

## **CHAPITRE 4**

# ***La controverse sur l'épandage des BOUES d'ÉPURATION URBAINES sur les sols agricoles***

***"Au village, sans prétention,...  
elles ont mauvaise réputation..."***



## **Les BOUES d'ÉPURATION URBAINES**

**Résidus semi-solides de l'épuration des eaux usées urbaines = eaux et excréments domestiques, eaux pluviales (rincage des toitures et des chaussées), effluents industriels et artisanaux...**

**Elles CONTIENNENT, en quantités VARIABLES selon la station :**

<i><b>Les BONS COTÉS</b></i>	<i><b>Les MAUVAIS COTÉS</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>AZOTE, PHOSPHORE,</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Éléments Traces Potentiellement Toxiques = Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn (mais aussi As, Tl, etc.)</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>MATIÈRES ORGANIQUES</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>MICRO-POLLUANTS ORGANIQUES (HAP, PCB, antibiotiques, pesticides )</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>OLIGO-ÉLÉMENTS</b> Cu, Zn, ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>ORGANISMES PATHOGÈNES (bactéries, virus ? vers ?)</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>beaucoup de Calcium (quand chaulées)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>ODEURS</b></li> </ul>

## **L'AGRICULTURE PRISE en TENAILLE**

<i><b>D'un COTÉ</b></i>	<i><b>De l'AUTRE</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les EAUX des villes et villages sont de mieux en mieux <b>ÉPURÉES</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Souci croissant de la <b>QUALITÉ</b> des produits agro-alimentaires</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mise en décharge est désormais interdite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigences des <b>TRANSFORMATEURS</b> (Bonduelle, Sucriers), des <b>DISTRIBUTEURS</b> (Carrefour) et des <b>CONSOMMATEURS...</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seule autre voie d'élimination : l'incinération qui est coûteuse et pas anodine pour l'environnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigences des <b>IMPORTATEURS ÉTRANGERS</b>, concurrence, "guerre des normes", labels de qualité.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• → volume croissant de boues à faire "éliminer" par l'agriculture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>TRAÇABILITÉ</b> des lots (bœuf, blé)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Application du "principe de précaution"</li> </ul>

**QUE FAIRE ?**

## L'ÉPANDAGE des BOUES d'ÉPURATION en AGRICULTURE :

- une **VALORISATION** de déchets **RECYCLÉS** comme **MATIÈRES FERTILISANTES** ?  
*Connotation très positive*
- un **SERVICE RENDU** à la collectivité puisque permettant l'**ÉLIMINATION** d'un sous-produit dont on ne sait que faire ?  
*Connotation plutôt positive*
- une **DISSÉMINATION** dans notre environnement de **SUBSTANCES** potentiellement **POLLUANTES** ?  
*Connotation très négative*

# NORME AFNOR - HISTORIQUE

Secrétariat chargé de l'Environnement – P. GODIN - 1984

s'inspirant de travaux d'une commission AFNOR et de tableaux établis aux Pays-Bas

## TROIS TYPES D'USAGE

- (a) usage pour la production maraîchère (le plus exigeant)
- (b) usage pour les autres productions agricoles liées à l'alimentation.
- (c) autres usages.

## QUATRE CONCENTRATIONS DE RÉFÉRENCE (dans le sol)

### - (1) seuil d'anomalie :

concentration maximale rencontrée dans les sols courants (*sic !*).

### - (2) seuil d'investigation (= 2 fois le seuil d'anomalie) :

concentration au delà de laquelle une étude approfondie du site est nécessaire.

### - (3) seuil de traitement (= 5 fois le seuil d'anomalie) :

concentration au delà de laquelle son traitement est nécessaire.

### - (4) seuil d'urgence (= 10 fois le seuil d'anomalie) :

concentration au delà de laquelle un traitement ou pré-traitement d'attente s'impose dans un délai de trois mois.

## **VALEURS SEUILS pour les "SOLS"**

*(en fait les horizons de surface labourés des terrains où on envisage d'épandre)  
et propositions pour des "seuils d'investigation".*

**teneurs totales en mg/kg MS**

	<b><i>Valeurs seuils de la norme AFNOR U 44-041 *</i></b>	<b><i>"seuils d'investigation" proposés</i></b>
<b>Cd</b>	<b>2,0</b>	<b>0,70</b>
<b>Cr</b>	<b>150</b>	<b>100</b>
<b>Cu</b>	<b>100</b>	<b>35</b>
<b>Ni</b>	<b>50</b>	<b>70</b>
<b>Pb</b>	<b>100</b>	<b>60</b>
<b>Zn</b>	<b>300</b>	<b>150</b>

**\*** *reprises par la nouvelle législation (décret 97-1133 du 8.12.97 et arrêté du 8.01.98)*

# La NOUVELLE RÉGLEMENTATION FRANÇAISE

Décret du 8 / 12/ 1997 (relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) + arrêté du 8 / 01 / 1998 (prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur sols agricoles)

- Les BOUES de STEP. sont considérées comme des **DÉCHETS** !
- **FORTE LIMITATION** des **FLUX CUMULÉS** d'ETM  
plus grande exigence sur la **COMPOSITION** des BOUES et restriction des **TONNAGES** autorisés
- **VALEURS LIMITES** en éléments traces **DANS les SOLS** épandables (d'où études préalables) Ex : 2 mg/kg de Cd ou 100 mg/kg de Pb  
Au-dessus de ces VALEURS LIMITES, **dérogations possibles** mais nécessitent une étude de non-mobilité et non-biodisponibilité des ETM présents dans le sol.
- Prise en compte du **pH du sol** APRÈS ÉPANDAGE qui doit être > 6,0
- Élimination de terrains trop pentus ou trop perméables, de parcelles proches des cours d'eaux, de captages d'eaux potables ou d'habitations, etc.

