



Workshop de présentations et  
échanges sur les thématiques du projet  
AgriAs  
24 Septembre 2018 – BRGM - Orléans



# TRANSFERT D'ARSENIC dans les PLANTES POTAGERES et EXPOSITION HUMAINE

Franck Marot  
Services Friches Urbaines et Sites Pollués  
ADEME

- Exposition à l'arsenic via les plantes potagères ?
  - *Population générale :*  
Principales voies et matrices d'exposition à l'arsenic  
Quelle contribution des plantes potagères ?  
Quelle réglementation ?
  - *Contextes particuliers :*  
Importance des transferts dans les plantes ?  
Contribution de la consommation des denrées potagères à l'imprégnation des populations ?
- Quelle démarche d'évaluation ?
  - *Une stratégie d'échantillonnage* qui ne doit pas considérer que les plantes potagères (sol, poussière, eau...)
  - *Intérêt d'aller au-delà des analyses totales* (formes chimiques, bioaccessibilité...)?
- Quelles modalités de gestion ?
  - *Recommandations / interdictions*
  - *Perspectives*

- Principales voies et matrices d'exposition à l'arsenic
  - L'ingestion (bol alimentaire) est la principale voie d'exposition de la population générale
  - L'inhalation peut être une voie d'exposition significative en milieu professionnel
- Quelle contribution des plantes potagères à l'exposition globale ?

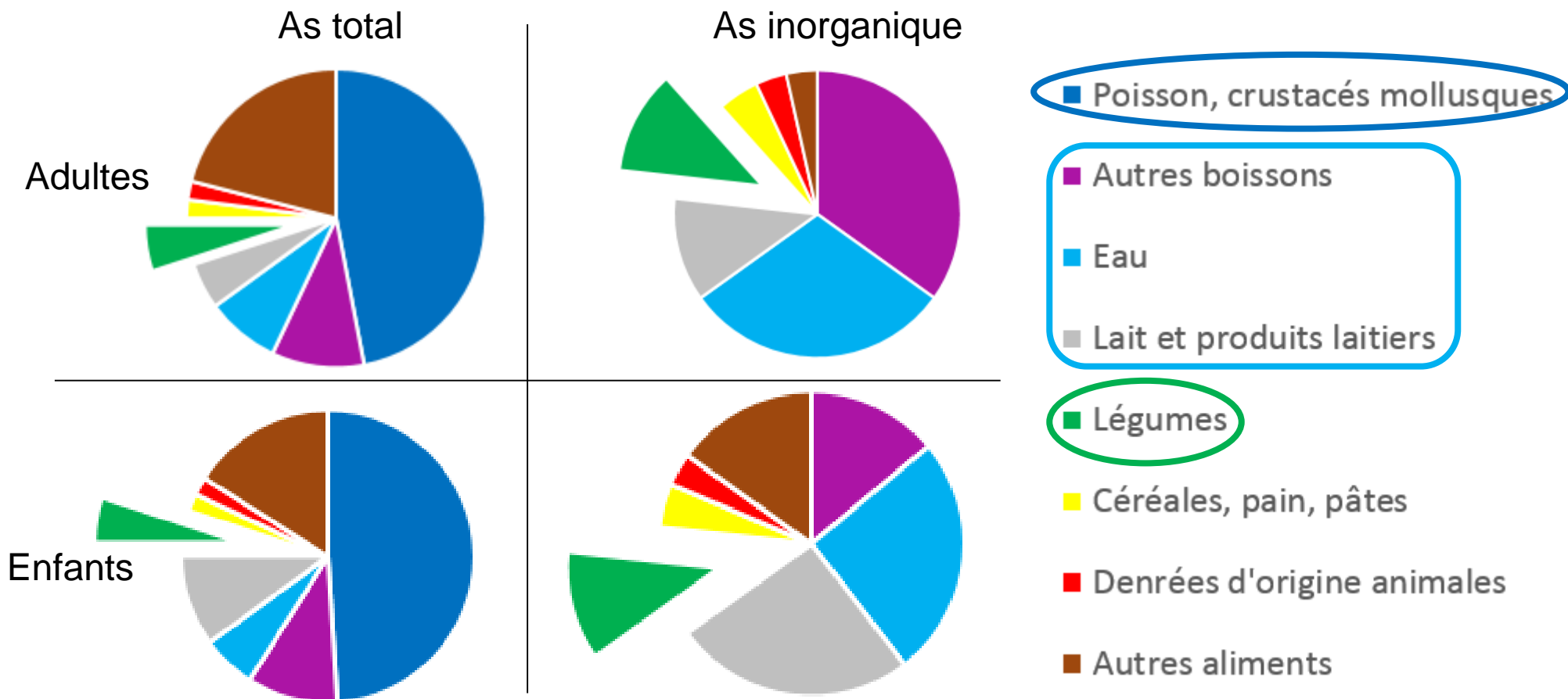
#### Sources de données :

- **Etudes EAT 2 (2006 – 2011) - ANSES**
  - 20 000 aliments / 212 types dont une 20<sup>aine</sup> de plantes potagères
  - Couvre 90% des aliments pour adultes et enfants
  - Analyse des denrées préparées (pomme de terre cuite purée, frite...)
  - 445 substances dont As pour EAT 2
- **Données européennes (EFSA 2014)**
  - Collecte de données via les pays membres (contribution hétérogène selon pays)
  - Plusieurs milliers de données dont 17 % sur les plantes potagères

=> constituent des bases de données de référence

=> permet d'évaluer des doses journalières d'exposition de la population

## Contribution des plantes potagères à l'exposition à l'As de la population française (étude EAT 2 ANSES)



⇒ Contribution modérée des légumes (10%) pour As i en général

## Expositions et référentiels toxicologiques Population générale

- **DJE ( $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$ ) moyenne (et 95<sup>ème</sup> percentile) :**
  - *Adulte français (ANSES) : 0,24 à 0,28 (0,46 à 0,51)*
  - *Adulte européen (EFSA) : 0,13 à 0,56 (0,37 à 1,22)*
  - *Enfant français (ANSES) : 0,30 à 0,39 (0,61 à 0,77)*
- **Référentiels toxicologiques :**
  - *EFSA (2009) : 0,3  $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$*
  - *FAO/OMS (PTWI) : 15  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semaine}$*
  - *VTR retenues par l'INERIS*
    - TDI : **0,45  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$**  (effet à seuil) – Fobig 2009
    - ERUo : **1,5 (mg/kg/j)<sup>-1</sup>** (effet sans seuil) – US EPA 2009

**=> Exposition proche voire supérieure aux référentiels toxicologiques**

- **Sur les principales denrées pesant sur l'exposition**
  - **Eau potable** (10 µg/l depuis 1993 (OMS), 1998 (UE) et 2001 (France))
  - **Riz** (usiné, étuvé, galette soufflé, alim enfant) : de 0,1 à 0,3 mg/kg poids frais – UE 2015
  - **Algues laminaires** : Avis ANSES (2009)  
=> Contrôle DGCCRF 2015 => 1 anomalie algue sur 6 analysées
- **Pas de seuil dans les plantes potagères mais des recommandations UE (2015)**
  - **Poursuivre les efforts pour réduire l'exposition alimentaire**
  - **Renforcer la surveillance de l'arsenic dans les denrées alimentaires**
  - **Développer des méthodes d'analyse de routine pour la spéciation<sup>6</sup> de l'As dans les aliments**

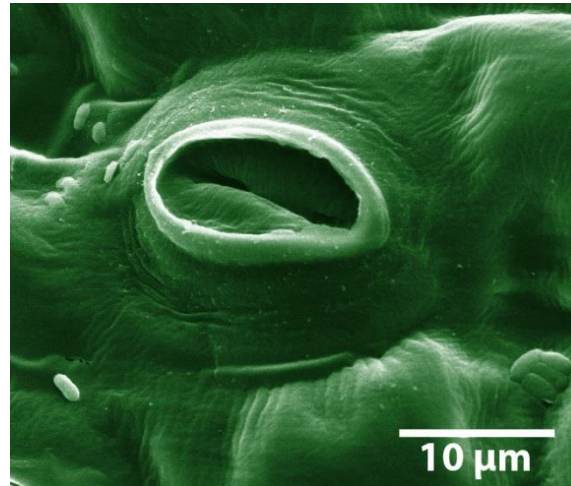
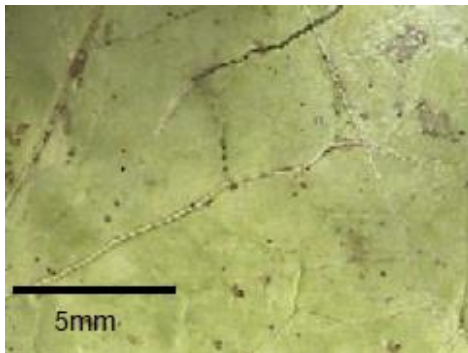
- **Quelles typologies ?**

- *Anomalies pédogéochimiques naturelles*
- *Sites pollués (traitement bois, fabrication de verre, tannage, sites miniers, militaires.... )*
- *Pesticide (arséniate de plomb, arsénite de sodium) dans les vergers, potagers...*

- **Quelles approches ?**

- *Quelles voies d'exposition ?*
- *Quelle ampleur ?*
- *Quelles modalités de gestion ?*

- *Quelles voies d'exposition ?*
  - les sols,
  - l'eau d'arrosage
  - mais aussi les poussières atmosphériques



*Dépôt de poussières métalliques sur une feuille de salade et contamination via les stomates*

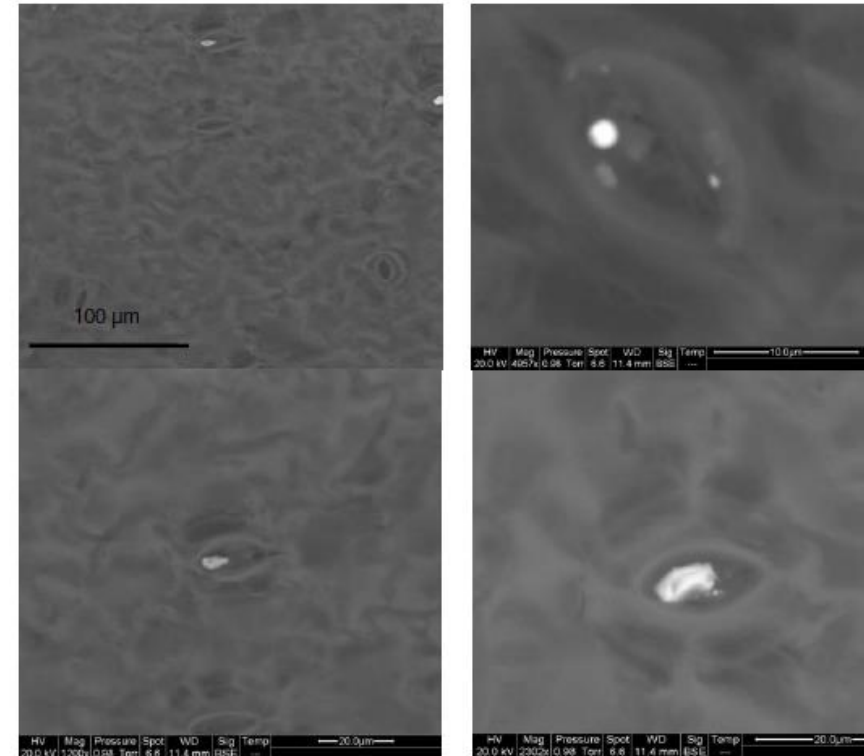


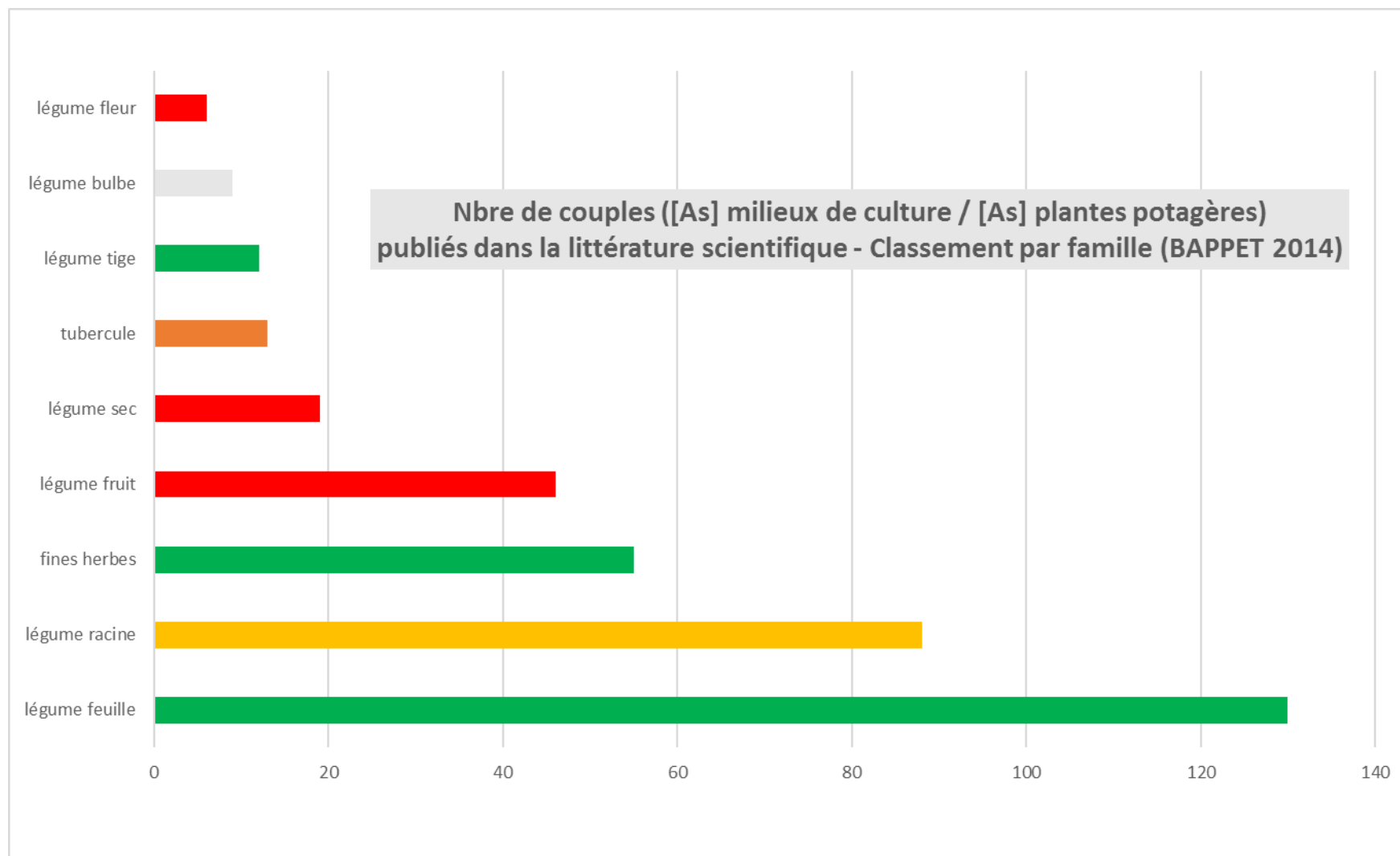
Figure S41: SEM images of stomata plugged by particles of various sizes

- *Quelle ampleur ?*
- => *Exploitation données EAT et BAPPET : facteurs d'enrichissement des [C]*<sup>8</sup>



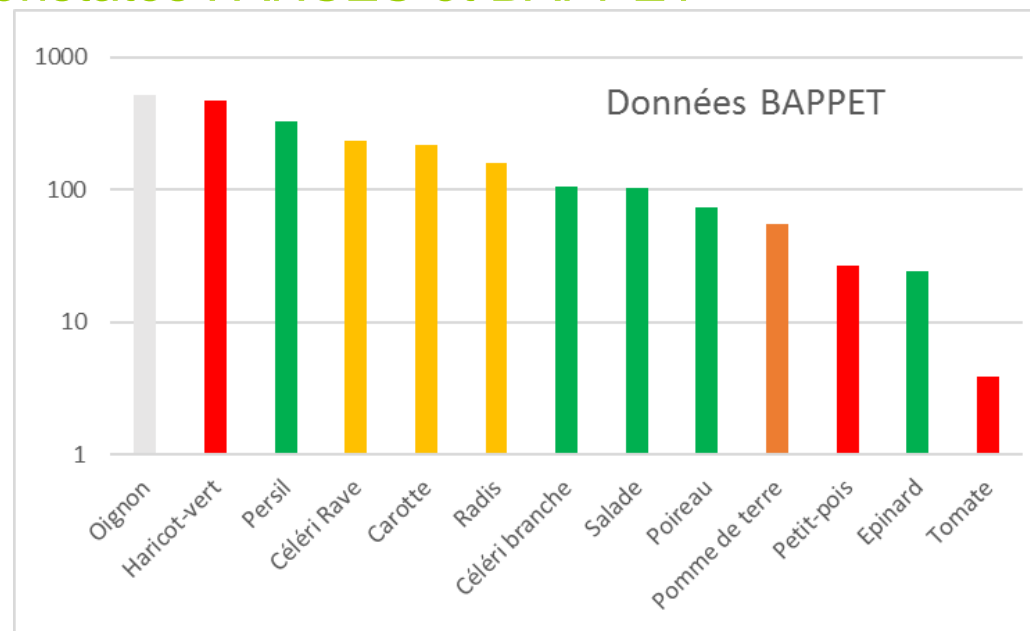
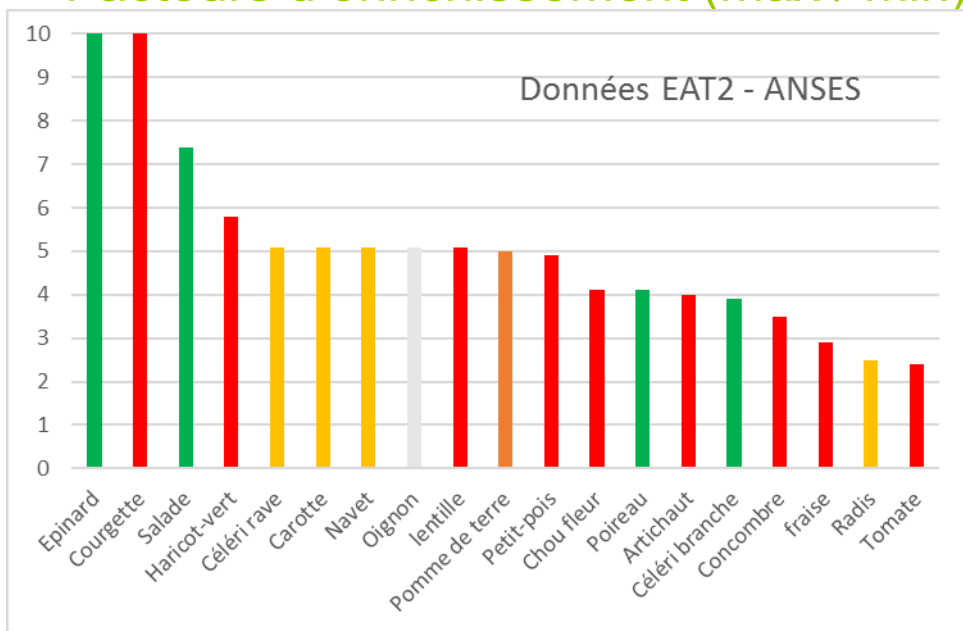


378 couples au total – issues de 17 publications scientifiques



## Capacité des espèces à accumuler As (d'après ANSES et BAPPET)

### Facteurs d'enrichissement (max / min) constatés : ANSES et BAPPET



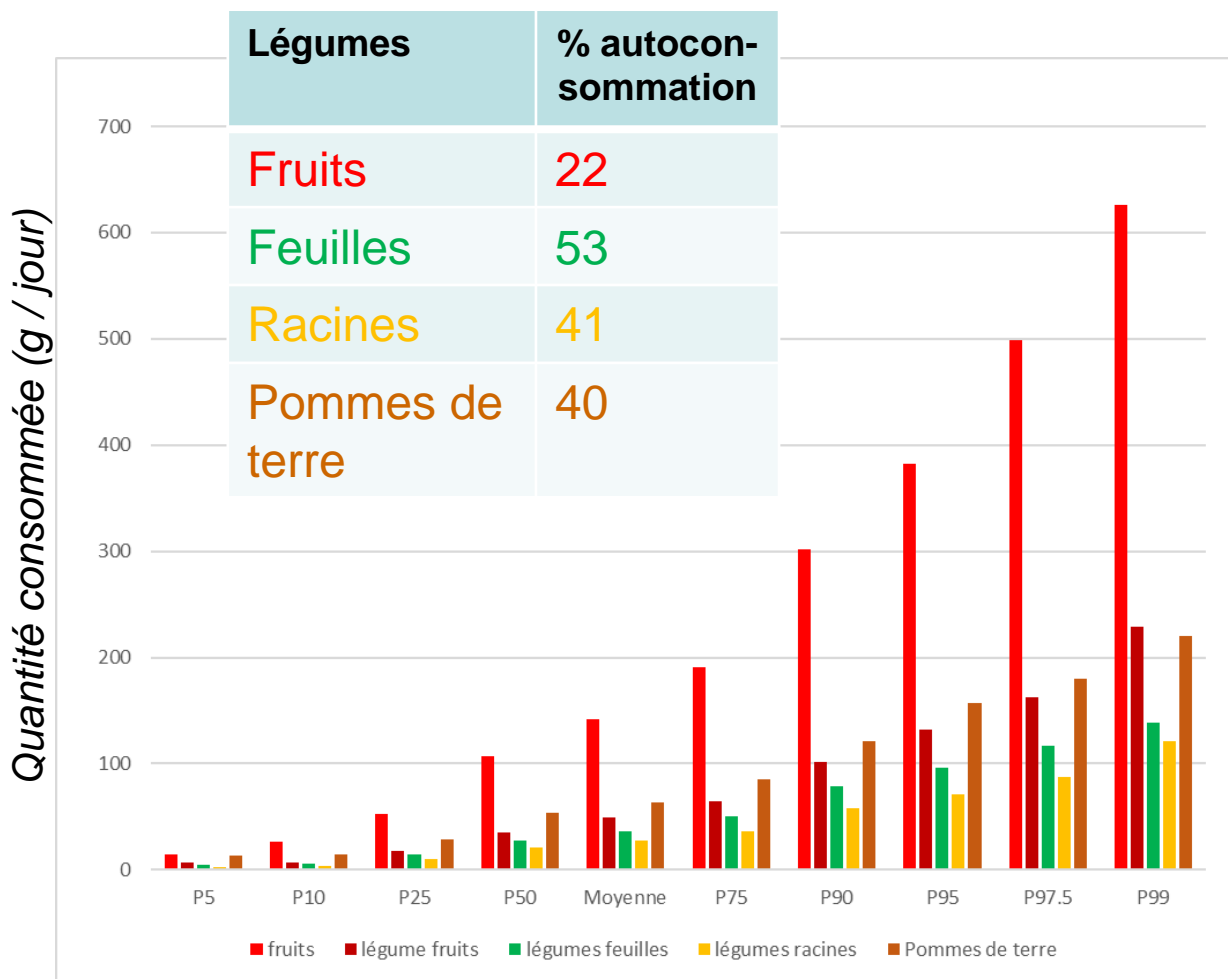
#### Capacité :

- forte : haricot vert, céleri rave, carotte
- réelle : la plupart des espèces
- faible : tomate
- incertaine : épinard, salade

**=> Aucune famille de denrées ne peut être négligée a priori lors des diagnostics**

## Distribution des quantités de fruits et légumes consommées (g/jour) chez les adultes et part de l'autoconsommation (%)

