

CHAPITRE 5

CONTAMINATIONS des SOLS en ETM ***CONSÉQUENCES et DANGERS***



RISQUES SANITAIRES et ENVIRONNEMENTAUX

3 éléments

DANGER

propriétés intrinsèques
d'une substance ou d'un
agent pathogène présents
- effets potentiels nocifs)

EXPOSITION

intensité,
fréquence,
durée, dose,

CIBLE(S)

une ou plusieurs
populations d'orga-
nismes vivants

Exemple : Pb n'a pas d'impact sur les populations β
alors que Cu est un puissant antibiotique (vignobles)

- **Le RISQUE naît de l'EXPOSITION d'une CIBLE à un DANGER !**
- Si pas d'EXPOSITION, pas de RISQUE !
- Dans le domaine environnemental, les CIBLES sont innombrables et variées (populations bactériennes, arthropodes, vers, champignons, végétaux supérieurs cultivés ou non, escargots, herbivores, et, au bout de la chaîne trophique, **I'HOMME !**)
- Il est très difficile d'évaluer les impacts potentiels sur toutes les populations...
- Si on ne définit pas clairement la CIBLE, on ne peut pas estimer le RISQUE !

Les 3 DANGERS qu'il faut ÉVALUER et RÉDUIRE autant que possible (par précaution) :

- la **MOBILITÉ** vers les nappes phréatiques (ETM solubles ou liés à des particules) ;
- le risque lié au **RUISSELLEMENT** (ETM associés à des particules solides, pouvant entraîner la contamination des ruisseaux) ;
Cf. problématique de l'érosion...
- le **PASSAGE** des ETM dans notre **CHAÎNE ALIMENTAIRE** via les **PLANTES** (**ABSORPTION - phyto-disponibilité**) ou via les **ANIMAUX**.

D'où l'intérêt de déterminer la "**CAPACITÉ des SOLS à RETENIR les MÉTAUX**" afin de **SÉLECTIONNER CEUX** les plus aptes à recevoir des **ÉPANDAGES** de tel ou tel **DÉCHET** ou **EFFLUENT**.

Une CONTAMINATION a été DÉCELÉE : ÉVALUER ses CONSÉQUENCES

Il est impossible de fixer **UNE** valeur-seuil de teneur totale d'un élément chimique qui puisse avoir une **SIGNIFICATION EN TERMES DE RISQUE**, utilisable :

- pour tous les **types de sols** (tellement divers),
- pour toutes les **plantes** cultivées (tellement diverses),
- pour tous les **usages des sols** (tellement différents).

D'où la difficulté de fixer des **normes nationales** ou **européennes** pour les sols, exprimées en "teneurs totales" !