## AU NIVEAU EUROPÉEN

Révision de la Directive Européenne de 1986 (*toujours en cours*)

Sept métaux : Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

- **Prise en compte du pH du sol récepteur pour les "seuils sols" (3 classes)**

**< 6                      entre 6 et 7                      > 7**

- **Net abaissement des valeurs seuils "sols" (par "précaution" !)**  
**Possibilités de dérogations après études sur la non-mobilité et la non-biodisponibilité des ETM présents dans le sol.**

- **ATTENTION** aux **méthodes d'analyses retenues au niveau européen !**

**pH CaCl<sub>2</sub>**

**Teneurs en ETM à l'EAU RÉGALE !**

## VALEURS SEUILS des RÉGLEMENTATIONS : QUELLE SIGNIFICATION ?

- Valeurs réglementaires, mises au pifomètre, qui pourront être modifiées selon les pressions de tel ou tel lobby ? *UK - Scandinavie*
- teneur maximale admissible dans les sols (une petite dose est acceptable - une plus forte dose est inacceptable) ? **NON !**
- teneur maximale naturelle (au-dessus ce serait l'indice d'une contamination certaine) ? **NON !**
- d'un seuil au-delà duquel les formes biodisponibles des métaux sont abondantes ? **NON !**

En outre, raisonnement uniquement sur les teneurs totales !

De toutes façons, il n'est pas raisonnable de fixer une **SEULE VALEUR** limite pour **TOUS** les types de sols français ou européens (extrêmement divers, notamment quant à leur composition géochimique et leurs teneurs naturelles en éléments traces).

## NE PAS SE MÉPRENDRE !

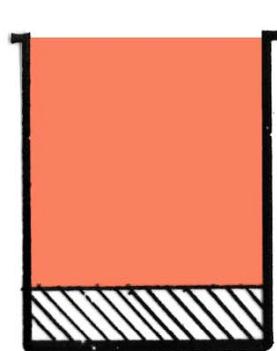
- Les deux réglementations françaises successives (norme AFNOR puis réglementation décret 97 + 98) **NE proposent PAS** des seuils pour distinguer des **sols contaminés** et **sols non contaminés** !

Elles fixent seulement des valeurs au-delà desquelles l'épandage des boues de stations d'épuration urbaines **n'est pas autorisé automatiquement**.

- L'épandage peut être autorisé cependant (**dérogation**), à condition d'apporter la preuve de l'innocuité de cette concentration élevée en tel ou tel ETM. Cette preuve peut être fournie par une étude suffisamment étayée = application du "principe de précaution", mais philosophie critiquable.
- Un **guide méthodologique** vient d'être rédigé pour aider à formuler des **demandes de dérogations** à l'épandage des boues d'épuration urbaines sur des terrains agricoles, **en cas d'anomalies pédo-géochimiques** naturelles (ADEME + APCA).

**La réglementation française sur l'épandage des BOUES d'épuration urbaines sur des terres agricoles de 1997-98 (mais aussi la Directive Européenne de 1986)**

**considère "le SOL" (= TOUS LES SOLS) comme un RÉSERVOIR que l'on peut remplir jusqu'à une certaine LIMITE. 3 CAS.**

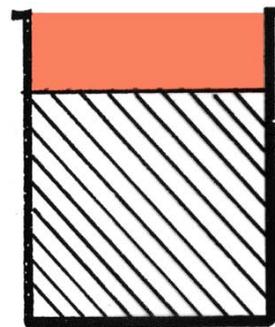


SEUIL

**Sol naturellement PAUVRE  
(souvent sableux)**

**Réservoir presque vide**

**Peut recevoir beaucoup !**

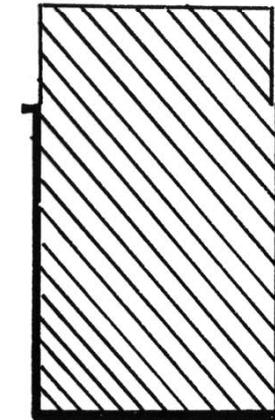


SEUIL

**Sol naturellement RICHE (argileux)**

**Réservoir presque plein**

**Peut recevoir peu !**



SEUIL

**Sol excédant naturellement le SEUIL**

**Épandage non autorisé**

## IL Y A "BOUES" ET "BOUES"

A) BOUES d'ÉPURATION URBAINES différentes  
des BOUES de PAPETERIES, BOUES d'INDUSTRIES AGRO-  
ALIMENTAIRES (laiteries, sucreries, conserveries), BOUES  
INDUSTRIELLES...

B) Il est vrai que les BOUES d'ÉPURATION URBAINES  
contiennent des MÉTAUX potentiellement toxiques : du plomb, du  
cadmium, du zinc, du cuivre.... mais

- en quantités très différentes selon la station d'épuration  
(**variabilité spatiale**)...
- en quantités très différentes en fonction du temps... (**variabilité  
temporelle**)

# VARIABILITÉ DANS L'ESPACE

## ANALYSES des BOUES de DIFFÉRENTES STATIONS d'ÉPURATION

(chiffres exprimés en mg/kg de MS)

