

Impact des émissions de poussières issues du Centre de stockage de Mange-Garri de la société ALTEO :

Présentation de l'appui scientifique et technique
publié en février 2017

Valérie PERNELET-JOLY & Guillaume BOULANGER
Direction de l'évaluation des risques

Contexte de la demande

Mai 2015 : 1^{ère} saisine du Ministère en charge de l'écologie : analyse critique de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) produite par l'exploitant et relative aux émissions de poussières depuis le site de Mange-Garri.

Octobre 2015 : Réponse de l'Anses = relecture critique de l'étude d'impact sanitaire (rapport Antea Group) en lien avec les émissions de poussières issues du centre de stockage de Mange-Garri.

➔ L'Anses concluait que les résultats de la modélisation ne pouvaient être considérés comme validés. Cette conclusion valait de fait également pour la caractérisation des risques sanitaires.

Principale Recommandation :

Une campagne de mesures et de caractérisation physico chimique des particules atmosphériques :

- portant à la fois sur les PM_{2.5} et les PM₁₀,
- réalisée à des saisons contrastées afin de tenir compte de la variabilité climatique avec des méthodes de prélèvement et d'analyse appropriées.

Saisine de l'Anses

- Seconde saisine du Ministère en charge de l'écologie adressée à l'Anses en juin 2016 :
 - analyse critique du diagnostic réalisé par le BRGM à la demande de la DGPR sur l'influence des émissions de poussières du site de stockage de Mange-Garri sur la qualité des milieux au voisinage du site de Mange-Garri,
 - Evaluer l'opportunité de recourir à ce diagnostic pour renforcer ou conduire une EQRS liés aux poussières issues du site de stockage de Mange-Garri.
- Expertise réalisée par l'Anses avec l'appui de deux experts extérieurs, compétents dans le domaine des études d'impact notamment des ICPE, l'expologie, la toxicologie et l'évaluation des risques sanitaires
- Échéance : fin 2016

Analyse du diagnostic réalisé par le BRGM (1/2)

Diagnostic basé en particulier sur une campagne d'investigations de terrain réalisée **fin 2015-début 2016** :

- Des prélèvements sur site des matériaux stockés,
- Hors site, 53 échantillons de sol prélevés dans l'environnement du site de stockage (Gardanne, Bouc Bel Air et Aix-en-Provence),
- Six stations de mesure des particules dans l'air mises en place chez des riverains du site pour une durée de 4 à 5 semaines : mesures gravimétriques de PM_{10} , mesures optiques de PM_{10} et $PM_{2,5}$ et prélèvements de poussières sédimentables totales et sèches,
- Caractérisation complète des échantillons afin d'apprécier la qualité environnementale du milieu (air et sol) et d'évaluer l'influence du site de Mange-Garri sur la qualité de ces milieux.

Analyse du diagnostic réalisé par le BRGM (2/2)