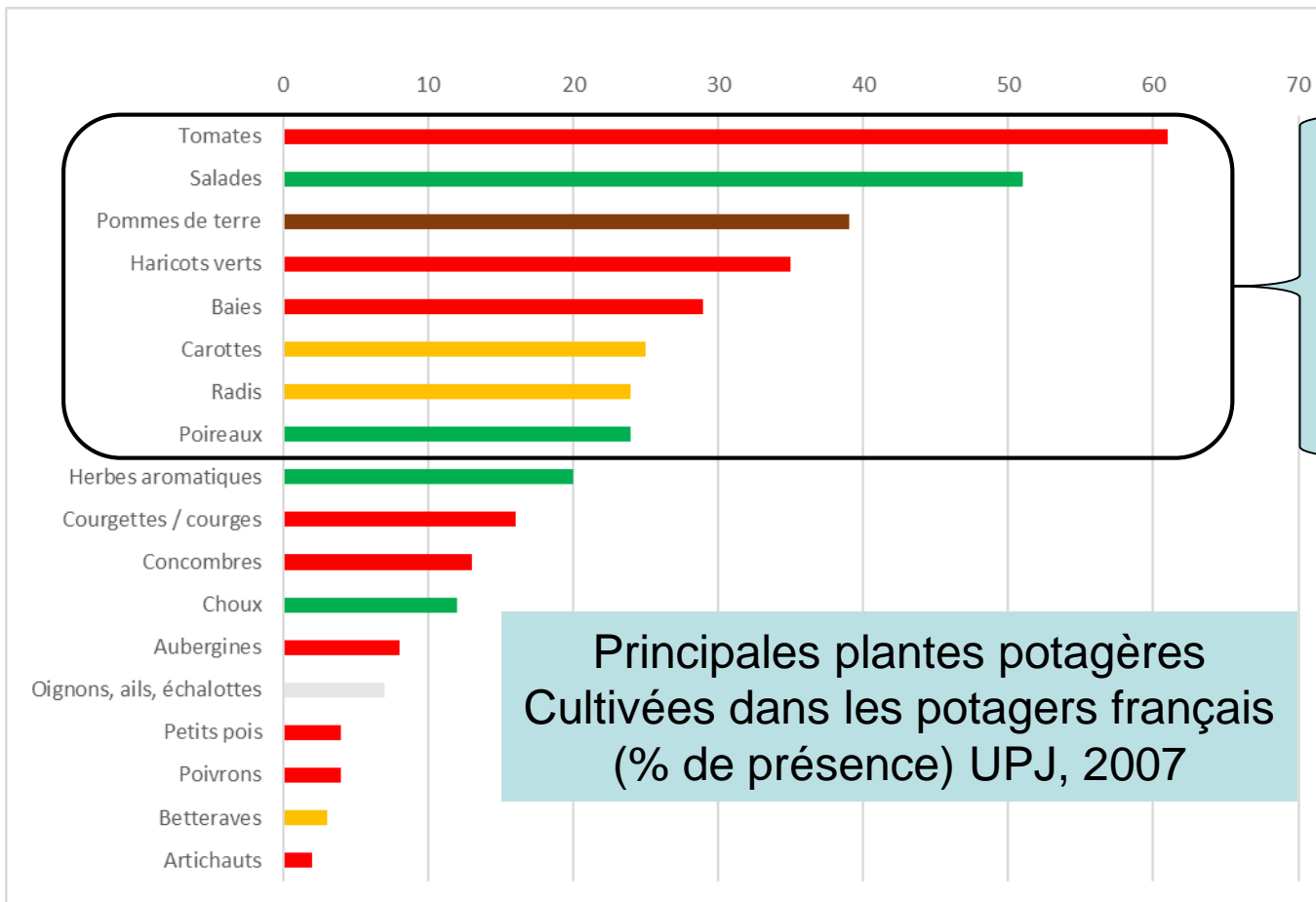
(Source Santé Publique France d'après ANSES (Inca 2) et INSEE)



- **Fruits** : la plus faible autoconsommation mais la plus forte contribution au bol alimentaire
- **Feuilles et racines** : les plus fortes autarcies alimentaires mais les plus faibles contributions au bol alimentaire
- **Pommes de terre** : une autarcie et une contribution au bol alimentaire significative

**=> Aucune famille de denrées ne peut être négligée / bol alimentaire**

## Espèces les plus fréquentes dans les jardins



8 plantes potagères sont présentes dans au moins 25% des jardins et couvrent les principales familles (fruits, feuilles, racines et tubercules)

Principales plantes potagères  
 Cultivées dans les potagers français  
 (% de présence) UPJ, 2007

⇒ lorsque l'autarcie alimentaire est significative, l'échantillonnage des principales espèces potagères n'est pas problématique

# Guide d'échantillonnage des plantes potagères

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Guide-d-echantillonnage-des.html>

- 1 **Elaboration d'une stratégie d'échantillonnage spécifique au site d'étude** (historique, environnement, vulnérabilité...)
- 2 **Interface avec Laboratoire d'analyse** (quantité nécessaire, parties des végétaux à analyser (racine, feuille...), nettoyage, préparation, substances...)
- 3 **Application sur le terrain** (sélection des jardins, des espèces, échanges avec jardiniers, échantillonnage, conditionnement, transport...)
- 4 **Interprétation des résultats** (cohérence, comparaison aux bases de données, intégration dans une démarche EQRS,...)