	Achères (Paris) <i>1995</i>	Corbeil Essonne <i>1996</i>	Toury (28) <i>1992</i>	Bazoches les-Gall. <i>1991</i>	Orléans <i>médiane</i> <i>1985-96</i>	Mayenne (53) <i>1997</i>	France * <i>1994</i>	Décret 1998 <i>1997-98</i>
<b>Cd</b>	<b>9,5</b>	1,0	1,5	5	1,7	<b>0,5</b>	4,5	<b>20 - 15 - 10</b>
<b>Cr</b>	<b>118</b>	49	<b>22</b>	53	62	95	64	<b>1000</b>
<b>Cu</b>	<b>466</b>	368	230	<b>85</b>	261	184	286	<b>1000</b>
<b>Ni</b>	46	38	20	21	<b>65</b>	39	35	<b>200</b>
<b>Pb</b>	387	65	88	<b>840</b>	129	<b>63</b>	107	<b>800</b>
<b>Zn</b>	<b>1633</b>	671	504	231	786	<b>909</b>	761	<b>3000</b>
<b>Hg</b>	<b>5,5</b>	2,5	2,0	1,8	1,3	<b>3,7</b>	2,1	
<b>Se</b>	< <i>s.q.</i>	< <i>s.q.</i>		4,7	1,8	<b>0,9</b>	3,2	

\* médiane de 237 stations à dominance domestique (ADEME)

## VARIABILITÉ dans le TEMPS : ANALYSE DES BOUES d'ACHÈRES

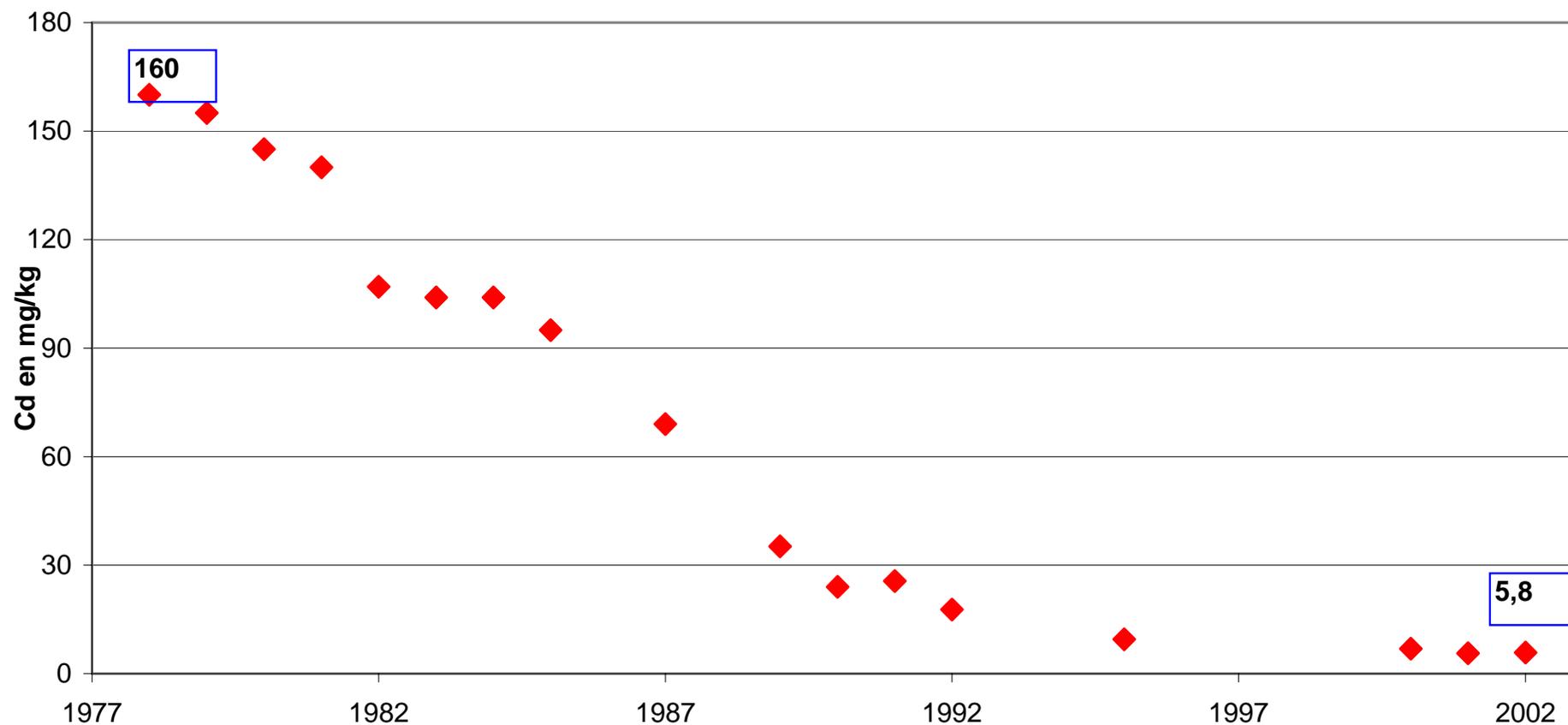
Teneurs exprimées en mg/kg de MS

	1978	1981	1987	1992	1995	2002
<b>Cd</b>	<b>161</b>	<b>130</b>	<b>69</b>	<b>18,2</b>	<b>9,5</b>	<b>5,8</b>
<b>Cr</b>	<b>636</b>	<b>530</b>	<b>383</b>	<b>219</b>	<b>118</b>	<b>111</b>
<b>Cu</b>	<b>1538</b>	<b>1800</b>	<b>1111</b>	<b>888</b>	<b>466</b>	<b>802</b>
<b>Ni</b>	<b>216</b>	<b>200</b>	<b>138</b>	<b>82,7</b>	<b>46</b>	<b>41</b>
<b>Pb</b>	<b>1638</b>	<b>1300</b>	<b>1060</b>	<b>685</b>	<b>387</b>	<b>246</b>
<b>Zn</b>	<b>5670</b>	<b>5600</b>	<b>4087</b>	<b>3339</b>	<b>1633</b>	<b>1704</b>
<b>Co</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>11,6</b>			<b>6,4</b>
<b>Hg</b>	<b>18</b>		<b>12</b>	<b>10</b>	<b>5,5</b>	<b>4,2</b>

