



6^{èmes} Rencontres du RMT Quasaprove
« Recherche appliquée, Formation & Transfert »

Transfert d'éléments traces métalliques de l'aliment vers les tissus du porc : gestion des seuils réglementaires

Eric Royer
Ifip-institut du porc



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

Les éléments trace métalliques ou ETM

- Des éléments toxiques
 - _ Aluminium (Al), Antimoine (Sb), Etain (Sn), Arsenic (As),
Cadmium (Cd), Mercure (Hg), **Plomb (Pb)**
 - Des éléments ayant un rôle physiologique
 - _ Cuivre (Cu), Zinc (Zn), Selenium (Se),
- Concentrations inférieures à 100 mg/kg
 - Présents dans la croûte terrestre, ni créés ni détruits par l'homme
 - Utilisation dans de nombreuses activités humaines

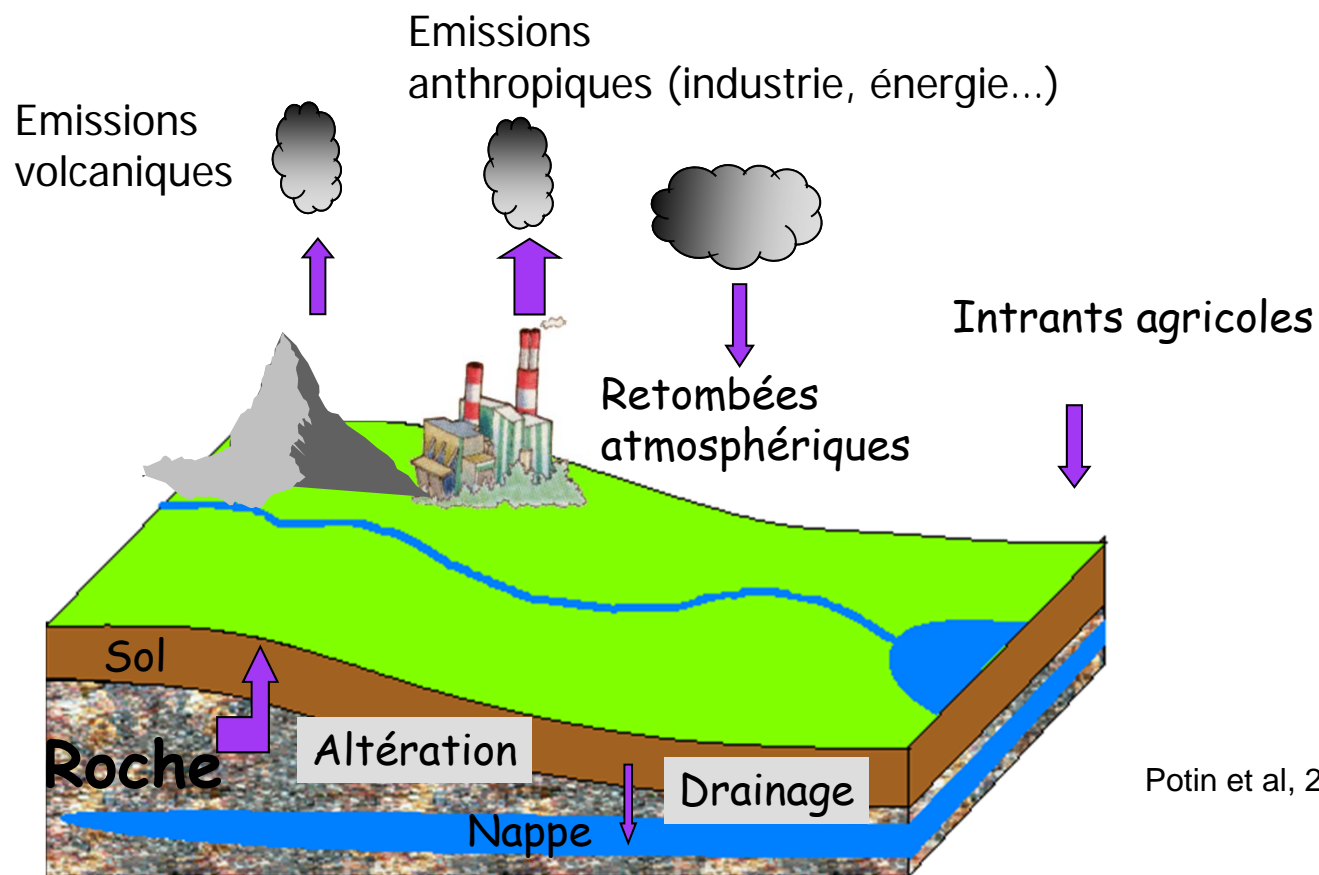
Problèmes :

- Non biodégradables
- Faculté de bioaccumulation dans les organismes vivants
- Actions biologiques (peuvent être cancérigènes, attaquer le système nerveux, les reins, agir sur la synthèse d'enzymes...)



D'où viennent les éléments traces des sols agricoles ?

Une origine naturelle + une origine anthropique



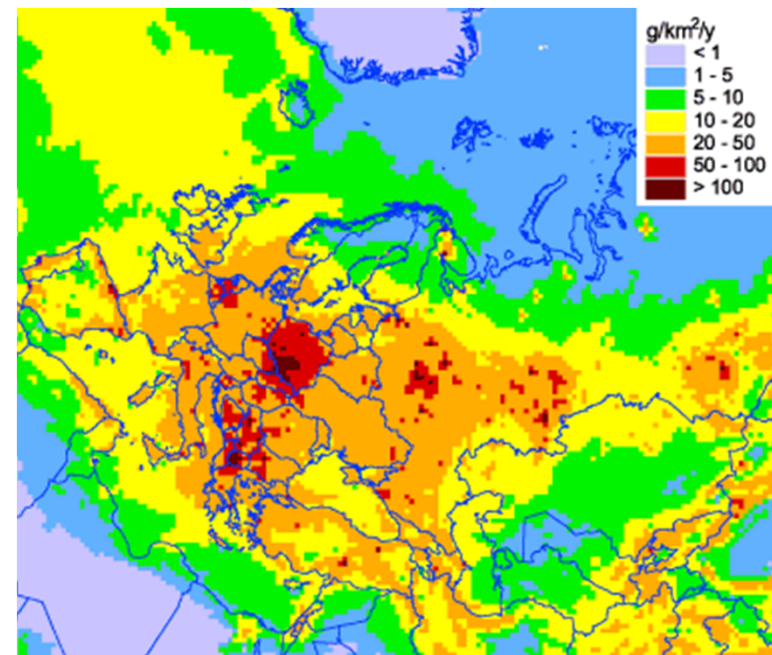
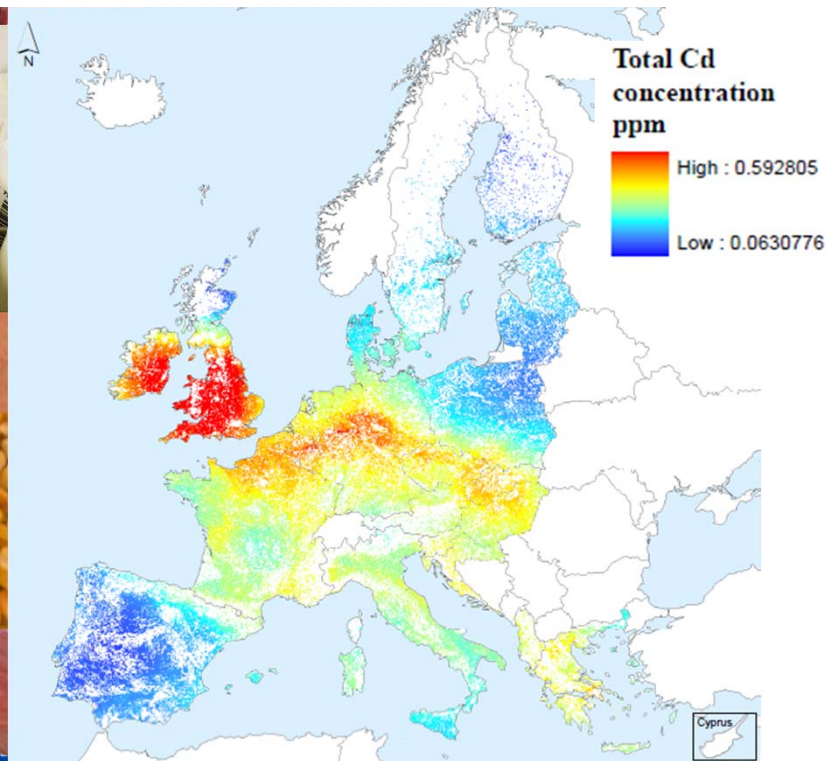
Potin et al, 2010



