Journée technique d'information et de retour d'expérience de la gestion des sites et sols pollués
Mardi 15 novembre 2016

Organisée par l'INERIS et le BRGM, en concertation avec le Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer

Le transfert des métaux des sols vers les plantes potagères : retour d'expérience

Karen Perronnet – INERIS
karen.perronnet@ineris.fr

Constat

Qualité des végétaux potagers auto-produits à proximité des sites pollués?

Présence de jardins potagers, jardins familiaux à proximité ou sur d'anciens sites industriels, y compris sites miniers

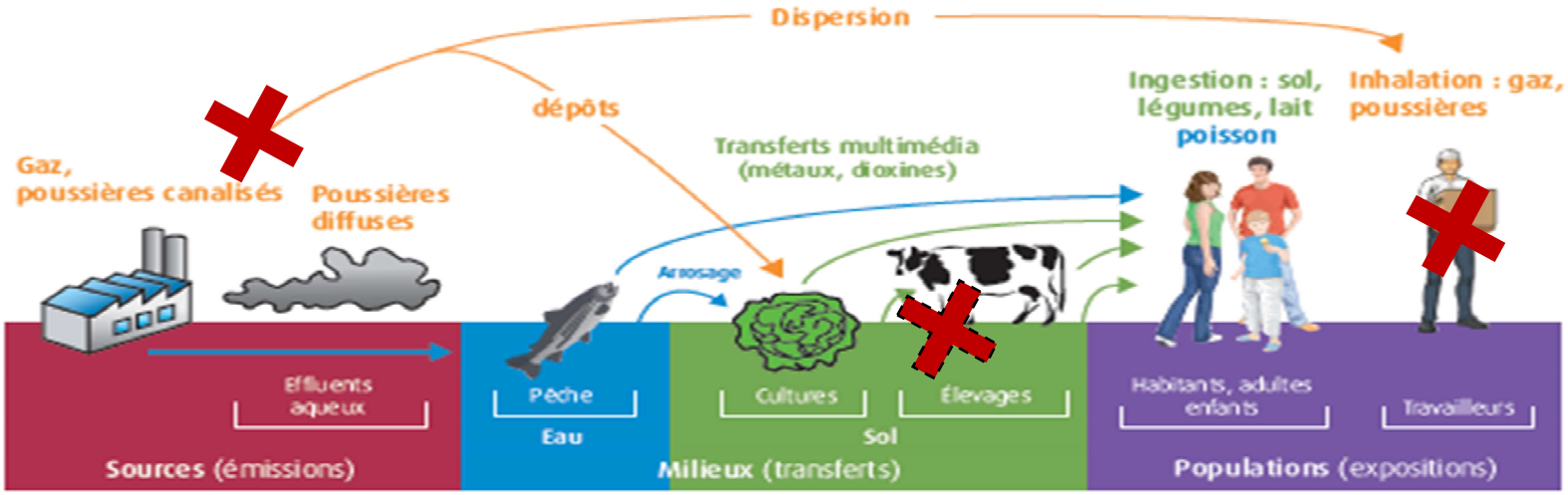
Mise en évidence d'une contamination des végétaux potagers auto-produits notamment par les métaux

Volonté de réaliser un REX sur les données acquises par l'INERIS sur le transfert des métaux des sols vers les végétaux potagers

Objectifs

REX sur les données acquises dans le cadre d'études Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM), sur la période 2010-2015

- **340** binômes « sol potager – plante potagère »
- 47 plantes potagères différentes prélevées (auto-consommées)
- 14 métaux/métalloïdes analysés (laboratoires extérieurs, INERIS)
- contamination historique des sols



Objectifs

REX sur les données acquises dans le cadre d'études Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM), sur la période 2010-2015

Cadre du REX:

- Collecte et interprétation des concentrations obtenues dans les sols et les végétaux consommés, à partir d'études distinctes

- Sols de jardins potagers présentant des caractéristiques physico-chimiques et agronomiques variées et des niveaux de pollution divers

⇨

- ✓ Apport de connaissances sur le comportement des végétaux par rapport à certains métaux (présence ou absence de métaux dans les végétaux)
- ✓ Premières tendances générales en matière de transfert et identification de besoins en travaux complémentaires

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

Points développés dans la présentation

1. Cadre règlementaire
2. Niveaux de concentrations des polluants dans les sols et les végétaux
3. Niveaux des facteurs de bioconcentration (BCF)
4. Focus sur les poireaux et les blettes

Légume feuille

Légume tige

Légume fruit

Légume racine

Tubercule

Fruit

Cadre règlementaire

- Règlements européens : teneurs maximales dans certaines denrées alimentaires (n°1881/2006 modifié) pour Cd et Pb en vue de leur commercialisation. Applicable dans le cadre des études IEM.

INERIS-DRC-15-151883-12362B « Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques… dans les denrées alimentaires… »

Règlement européen n°2015/1005 du 25 juin 2015	Teneur Pb (mg/kg MF)
Céréales et légumineuses	0,20
Légumes à l'exclusion des choux feuilles, des salsifis, des légumes feuilles et fines herbes, des champignons, des algues marines et des légumes fruits ([27]) ([53])	0,10
Choux feuilles, salsifis, légumes feuilles à l'exclusion des fines herbes et des champignons suivants: *Agaricus bisporus* (champignon commun), *Pleurotus ostreatus* (pleurote) et *Lentinula edodes* (lentin du chêne) ([27])	0,30
Légumes fruits	
maïs doux ([27])	0,10
Autres que maïs doux ([27])	0,05
Fruits, à l'exclusion des airelles, des groseilles, des baies de sureau et des arbouses ([27])	0,10
Airelles, groseilles, baies de sureau et arbouses ([27])	0,20
Miel	0,10