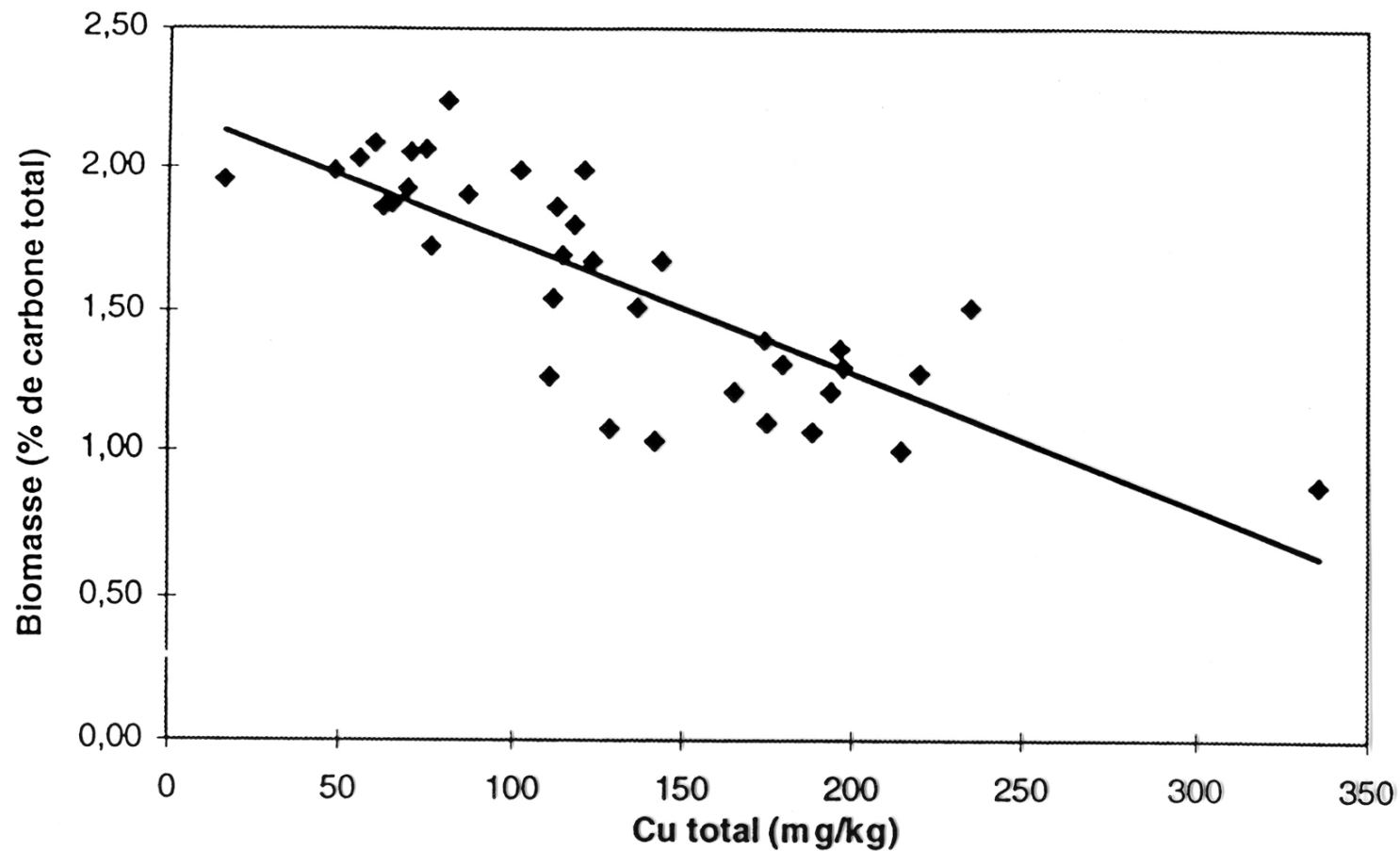
La teneur totale dans le sol ne donne pas une juste idée des dangers, elle n'est pas un bon estimateur de la phyto-disponibilité des ETM présents dans ce sol...

...des **études complémentaires** sont donc indispensables.

ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

- **ORIGINE** du métal : naturelle ou contamination ?
- Études des **FORMES CHIMIQUES** (SPÉCIATION), de la **MOBILITÉ** et de la **BIO-DISPONIBILITÉ**
 - fractionnements granulométriques et densimétriques
 - extractions chimiques partielles ou "sélectives"
 - extractions chimiques séquentielles
 - micro-localisation des métaux par rapport aux minéraux
- Dosage des métaux effectivement **ABSORBÉS** dans tel ou tel **ORGANE** de telle ou telle **PLANTE** ;
- **TESTS BIOLOGIQUES** précoces sur les plantes (physiologiques, enzymatiques) ou sur des micro-organismes "étalonnés" ;
- **EFFETS** sur le fonctionnement des **POPULATIONS** de **MICRO-ORGANISMES** (bactéries, champignons mycorhiziens, etc.).

Corrélation entre cuivre total et carbone microbien



36 horizons de surface de sols sous vignes (BOURGOGNE)

M. QUANTIN, 1997 $r = 0,80$

L'ABSORPTION des ETM par les PLANTES

La **quantité d'ETM absorbée** par une PLANTE est très variable. Elle dépend :

- de la famille et de l' **ESPÈCE** (maïs ≠ blé ≠ épinard, etc.)
- de la **VARIÉTÉ** (blé "Soissons" ≠ du blé "Trémie")
- de l'**ORGANE** considéré (grain, tiges, feuilles, racines...)
- des **PROPRIÉTÉS NATURELLES** du **SOL** où cette plante est cultivée (granulométrie, présence de calcaire, abondance des oxydes de Fe, Mn, etc.)
- des **PROPRIÉTÉS ACQUISES** par le SOL suite aux pratiques agricoles successives (amendements, fertilisations) : **le pH** ou l'abondance de l'ion Cl