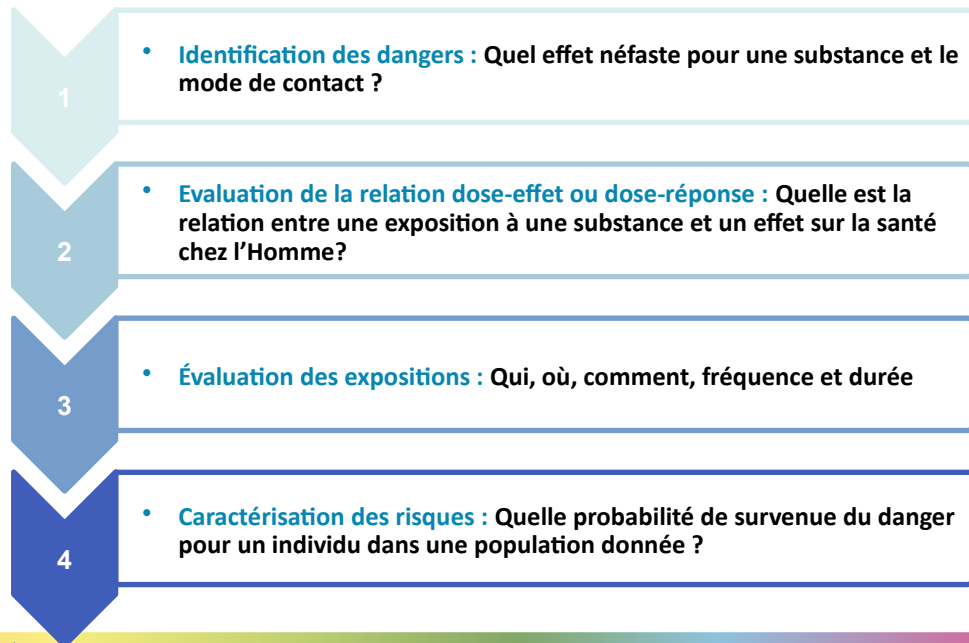
Intérêts du diagnostic du BRGM dans l'optique d'une EQRS	Limites du diagnostic du BRGM dans l'optique d'une EQRS
<p>Volet « Air » :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prélèvement des PM₁₀ justifié et conforme à la Norme (Partisol), • Nombre et localisation des sites de mesure : cohérents au regard des régimes de vent et pour caractériser une exposition des riverains, • Des mesures d'une part de dépôts secs (plaquettes) et d'autre part secs et humides (jauges Owen), • Des blancs de terrain et de laboratoire, • Programme analytique identique « Sol » sur les PM₁₀ à quelques exceptions près du fait de difficultés analytiques. <p>Volet « Sol » :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qualité des méthodes de prélèvement et d'analyse mises en œuvre, • Quantité d'échantillons satisfaisante, • Echantillonnage de différents horizons cohérent pour une caractérisation d'exposition, • Recherche de composés exhaustive, • Identification d'éléments traceurs argumentée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durée et conditions météorologiques durant la campagne de mesures : non représentatives des conditions moyennes locales (saison, durée), tout du moins pour la partie atmosphérique, • Pas de mesures météorologiques locales, • Pas de mesure gravimétrique des PM_{2,5} – que des mesures optiques (> 1 µm), • Pas de mesure dans le vecteur « Eau » (eaux de surface et eaux souterraines).

➔ Au vu des données disponibles et du délai imparti, conduite par l'Anses d'une EQRS simplifiée, conforme avec la démarche proposée pour les ICPE décrite dans le document de l'Ineris (2013)

Objectif, finalité de l'exercice d'évaluation de risque

- **Objectif** : Dans un contexte d'incertitudes, utilisation de faits scientifiques pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou à des situations dangereuses ;
- **Méthode** : Rassembler, organiser et discuter les résultats scientifiques du moment afin de dégager les certitudes, les incertitudes et les lacunes ;
- **Finalité** : Outil contribuant à l'éclairage de la décision et de la mise en place de stratégies de gestion du risque / En complément ou en amont d'éventuelles autres études telles que des études épidémiologiques, la biosurveillance, etc.

Une démarche en 4 étapes :