Règlement européen n°488/2014 du 12 mai 2014	Teneur Cd (mg/kg MF)
Légumes et fruits, à l'exclusion des légumes-racines et des légumes-tubercules, des légumes-feuilles, des fines herbes, des choux feuilles, des légumes-tiges, des champignons et des algues marines ([27])	0,050
Légumes-racines et légumes-tubercules (à l'exclusion du céleri-rave, des panais, des salsifis et du raifort), légumes-tiges (à l'exclusion du céleri) ([27]). Dans le cas des pommes de terre, la teneur maximale s'applique aux produits pelés.	0,10
Légumes-feuilles, fines herbes, choux feuilles, céleri, céleri-rave, panais, salsifis, raifort et champignons suivants ([27]): *Agaricus bisporus* (champignon de Paris), *Pleurotus ostreatus* (pleurote en forme d'huître), *Lentinula edodes* (shiitake)	0,20
Champignons, à l'exclusion de ceux énumérés au point 3.2.3 ([27])	1,0

Cadre réglementaire

- **Absence** de cadre réglementaire pour les **végétaux auto-produits**

  - Application de la grille IEM pour l'évaluation des risques sanitaires – ingestion de végétaux auto-produits

  - Mise en perspective avec l'Etude de l'Alimentation Totale (EAT, ANSES)

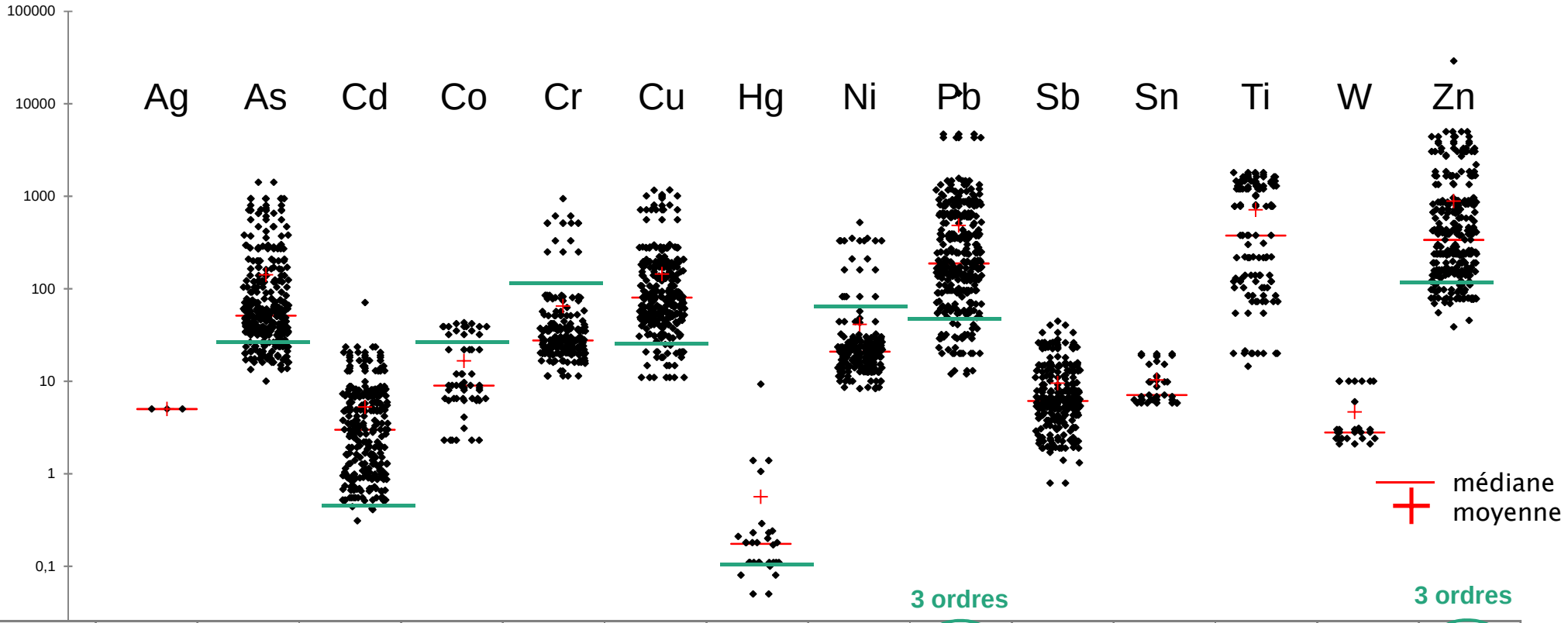
→ Dans la suite du REX, utilisation des valeurs réglementaires pour interpréter et comparer de manière homogène les concentrations dans les végétaux

Description des niveaux de concentration – sols potagers

Concentrations dans les sols (0-30 cm): gamme large

- ✓Echelle logarithmique : 2 à 3 ordres de grandeur
- ✓Valeurs en métaux (sols ordinaires/ ASPITET) – trait vert

Scattergrams concentration métaux sol (mg/kg MS)