**AMÉLIORER LA QUALITÉ des BOUES c'est POSSIBLE !**

# TENEURS en cadmium des boues d'Achères (Seine-aval)

## Teneurs en cadmium dans les boues d'Achères



## La VRAIE QUESTION

**IL Y A DÉJÀ** du Cd, du Pb, du Zn, etc. dans les VÉGÉTAUX cultivés sur des terrains agricoles "SANS BOUES"...

...et même dans les PLANTES "SAUVAGES"...

...on y dose des **TRACES !**

La vraie QUESTION est donc de SAVOIR si ces ÉPANDAGES de BOUES URBAINES sur les terrains agricoles

**FONT ou FERONT AUGMENTER** **significativement** les teneurs en ces ETM dans les PRODUITS RÉCOLTÉS.

## **Des IMPACTS : OUI ou NON ?**

**Dans la LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE et technique on peut lire  
et dans les COULOIRS des COLLOQUES on entend dire que :**

**"l'épandage des boues d'épuration a un net impact sur les sols et les  
récoltes" Pour preuve : l'essai INRA de Bordeaux...**

**...mais aussi : "l'épandage des boues de STEP n'a aucun impact  
décelable sur les sols ni sur les organes végétaux récoltés".**

**Personnellement, j'ai constaté des impacts évidents sur les sols du Vexin  
français, où des boues de la station d'ACHÈRES ont été abondamment  
épandues depuis les années 70....**

# COMMENT ÉVALUER L'IMPACT des ÉPANDAGES sur la QUALITÉ des SOLS et des RÉCOLTES ?

## 4 OUTILS ou MÉTHODES DISPONIBLES :

- Suivre au cours du temps l'évolution des teneurs totales en ETM dans les sols → augmentations des stocks ?
- Réaliser des extractions partielles sur échantillons de sols (sels neutres, agents complexants) pour tenter d'évaluer mobilité et phyto-disponibilité → quelles formes chimiques (échangeables, liées aux MO, aux oxydes), en quelles proportions ?
- Faire l'analyse de l'organe récolté → augmentation significative ?
- Calculer ou estimer les quantités d'ETM apportées → ordre de grandeur !

## Un INVENTAIRE assez COMPLET...

Un inventaire a été réalisé des **expérimentations au champ** menées en France pour évaluer l'impact des épandages de boues d'épurations...

...en remontant jusqu'aux sources : les rapports finaux.

Voici quelques **RÉSULTATS** de cette compilation.

Ne seront présentés ici que ceux relatifs au **CADMIUM** (le plus redouté des ETPT car **le plus mobile** et le **plus phyto-disponible**).

*Résultats plus complets in :*

*Le Courrier de l'Environnement de l'INRA, n° 53*

## **3 GRANDES CATÉGORIES d'ESSAIS ou d' OBSERVATOIRES (1)**

- 1. Décennies 1970 et 1980 : épandages **EXCESSIFS** de **BOUES** urbaines **TRÈS CHARGÉES** en Cadmium**