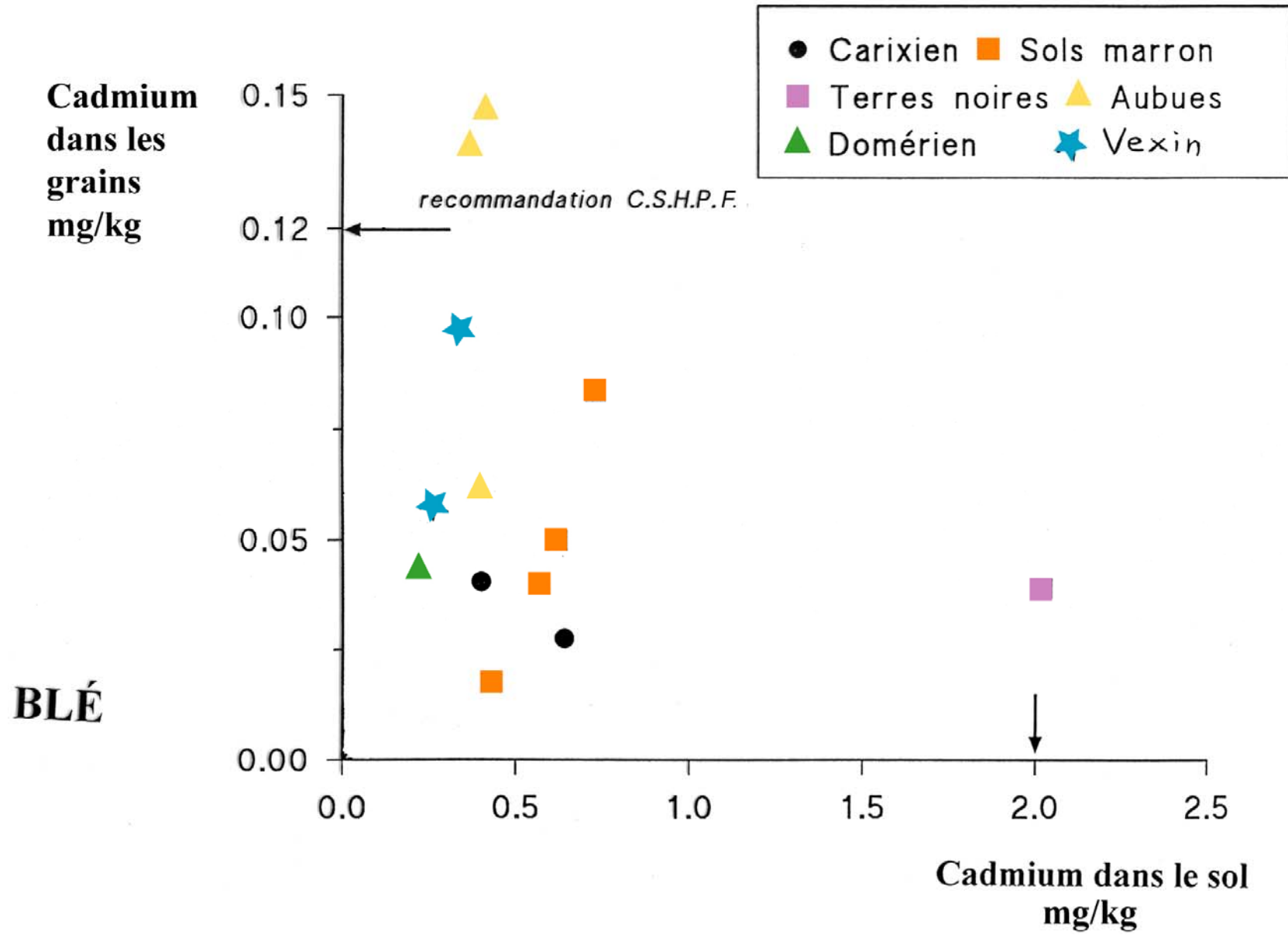
Des tests chimiques *in vitro* sont couramment employés pour estimer les risques de phyto-disponibilité (**extractions sélectives**). Mais ces tests sont peu fiables : car réalisés en **conditions artificielles**, non adaptés aux différentes plantes, ni aux différents sols, ni aux différents éléments chimiques...