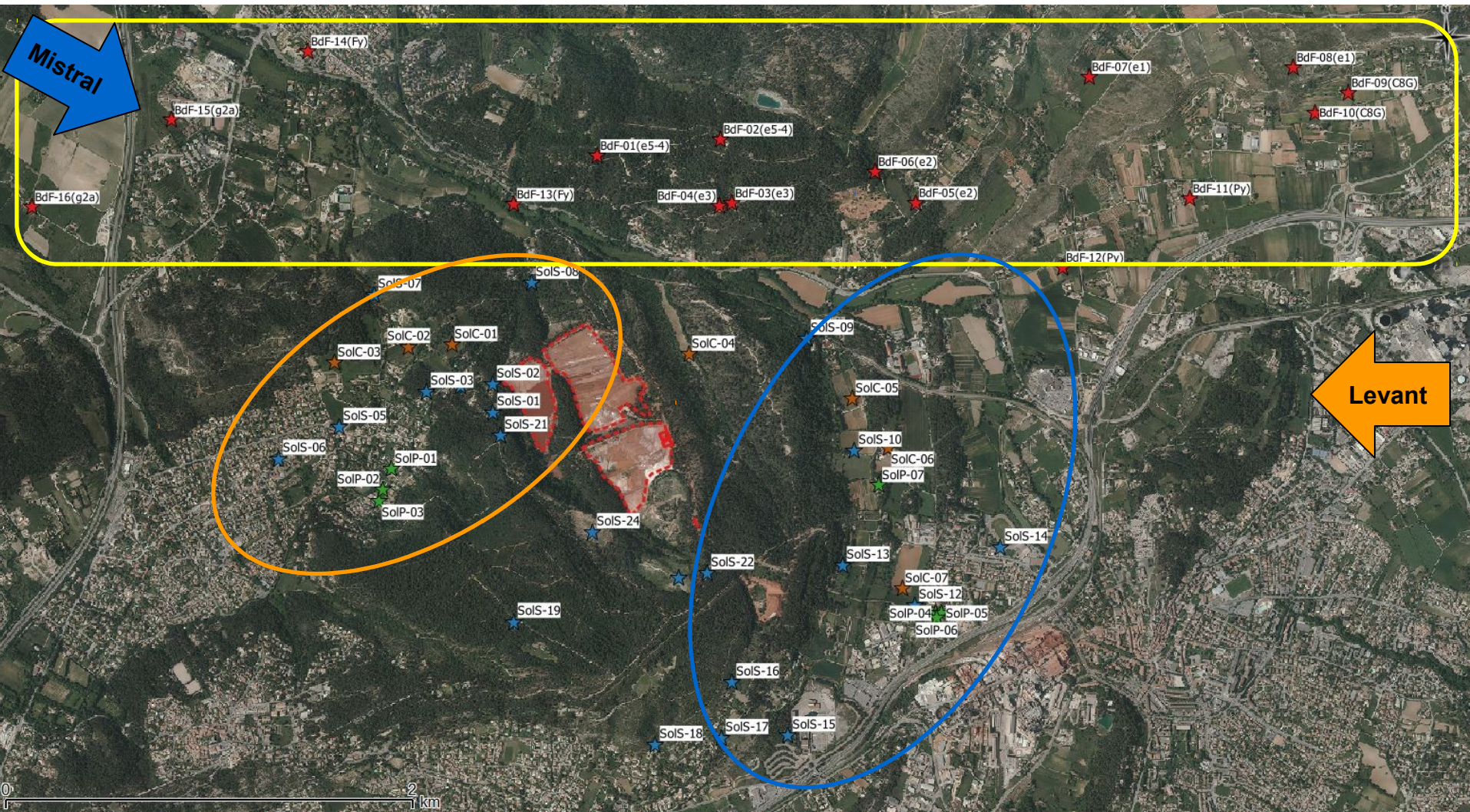


Les zones d'expositions considérées

Cibles :

Riverains dans 2 zones :

- Zone 1 = à l'O-NO du site, sous le Levant
- Zone 2 = à l'E-SE du site, sous le Mistral



Les voies d'exposition considérées

Scénarios d'exposition développés :

		Inhalation	Ingestion de sol et de poussières de sol	Ingestion de légumes feuilles et légumes racines autoproduits
Riverains de la zone 1	enfant	✓	✓	✓
	adulte	✓	✓	✓
Riverains de la zone 2	enfant	✓	✓	✓
	adulte	✓	✓	✓
Témoin*	enfant	✓	✓	✓
	adulte	✓	✓	✓

*La situation « Témoin » correspond à des calculs de doses d'exposition qui exploitent les données de contamination des sols et de l'air mesurées dans des échantillons *a priori* non soumis à l'influence du site de stockage de Mange-Garri. Ces échantillons ont été retenus par le BRGM afin de refléter le bruit de fond local. Il s'agit d'une situation d'exposition « fictive » réalisée à des fins de comparaison.