Seconde édition  
(2014)



- Des niveaux de risques souvent élevés
  - *Contribution qui vient s'ajouter aux autres expositions (boissons, sol...)*
  - *Dans un contexte où les DJE en contexte non impacté sont déjà proches des niveaux de risques acceptables (ERI :  $10^{-5}$ )*
    - Sol : 25 mg/kg = borne haute des sols ordinaires – Aspitet
    - Eau : 10 µg/l = seuil réglementation eau potable
- Contribution des plantes potagères à l'exposition démontrée par des études épidémiologiques (ex : Salsigne, Vivier...)
  - *L'imprégnation mesurée via l'arsenic urinaire devient significative pour des sol au-delà de 100 mg/kg*
  - *Association établie entre consommation de plantes potagères et niveau d'imprégnation (As urinaire)*

## Calcul de DJE et quantification des risques par ingestion de végétaux

$$DJE_{ing\ végétaux} = \sum_{légumes} (C * Q * A * F_{abs\ ing}) * \frac{FE * DE}{P * Tm}$$

**Voie d'exposition unique : Ingestion de végétaux**

Grille de calcul IEM V0

Facteurs de l'équation :	Cfi	Cfr	Cr	Cpt	Qfi	Qfr	Qr	Qpt	Afi	Afr	Ar	Apt	Ef	T	P	Tm	VTR	
<b>Cette grille de calcul de l'IEM ne doit pas être utilisée pour fixer des objectifs de réhabilitation</b>	Concentration de la substance dans les légumes de type feuilles	Concentration de la substance dans les fruits	Concentration de la substance dans les légumes de type racines	Concentration de la substance dans les pommes de terre	Quantité de légumes de type feuilles ingérées	Quantité de fruits ingérés	Quantité de légumes de type racines ingérées	Quantité de pommes de terre ingérées	Pourcentage d'autoproduction de légumes de type feuilles ingérées	Pourcentage d'autoproduction de fruits ingérés	Pourcentage d'autoproduction de légumes de type racines ingérées	Pourcentage d'autoproduction de pommes de terre ingérées	Nombre de jour d'exposition théorique annuelle	Durée d'exposition théorique	Poids corporel	Période de temps sur laquelle est évaluée l'exposition (substance sans seuil d'effet) ou l'exposition (substance sans seuil d'effet, prise conventionnellement égale à 70 ans)	VTR (seuil d'effet)	VTR (sans seuil d'effet)
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	g/jour	g/jour	g/jour	g/jour	%	%	%	%	jour	an	kg	an	mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>
<b>Paramètres du scénario</b>					20	115	18	50	26	13	24	24	365	6	15	70	0,0004	1,5
Substance testée	Donnée du diagnostic				Données issues de bases de données ou d'enquêtes de terrain													
<b>As</b>	Total par jour et par personne : 203 g				<b>Détail fruits et légumes consommés</b>				<b>Détail fruits et légumes autoproduits</b>								<b>Quotient de danger : 0,0</b>	
	<b>Quantités annuelles par personne :</b>				7,3 kg	41,9 kg	6,5 kg	18,2 kg	9,4 kg	4,7 kg	8,7 kg	8,7 kg					<b>Excès de risque individuel : 0,0E+00</b>	

Les valeurs fournies sur les quantités annuelles consommées par personne, ou devant être produites par personne pour assurer le scénario, le sont à titre indicatif, afin d'évaluer la pertinence des choix sur les paramètres de consommation et de production

Risques calculés :  $IR = DJE / TDI$  et  $ERI = DJE * ERU$

- Fabs ing : la bioaccessibilité de As dans les plantes peut être élevée
  - Les plantes potagères (30 à 80 % selon INERIS)
  - Généralement faible dans les sols (< 50%) (cf Ineris, InVS – validation Test UBM)



# Quelles modalités de gestion ? Quelles perspectives ?

- En cas de contamination des plantes :
  - *Maraîchage : interdire la commercialisation (ex AP Salsigne)*
  - *Potager : recommander réduction/arrêt de la consommation des produits*
    - induit une diminution de la consommation de fruits/légumes des usagers
    - > 300 g de fruits et > 300 g de légumes : 6 800 cancers évités /an (BEH 06/18)
  - => Bénéfice d'une telle recommandation si contamination limitée ?
  - *Proposer de changer les sols ou cultiver en bac hors sol...*
- Perspectives (niveau recherche) :
  - *Amender les sols pour limiter les transferts :*
    - => *Projet PhytExppo (ISA et ENSAIA)*
    - => *Suite à donner via APR Graine en cours*
    - => *Implication/communication avec jardiniers*

Merci de votre attention

Questions ?