

# Demande d'Autorisation d'Exploiter un centre de tri mécanisé de déchets de chantiers et une déchèterie professionnelle, à Bonneuil-sur-Marne (94)

## COMPLEMENT SUR L'IMPACT SUR LES SOLS - COMPARAISONS AVEC LES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE (VTR)

### 1. Démarche utilisée pour l'évaluation de la relation dose-effet/dose-réponse : la comparaison aux VTR

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j). Dans le cas de l'exposition par inhalation, la concentration s'exprime généralement en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

L'évaluation quantitative de la relation entre la dose (ou la concentration) et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la **Valeur Toxicologique de Référence (VTR)**. Des VTR sont établies par diverses instances internationales ou nationales à partir de l'analyse des données toxicologiques expérimentales chez l'animal et/ou des données épidémiologiques. Ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu, deux grands types d'effets toxiques peuvent être distingués :

- **les effets à seuil** pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester. Il s'agit des effets toxiques non cancérogènes et des effets cancérogènes non génotoxique).
- **les effets sans seuil** (essentiellement les effets cancérogènes génotoxiques) pour lesquels il est difficile scientifiquement de définir de façon fiable un niveau d'exposition sans risque. La probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose.

Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Les VTR pour **les effets à seuil** sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'inhalation.

Les **effets sans seuil de dose** sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Les ERU sont définis à partir d'études épidémiologiques ou animales. Les niveaux d'exposition appliqués à l'animal sont convertis en niveaux d'exposition équivalents pour l'homme.

Cet ERU représente la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste pour une exposition vie entière à une unité de dose donnée par rapport à une population non exposée. Les dénominations proposées les plus classiques sont les suivantes :

- l'excès de risque unitaire lié à la voie d'exposition orale : ERU<sub>o</sub> ou ERU<sub>ing</sub> en  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ ,
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERU<sub>i</sub> en  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ .

Pour chacune des substances, il est systématiquement pris en compte les effets à seuil et les effets sans seuil (cancérogènes), lorsqu'ils existent.

**Dans le présent cas de figure, s'agissant d'évaluer la nocivité d'une pollution de sol, le risque considéré est le risque unitaire lié à la voie d'exposition orale.**



## 2. Critère de choix des VTR

Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent pour une même substance, le choix de l'une d'entre elles sera fait selon les critères proposés par la Circulaire DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative 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, à savoir :

- Aucune valeur toxicologique de référence n'est recensée pour une substance chimique dans l'une des 8 bases de données étrangères nationales ou internationales : Anses, US-EPA, ATSDR, l'OMS, IPCS, Health Canada, RIVM, OEHHA et EFSA. Dans ce cas, une quantification des risques n'est pas envisageable même si les données d'exposition sont exploitables. Notamment, une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP), construite pour une situation professionnelle, ne s'adapte pas à une situation de population non professionnelle car nombre de paramètres intervenant dans sa construction sont distincts, à commencer par la structure de la population (présence d'enfants et de populations fragiles). Le pétitionnaire doit toutefois mettre en parallèle la valeur mesurée à des valeurs guides comme celles de l'OMS, et à des valeurs réglementaires, en tenant compte des valeurs de bruit de fond, et proposer des mesures de surveillance ainsi que des mesures techniques de réduction des émissions.
- Une seule valeur toxicologique de référence existe, pour une voie et une durée d'exposition, dans l'une des 8 bases de données Anses, US-EPA ATSDR, OMS/IPCS, RIVM, Health Canada, OEHHA et EFSA. La VTR doit correspondre aux conditions d'exposition (durée, voies...) auxquelles la population est confrontée ; ainsi par exemple les pétitionnaires :
  - ne doivent pas utiliser une valeur toxicologique aiguë pour une exposition chronique et vice versa ;
  - ne doivent, en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, envisager aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ;
  - ne peuvent procéder à une transposition de la VTR par voie orale en une VTR par voie respiratoire (ou vice versa).
- Plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent dans les 8 bases de données (Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Health Canada, RIVM, OEHHA et EFSA) pour un même effet critique, une même voie et une même durée d'exposition.
  - Par mesure de simplification, dans la mesure où il n'existe pas de méthode de choix faisant consensus, il est recommandé au pétitionnaire de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'ANSES même si des VTR plus récentes sont proposées par les autres bases de données.
  - A défaut, si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors le prestataire devra retenir les VTR correspondantes, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente.
  - Sinon, le pétitionnaire sélectionnera la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée.
  - Si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données précédemment citées (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), le pétitionnaire utilisera la dernière VTR proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA. S'il existe des effets à seuil et sans seuil pour une même substance, il conviendra de retenir les deux VTR et faire les deux évaluations de risque.