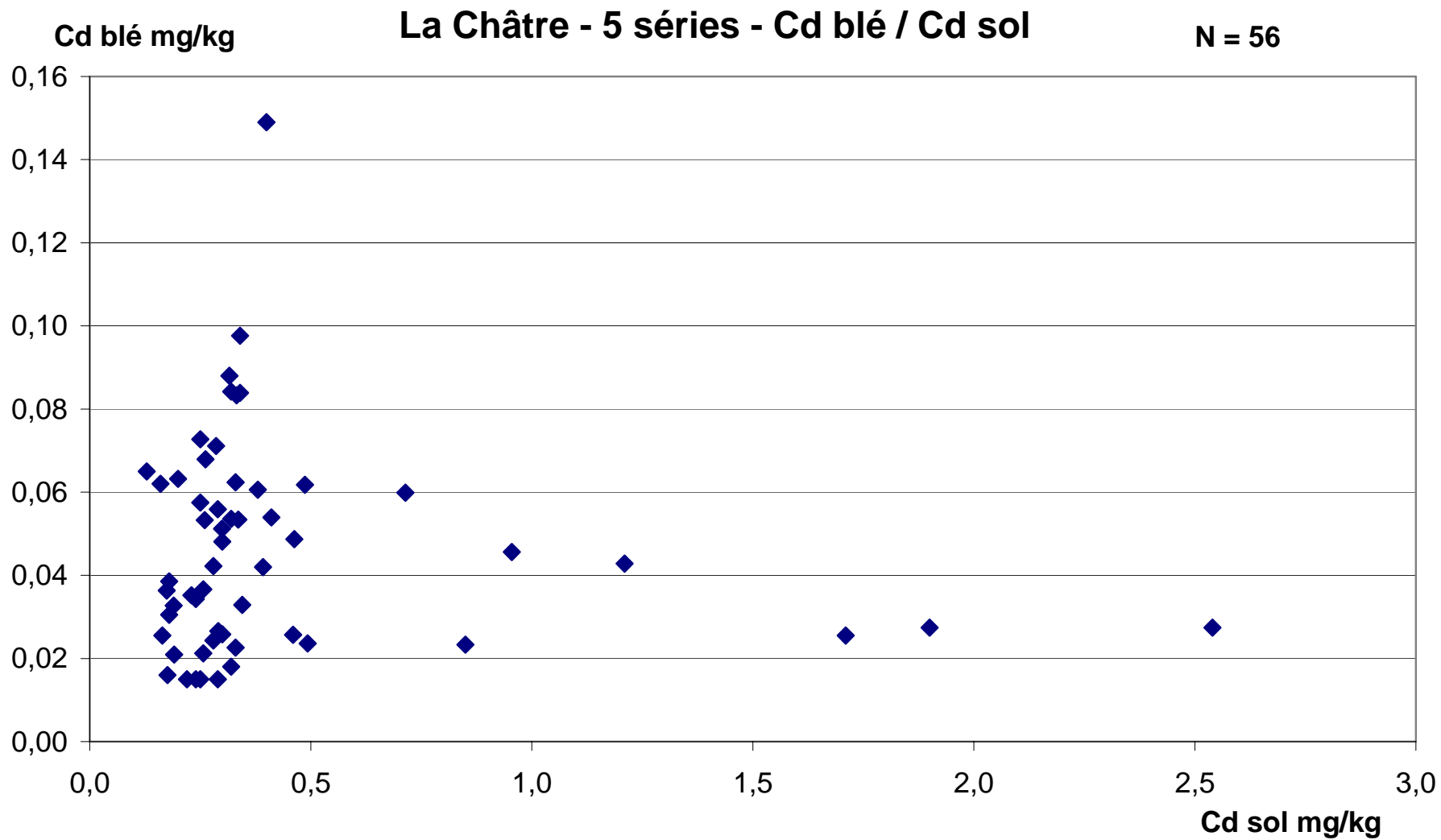
Mieux vaut analyser **l'ORGANE RÉCOLTÉ** (**grain** du blé ou du maïs, **feuille** d'épinard, **tubercule** de pomme de terre).