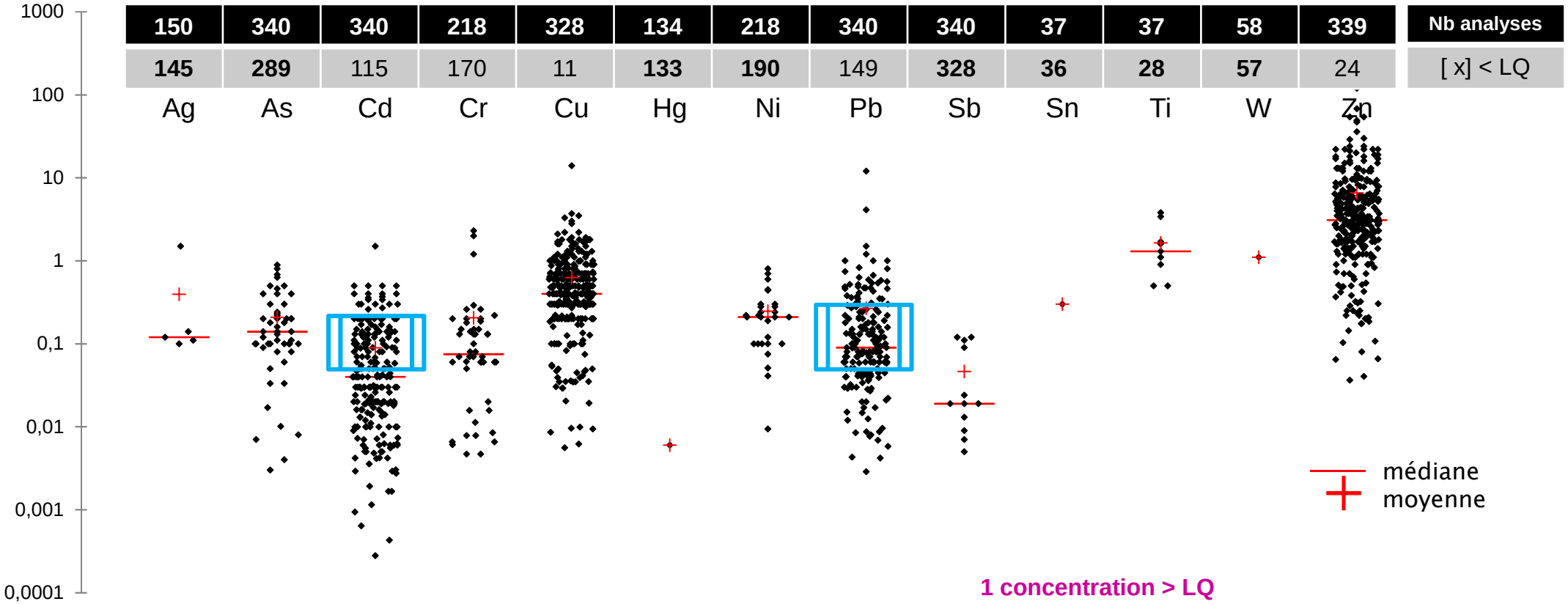
	Ag	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	W	Zn
Conc. Min.	5	10	0,3	2,3	11,4	11	0,1	8,3	12	0,8	5,8	14,5	2,1	38,6
Conc. Max.	5	1420	71	43	940	1170	9	520	13000	45	20	1800	10	29000

Description des niveaux de concentration - végétaux potagers

Concentrations dans les végétaux

- ✓Echelle logarithmique : 2 ordres de grandeur, voire 3
- ✓**Cobalt (Co)** non quantifié dans végétaux
- ✓Valeurs réglementaires EU, à titre indicatif:
  - 0,05 à 0,3 mg/kg MF Pb
  - 0,05 à 0,2 mg/kg MF Cd

Scattergrams concentration végétaux (mg/kg MF)



	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	W	Zn	Nb analyses
	150	**340**	**340**	**218**	**328**	**134**	**218**	**340**	**340**	**37**	**37**	**58**	**339**	
	145	**289**	115	170	11	**133**	**190**	149	**328**	**36**	**28**	**57**	24	[x] < LQ

1 concentration > LQ

	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	W	Zn
Conc. Min.	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,01	<LQ	<LQ	<LQ	0,3	0,5	1,1	<LQ
Conc. Max.	1,5	0,9	1,5	2,3	14	0,01	0,8	12	0,1	0,3	3,8	1,1	150

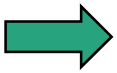
INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

Description des niveaux de concentration - végétaux potagers

Données abondantes pour les métaux couramment analysés (quantification > 50% des échantillons analysés): Cd, Cu, Pb, Zn

Absence de quantification dans les végétaux pour les métaux suivants:

- $[Co]_{vx}$: < LQ pour **100**% des analyses (n=56 ; LQ = 0,1-0,2 mg/kg MF)
- $[As]_{vx}$: < LQ pour 85% des analyses (**n=340** ; LQ = 0,002-0,1 mg/kg)
- $[Cr_{tot}]_{vx}$: < LQ pour 78% des analyses (**n=218** ; LQ = 0,05-0,2 mg/kg)
- $[Hg]_{vx}$: < LQ pour **99**% des analyses (n=134 ; LQ = 0,002-0,005 mg/kg)
- $[Ni]_{vx}$: < LQ pour 87% des analyses (**n=218** ; LQ = 0,01-0,5 mg/kg)
- $[Sb]_{vx}$: < LQ pour 96% des analyses (**n=340** ; LQ = 0,02-0,5 mg/kg)
- $[Sn]_{vx}$: < LQ pour 97% des analyses (n=37 ; LQ = 0,2 mg/kg)
- $[Ti]_{vx}$: < LQ pour 76% des analyses (n=37 ; LQ = 0,5 mg/kg)
- $[W]_{vx}$: < LQ pour **98**% des analyses (n=58 ; LQ = 0,1-0,5 mg/kg)