Le cadmium dans les sols agricoles de l'UE

■ Concentration des sols agricoles

■ Dépôt atmosphérique en 2009



Report 'Sustainable Agriculture and Soil Conservation'
eussoils.jrc.ec.europa.eu

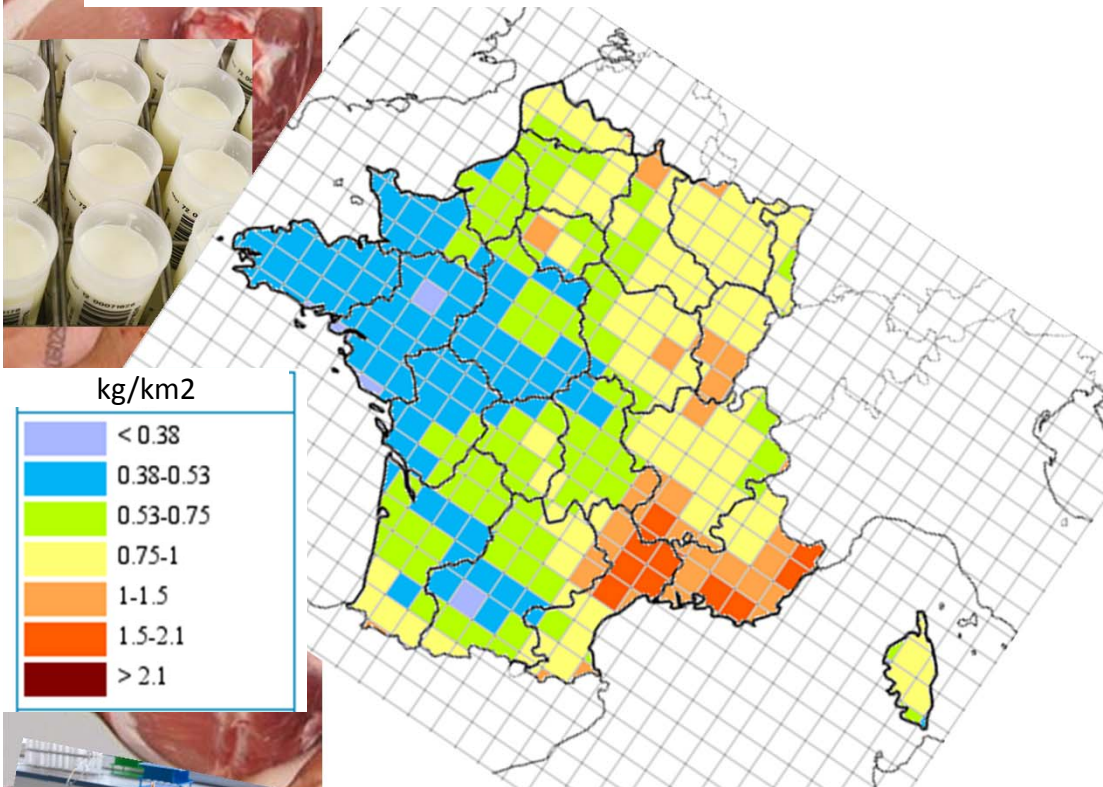
EMEP data
www.msceast.org

6èmes rencontres « Recherche Appliquée, Formation et Transfert du RMT Quasaprove
8 mars 2016, Paris

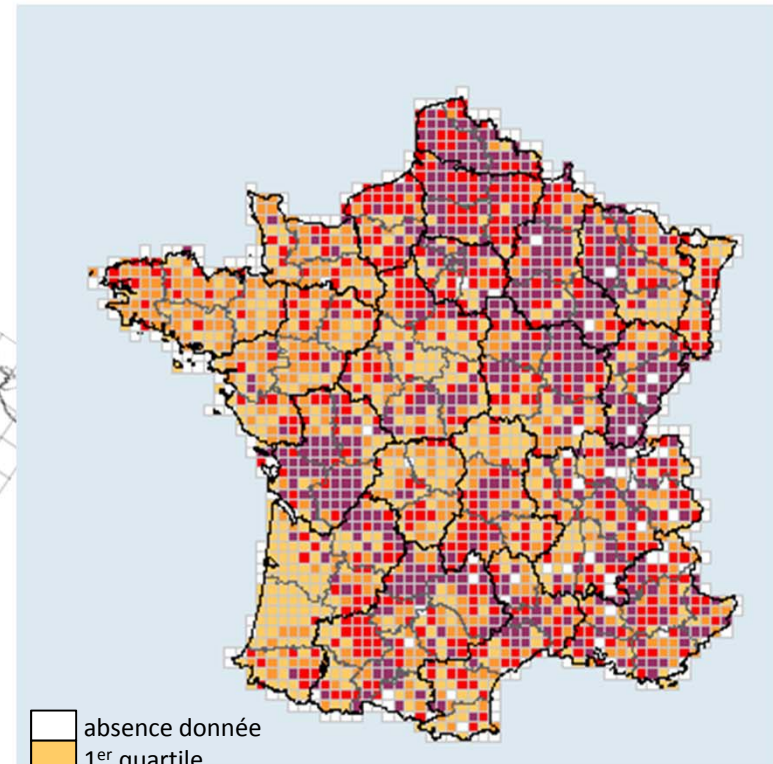
Les éléments métalliques dans les sols français

■ Dépôt atmosphérique en Pb

■ Teneur des sols en Cd



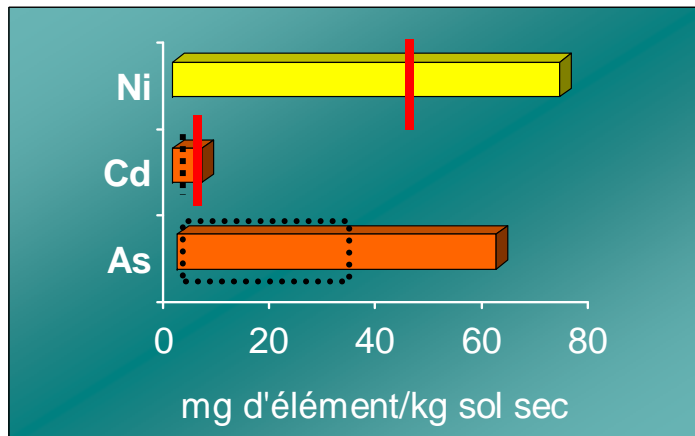
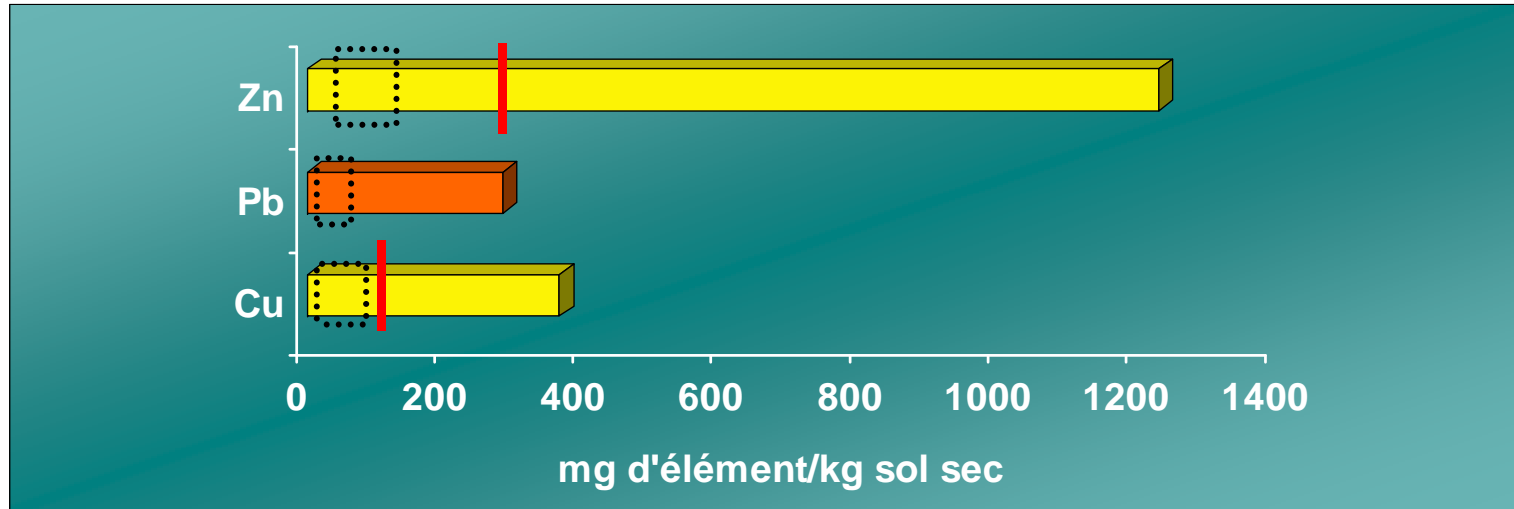
www.ceast.org année 2008



données RMQS
outil INDIQUASOL_GISSOL / INRA

Gammes de teneurs dans les sols français

Denaix et al, 2010



Sols de l'étude Casdar

Sud-Ouest (mg/kg)

0.7 < Arsenic < 37

0.1 < Cadmium < 0.8

6 < Cuivre < 80

9 < Plomb < 60

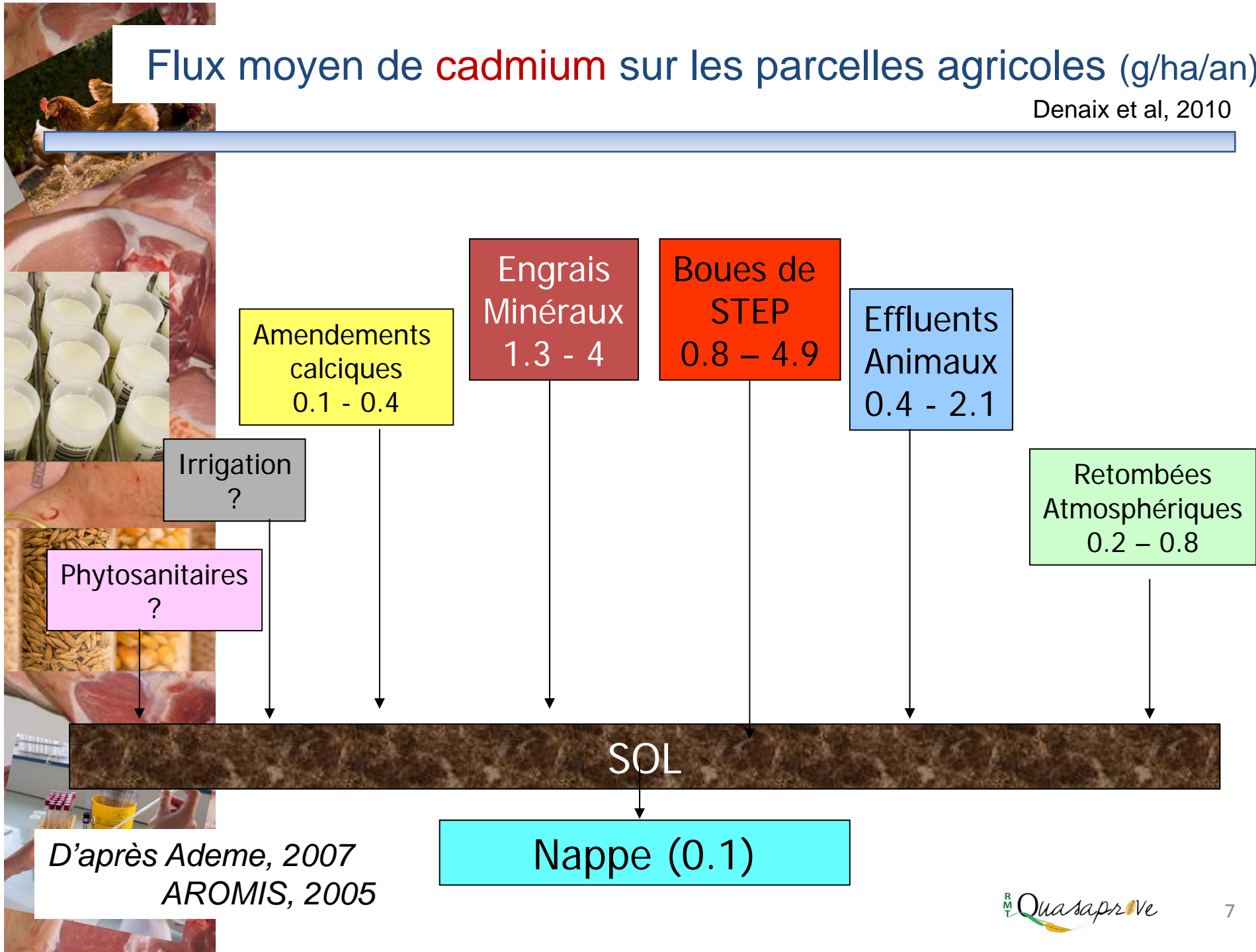
13 < Zinc < 128

Règlementation épandage de boues de STEP

* Données RMQS (<http://acklins.orleans.inra.fr/geoindiquasol/index.php>) et D. Baize, 2008 (<http://etm.orleans.inra.fr/>)

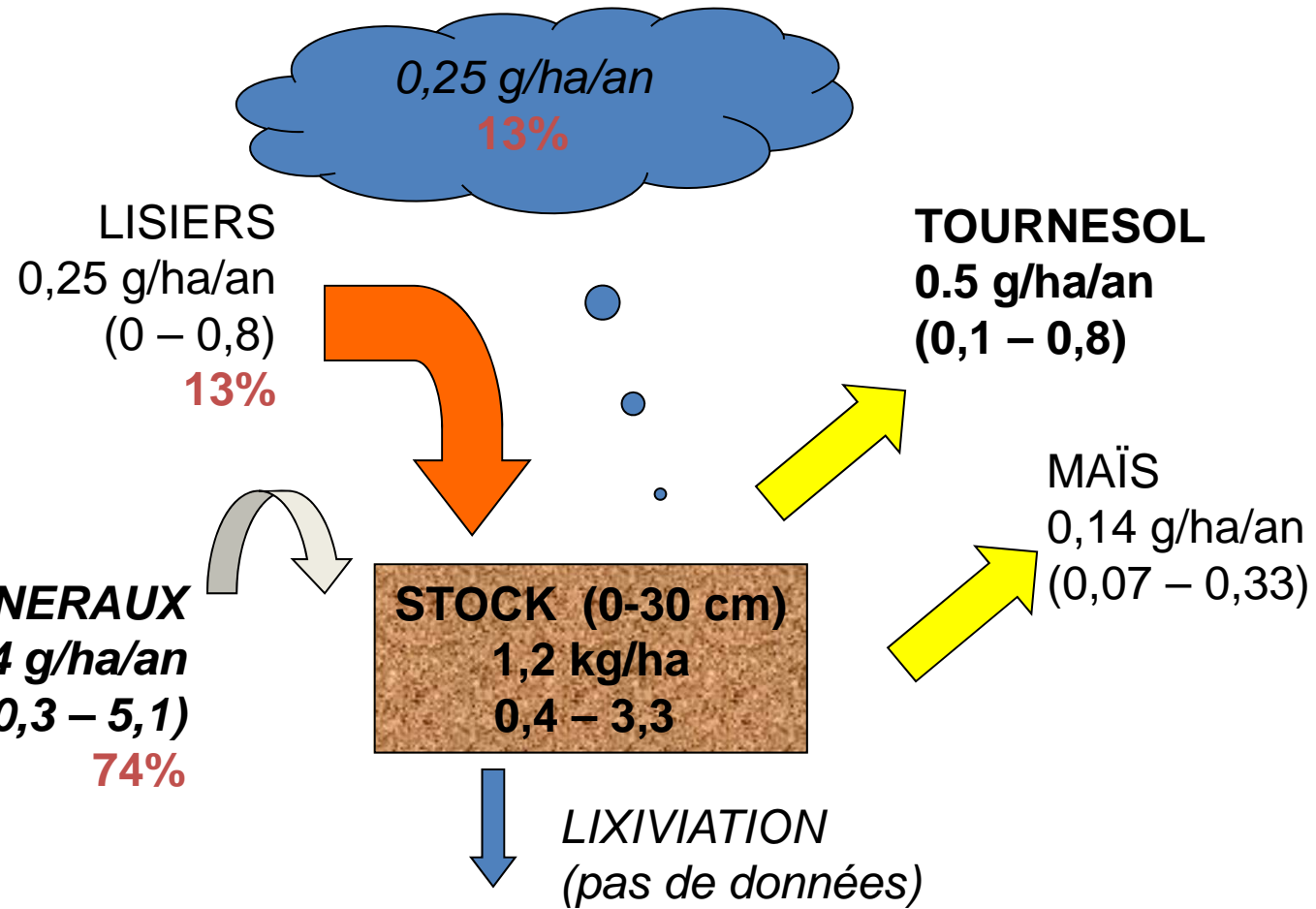
Flux moyen de cadmium sur les parcelles agricoles (g/ha/an)

Denaix et al, 2010



Flux annuels de cadmium à la parcelle

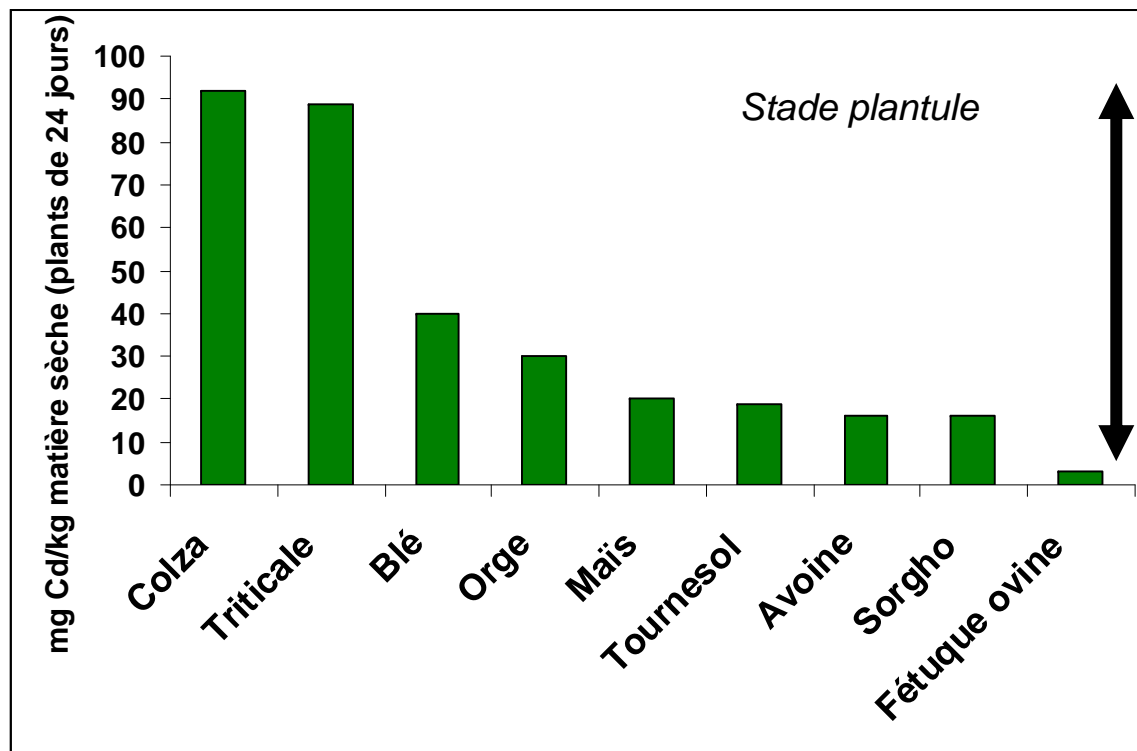
Denaix et al, 2010



Les végétaux prélèvent différemment

Denaix et al, 2010

Exemple du cadmium



Kuboi et al., 1986

Cadmium :

peu accumulatrices

Légumineuses

modérément accumulatrices

Graminées, Liliacées,
Cucurbitacées et Ombellifères

fortement accumulatrices

Chénopodiacées, Crucifères
Solanacées, Composées



Matières premières et aliments du bétail : Teneurs en Plomb dans l'UE

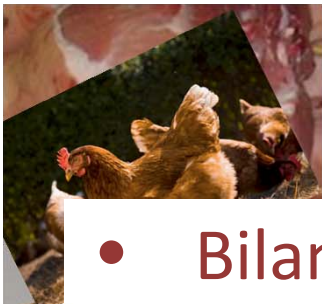
mg/kg MS	nombre	moyenne	min	max	seuil
orge	11	0.97	0.10	2.2	10
blé & co-produits	12	0.26	0.01	0.8	10
maïs & co-produits	31	0.56	0.09	2.7	10
tourteau colza	18	0.60	0.05	6.8	10
graines & tourteau soja	21	0.93	0.03	3.0	10
graines & tourteau tournesol	36	0.37	0.02	1.0	10
<u>pulpes betteraves</u>	14	1.47	0.22	4.0	10
farine poisson	77	0.52	0.01	2.2	10
pondeuses	12	0.87	0.10	4.9	5
volailles	20	1.16	0.10	4.3	5
porcs < 17 semaines	13	0.77	0.30	2.0	5
porcs	39	1.03	0.10	7.2	5
ruminants	311	0.34	0.00	5.3	5
poissons	352	0.07	0.00	0.6	5