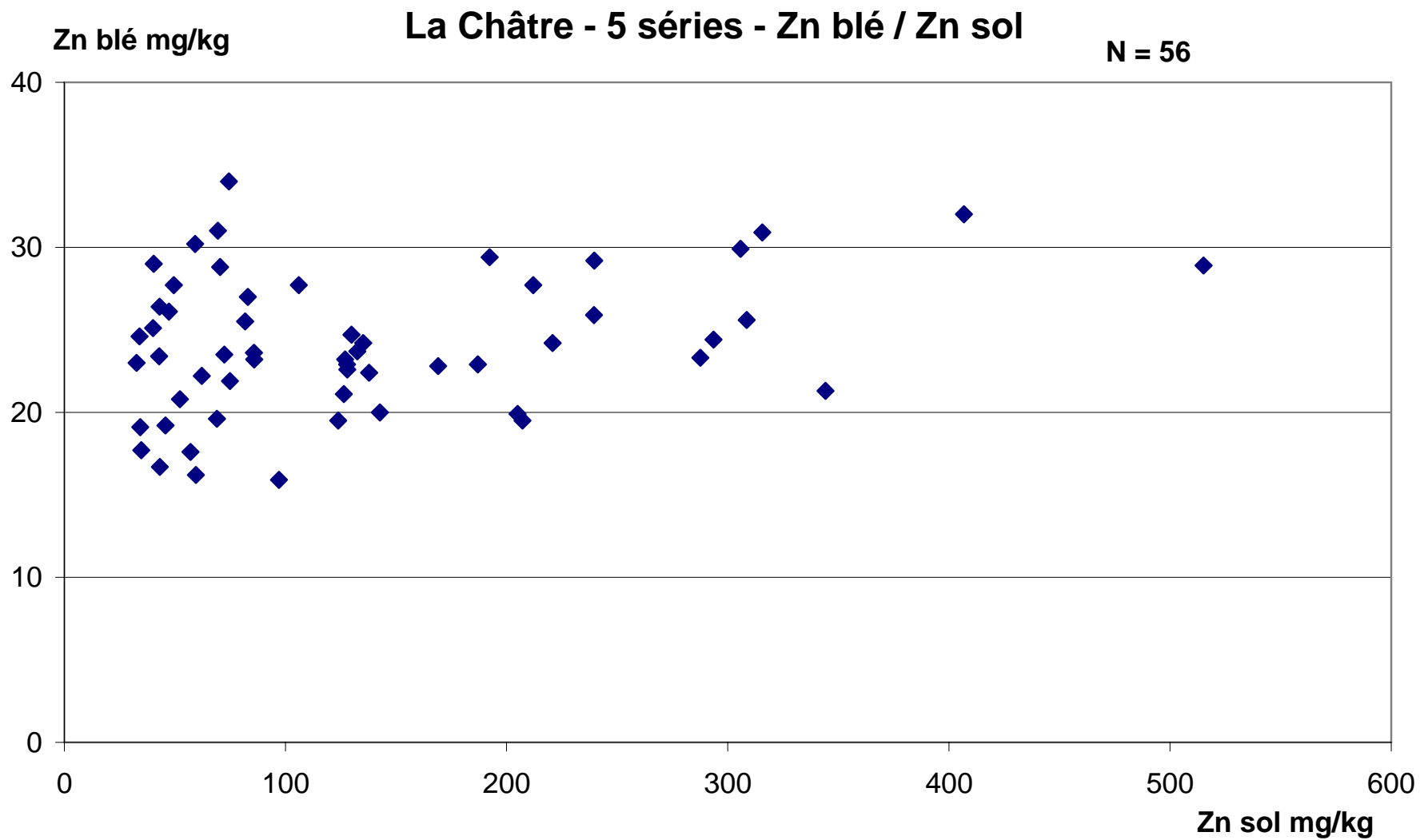
QUATRE IDÉES à RETENIR :

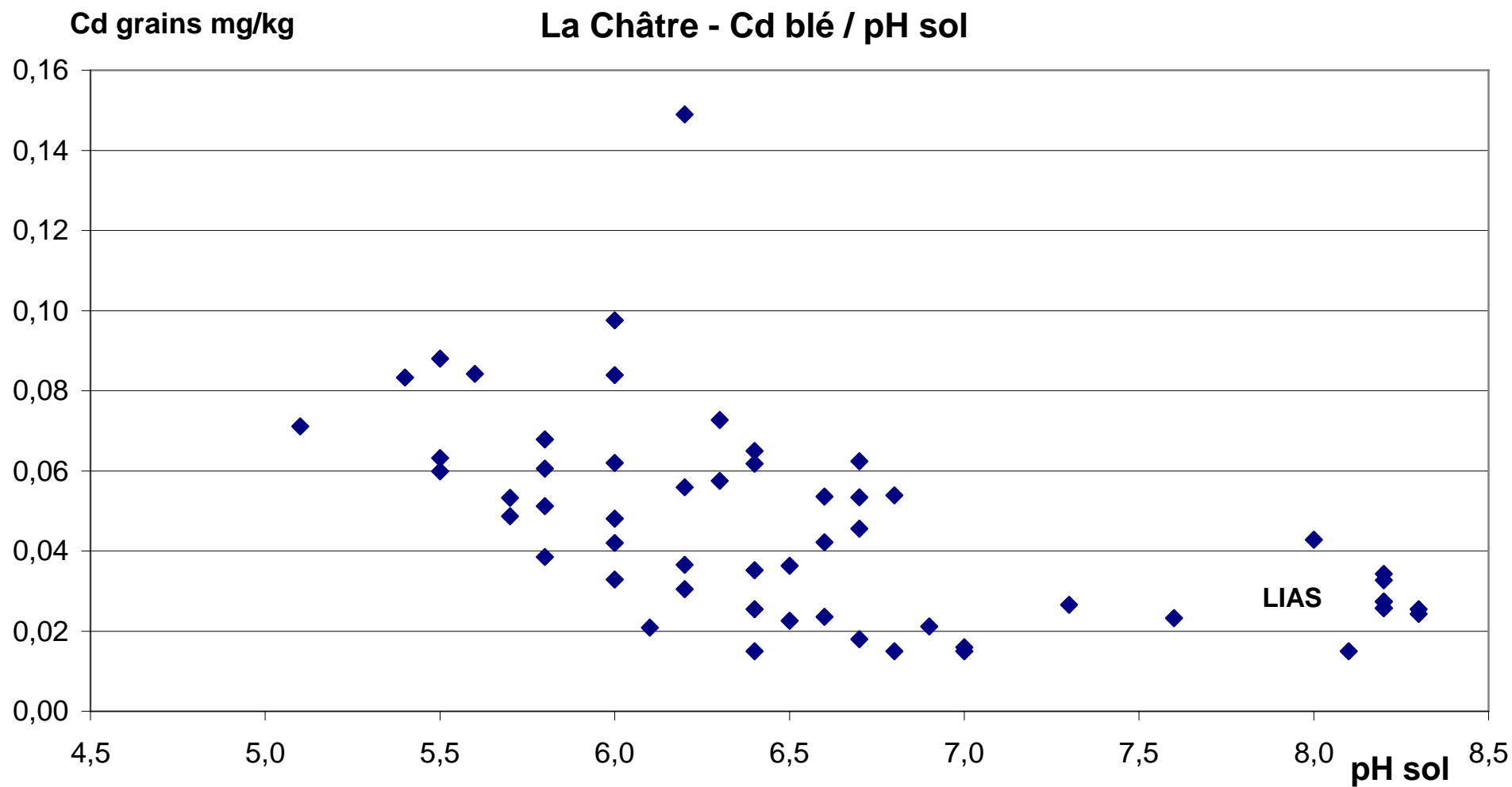
- Il n'y a généralement **aucune relation** entre la **TENEUR TOTALE** d'un ETM dans le SOL et sa **TENEUR dans un ORGANE** d'une PLANTE (sauf cas de pollutions massives) ;
- Outre la "spéciation", le **principal facteur** de mobilité et de phytodisponibilité est le **pH du sol** (avec un seuil vers pH 6,5) ;
- D'autres facteurs jouent également fortement : par ex. l'abondance et la nature des **oxydes/hydroxydes** de **fer** et de **manganèse** (phases solides à fort potentiel de rétention des métaux)...
- **Extractions partielles** : obstacles théoriques insurmontables ? Pourtant elles sont bien pratiques !