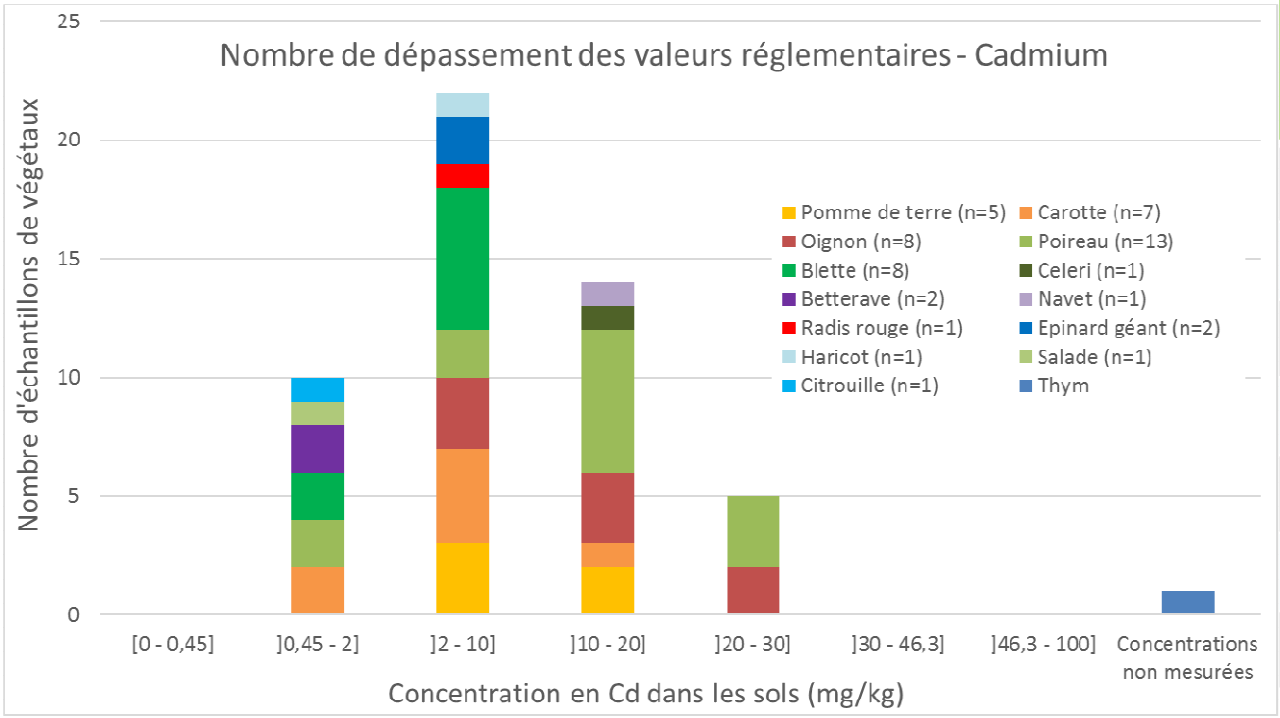
✓ **« Quantification absente ou faible »** dans les végétaux potagers prélevés : Co, Hg, Sb, Sn, W (→ faible transfert ?)

✓ **Hypothèse à confirmer pour d'autres contextes**

Description des niveaux de concentration - végétaux potagers

Dépassement des valeurs réglementaires européennes de mise en commercialisation : Cadmium disposant de 340 binômes sol-végétal

Cd sol mg/kg	[0-0,45]	]0,45-2]	]2-10]	]10-20]	]20-30]	]30-46,3]	]46,3-100]	sans [ ] sol	**Total**
Nb éch.	-	10	22	14	5	-	-	1	**54**



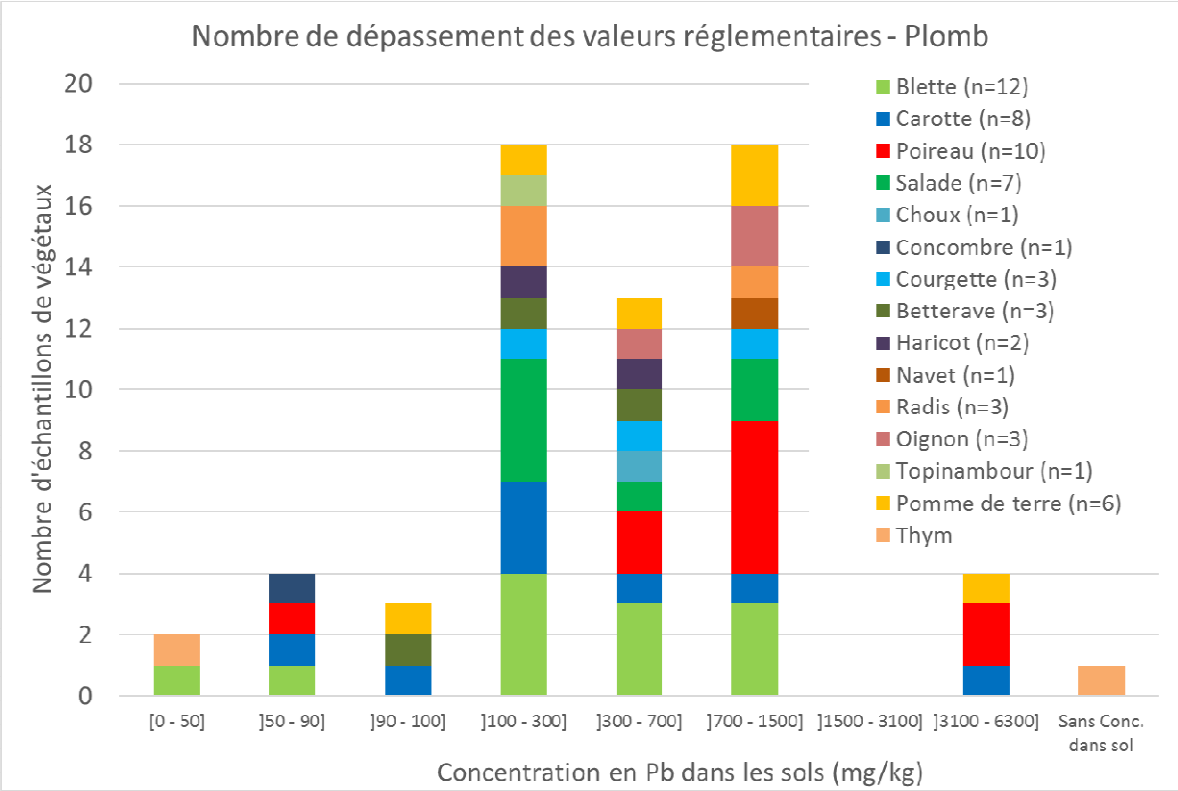
Végétaux affichant des dépassements	Facteur de dépassement max
Pomme de terre n=5	3,4
Carotte n=7	2,6
Oignon n=8	2
Poireau n=13	5
Blette n=8	3
…	
Haricot n=1	*30**