EFSA 2004 (Opinion Pb in feed)

Matières premières et aliments du bétail : Teneurs en Cadmium dans l'UE

mg/kg MS	nombre	moyenne	min	max	seuil
orge	6	0.11	0.02	0.3	1
<u>blé & co-produits</u>	27	0.19	0.05	0.8	1
maïs & co-produits	29	0.06	0.01	0.5	1
tourteau colza	20	0.15	0.02	0.5	1
tourteau soja	17	0.07	0.01	0.2	1
<u>tourteau tournesol</u>	32	0.41	0.05	1.8	1
pulpes betteraves	12	0.14	0.01	0.4	1
<u>farine poisson</u>	44	0.40	0.04	1.4	2
pondeuses	12	0.16	0.01	0.6	0.5
volailles	33	0.16	0.01	0.4	0.5
porcs < 17 semaines	14	0.16	0.04	0.5	0.5
porcs	150	0.09	0.01	0.5	0.5
ruminants	358	0.11	0.03	0.9	1
poissons	207	0.17	0.04	0.5	1

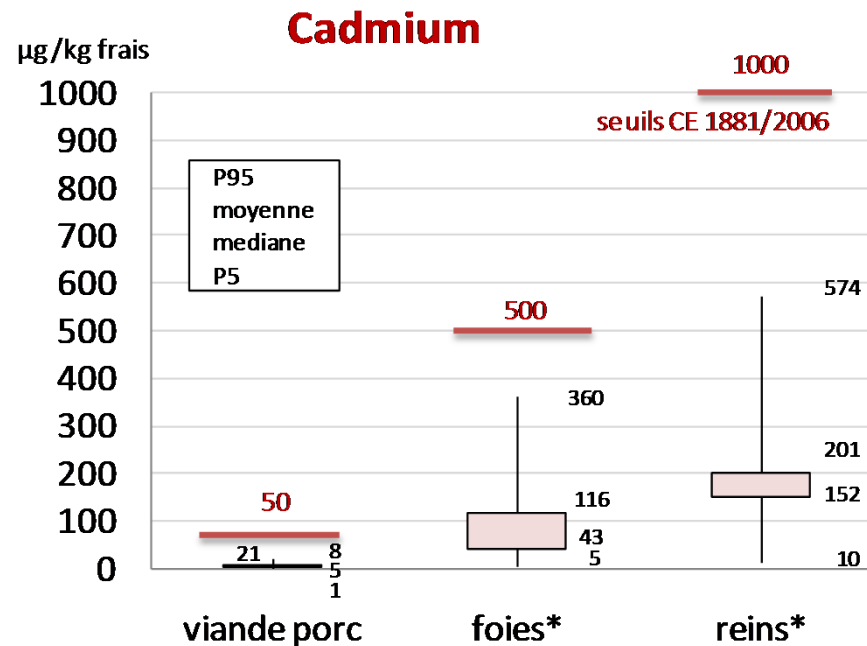
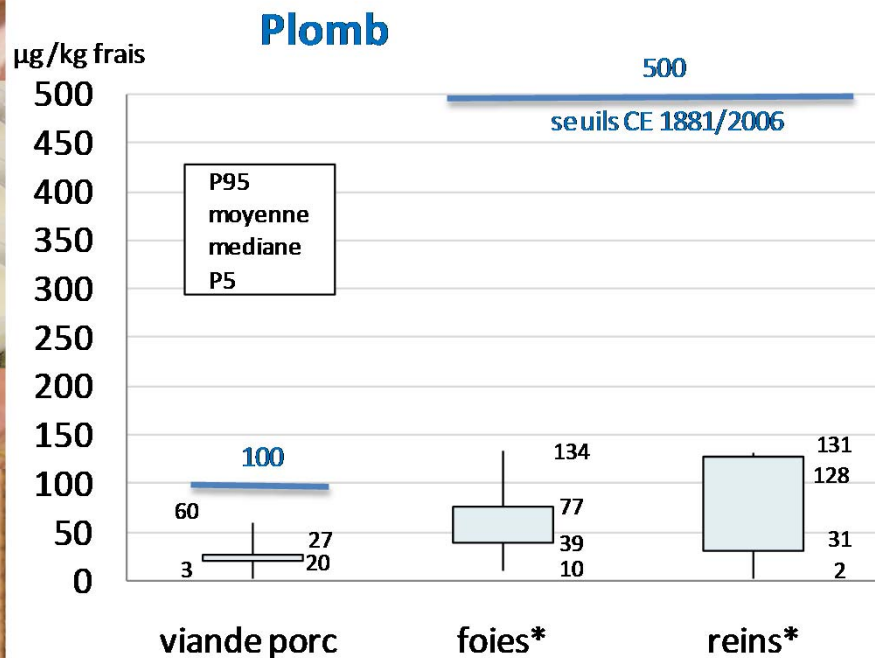
EFSA 2004 (Opinion Cd in feed)



Présence des métaux dans les viandes

- Bilans UE (d'après Efsa, 2009, 2010)

*toutes viandes
Pb: limites supérieures résultats d'analyse



France

- plans contrôle 2004-2008 (3 porcs /100 000 abattus)
- cumul 5 ans : 3 éch. Pb + 6 éch. Cd > seuils



Concentrations en métaux des viandes : Bilans UE

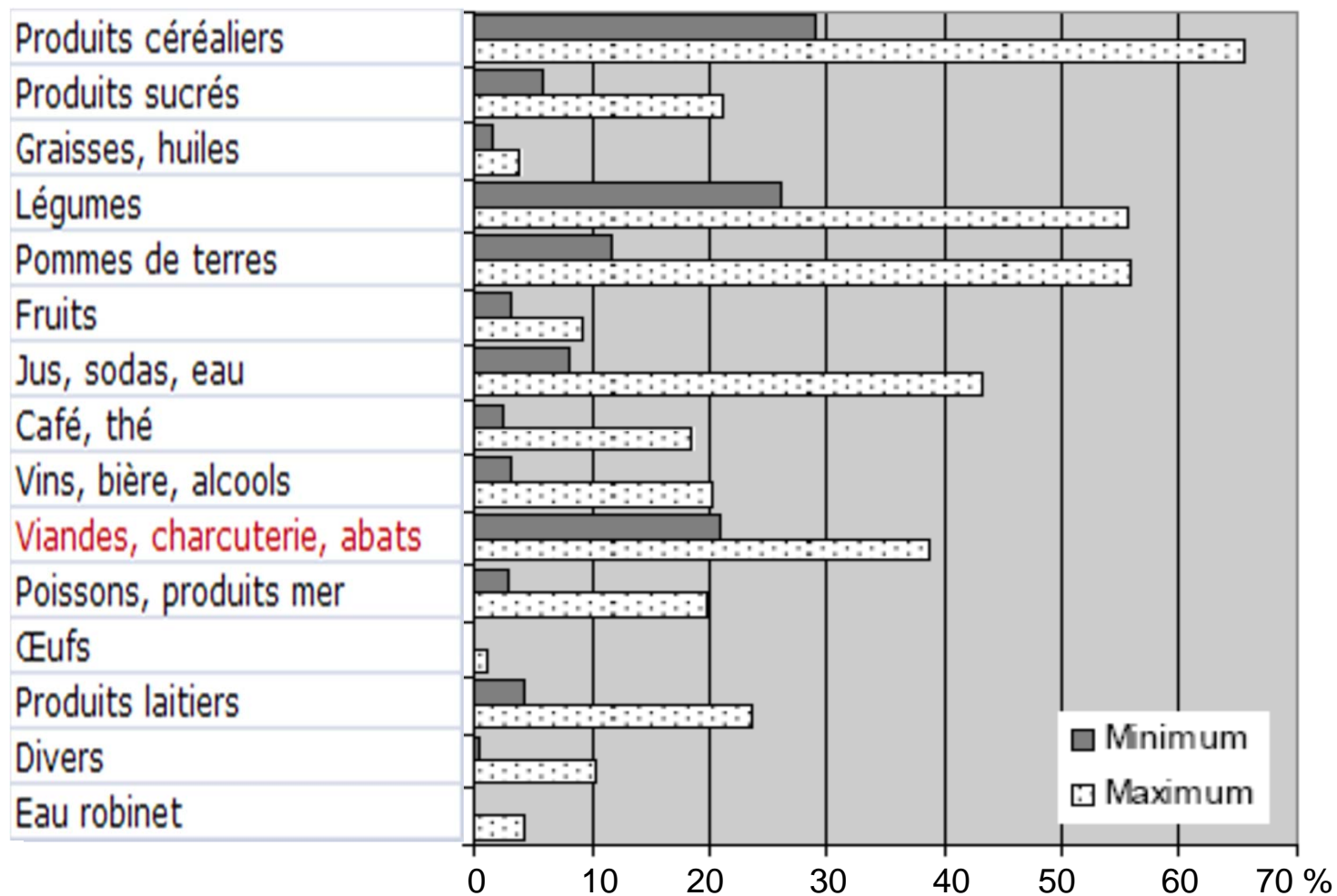
µg/kg	% diète	N éch	% < LOD	médiane	P95	max	seuil	% > seuil
Plomb (14 pays UE + 1, 2003-2008; limites supérieures résultats d'analyse)								
Bœuf, mouton	20	7229	77	20	78	800	100	
Porc	42	5244	83	20	60	1443	100	
Foies	5	11886	64	39	134	197000	500	
Rognons	0.2	5883	52	31	131	289000	500	
Cadmium (18 pays UE + 2, 2003-2007)								
Bœuf, mouton	20	6382	51	5	37	180	50	3.6
Porc	42	6428	66	5	21	110	50	1.6
Cheval	0.1	1219	25	30	640	8746	200	11.0
Foie	5	10534	11	4	36	3600	500	3.7
Rognons	0.2	4586	11	152	574	1730	1000	1.0

d'après Efsa, 2009, 2010

Calcul de l'exposition au cadmium



%
apport
par
aliment



EFSA 2009
(Opinion scientifique Cd)



Objectifs des études Ifip-institut du porc

- **Contexte**

- Limites maximales denrées

- Alimentation animale (Directive 2002/32 Parlement et Conseil)
- Organes comestibles (Règlement N° 1881/2006 Commission)

- **Peu études à faibles exposition**

- Etudes : teneurs \geq seuils
- Interactions avec MAT, Cu,...

- **Essais**

- Faibles doses Cd et Pb \rightarrow tissus comestibles

Etudes d'exposition sur porcs

- Dispositif Essai 1 : 4 traitements

- aliments témoins ↔ 2ème âge, croissance, finition
- alts témoins + enrichissement à 0.5 mg/kg en Cd
- alts témoins + enrichissement à 5 mg/kg en Pb
- alts témoins + enrichissement à 0.5 mg/kg en Cd + 5 mg/kg en Pb

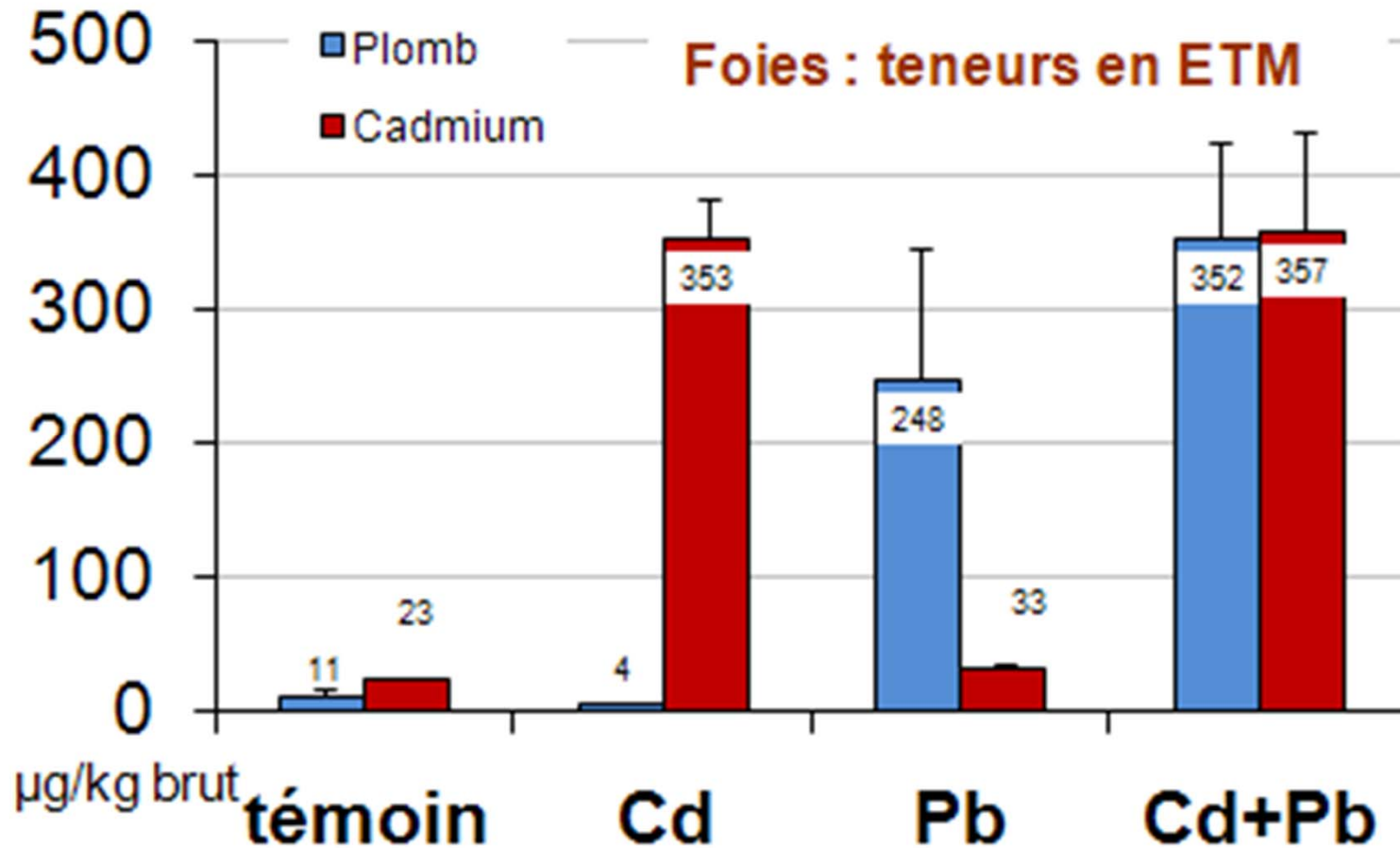
= limites réglementaires en Cd et Pb dans aliments pour porcs
+ teneurs standard en Cu et Zn



Essai 1: Teneurs Foies

- Limite Pb = 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$
- Limite Cd = 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$

- 4 porcs exposés 118 j /traitement



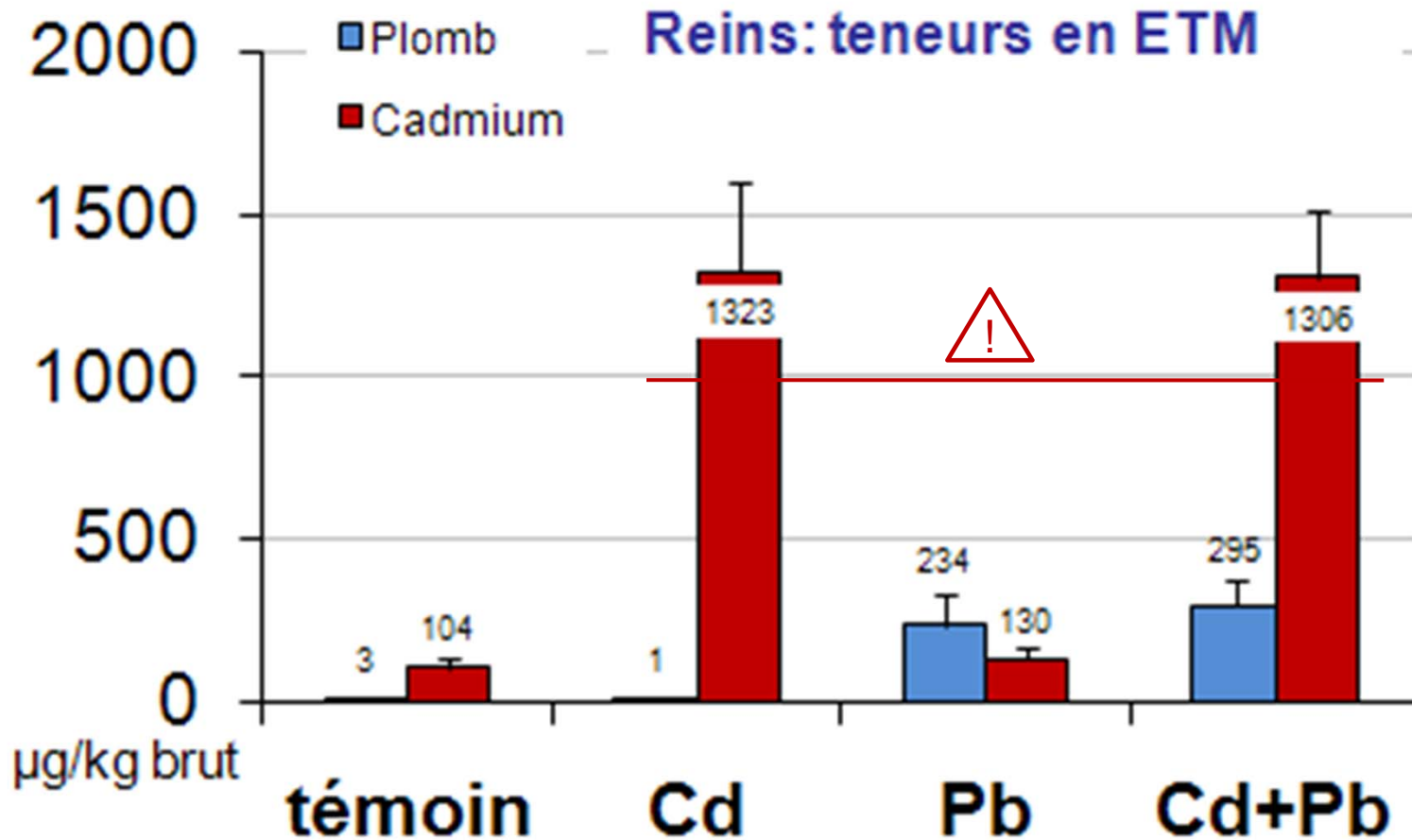
Référence tous abats : 55 μg Pb et 52 μg Cd / kg (Leblanc et al, 2004)