*Expérimentations : INRA Bordeaux (33), Bézu-le-Guéry (02), La Bouzule (54)*

*Réalité agronomique : boues d'Achères sur les sols du Vexin (95)*

# ZOOM sur l'EXPÉRIMENTATION de COUHINS

## (domaine INRA – Bordeaux)

**SOL** = "graves sablo-caillouteuses"

sur > 1 m – **texture sableuse** (4 % argile) – **pH acide (5,3 au départ)**

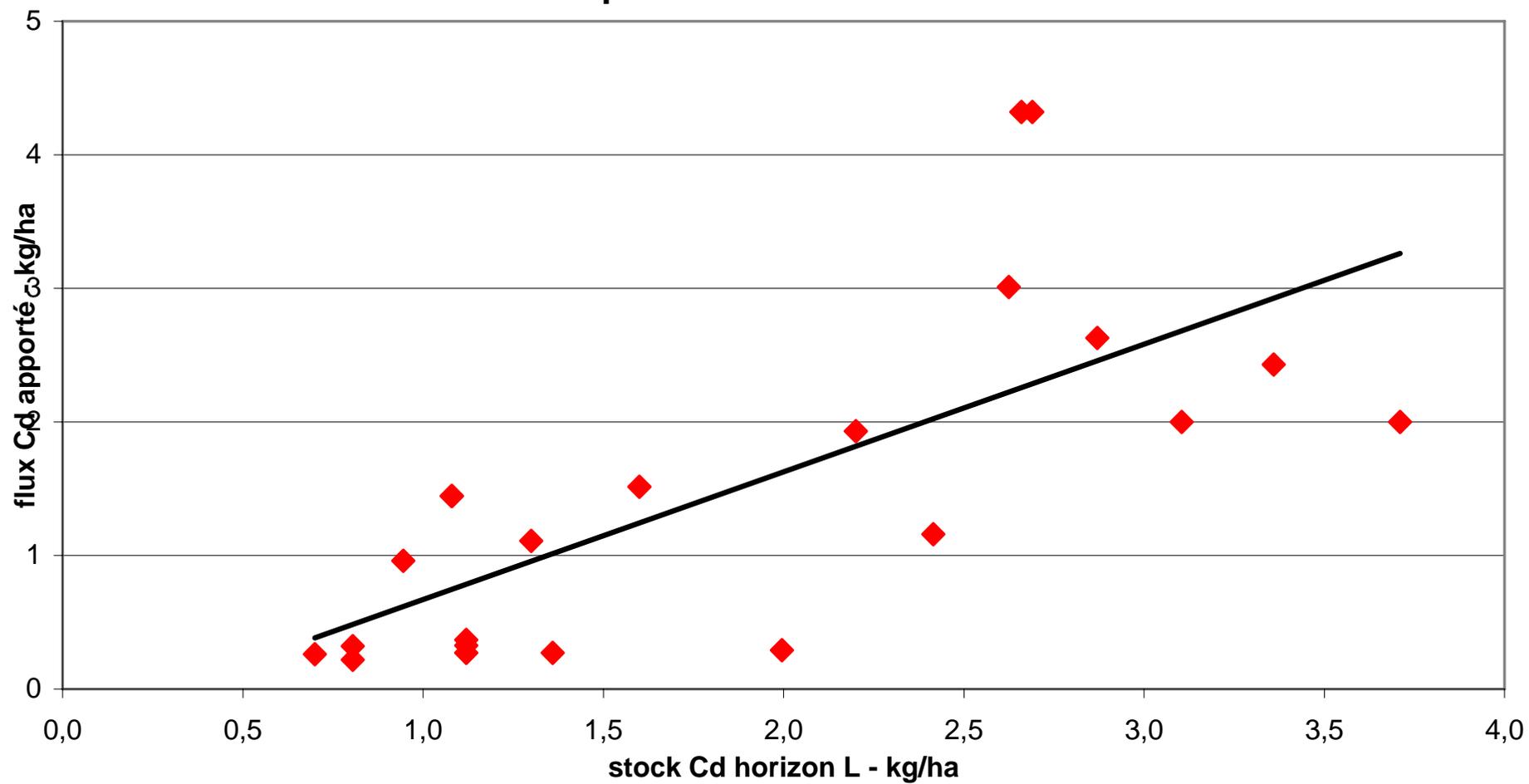
**ÉPANDAGES** 3 fois 100 T / ha de MS (années 1974 – 76 – 78)

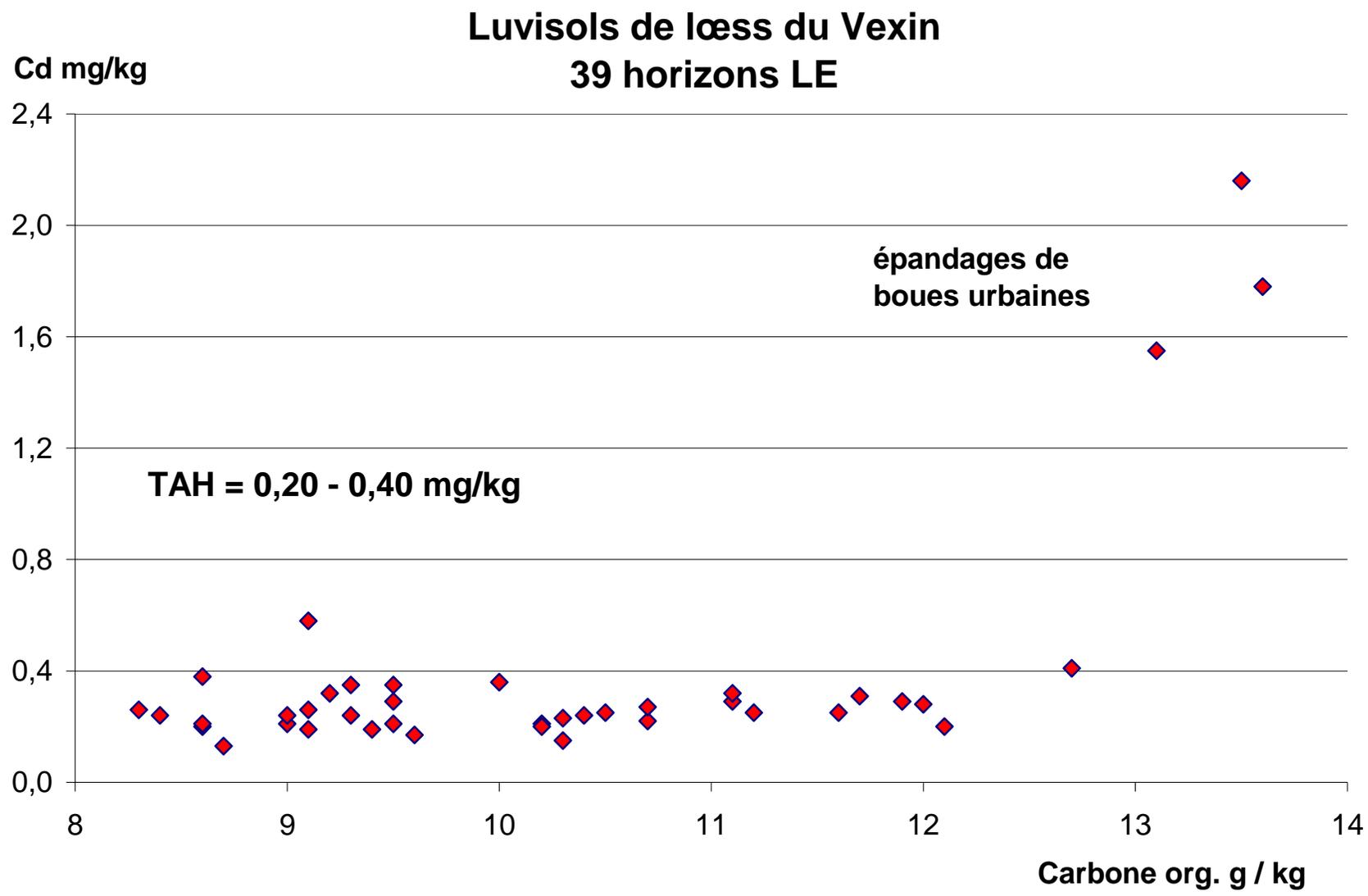
**BOUES** = STEP "Louis Fargue" BORDEAUX (boues industrielles !)  
teneur moyenne en Cd : **1830 mg/kg !**