** Facteur de dépassement maximal*

Description des niveaux de concentration - végétaux potagers

Dépassement des valeurs réglementaires européennes de mise en commercialisation : Plomb disposant de 340 binômes sol-végétal

Pb sol mg/kg	[0-50]	]50 - 90]	]90 - 300]	]300 - 700]	]700 - 1500]	]1500 - 3100]	]3100 - 6300]	sans [ ] sol	**Total**
Nb éch.	2	4	21	13	18	-	4	1	**63**



Végétaux affichant des dépassements	Facteur de dépassement max
Pomme de terre n=6	3,5
Carotte n=8	6,3
Salade n=7	3,3
Poireau n=10	12
Blette n=12	5
…	
Radis n=3	*41**

** Facteur de dépassement maximal*

Description des niveaux de concentration - végétaux potagers

- Dépassement des valeurs réglementaires européennes de mise en commercialisation

  - ✓ pour 16-18% des végétaux potagers concernés (Cd ou Pb)
  - ✓ Cd : facteur de dépassement maximal de 30 (haricot : 1,5 mg/kg Cd MF)
  - ✓ Pb : facteur de dépassement maximal de 41 (radis : 4,1 mg/kg Pb MF)

- Au-delà du dépassement des valeurs réglementaires, les concentrations mesurées dans les organes des végétaux sont intégrées dans l'évaluation des risques sanitaires (sur la base des scénarii d'exposition)

Valeurs des BCF

Définition du coefficient de bioconcentration - BCF

Végétaux potagers : concentration en métaux dans les organes consommés

Sol potager impacté par des métaux (+eau)

BCF facteur de bioconcentration

- **capacité d'un polluant à être transféré et à s'accumuler**

Rapport entre

- $\frac{\textbf{concentration dans la plante (organe)}}{\textbf{concentration dans le sol}}$

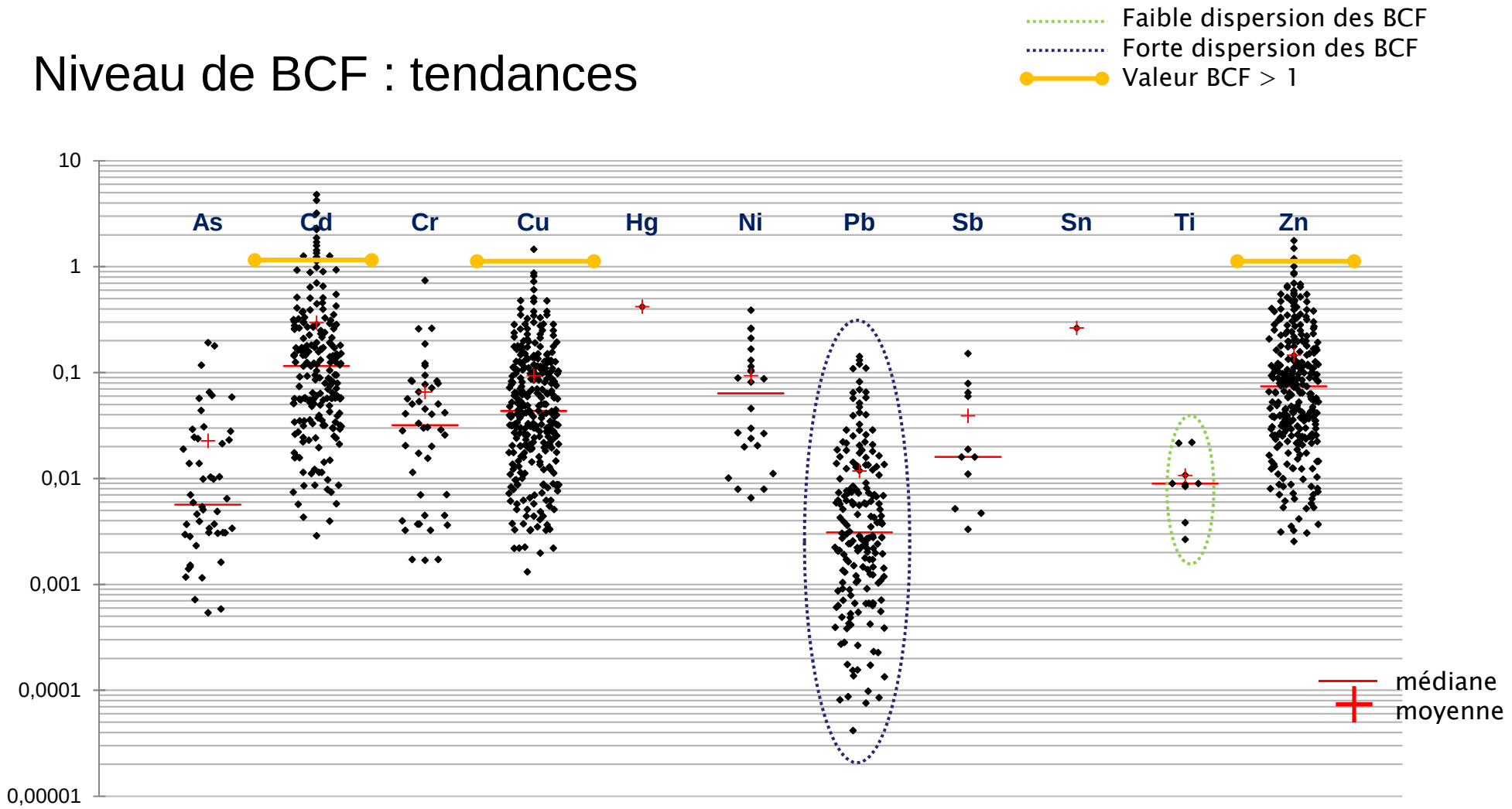
Paramètres influant les BCF:

- Spéciation du métal
- Nature du sol (texture)
- pH, COT, CEC
- Niveau de concentration du polluant dans le sol
- Espèces végétales
- …

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

Valeurs des BCF

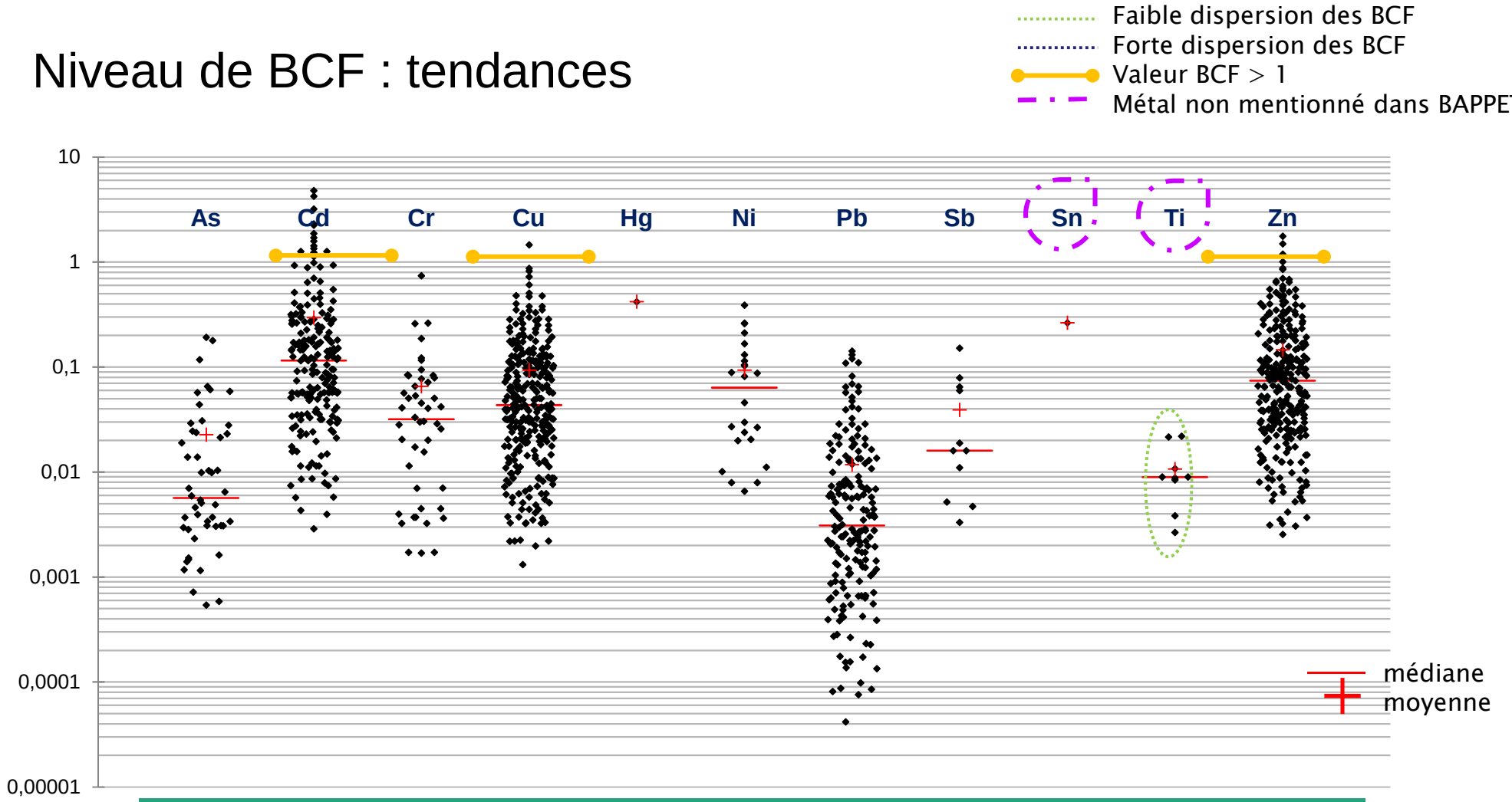
Niveau de BCF : tendances



- ✓ **Pas de BCF calculé pour Ag, Co, W** (faute de binôme > LQ)
- ✓ **Pb, As** : faible BCF (< 0,2)
- ✓ **Cd, Zn** : BCF plus élevé (>1) – fort transfert lié à une forte mobilité