Conditions d'exposition :

exposition 24h/24 ; tous les jours de l'année

Durée d'exposition : - 30 ans pour les adultes (P_{90} de la durée de résidence)

- 6 ans pour les enfants

Durée de vie entière considérée : 70 ans

Relations dose-effet ou dose-réponse

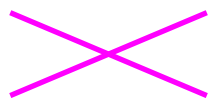
Sélection conforme aux prescriptions d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 « *relatives aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués* » :

- 1) VTR issues de l'expertise collective de l'Anses
- 2) VTR issues d'une expertise nationale (par exemple Inéris)
- 3) VTR la plus récente : US-EPA, ATSDR ou OMS
- 4) VTR issue de Santé Canada, RIVM, OEHHA ou Efsa

Les substances considérées

Aluminium (Al)	Cérium (Ce)	Fluor (F)	Sodium (Na)	Silicium (Si)	Vanadium (Va)
Arsenic (As)	Chlore (Cl)	Fer (Fe)	Nickel (Ni)	Etain (Sn)	Zinc (Zn)
Baryum (Ba)	Cobalt (Co)	Hafnium (Hf)	Phosphore (P)	Strontium (Sr)	Zirconium (Zr)
Bore (B)	Chrome (Cr)	Manganèse (Mn)	Plomb (Pb)	Titane (Ti)	Particules PM ₁₀
Cadmium (Cd)	Cuivre (Cu)	Molybdène (Mo)	Antimoine (Sb)	Uranium (U)	Particules PM _{2,5}

Traceurs des
matériaux
stockés



Pas de VTR



Pas de mesures
adaptées



Pas de VTR Inhalation



Pas de mesure dans l'air

Caractérisation du risque : interprétation des résultats

Objectif : comparer des doses d'exposition de substances à des valeurs toxicologiques de référence (VTR) relatives à ces mêmes substances.

- Les doses d'exposition (DJE ou CI) sont calculées à partir des données de mesure dans les milieux (air, sol),
- Les VTR sont issues de la littérature scientifique.

Avec ces 2 entités, calcul d'**indicateurs de risque** :

- Le QD : quand l'effet considéré est à seuil,
- L'ERI : quand l'effet considéré est sans seuil.

QD > 1 → l'effet peut survenir. Le risque ne peut être exclu.

$ERI > 1/1\ 000\ 000 (10^{-6})$
 $ERI > 1/100\ 000 (10^{-5})$ } **La probabilité que l'effet survienne chez un individu dépasse le/les repère(s) d'acceptabilité. Le risque ne peut être exclu.**

	Indicateur de risque inférieur à la valeur repère : risque écarté
	Indicateur de risque proche de la valeur repère : risque à préciser
	Indicateur de risque supérieur à la valeur repère : risque probable

Résultats

Caractérisation des risques par ingestion (contamination moyenne)



Substance	Cible Enfant			Cible Adulte		
	zone 1	zone 2	bruit de fond	zone 1	zone 2	bruit de fond
Aluminium						
Arsenic						
Bore						
Baryum						
Cadmium						
Cobalt						
Chrome VI						
Cuivre						
Fluor						
Fer						
Manganèse						
Molybdène						
Nickel						
Plomb						
Antimoine						
Etain						
Strontium						
Uranium						
Vanadium						
Zinc						

Résultats

Caractérisation des risques par ingestion à partir de données de contamination maximales

Substance	Cible Enfant		Cible Adulte	
	zones 1 & 2	bruit de fond	zones 1 & 2	bruit de fond
Aluminium				
Arsenic				
Bore				
Baryum				
Cadmium				
Cobalt				
Chrome VI				
Cuivre				
Fluor				
Fer				
Manganèse				
Molybdène				
Nickel				
Plomb				
Antimoine				
Etain				
Strontium				
Uranium				
Vanadium				
Zinc				