## 3. Tableau de synthèse des VTR retenues

Les tableaux ci-après présentent pour chaque composé, la VTR associée retenue pour l'étude avec le type, l'origine et la date de publication (par voie ingestion).



Substance	Effet	Cible/effet	Avec Seuil / Sans seuil	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Benzo pyrène	Cancérogène	Système digestif, hépatique, rénal, immunitaire	Sans seuil	-	ERUo = 7,3 (mg/kg/j)-1	US EPA (1994)
Benzène	Cancérogène	Système Hématopoïétique, système immunitaire	Avec seuil	300	RfD = 4.10-3 mg/kg/j	US EPA (2003)
			Sans seuil	-	ERUo entre 1,5 et 5,5.10-2 (mg/kg/j)-1	US EPA (2000)
Toluène	Non cancérogène	Système neurologique, hépatique, rénal	Avec seuil	3000	RfD = 0,08 mg/kg/j	US EPA (2005)
m,p-xylène	Non cancérogène	ND (*)	Avec seuil	300	Draft MRL = 0.6 mg/kg/j	ATSDR (2005)
o-xylène	Non cancérogène	ND (*)	Avec seuil	-	RfD= 6.10-2 mg/kg/j	US EPA (1985)
Chlorure de vinyle (**)	Cancérogène	Système hépatique, sanguin	Avec seuil	30	MRL = 3.10-3 mg.kg-1.j-1	ATSDR (2006)
			Sans seuil	-	ERUo = 0.625 (mg.kg-1.j-1)-1	ANSES (2012)
Cuivre	Non cancérogène	Système hépatique, neurologique, cardiaque, immunitaire, rénal	Avec seuil	30	TDI = 140 µg/kg/j	RIVM (2001)
Zinc (**)	Non cancérogène	Système digestif, sanguin, immunitaire	Avec seuil	3	MRL = 0,3mg zinc/kg/j	ATSDR (1994)
Nickel	Cancérogène	Système rénal, hépatique, cardiaque, pulmonaire	Avec seuil	1000	TDI = 5 µg/kg/j	OMS (2004)
PCB	Non cancérogène	Tissus adipeux, système hépatique, neurologique	Avec seuil	300	DJT = 0,02 mg/kg/j	OMS (2003)
			Sans seuil	-	ERUo = 2,0 (mg/kg/j) –1 (risque et persistance élevés) ERUo = 0,4 (mg/kg/j) –1 (risque et persistance faibles) ERUo = 0,07 (mg/kg/j) –1 (risque et persistance les plus bas)	US EPA (1997)
HAPs		Pas de VTR disponible, se rapporter au benzo pyrène qui peut être un bon indicateur				
HCT C10-C40		Pas de VTR disponible				



(\*) Non déterminé

(\*\*) Substances uniquement présentes dans les eaux sous-terraines, et non dans le sol. Compte tenu de la très faible probabilité d'ingestion des eaux souterraines, ces substances n'ont été retenues pour la poursuite de l'étude.

Lexique : autres termes utilisés pour qualifier la VTR :

MRL : Minimum Risk Level (terme utilisé par ATSDR)

RfD : Reference Dose (terme utilisé par US EPA)

TDI : Tolerable Daily Intake

DJT : Dose Journalière Tolérable

Source :

4. INERIS - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques (portail des substances chimiques)
5. ANSES – Liste des valeurs toxicologiques de référence (VTR) construites par l'ANSES et Sélection des valeurs toxicologiques de référence de l'Anses
6. Estimation des niveaux d'exposition – exposition par ingestion

La détermination des concentrations dans les sols a été évaluée à partir des analyses de sols du rapport SOCOTEC de 2014, dans lequel figurent les concentrations mesurées dans le sol des différents polluants détectés.