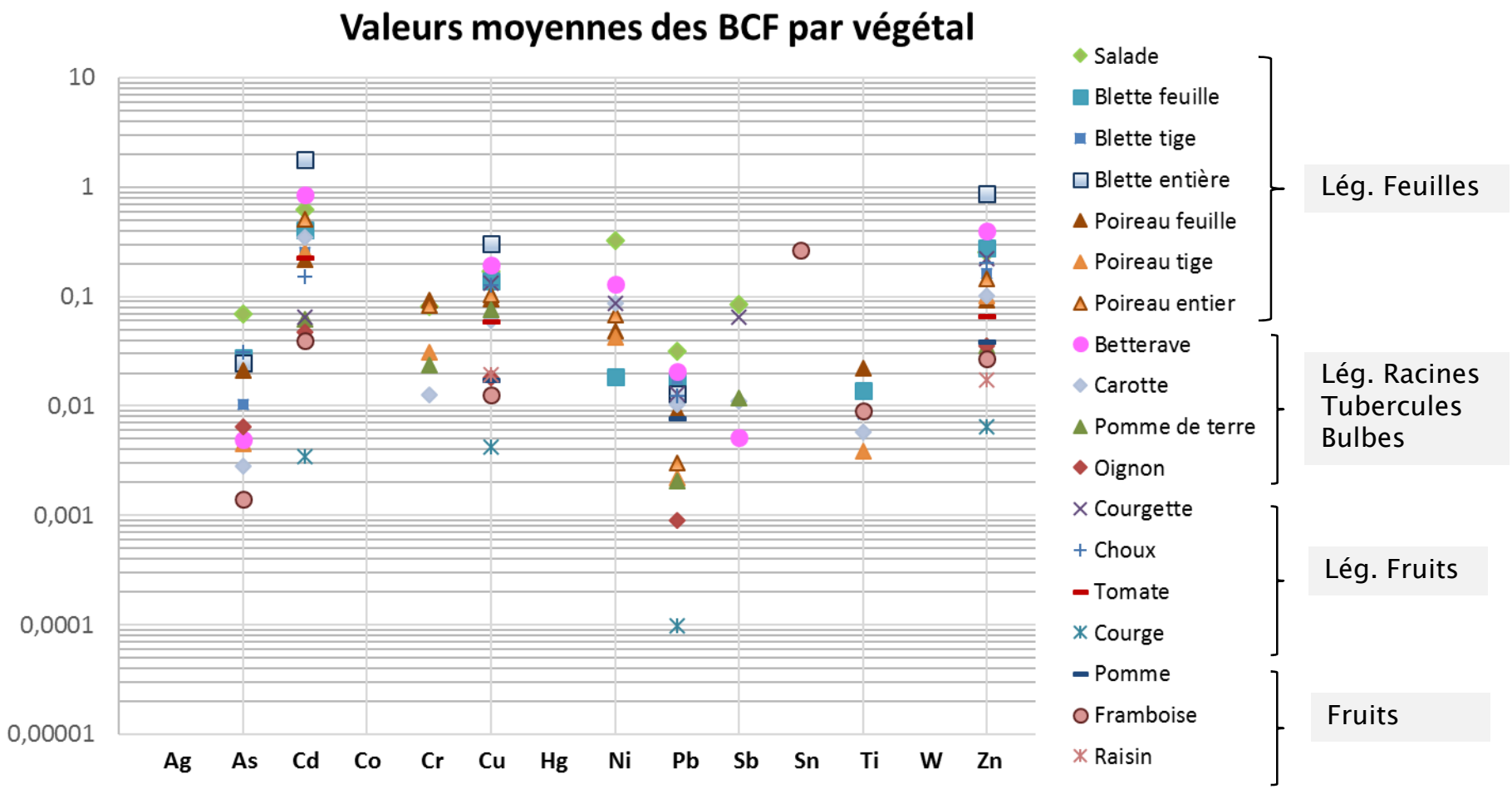
Valeurs des BCF

Niveau de BCF : tendances



- ✓ **Sb, Ti** : faible BCF donc faible transfert (mobilité ?, biodisponibilité ?, accumulation dans les organes prélevés ?)
- ✓ **Sn** : pas de tendance (1 seule valeur)

Valeurs des BCF



Végétaux retenus quand n>3

Transfert plus élevé observé pour **salade, blette, poireau** (légume feuille), **betterave** (légume racine)

(à moduler selon le métal)

Cas particuliers de deux végétaux potagers

Importance de l'analyse des parties réellement consommées

- Habitudes alimentaires des usagers à prendre en compte dans le cadre de l'Interprétation de l'Etat des Milieux

- Analyse des organes consommés par l'usager : fanes de carottes, vert ou/et blanc de certains légumes (poireaux, blettes)

- Exploitation des concentrations mesurées dans le blanc (tige) et le vert (feuilles) des poireaux et des blettes : Cd et Pb

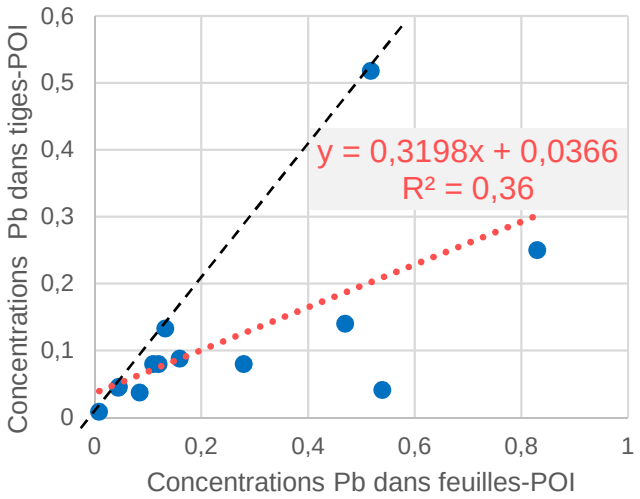
⇨ Mise en perspective dans les scénarii d'exposition et l'évaluation des risques sanitaires ?
au-delà de la mise en évidence d'une éventuelle dégradation de la qualité des végétaux

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

Cas particuliers de deux végétaux potagers

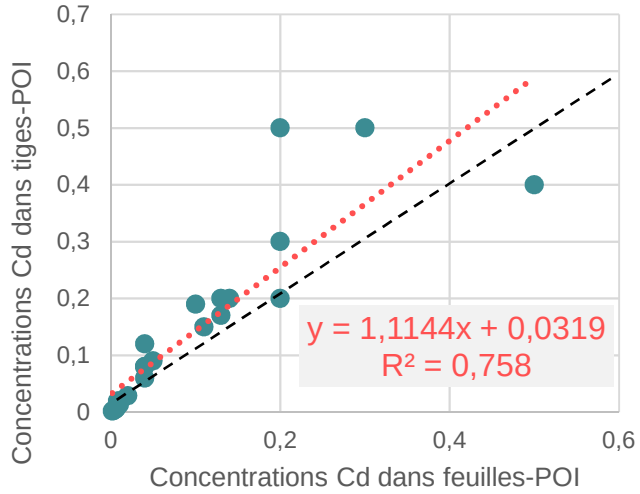
Importance de l'analyse des parties réellement consommées