Essai 1: Teneurs Reins

- Limite Pb = 500 µg/kg
- Limite Cd = 1000 µg/kg

■ 4 porcs exposés 118 j /traitement



Référence tous abats : 55 µg Pb et 52 µg Cd / kg (Leblanc et al, 2004)

Etudes d'exposition sur porcs

Dispositif Essai 2 : 4 traitements

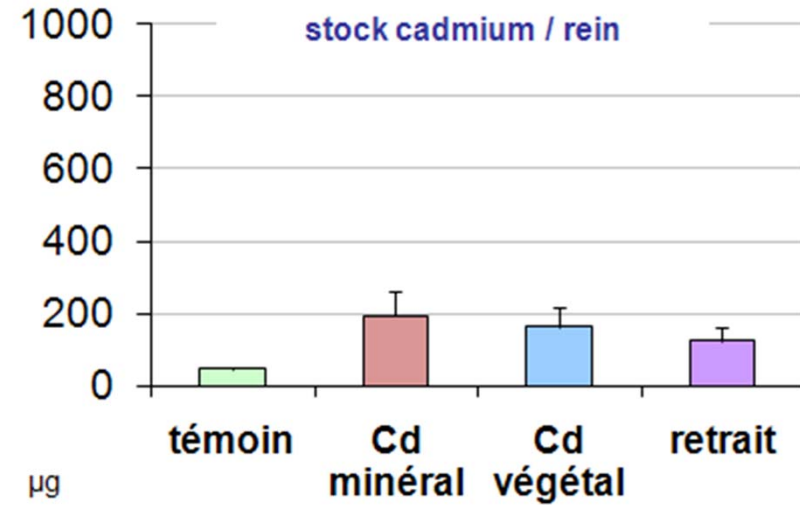
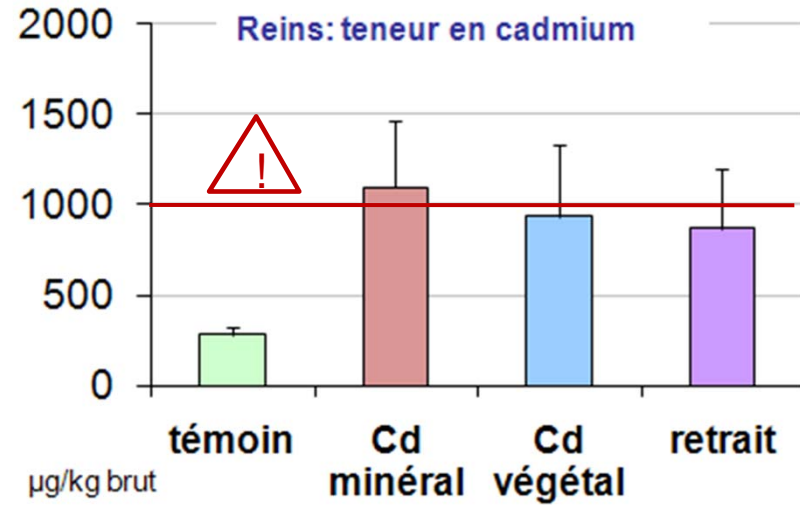
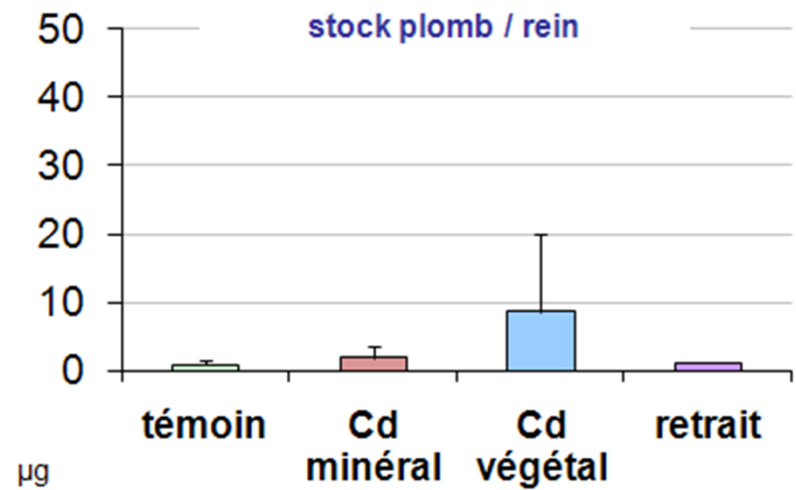
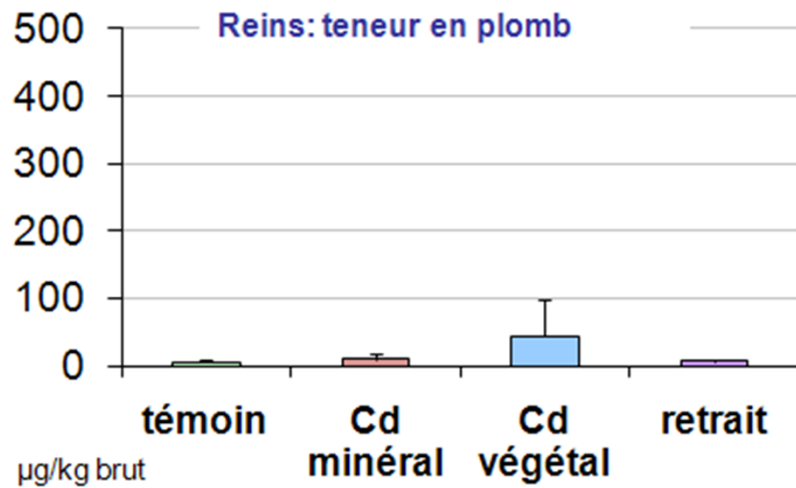
- aliments témoins \leftrightarrow 2^{ème} âge, croissance, finition
- aliments **artificiellement** contaminés à 0.5 mg Cd /kg (Cd min)
- aliments **naturellement** contaminés à 0.5 mg Cd /kg (Cd plant)
- aliments Cd végétal [2^{ème} âge, croissance], puis témoin [finition] (Cd stop)

= limites réglementaires en Cd dans aliments pour porcs
+ teneurs standard en Cu et Zn

Essai 2: Teneurs Reins

4 porcs exposés 120 j /traitement

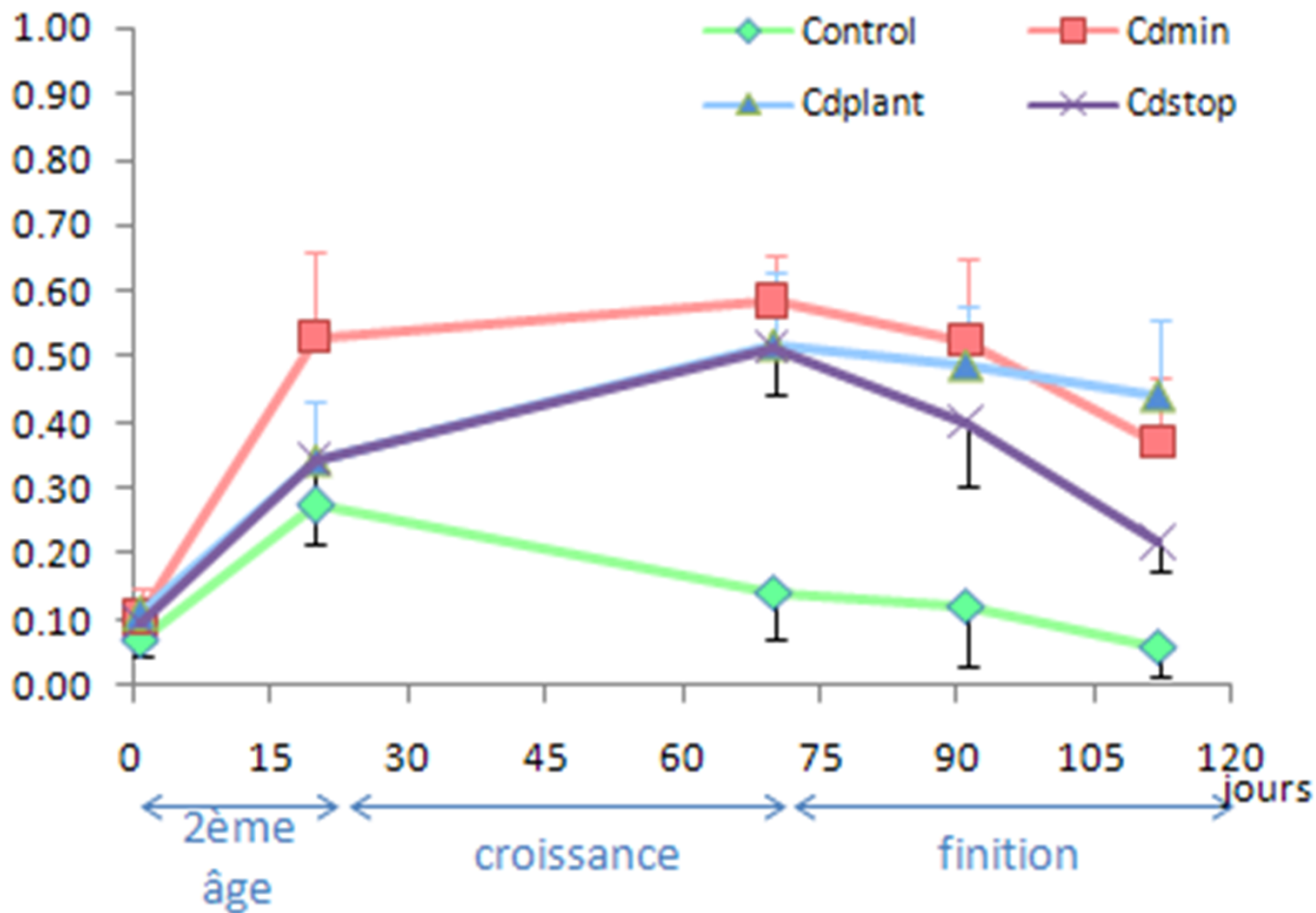
□ Limite Pb = 500 µg/kg
□ Limite Cd = 1000 µg/kg



Référence tous abats : 55 µg Pb et 52 µg Cd / kg (Leblanc et al, 2004)

Essai 2 : Evolution des teneurs sanguines

Teneur sanguine en Cd ($\mu\text{g}/\text{kg}$)



Résultats analyses jambons

- Muscle du jambon
 - Teneurs maximales réglementaires
 - Pb = 100 µg/kg de produit frais
 - Cd = 50 µg/kg de produit frais
 - Essai 1 : 4 x 4 échantillons
 - Pb → tous < 1 µg/kg = LQ
 - Cd → tous < 5 µg/kg = LQ
 - As → tous < 7 µg/kg = LQ
 - Essai 2 : 4 x 4 échantillons
 - Pb → moyenne 3.4 µg/kg (max = 12)
 - Cd → tous < 1 µg/kg = LQ

Référence : Les teneurs mesurées toutes viandes de boucherie en France sont de 1.0 µg Cd, 4 µg Pb et 9 µg As par kg produit frais (Leblanc et al, 2004).