	Quant. Cd	Cd total Sol		Cd grains maïs 1976	
		avant	après	témoins	après
Parcelles avec boues Louis Fargue	<b>641</b> kg / ha	< 0,4 mg/kg	<b>95</b> mg/kg	0,17 mg/kg	<b>0,50</b> mg/kg

**50 % du Cd apporté n'est pas retrouvé dans le premier mètre du sol !**

### Vexin - Années 75-86 22 parcelles - horizon de surface



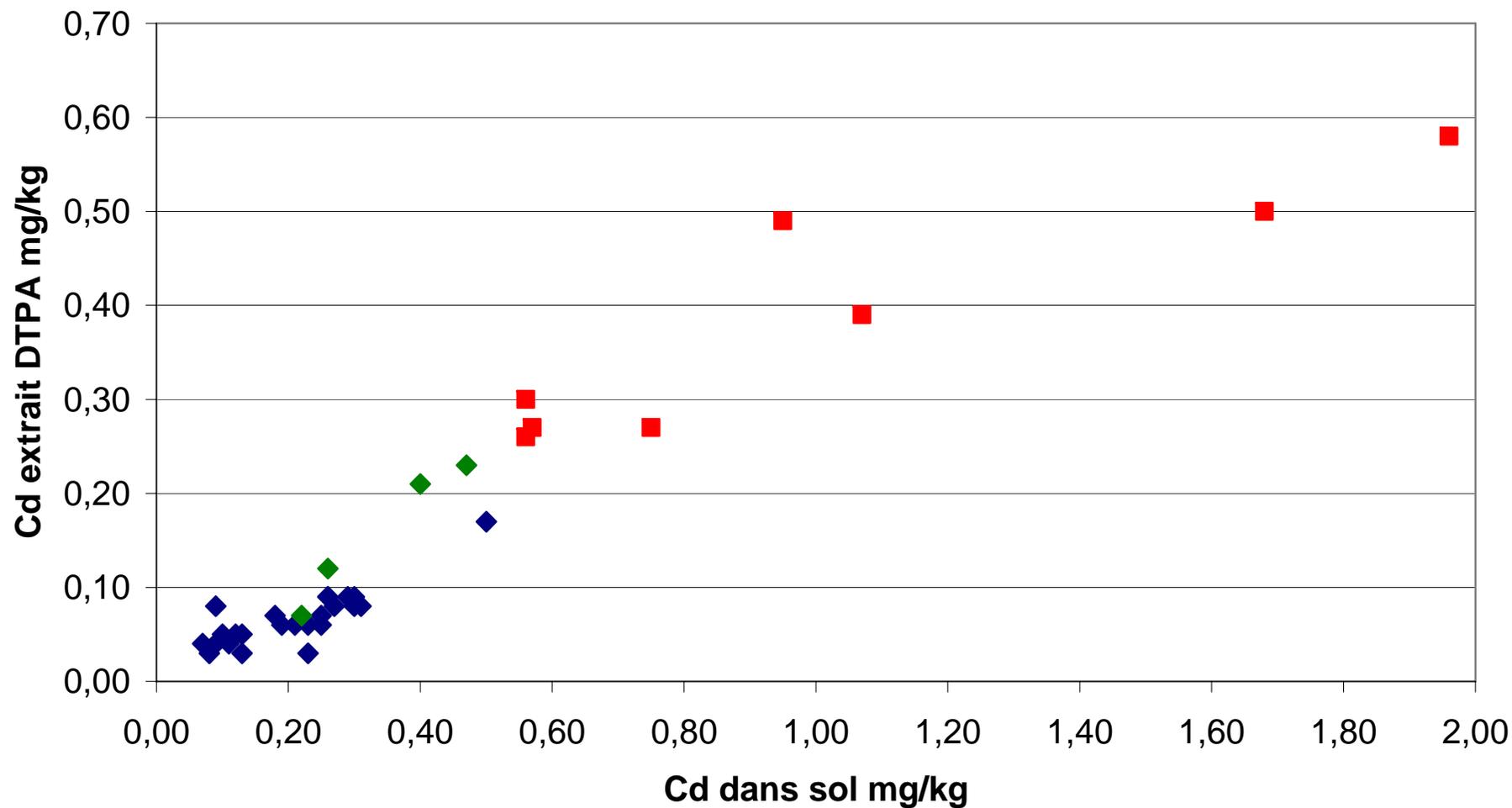