POIREAUX



Unité : mg/kg MF

Ligne y=x (a=1)



Constat:

- [Pb] feuilles >> [Pb] tiges (facteur 2-3)
- [Cd] feuilles ~ [Cd] tiges

→ Pour le plomb: possible augmentation de l'exposition des usagers si consommation majoritaire des feuilles de poireaux

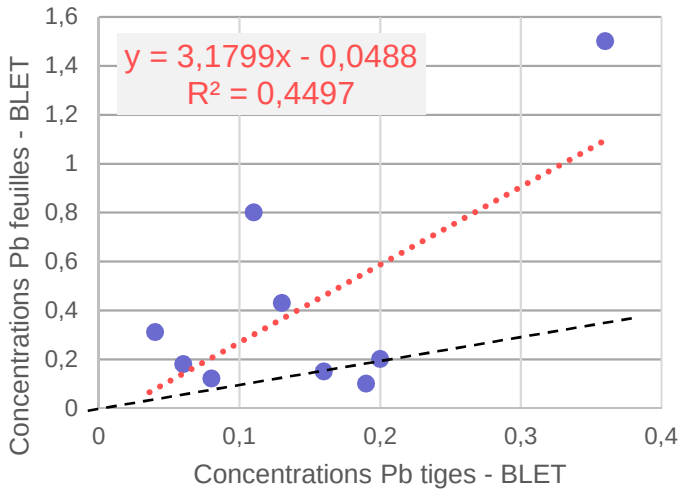
Pour rappel : valeurs réglementaires fixées par catégories de légumes

Valeurs EU (mg/kg MF)	Lég. feuilles	Lég. tiges/autres
Pb	0,3	0,1
Cd	0,2	0,1

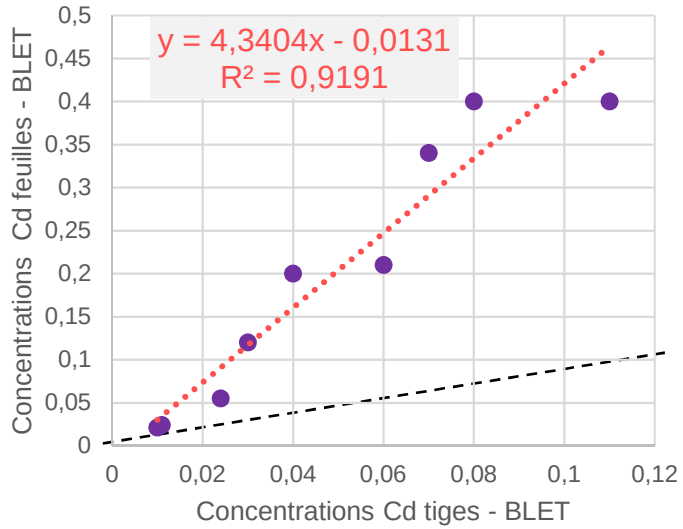
Cas particuliers de deux végétaux potagers

Importance de l'analyse des parties réellement consommées

BLETTES



Unité : mg/kg MF ------- Ligne y=x (a=1)



Constat:

- [Pb] feuilles >> [Pb] tiges (facteur 3)
- [Cd] feuilles >> [Cd] tiges (facteur 4)

→ Pour le plomb et le cadmium : possible augmentation de l'exposition des usagers si consommation majoritaire des feuilles de blettes

Pour rappel : valeurs réglementaires fixées par catégories de légumes

Valeurs EU (mg/kg MF)	Lég. feuilles	Lég. tiges/autres
Pb	0,3	0,1
Cd	0,2	0,1

Conclusions - perspectives

Exploitation de données existantes (sans design expérimental) : appréhender le transfert des métaux des sols vers les plantes potagères

Apport de connaissances (transfert) sur certains métaux :

- Co : « absence/faible transfert » dans les végétaux (non quantifié à ce jour)
- Sb, Ti au travers du calcul du BCF ➡ « faible transfert » supposé

✓ Initier des expérimentations pour conforter/approfondir les tendances observées
✓ Alimenter et caler les modélisations multi-compartiments

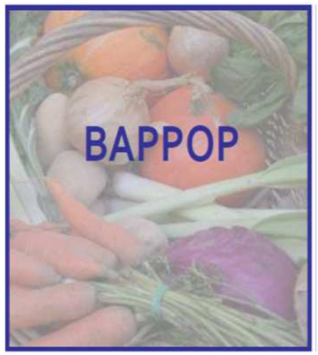
Nécessité de bien appréhender les habitudes alimentaires dans le cadre des études Interprétation de l'Etat des Milieux, notamment les organes consommés et le mode de préparation (épluchage, lavage…)

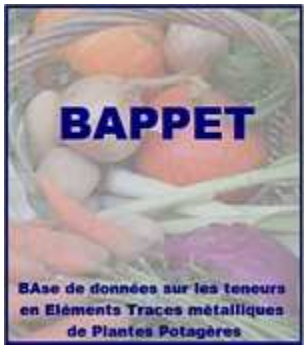
maîtriser le risque pour un développement durable

Pour aller plus loin

Documents, base de données et projet de recherche en cours

- ✓ **Guide d'échantillonnage** des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux
  Co-pilotage par l'ADEME et l'INERIS.
  Version initiale 2007 - Mise à jour 2014





- ✓ Base de données sur les teneurs en Eléments Traces métalliques de Plantes Potagères - **BAPPET**
- ✓ **BAPPOP** – 2016 pour les composés organiques

TROPHé

- ✓ Projet de recherche GESIPOL (2013-2016) - **TROPHé**
  Transfert et Risque des Organiques Persistants pour l'Homme et les écosystèmes
  Détermination des facteurs de transfert des PCB-dl, PCB-ndl et PCDD/F dans les végétaux potagers – évaluation des risques

…en cours

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable