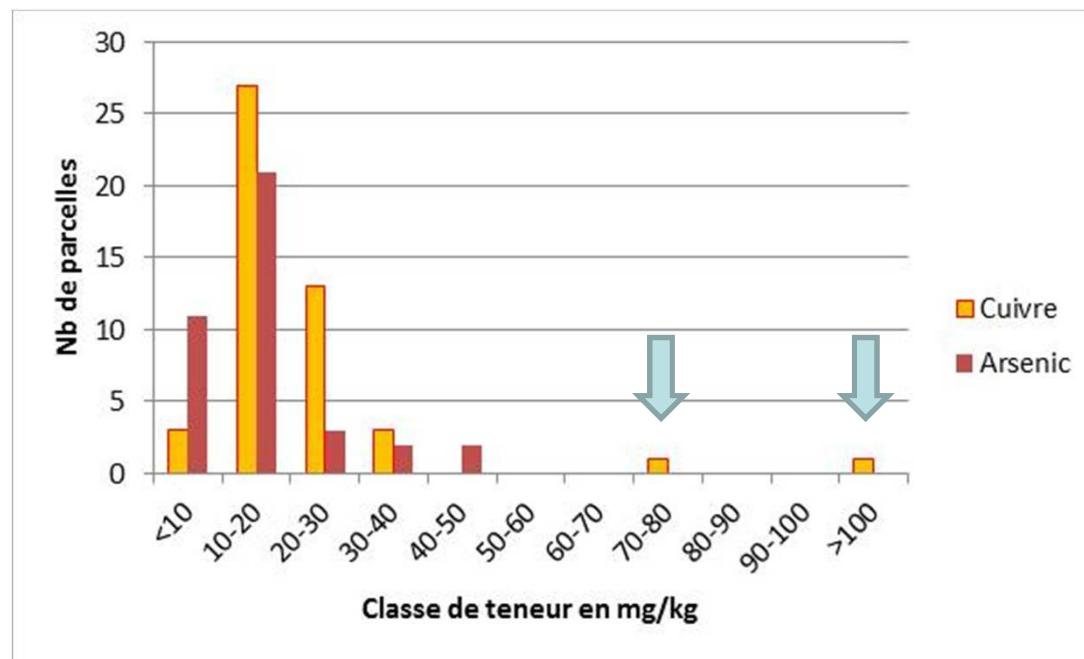
Figure 5 : Carte indiquant la géologie de la France.  
Source : [indiquasol.gissol.fr/geoindiquasol/main.php](http://indiquasol.gissol.fr/geoindiquasol/main.php)

- Pas de données pour cette zone
- Alluvions
- Sables
- Grès
- Calcaires
- Marnes et argiles
- Roches volcaniques (basiques, ultrabasiques)
- Roches de type acide (granites, gneiss, schistes)
- Gneiss et roches volcaniques (+roches cristallines)
- Roches diverses
- Non renseigné



Même tendance pour As, Co, Ni, Pb

## Certaines valeurs extrêmes s'expliquent par l'usage ancien des sols



➡ Sols à antécédents viticoles

Extrêmes pour des sols à antécédent militaire, après épandages de boues...

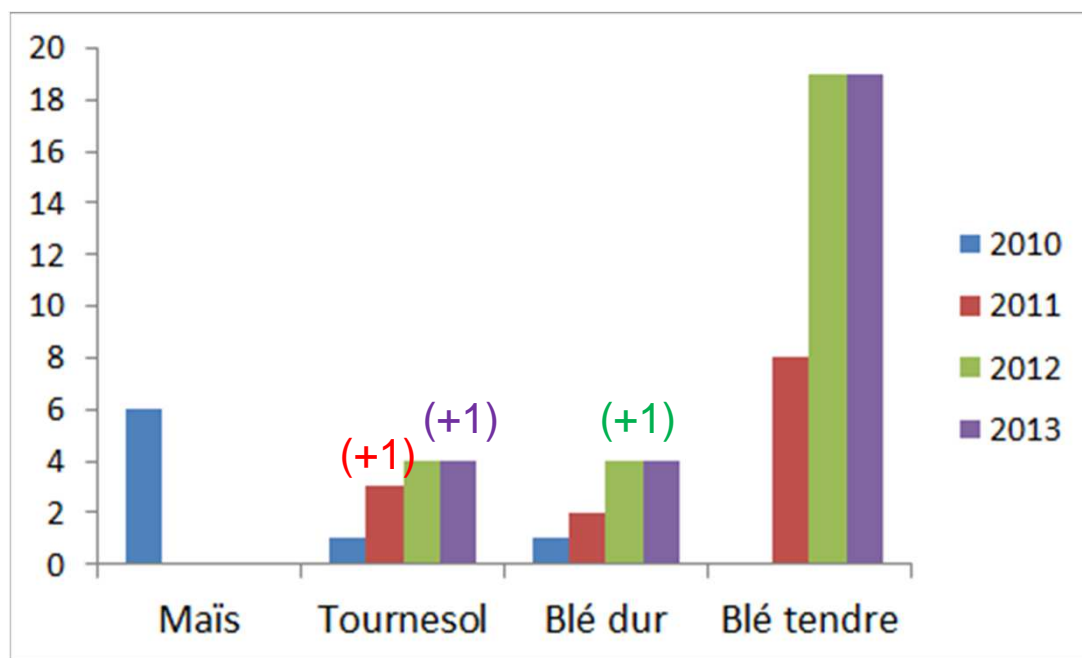
## Conclusion pour les sols

- Un ensemble de sols représentatifs des niveaux de contamination diffuse rencontrés en grande culture
- Importance de l'historique des sols et du substrat géologique pour expliquer les teneurs totales
- Premiers résultats sur les mesures de disponibilités

# LES CONTAMINANTS DANS LES VÉGÉTAUX



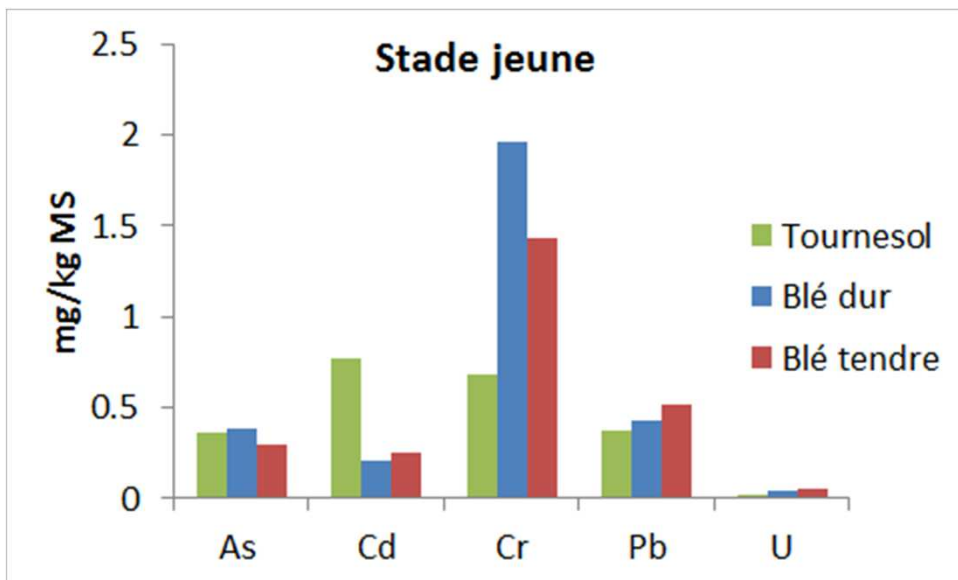
# Evolution du nombre d'échantillons par type de production



Echantillons :

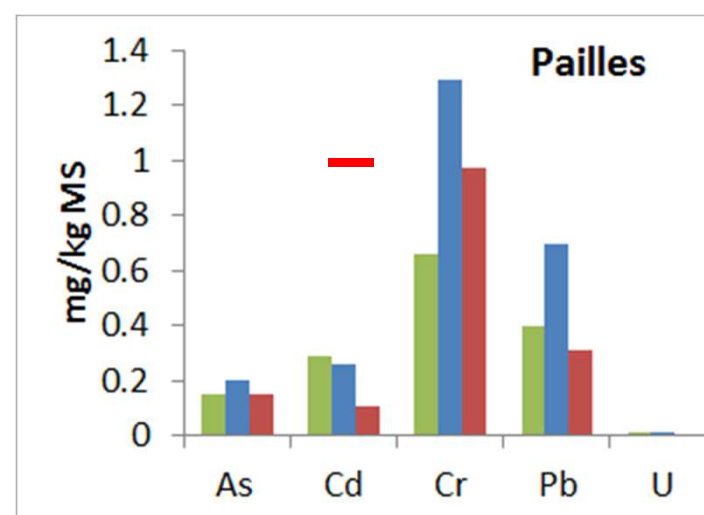
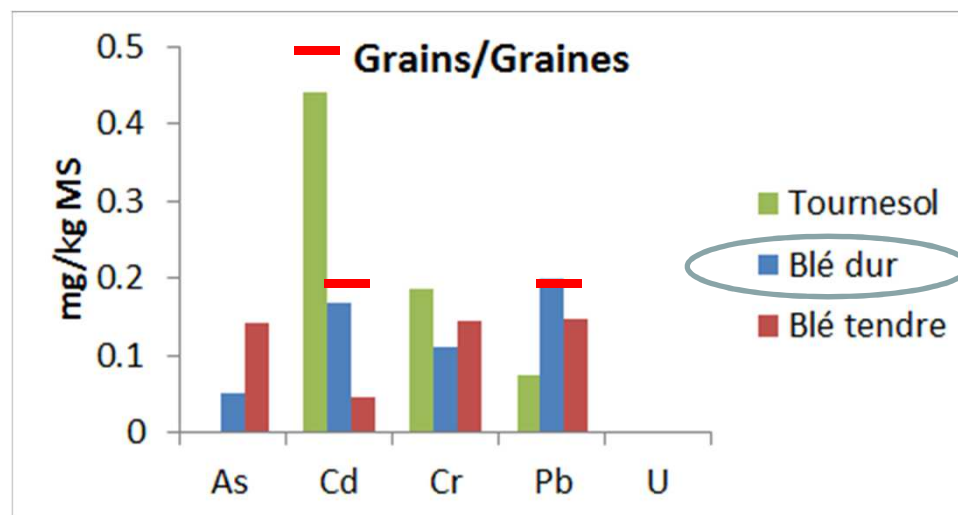
- Parties aériennes stade jeune (prélèvement dans la couche 0-30 cm du sol)
- Grains (graines) stade récolte
- Parties aériennes stade récolte qui reviendront à la parcelle ou qui sont exportées

# Concentrations moyennes en éléments traces



Règlementation :  
 Grain de blé : 0.2 mg/kg  
 (Cd et Pb)

Paille :  
 As : 2 mg/kg MF  
 Pb : 10 mg/kg MF  
 Cd : 1 mg/kg MF





# Résultats mycotoxines

GRAINS			Blé tendre								
	DON (ng/g)		15 Adon (ng/g)		3 Adon (ng/g)		Zea (ng/g)		Niv (ng/g)		
Année	Nb val. <l.q.	Moyenne	Nb val. <l.q.	Moyenne	Nb val. <l.q.	Moyenne	Nb val. <l.q.	Moyenne	Nb val. <l.q.	Moyenne	
2011	100%	non détecté									
2012	31%	1791,9	85%	76,8	100%		100%		92%	127,5	
2013	22%	1219,0	83%	73,4	89%	128,0	78%	444,4	78%	102,4	

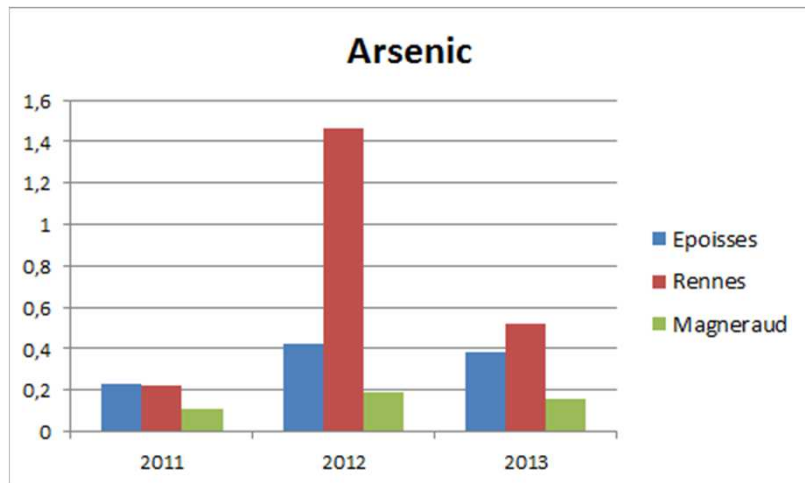
Règlementation :

DON : 1250 ng/g

Zea : 100 ng/g

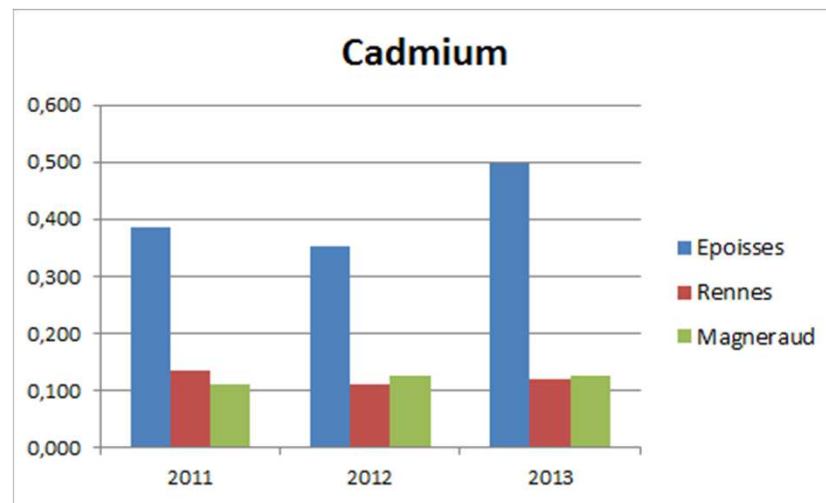
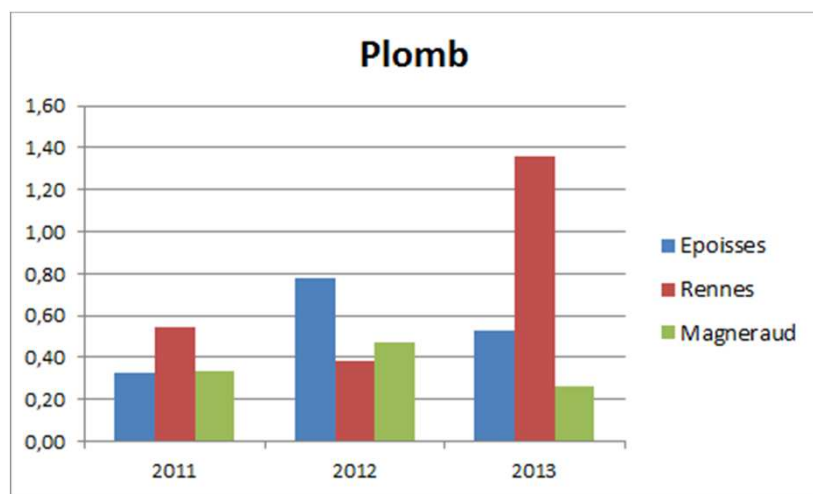
Résultats expliqués par les conditions climatiques

# Suivi temporel



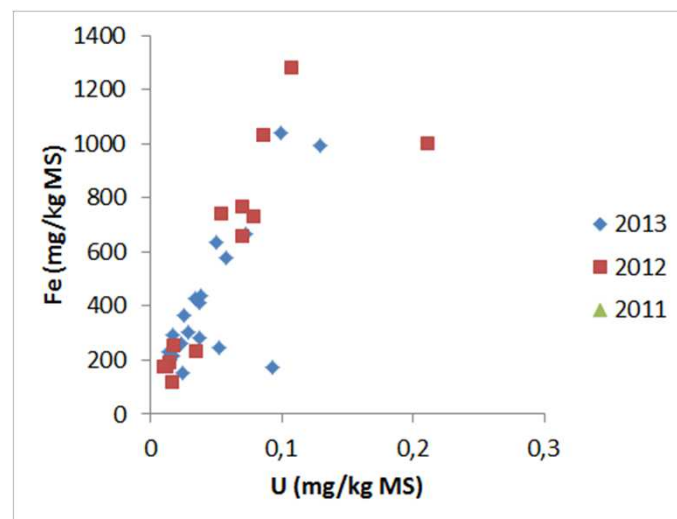
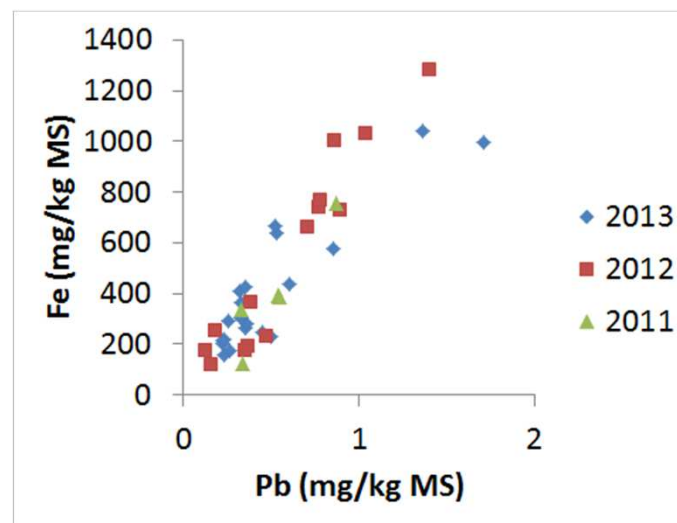
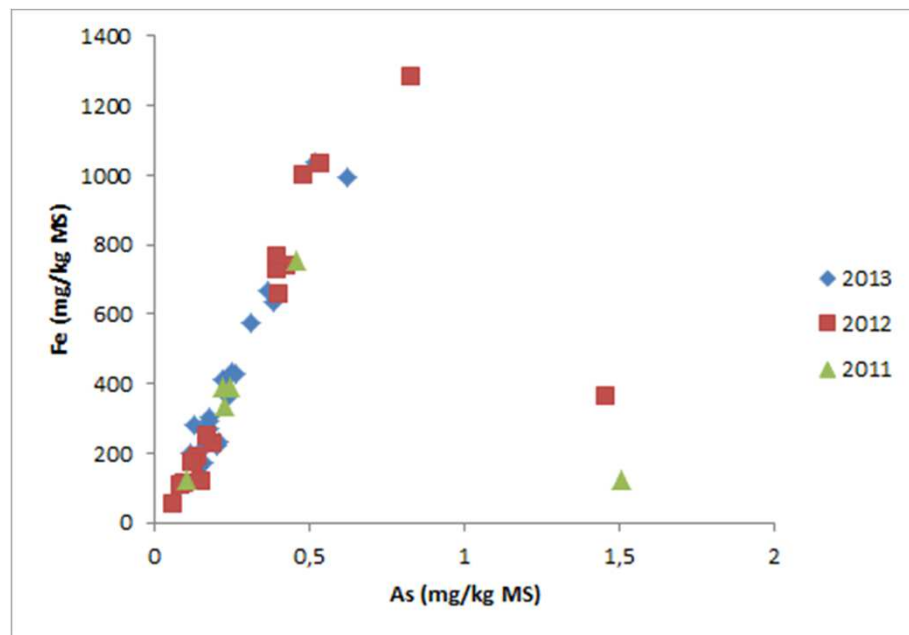
Blé tendre Caphorn  
stade tallage

*Très peu de couples parcelle/variété comparables*



# Relations entre éléments : Fer & ETM

## Blé tendre, stade tallage



## Conclusion pour les plantes

- Un dispositif représentatif des niveaux de contaminations moyens
- La validation du facteur de risque climatique pour les mycotoxines
- La validation de la sensibilité du blé dur pour l'accumulation du cadmium et du plomb
- Travaux en cours pour comprendre cette accumulation chez le blé dur
- Tests d'indicateurs sols de la biodisponibilité des métaux pour prédire l'accumulation dans la plante

# LES ÉLÉMENTS TRACES DANS LES INTRANTS



# Apports par les intrants

## Concentrations dans les intrants

		Ammonitrate 33.3	Engrais P,K	Amendements organiques	Autres fertilisants minéraux
Arsenic (As)	mg/kg	0.1	3.7	2.1	0.7
Cadmium (Cd)	mg/kg	<0.5	10.3	<0.5	4.4
Chrome (Cr)	mg/kg	<1	114.4	12.4	71.8
Cobalt (Co)	mg/kg	<0.5	6.6	5.4	0.8
Cuivre (Cu)	mg/kg	<2	19.0	14.1	9.6
Nickel (Ni)	mg/kg	<2	17.6	6.0	16.3
Plomb (Pb)	mg/kg	<2	3.9	6.0	2.3
Zinc (Zn)	mg/kg	<5	159.4	114.2	139.3