## 3 GRANDES CATÉGORIES d'ESSAIS ou d' OBSERVATOIRES (2)

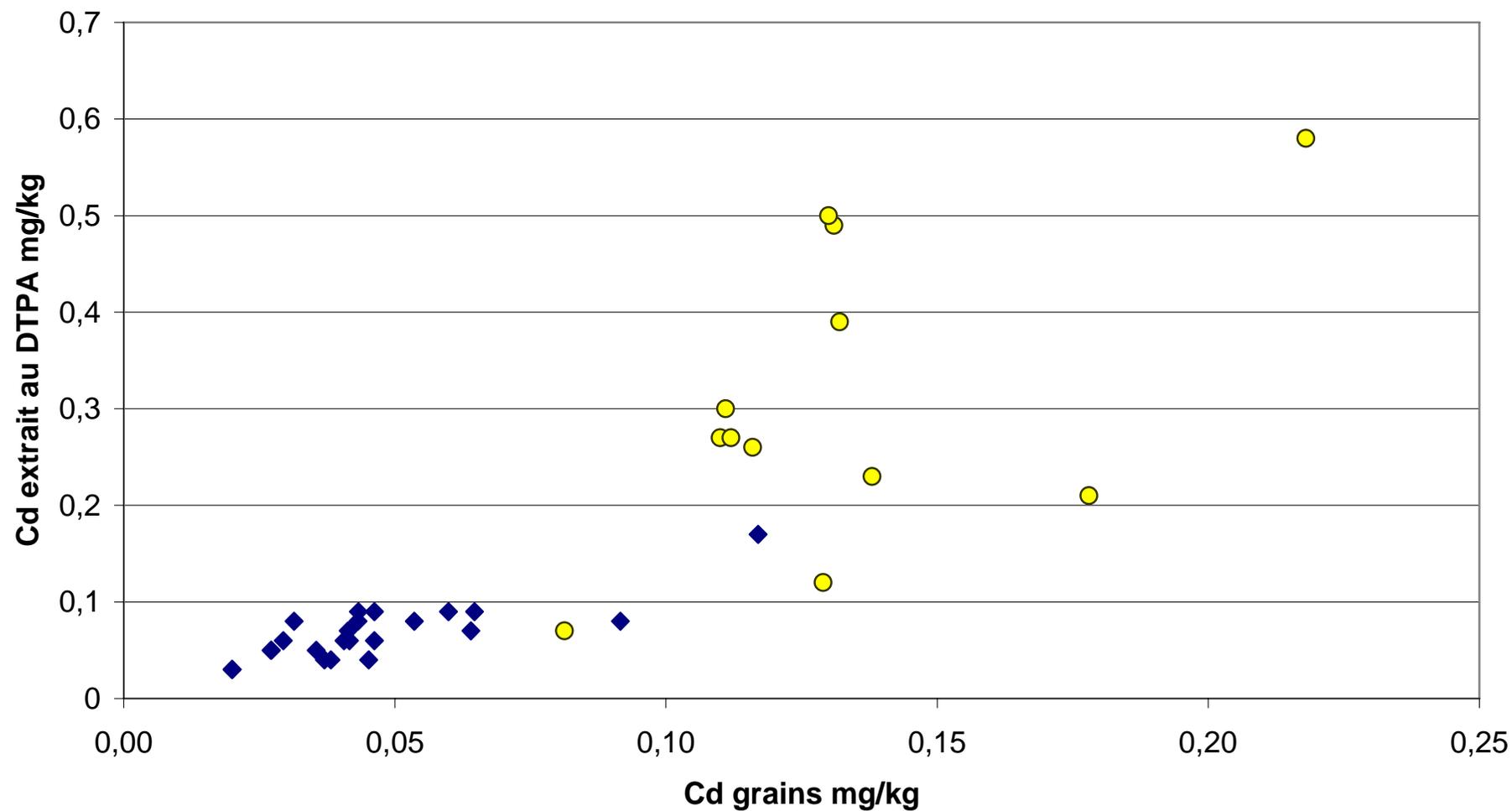
2. Cas particulier du **LIMOUSIN** (décennie 1990) :  
épandages de BOUES urbaines **CHARGÉES**  
**en Cd industriel** dans un contexte de **sols ACIDES**.

Quantités Cd faibles (QF)	< 100 g / ha
Quantités Cd moyennes (QM)	250 à 300 g / ha
Quantités Cd élevées (QE)	500 à 600 g / ha