Implications : exposition animale

- porcs non exposés
 - teneurs faibles dans muscle et abats ↔ alimentation totale française (Leblanc, 2004)
- porcs exposés sur totalité période d'élevage
 - teneurs faibles muscle
 - pas de dépassement pour Pb et foie (Cd)
 - léger dépassement pour Cd dans rein
- [foies & reins porcs] = f(aliments)
 - [Pb] > Phillips et al, 2003
 - Rambeck et al, 1991 > [Cd] ≅ Ifip essai 2, Rothe et al, 1994, Linden, 2002 > Phillips et al, 2003
- **gestion des limites réglementaires**
 - ...respect des seuils réglementaires dans les aliments n'implique pas la conformité des produits animaux....
 - Approches ALARA vs. Tolerable Weekly Intake
 - Modélisation rétention Cd mouton, oeufs, lait..[Prankel et al, 2005, van Eijkeren et al, 2006; van Raamsdonk et al, 2009]



Implications : facteurs de la contamination

- Cumul Cd +Pb
 - pas interaction aux niveaux étudiés
 - \neq dépôt inférieur Cd si +Pb, dépôt supérieur Pb si +Cd (Phillips et al, 2003)
- Durée d'exposition
 - phénomène d'accumulation
 - risque différencié avec âge animal ?
 - peu effet retrait (Ifip essai 2)
 - équivalence origine minérale et végétale (Ifip, essai 2)
- Facteurs biodisponibilité
 - autres éléments métalliques et minéraux
 - rôle de la phytase ? (Zaccharias et al, 2001)





Exposition humaine: nécessité de réduction de l'exposition au Cd !

- **Tolerable Weekly Intake**

- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA):

- 1988: 7 µg/kg body weight

- 2010: 5.8 µg/kg body weight

- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain:

- 2009-2011: 2.5 µg/kg body weight

- *“ensure a high level of protection of all consumers, including exposed and vulnerable subgroups of the population”*

- **Average Cd dietary exposure for the European population:**

- EFSA Scientific report

- 2012: 2.04 µg/kg body weight per week.



EU Commission's review of Cd maximum levels

– Questions

- which possibilities to reduce Cd exposure of general population and specific vulnerable groups (children, vegetarians)?
- room for reduction of maximum levels for foodstuffs that contribute mostly to exposure (e.g. cereals and cereal products, vegetables nuts and pulses group, **edible offals**, starchy roots and potatoes?)
- need to set new maximum levels for food commodities? If so, for which?

– Working document...

- Proposal at inter-services scrutiny (other DG) in 2012
- Some concerns from different Member States...
- First discussions of Standing Committee about cocoa/chocolate, oilseeds, potatoes, wheat, milk, ...



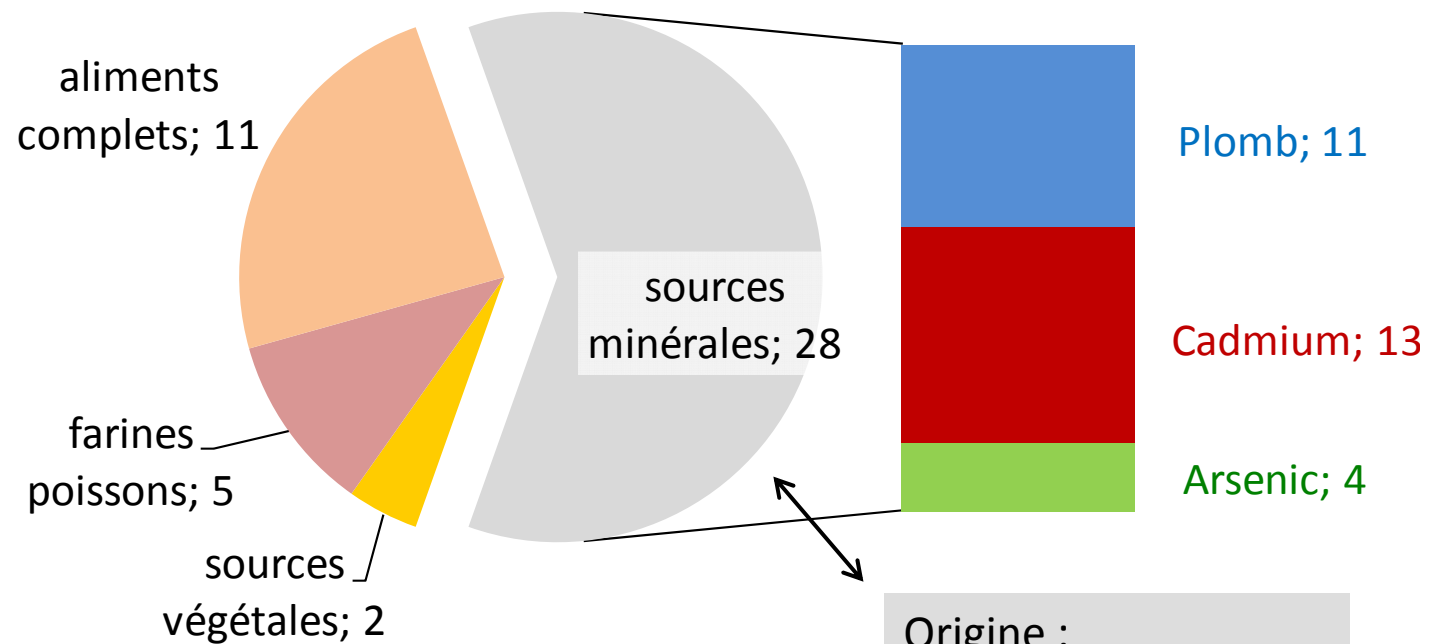


Que faire en cas de risque cadmium ?

- Période d'exposition
 - Schéma d'accumulation
 - Faible effet de la suppression de l'aliment contaminé (Exp.2)
 - Equivalence de l'origine végétale ou animale du Cd (Exp.2)
 - Effet de l'âge de l'animal?
- Composition and disponibilité
 - Rôle de la formulation de l'aliment
 - cuivre, enzyme phytase, vitamine C (Exp.3)
- Sécurité des ingrédients
 - Sources végétales, **minéraux**

Origine des contaminations en métaux des aliments du bétail

■ 45 notifications au Système d'alerte rapide de l'UE (RASFF – 2000-2009)



Origine :

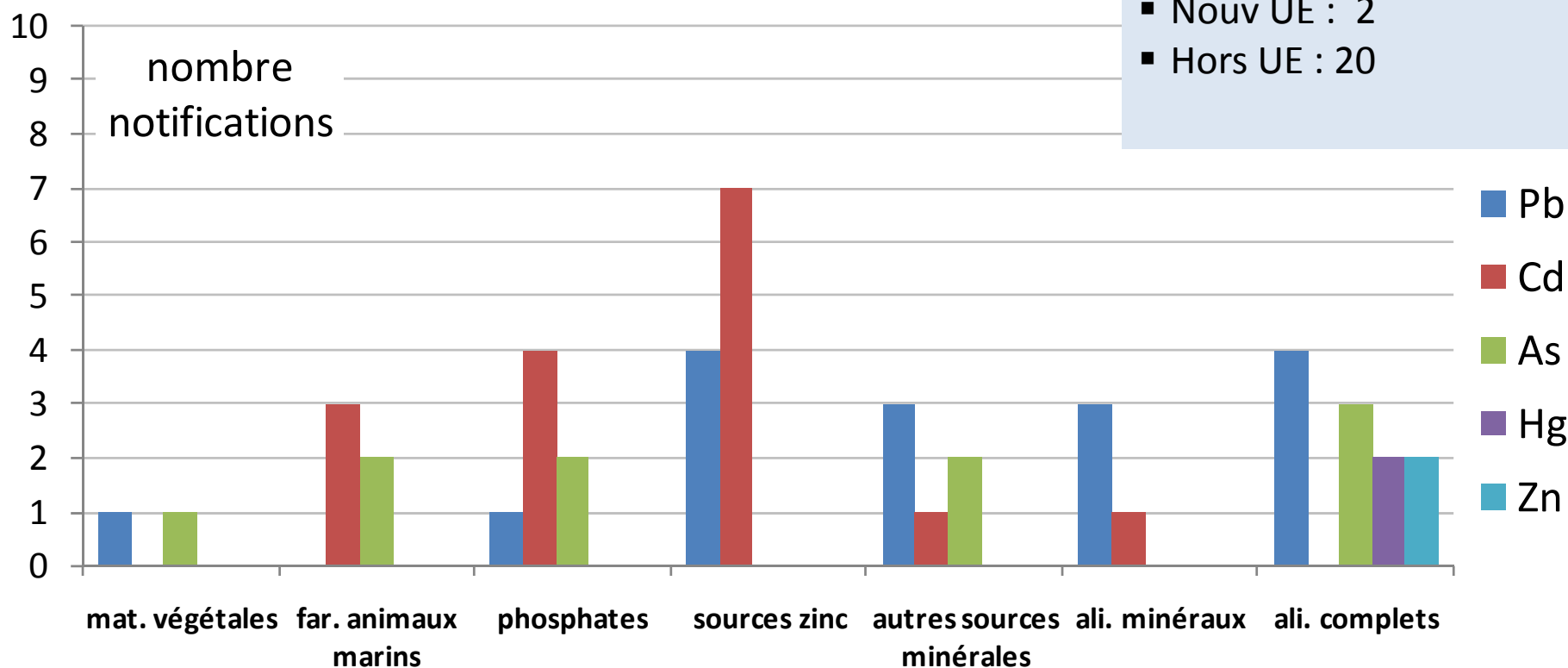
- UE à 15 : 9
- Nouvelle UE : 2
- Hors UE : 17