Les engrais contenant des phosphates sont les plus concentrés en éléments traces

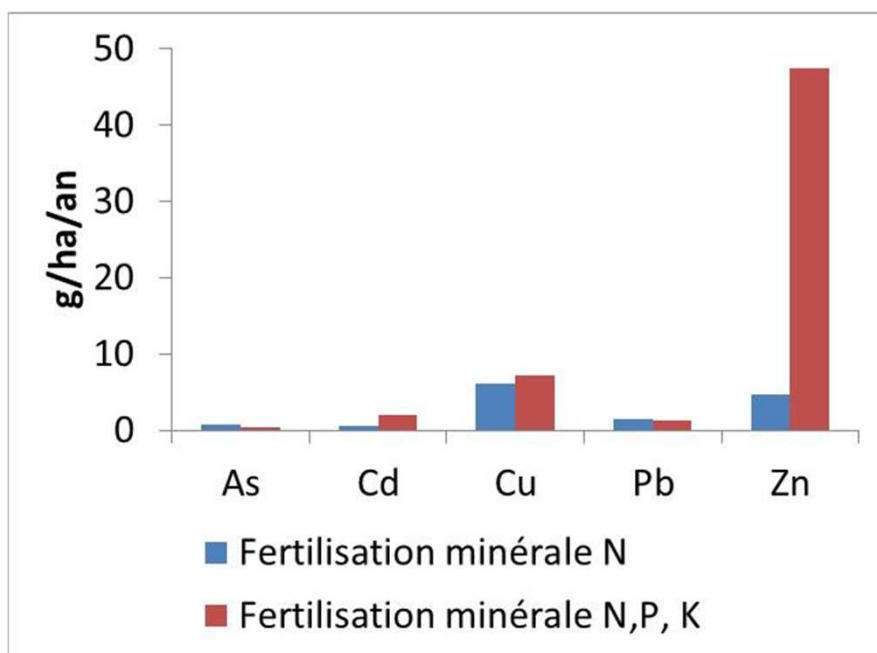
Les engrais azotés sont très faiblement chargés en éléments traces (méthode ?)

Les engrais organiques sont du même ordre de grandeur que les engrais minéraux, sauf pour le Cr

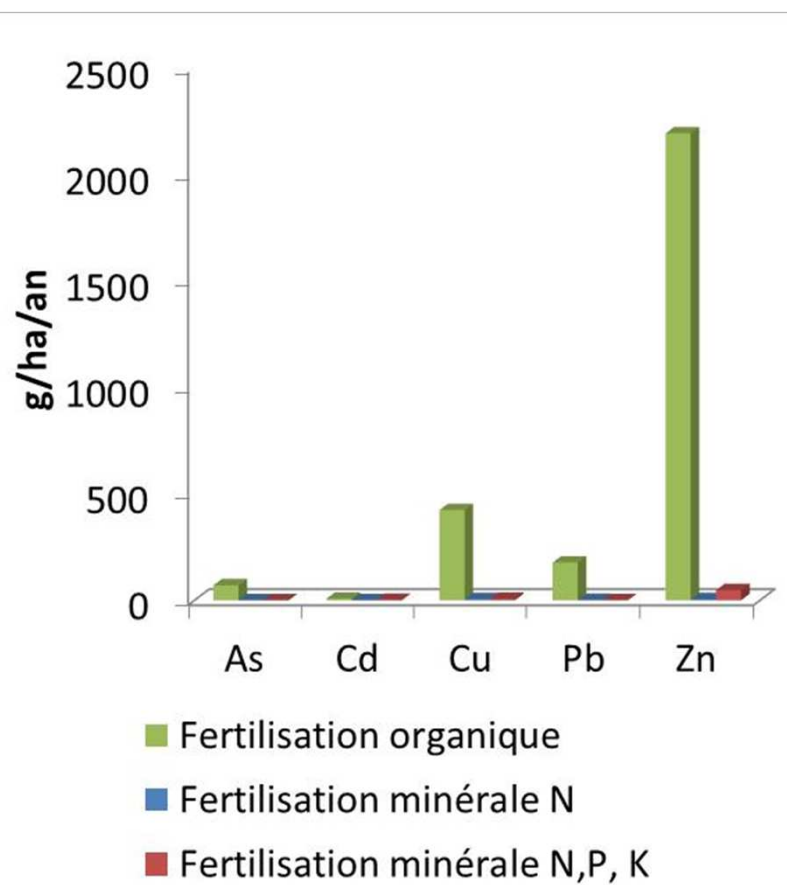
# Apports par les intrants

Flux annuel à la parcelle (g/ha) – Blé tendre

## Fertilisation minérale



## Fertilisation organique

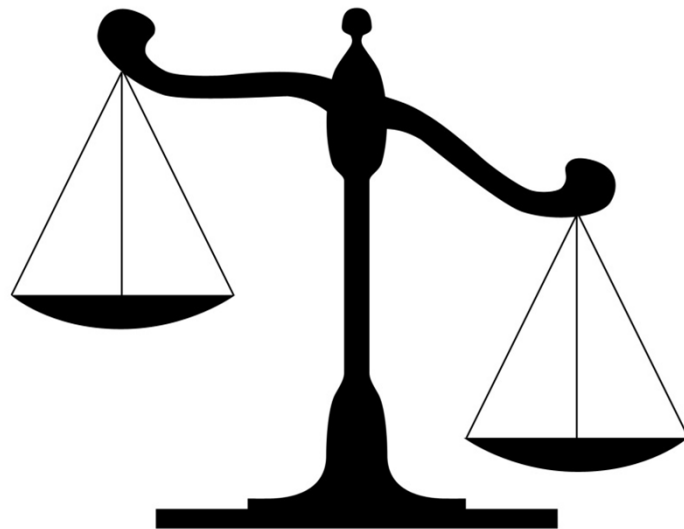


## Conclusion pour les intrants

- Confirmation des teneurs élevées dans les engrais phosphatés
- Apports importants des intrants organiques
- Nécessité de compléter le jeu de données, trop fragmentaires, notamment pour les amendements organiques, très variés

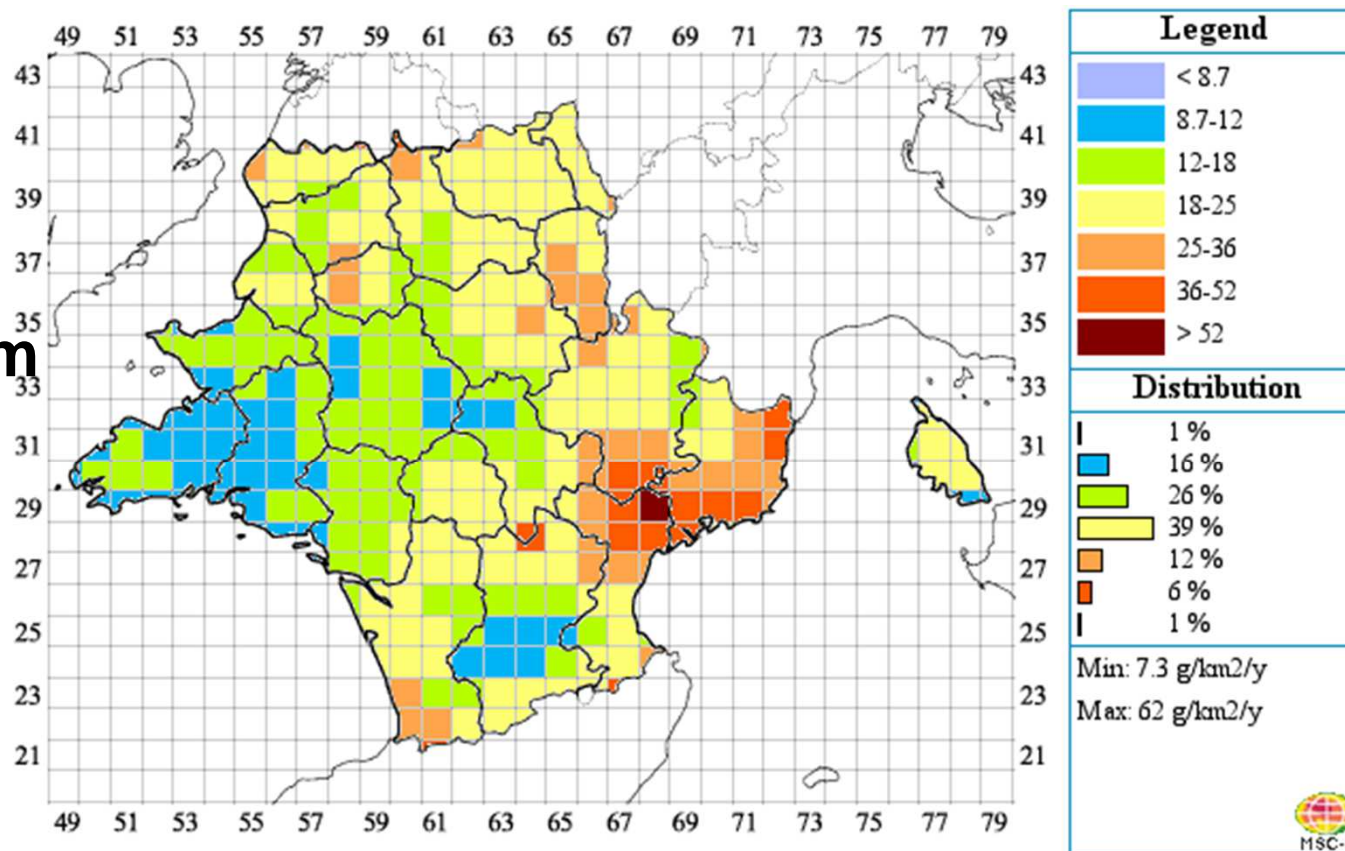


# LES FLUX D'ÉLÉMENTS TRACES A LA PARCELLE



## Des retombées atmosphériques différenciées suivant les régions

Cadmium

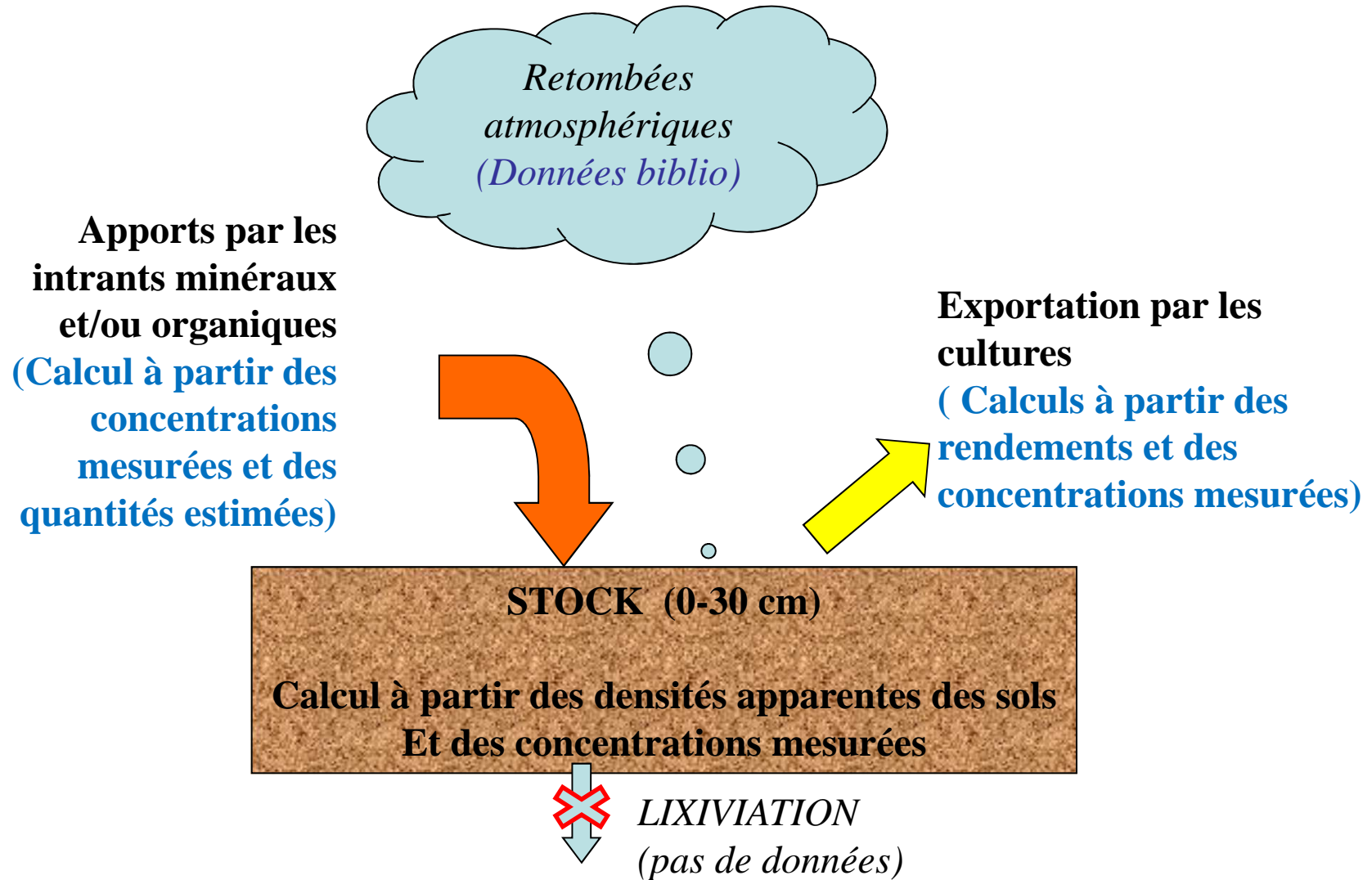


Cadmium depositions to France from national and external sources in 2008, g/km<sup>2</sup>/y

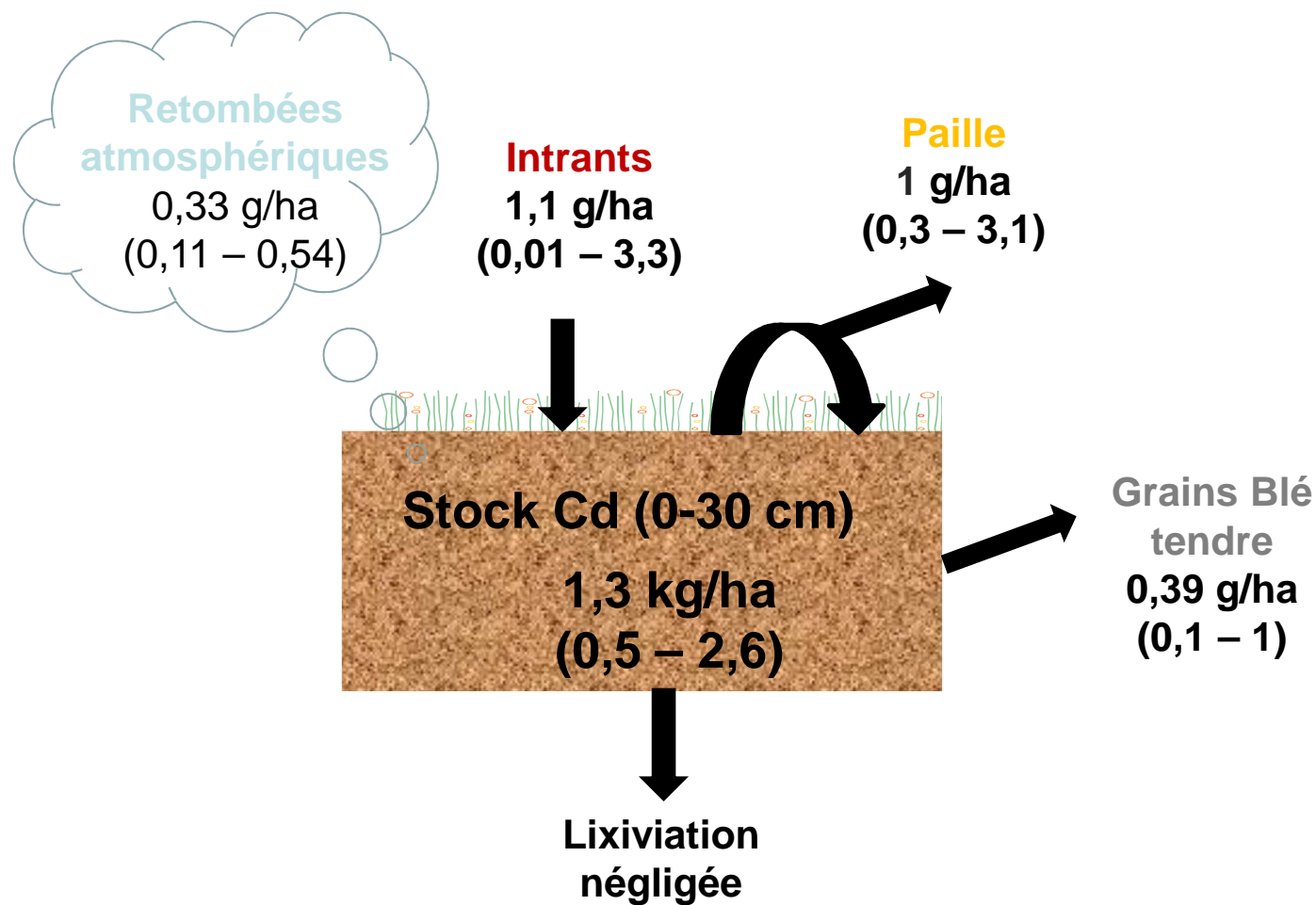
<http://www.msceast.org/>

Meteorological Synthesizing Centre-East

# Calcul des flux annuels à la parcelle



## Bilans des flux et des stocks pour le cadmium Cas du blé tendre en fertilisation minérale

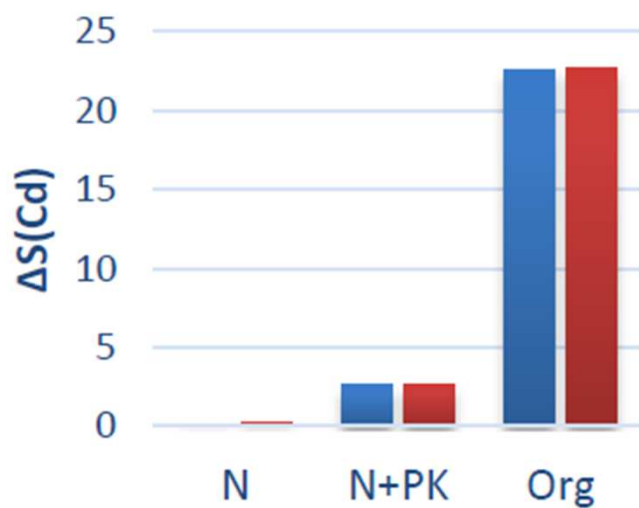


Encore beaucoup d'incertitudes

# Bilans à la parcelle

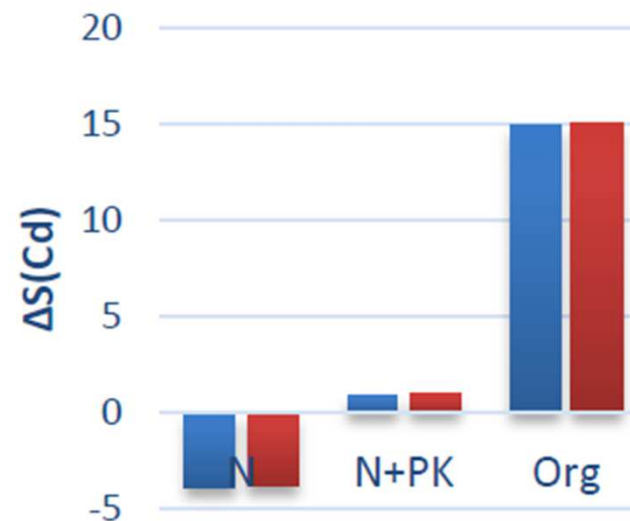
Réincorporation de la paille au sol

Cadmium - Blé tendre



Exportation des pailles

Cadmium - Blé tendre



# Conclusion générale

Réseau de parcelles représentatif de la diversité des grandes cultures sur lequel nous pouvons développer de nouvelles recherches

Echantillothèque pour des recherches futures

Variabilité interannuelle nécessite un suivi de long terme

Mieux renseigner les termes des bilans (lixiviation)

Nécessité de mieux comprendre l'effet des amendements organiques

Tests de scénarii sur le long terme

Volonté d'étendre à l'agriculture biologique pour mieux prendre en compte la diversité des modes de culture.

## Merci à ...

- INRA Bordeaux : S.Thunot, T. Robert, C. Coriou, S. Bussière, M.N. Bonnin-Verdal, T. Rabemanantsoa
- USRAVE & LAS
- UE et IE INRA : Avignon, Auzeville, Clermont-Ferrand, Estrée-Mons, Le Rheu, Lusignan, Versailles
- Arvalis Institut du Végétal & Cétiom (Boigneville et Le Magneraus)
- Exploitations agricoles des lycées agricoles : Airion, Auch, Auxerre, Bar le Duc, Châlons en Champagne, Chambray, Carcassonne, Crézancy, Isle sur Sorgues, Lieury, Misérieux, Montbrison, Réthel, Tours
- Agriculteurs de Nonant le Pin et Tilh



LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE  
DE L'ALIMENTATION,  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA PÊCHE

avec la contribution financière du  
compte d'affectation spéciale  
«Développement agricole et rural»