Illustrations !









GRAINS de BLÉ

VALEURS RECOMMANDÉES ou RÉGLEMENTAIRES

	Valeur recommandée C.S.H.P.F. 1996 mg / kg de Mat. brute	Valeur maximale Règlement EC 466 / 2001 mg / kg de Mat. fraîche
Cadmium	0,10	0,20
Plomb	0,50	0,20
Mercure	0,03	

Il existe d'autres valeurs seuils pour légumes feuilles, légumes racines, autres légumes, champignons...

ATTENTION ! matière brute vs matière sèche (labos) !

Grain de blé mûr = environ 16 % d'humidité Laitue = 95 % d'humidité !

Les EXTRACTIONS PARTIELLES (1)

PRINCIPE (rappel) :

on fait agir in vitro, selon un protocole précis, un **réactif** (bien choisi) sur un **échantillon de sol** ; ce réactif est censé extraire seulement certaines formes chimiques qui nous intéressent

Deux catégories de réactifs : - **des sels neutres** (CaCl_2 ; NaNO_3 ; NH_4NO_3) ; - des **complexants** comme l'EDTA, le DTPA...

CE QUI NOUS INTÉRESSE :

- l'élément facilement "assimilable" (par ex. le Phosphore) = il faut qu'il soit absorbé par les racines pour contribuer à l'élaboration de la biomasse.

Objectif : optimiser la fertilisation d'une parcelle.

- les formes "biodisponibles" ou "phytodisponibles" des **oligo-éléments** et **ETM indésirables** – et autres formes : liées aux matières organiques, aux oxydes de fer, etc.

Objectif : évaluer les dangers de transfert vers notre chaîne alimentaire, ou bien les risques de carences, ou de toxicités.

Les EXTRACTIONS PARTIELLES (2)

LE PROBLÈME :