Résultats

Calculs de caractérisation des risques par inhalation (moyenne des concentrations)



Substance	Cible Enfant			Cible Adulte		
	zone 1	zone 2	bruit de fond	zone 1	zone 2	bruit de fond
PM10						
Arsenic						
Baryum						
Cadmium						
Cobalt						
Cuivre						
Manganèse						
Molybdène						
Nickel						
Plomb						
Antimoine						
Etain						
Sélénium						
Uranium						
Vanadium						

Données de contamination utilisées :

- Limites sur les données issues de la campagne du BRGM, notamment sur la partie atmosphérique ;
- Possible surestimation des doses d'exposition liée à l'utilisation, dans une optique protectrice de santé publique, de données de contamination obtenues par une technique d'analyse par minéralisation totale (attaque forte : fusion à 1000°C ou frittage au peroxyde de sodium à 450°C).

Facteurs de bioconcentration « plante-sol »

Variables humaines d'exposition :

- Utilisation de paramètres correspondant à des valeurs centrales (poids, quantités consommées, part d'auto-consommation...)
- Bioaccessibilité et biodisponibilité des substances considérées égales à 100% : hypothèse majorante

Risques à préciser : Aluminium

Effets sanitaires dépendant de la durée et de la dose d'exposition :

- Atteinte du système nerveux central, du système immunitaire, du système rénal et du tissu osseux (chez l'animal, quelques études suggérant une atteinte de la reproduction).

Expositions concernées :

- Expositions liées à l'ingestion de sol et de végétaux autoproduits, sans tenir compte des autres apports alimentaires.

Risques à préciser :

- En considérant la moyenne des concentrations mesurées, et ce quelle que soit la zone :
 - ➔ quotients de danger inférieurs à 1 (entre 0,6 et 0,75)
- En considérant un scénario d'exposition majorant s'appuyant sur les données de contamination maximales des sols :
 - ➔ quotients de danger supérieurs à 1 pour la cible « enfants », quelle que soit la zone considérée (zone 1, 2 ou « bruit de fond ») en considérant les concentrations déterminées après minéralisation totale
 - ➔ quotients de danger inférieurs à 1 en considérant les concentrations déterminées après minéralisation à l'eau régale.

Risques à préciser : Plomb

Effets sanitaires dépendant de la durée et de la dose d'exposition :

- Principale cible chez le fœtus et le jeune enfant : atteinte du système nerveux central, en particulier au cours du développement,
- Chez l'adulte, le plomb associé à des effets rénaux et sur le système cardiovasculaire,
- Classé par le CIRC en tant que cancérogène probable (groupe 2A).

Expositions concernées :

- Expositions des enfants liées à l'ingestion de sol et de végétaux autoproduits, sans tenir compte des autres apports alimentaires.

Risques à préciser :

- Résultats contradictoires selon les valeurs repères toxicologiques retenues,
- En considérant les valeurs récentes et les plus protectrices proposées par l'Anses (2013) ou l'EFSA (2010) :
 - ➔ Les résultats ne permettent pas d'exclure un risque sanitaire pour les enfants exposés, et ce quelle que soit la zone d'étude (zone 1, 2 et zone « bruit de fond ») et la méthode de minéralisation utilisée.
- Plomb non défini en tant que traceur lors de l'étude réalisée par le BRGM :
 - ➔ En l'état actuel des connaissances, difficile de discriminer la ou les sources de plomb expliquant sa présence dans les sols,
 - ➔ Hypothèses incluant les activités industrielles, dont potentiellement celle de l'entreprise Alteo, et/ou une origine géologique.

Risques à préciser : Arsenic

Effets sanitaires dépendant de la durée et de la dose d'exposition :

- Plusieurs effets incluant des lésions cutanées, une neurotoxicité, des pathologies cardiovasculaires, respiratoires et gastro-intestinales, etc.
- Classé comme cancérogène avéré pour l'Homme par le CIRC (groupe 1).

Expositions concernées :

- Pour l'ingestion de sol et de végétaux autoproduits, sans tenir compte des autres apports alimentaires, quelle que soit la zone échantillonnée (secteur ouest, secteur est-sud-est ou zone «bruit de fond ») et quelle que soit la population cible concernée (enfants ou adultes),
- Pour l'inhalation, dans la zone du secteur ouest pour les adultes.

Risques à préciser :

- Les expositions conduisent à des ERI supérieurs au repère d'acceptabilité de 10^{-5} pour l'ingestion et au repère d'acceptabilité de 10^{-6} pour l'inhalation (le plus protecteur).
- Arsenic identifié comme « traceur » de l'activité industrielle du site de Mange-Garri par le BRGM (ni très bon, ni bon – Bauxaline) :
 - ➔ En l'état actuel des connaissances, difficile de discriminer la ou les sources d'arsenic expliquant sa présence dans les sols,
 - ➔ Hypothèses incluant une activité industrielle dont potentiellement celle de l'entreprise Alteo et/ou une origine géologique (lignite).

Quels effets pour le mélange ?

- Pour les éléments métalliques autres que l'arsenic, l'aluminium et le plomb, valeurs très faibles de risque (quotients de danger ou excès de risque individuel), individuels ou sommés, permettant d'exclure les risques vis-à-vis de ces substances.
- Pour les trois éléments métalliques :
 - organes cibles ou des systèmes communs en termes d'effets sanitaires dont le système nerveux central et périphérique, le système immunitaire ainsi que la reproduction et le développement.

Le cas des PM₁₀

- Concentrations moyennes de PM₁₀ mesurées supérieures à la valeur guide pour l'air ambiant de 20 µg/m³ proposée par l'OMS (2005) pour une exposition à long terme (en moyenne annuelle), et ce quelle que soit la zone étudiée (secteur ouest, secteur est-sud-est ou zone «bruit de fond »);
- Compte tenu des conditions météorologiques observées durant la campagne de mesures, probabilité d'une concentration moyenne sur l'année en PM₁₀ supérieure à la valeur de 20 µg/m³ aux abords du site de Mange-Garri ;
- Cumul vraisemblable des différentes sources de particules, locales et/ou plus lointaines. A titre de comparaison :
 - concentration moyenne des PM₁₀ mesurées par la station de mesures de Gardanne (station urbaine sous influence industrielle) égale à 29 µg/m³ sur la période de la campagne, soit entre le 15 octobre et le 23 novembre 2015.
 - concentration moyenne annuelle pour cette station égale à 29 µg/m³, avec une variabilité mensuelle sur 2015 allant de 24 µg/m³ (octobre 2015) à 35 µg/m³ (juillet 2015).

Conclusions

- Origine des composés chimiques pris en compte dans cette expertise :
 - Présence et richesse naturelle du sol et du sous- sol en minerais variés,
 - Émission par les activités industrielles et autres sources anthropiques locales ;
- Difficile en l'état des connaissances de discriminer précisément la contribution spécifique, historique ou actuelle, de l'activité industrielle du site de stockage de Mange-Garri vraisemblablement faible ;
- Problématique sanitaire associée aux particules présentes dans l'air ambiant (indicateur PM_{10}) en partie caractérisée au vu de l'étude réalisée... à considérer dans un contexte régional ;
- Pour l'ingestion de sol et de végétaux autoproduits contenant de l'arsenic, du plomb ou de l'aluminium, résultats de caractérisation du risque supérieurs aux repères d'acceptabilité pour les enfants et/ou les adultes, et ce quelle que soit la zone échantillonnée (secteur ouest, secteur est-sud- est ou zone «bruit de fond»).

Bonus

Mise en perspective - Arsenic

Exposition moy. de la population générale française via l'alimentation – EAT2 (µg/kg PC/j)

	Enfants	Adultes
Arsenic inorga.	0,39	0,28

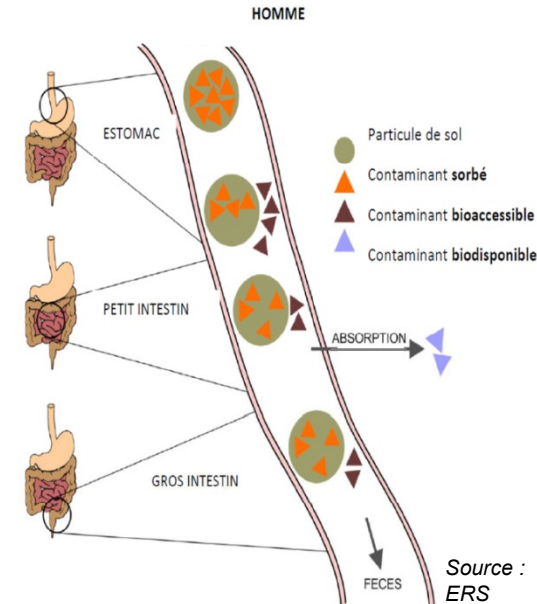
Exposition moy. de riverains – Mange-Garri (ingestion de sol et légumes autoproduits) (µg/kg PC/j)*

	Enfants	Adultes
Arsenic (zone 1)	0,034	0,0084
Arsenic (zone 2)	0,034	0,007

*évaluée à partir des données de concentration obtenues par minéralisation à l'eau régale

Cible « Enfants » :

- ♦ 70 à 80% de la DJE issus de l'ingestion de poussières de sol
- ♦ Bioaccessibilité et biodisponibilité sont donc des paramètres importants
- ♦ As : des valeurs de bioaccessibilité qui varient dans les sols (contexte historique, lithologie) – de qqes % à plusieurs 10^{aines} de %.



Teneur en As dans les sols – mg/kg (source : étude ASPITET de l'INRA)

	Gamme de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » de toutes granulométries	Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées	Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles
Arsenic	1 à 25	30 à 60	60 à 284

Teneur moy. dans le sol (mg/kg) (source : campagne BRGM)	Zones 1 et 2	Témoin
Arsenic (extraction à l'eau régale)	9 (0-5 cm) 10 (0-30 cm)	8 (0-5 cm)

Mise en perspective - Plomb

Exposition moy. de la population générale française via l'alimentation – EAT2 (µg/kg PC/j)

	Enfants	Adultes
Plomb	0,43	0,29

Exposition moy. de riverains – Mange-Garri (ingestion de sol et légumes autoproduits) (µg/kg PC/j)*

	Enfants	Adultes
Plomb (zone 1)	0,10	0,02
Plomb (zone 2)	0,16	0,027

*évaluée à partir des données de concentration obtenues par minéralisation à l'eau régale

VTR utilisée : Efsa : correspond à une plombémie critique de 12 µg/L
→ Effet neurotoxique ; perte d'1 point de QI en population.

Enquête Saturn-Inf : distribution des plombémies des enfants de 6 mois à 6 ans, France 2008-2009 (µg/L)

	Moy.	Percentiles		
		50	75	98
Plombémie estimée	14,9	14,6	19,9	46,9

Source :
HCSP

Saturn-Inf est une enquête en population générale, avec prise en compte du plan de sondage, permettant d'estimer au niveau national la prévalence d'enfants au dessus de différents niveaux de plombémie.

Teneur en Pb dans les sols – mg/kg (source : étude ASPITET de l'INRA)

	Gamme de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » de toutes granulométries	Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées	Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles
Plomb	9 à 50	60 à 90	100 à 10180

Teneur moy. dans le sol (mg/kg) (source : campagne BRGM)	Zones 1 et 2	Témoin
Plomb (extraction à l'eau régale)	36 (0-5 cm) 21 (0-30 cm)	27 (0-5 cm)