Origine des contaminations matières premières et aliments

45 notifications au Système d'alerte rapide de l'UE
(RASFF – 2000-2009)

Origine :

- UE 15 : 23
- Nouv UE : 2
- Hors UE : 20



PK, A

SLV, PER,
ES, NL(2)

B, IL, P, TR,
SI, CHN, D

IN, P, TR (2),
CHN (6), SK

BRA, CHN,
ES(2), ARG,
RUS

NL (3), NOR

D (3), DK,
F(2), ES(2),
NL(2)

Résultats plans autocontrôles alimentation animale en France

■ Analyses As, Pb, Cd, Hg

	2012			2013		
	45 MP minérales 113 MP végétales			116 MP minérales 145 MP végétales		
	< 2/3 TMA	> 2/3 TMA	> TMA	< 2/3 TMA	> 2/3 TMA	> TMA
Argiles		1	0	9	2	0
Carbonates		1	0	12	0	0
Magnésie			0	9	0	0
Phosphates		4	0	17	4	0
Sel			0	7	0	0
Autres minéraux			0	56	0	0
Pulpes betterave			0	23	1	0
T tournesol import			0	21	2	0
T tournesol metro	10	7	0	19	5	0
Autres végétaux			0	74	0	0

Oqualim, 2013, 2014



Comment gérer la contamination des cultures ?

Minimiser les apports

Surveiller la qualité des produits apportés aux cultures

Réduire la disponibilité chimique des éléments traces pour la plante

Choisir le végétal adapté

Augmenter le pH

Apporter de la matière organique

Surveiller la qualité de l'eau d'irrigation

Adapter les cultures (espèces, variétés) aux sols





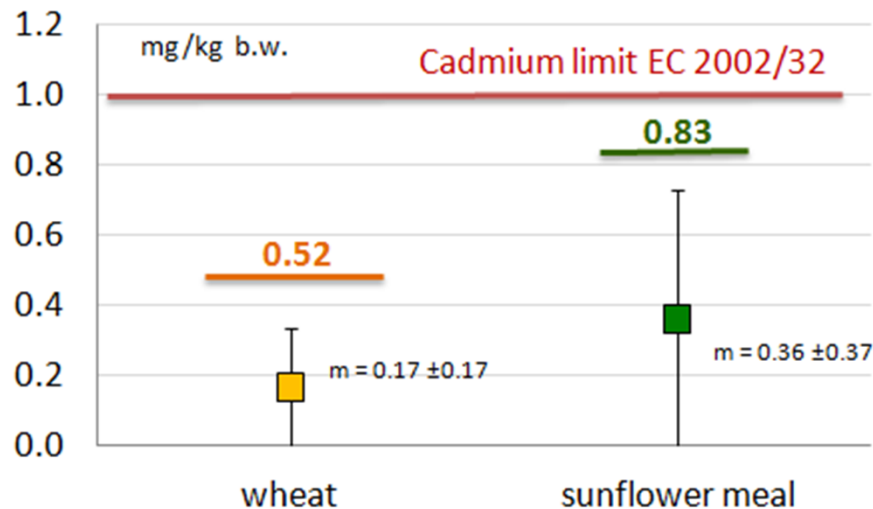
Effet de formulations adaptées sur la concentration en **cadmium** des reins de porcs

■ Aliments témoin ou contaminés

(± 0.5 mg Cd/kg = limite maximale des aliments)

- PHYT : avec phytase (1000 FTU),
- PHOS : sans phytase (+ 0.6 g P),
- CuVitC : avec phytase, vitamine C (1000 puis 700 mg/kg) et faible en Cu (44 mg/kg en 2^{ème} âge).

■ Contamination d'origine végétale

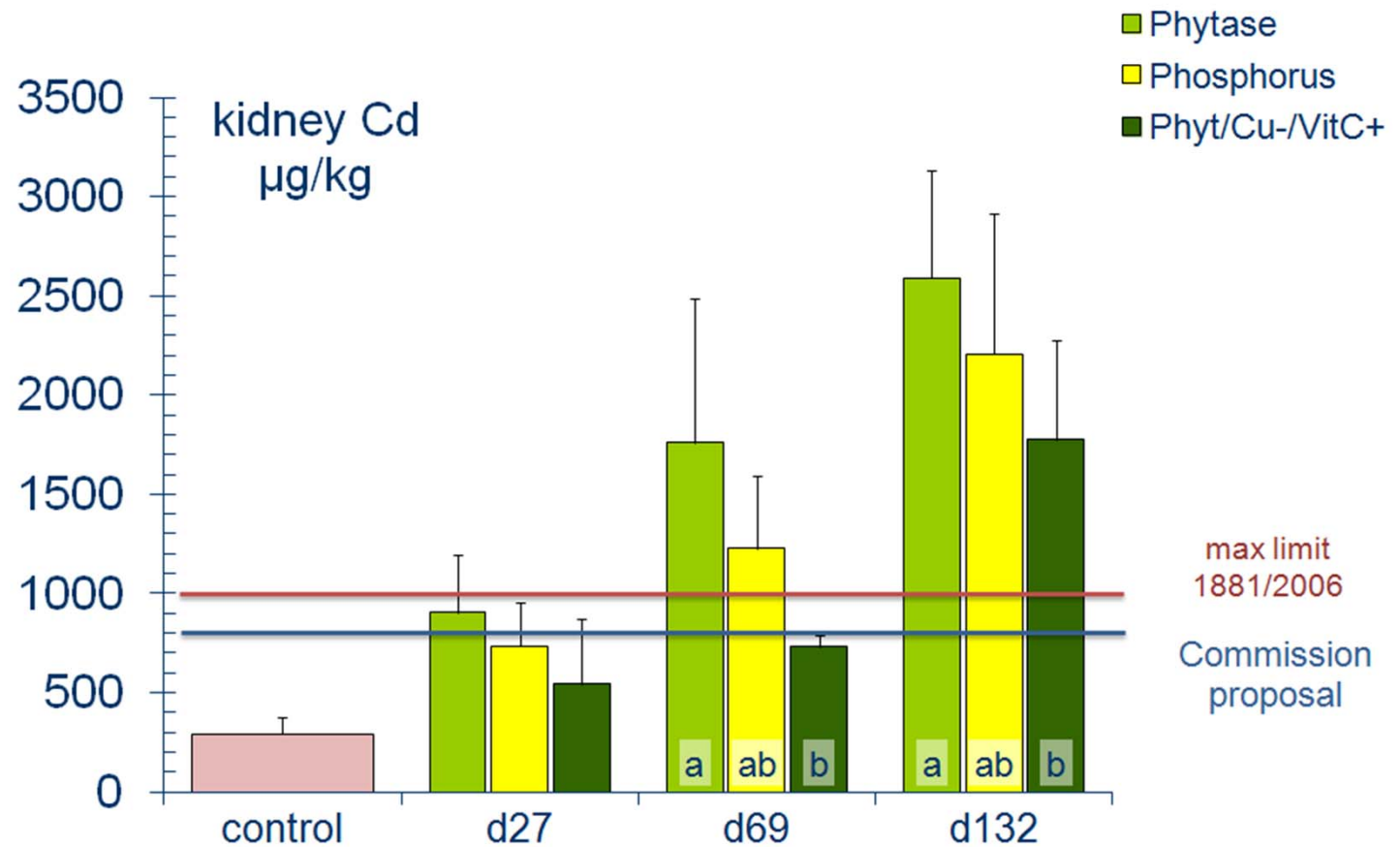


Limites matières premières pour alimentation animale

Ingrédients utilisés

moyenne [Cd] \pm ET , EFSA 2004

Effet de formulations adaptées sur la concentration en **cadmium** des reins de porcs



Aliment : P < 0,001

Durée exposition: P < 0,001

Conclusions

- **Enjeux de sécurité alimentaire**
 - Exposition continue aliments proches limites [Cd] reins > limites
 - Rôles des pratiques d'alimentation
 - Risque surtout lié contaminations ponctuelles
 - information fabricants d'aliments / origines minéraux
 - Produits porcins
 - veille sur abats
 - plans surveillance → informations des filières....



Remerciements

■ Partenariats

- Sylvie Dauguet, Terres Inovia
- Laurence Denaix, INRA
- Martine Potin, Corinne Parat, Université Pau
- Partenaires Action "Suivi des éléments traces (Pb, Cd, As, Cu, Zn) dans la filière porcine du Sud-Ouest "



■ Ifip-institut du porc

- Nathalie Lebas, Brice Minvielle
- Equipes station de Villefranche-de-Rouergue



■ Analyses

- Université Pau, ABioC
- Cerba, Ecole vétérinaire de Lyon

■ Financements

- Programme CASDAR du Ministère de l'Agriculture
- Programme national de développement agricole et rural (PNDAR)
- Ademe