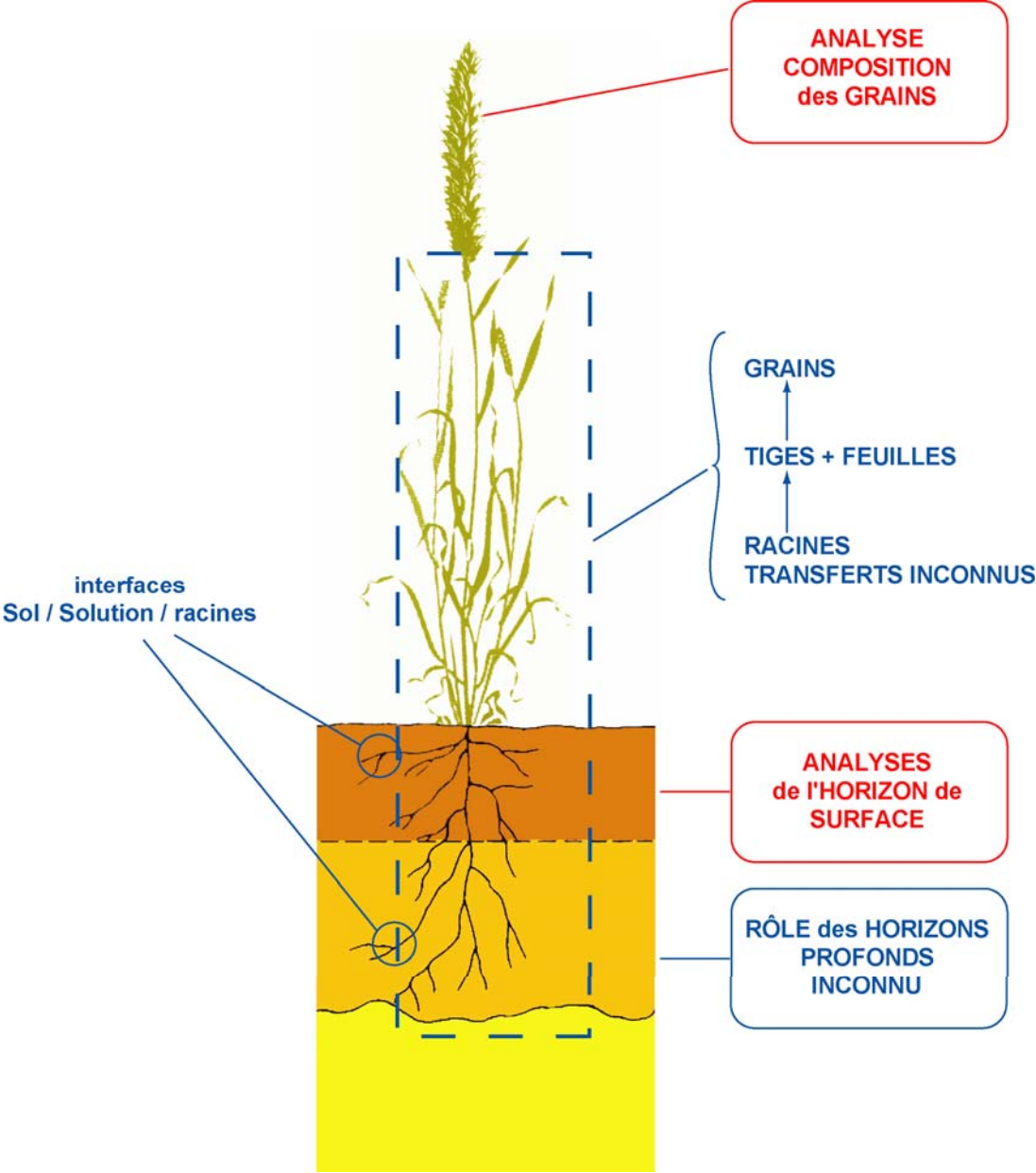
- comment **simuler**, par une réaction chimique **instantanée in vitro**, en faisant réagir un réactif chimique sur un **échantillon de sol tamisé et séché**, l'**absorption**, c'est-à-dire une **réaction biochimique** qui intervient à l'**interface** entre la solution du sol et les **racines d'une population de plantes** (cultivées ou non) au cours d'une période de **plusieurs mois** (développement de la culture) ?

AUTRES OBSTACLES THÉORIQUES, sont négligés :