### LIMOUSIN - 1999



### Limousin



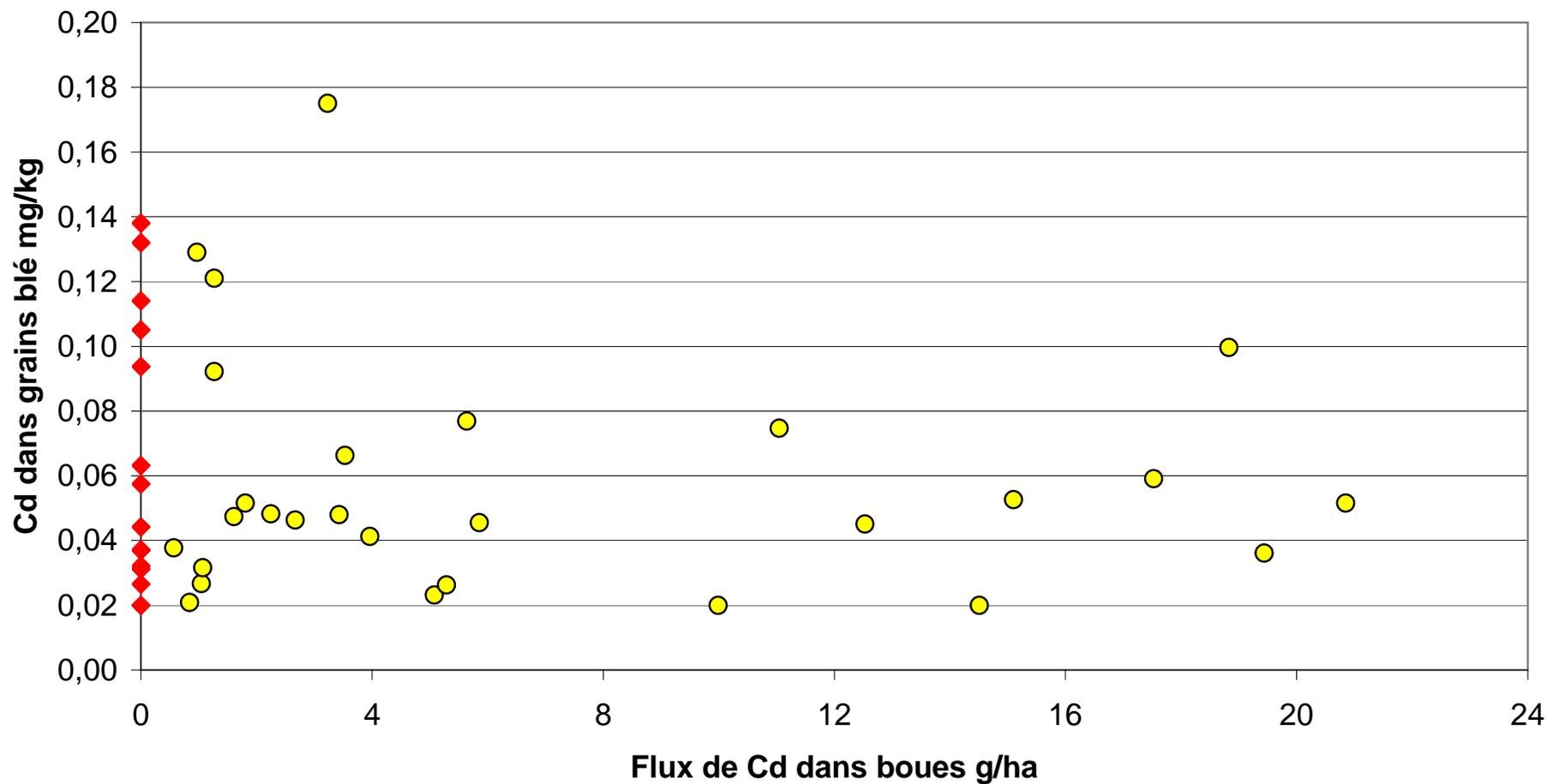
## 3 GRANDES CATÉGORIES d'ESSAIS ou d' OBSERVATOIRES (3)

3. **Décennies 1990-2000 : épandages de **BOUES** d'aujourd'hui à des DOSES RAISONNABLES dans le RESPECT de la réglementation de 1997-98.**

*Expérimentations : Grignon et Feucherolles (78), Colmar et Ensisheim (68), Poucharramet (31), Bouy (51), Barneau (77), Vandœuvre sur Barse (10), etc.*

*Observatoires : QUASAR, et Chambres d'Agriculture (Bourgogne-Franche-Comté, Somme, Aisne, Charente maritime)...*

### Bourgogne - Franche-Comté 43 parcelles



## COMPARAISON des QUANTITÉS de Cd APPORTÉES

### quantités cumulées en grammes par hectare

Années	Étude	Station	Nb épand.	Q. Cd min	Q. Cd max
70	INRA Bordeaux	L. Fargue	3		641.000
70-80	INRA Bordeaux	Ambarès	8		27.000
70	Bézu le Guéry	Achères	2		18.900
70-80	Vexin	Achères	1 à 4	220	4.320
90	Limousin - QF	Haute	sur 10 ans	< 100	< 100
90	Limousin - QM		sur 10 ans	250	300
90	Limousin - QE	Vienne	sur 10 ans	500	600
90	Quasar	divers	1 à 3	1,2	15
90	Bourgogne F-Comté	divers	1 à 4	0,6	21
90	Ensisheim	Haut Rhin	5	25	36
2000	Observ. Somme	Somme	4 / 10 ans	7	27
2000	Colmar	Colmar	3	11	23
2000	Poucharramet	Toulouse	3	2	18

**Flux maximum réglementaire : 150 g/ha sur 10 ans**

## CONCLUSIONS (1)

- "Épandage de boues d'épuration urbaines" : formule trop vague !  
qui ne rend pas du tout compte des différences colossales de quantités de métaux apportées selon les cas en fonction des tonnages appliqués cumulés et de la composition des boues.
- **Quand quantités énormes** : → **impacts bien visibles** sur les sols (teneurs totales, Q extraites par extractions partielles) ou sur organes des plantes cultivées ;
- **Quand quantités faibles** (compatibles avec réglementation française) :  
→ **aucun impact décelable ni sur sols ni sur récoltes.**

Voilà qui est rassurant !      Au moins à court terme !

- **Difficulté** : prévoir le long terme (100 – 200 ans) par des essais de courte durée (5 à 15 ans maxi.).

## CONCLUSIONS (2)

- Que faire désormais pour la **surveillance**... ?
  - \* évaluer la mobilité et la phyto-disponibilité des ETM dans les sols par des "extractions partielles" ou
  - \* procéder aux **analyses directes des plantes** (coûteuses et délicates)
- Importance du **pH du sol** → **potentiels de mobilité et de phyto-dispo**.

Plus le pH est bas, plus les risques augmentent (avec un seuil probable vers pH 6,5).

Les boues chaulées présentent l'avantage de remonter le pH des sols récepteurs, et de diminuer d'autant les risques.
- Restons **vigilants en milieu acide** !

Il nous faut garder la **maîtrise du pH des sols** – spécialement dans le cadre de la **déprise agricole** en contexte de **sols naturellement acides**