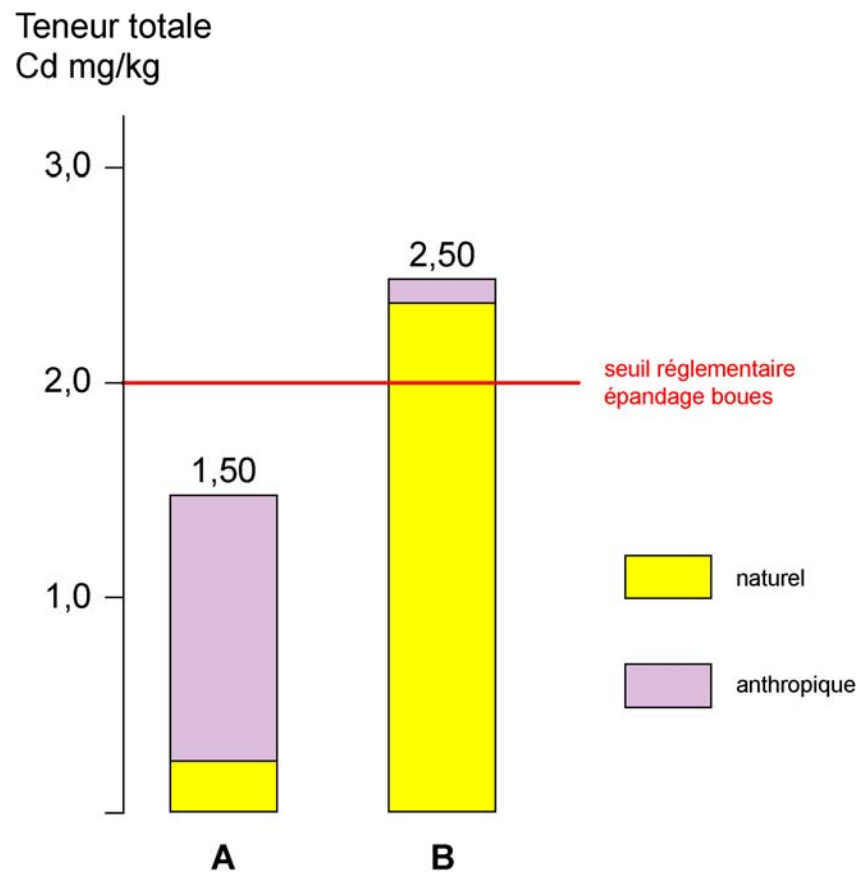
- l'absorption dans d'autres horizons plus profonds ;
- les redistributions depuis les racines vers d'**autres organes** ;
- les **antagonismes** et **synergies** entre éléments agissant au niveau des cellules (par ex. Cd vs Zn).

EN CONSÉQUENCE :

Il existe dans la littérature de nombreuses méthodes dont les protocoles (et donc les résultats) ne sont pas identiques. **Aucune n'est universellement valable** : pour tous les sols, tous les éléments, toutes les plantes...



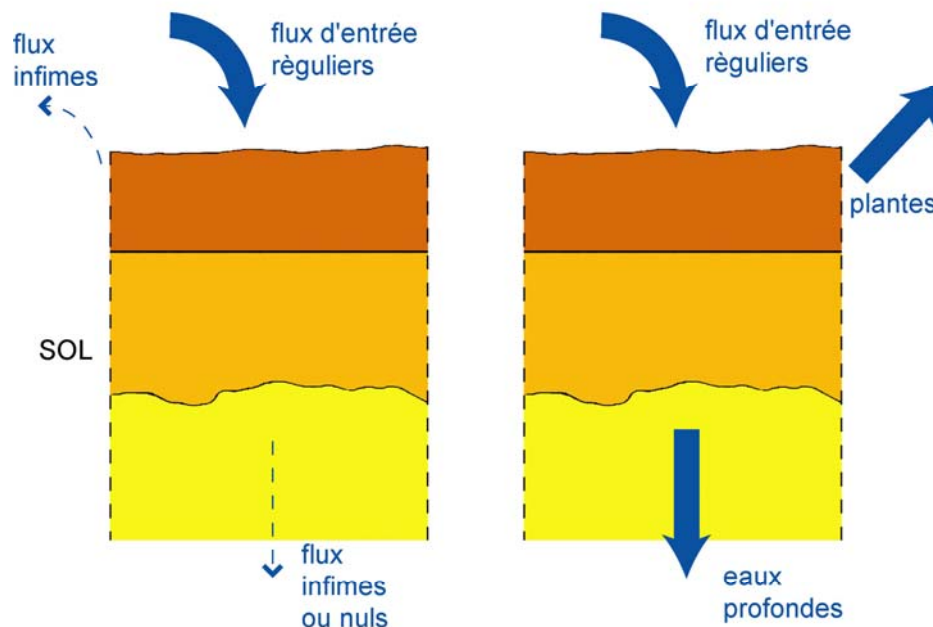
DANS QUEL CAS Y A IL LE PLUS de DANGER ?



A sols limoneux du Vexin

B "terres noires" de l'Avallonnais

APPORT d'ETM sur les SOLS : QUE VAUT-IL MIEUX ?



Les "sorties" sont négligeables par rapport aux "entrées"

ACCUMULATION progressive

Les ETM "disparaissent" !
Mais l'accumulation peut-elle se prolonger indéfiniment ("bombe à retardement") ?

Les "sorties" sont égales aux "entrées"

STABILITÉ des STOCKS

Pas d'accumulation des ETM !
Les flux de "sorties" vers les plantes et vers les eaux sont jugés "tolérables" ou sont méconnus !