La méthodologie retenue pour l'évaluation de la quantité de polluant ingéré par un individu est la suivante : une dose d'exposition a été calculée respectivement pour les adultes et pour les enfants, à partir de la formule générique ci-dessous :

$$DJE_{i,s} = \frac{C_{i,s} * Q_{sol} * T * F}{P * T_m}$$

avec :  $DJE_{i,s}$  : dose journalière du composé i liée à l'ingestion de sols (en mg/kg/j)

$C_{i,s}$  : concentration du composé i dans les sols (mg/kg)

$Q_{sol}$  : taux d'ingestion de sols (150 mg/j de sol pour les enfants, 50 mg/j de sol pour les adultes)

T : durée d'exposition (années ; 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants)

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an, = 1 ici, majorant)

P : poids corporel de la cible ((kg = 60 kg pour les adultes et 15 kg pour les enfants))

$T_m$  : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée ( $T_m = T$  pour les effets à seuil et  $T_m = 70$  ans pour les effets sans seuil)

Cette formule permet de tenir compte de la différence de comportement entre enfants et adultes, car étant donné leur plus faible poids corporel, ils sont généralement soumis à une dose journalière d'exposition plus importante que celle d'un adulte, pour un même niveau de concentration environnementale.

Les résultats de l'évaluation de la dose moyenne d'exposition obtenus pour chaque polluant retenu figurent dans le tableau ci-dessous (le détail de calculs est donné en fin d'annexe) :

Doses moyennes d'exposition en mg/kg/j pour les effets toxiques **à seuil** (correspondant à l'échantillon le plus impactant lorsque la contamination a été identifiée à plusieurs endroits du site) :



Polluants	DJE ingestion (mg/kg/j)	
	Adulte	Enfant
Benzène	2.5 E-07	3.0 E-06
Toluène	5.7 E-07	6.9 E-06
m,p-xylène	6.0 E-07	4.2 E-06
o-xylène	1.6 E-07	1.9 E-06
Cuivre	2.9 E-04	3.5 E-03
Nickel	1.4 E-04	1.7 E-03
PCB	3.3 E-07	4.0 E-06

Doses moyennes d'exposition en mg/kg/j pour les effets toxiques **sans seuil** (correspondant à l'échantillon le plus impactant lorsque la contamination a été identifiée à plusieurs endroits du site) :

Polluants	DJE ingestion (mg/kg/j)		
	Adulte	Enfant	Vie entière
Benzo pyrène	1.3 E-06	3.2 E-06	5.0 E-5
Benzène	1.0 E-07	2.6 E-07	4.1 E-06
PCB	1.4 E-07	3.4 E-07	5.5 E-06

#### 7. Caractérisation des risques – méthodologie utilisée

- Estimation du risque pour les substances **à effet de seuil**

On définit un quotient de danger (QD) ou un indice de risque (IR) pour la voie d'exposition par ingestion de la manière suivante :

$$QDo = \frac{DJE_{i,ING}}{VTR_{ing}}$$

Avec :

- QDo : Quotient de Danger pour la voie orale
- $DJE_{ing}$  : Dose journalière d'exposition par ingestion pour les effets à seuil
- $VTR_{ing}$  : Valeur Toxicologique pour la voie d'exposition par ingestion

**Un QD inférieur à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine**, alors qu'un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement. Lorsque le QD est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît donc peu probable.

Conformément à la méthodologie préconisée dans le guide INERIS et par l'OPERSEI<sup>1</sup>, les quotients de danger seront sommés par voie d'exposition et par organes cibles.

- Estimation du risque pour les substances **sans effet de seuil**

Pour les effets sans seuil et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

$$ERI = DJE (ing^{\circ}) \times ERU_{ing}$$

---

OPERSEI : Observatoire de pratiques des évaluations de risque sanitaire des études d'impact



Avec :

- $ERI_o$  : Excès de Risque Individuel pour la voie orale
- $DJE_{ing}$  : Dose journalière d'exposition par ingestion pour les effets sans seuil
- $ERU_a$  : Excès de Risque Unitaire pour la voie d'exposition par ingestion

Les ERI s'expriment sous la forme mathématique suivante  $10^{-n}$ . Par exemple, un excès de risque individuel de  $10^{-5}$  représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées vie entière.

**Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable.** Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de  $10^{-5}$  (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les Valeurs Guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) [OMS, 1993]. **La Circulaire du 8 février 2007 relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, du Ministère chargé de l'environnement, recommande le niveau de risque acceptable, « usuellement [retenu] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de  $10^{-5}$ .**

#### 8. Caractérisation des risques – résultats obtenus pour les effets à seuils

Conformément à la méthodologie préconisée dans le guide INERIS et par l'OPERSEI, les quotients de danger seront sommés par organes cibles.

Une VTR est spécifique d'un effet critique sur un organe cible. Pour pouvoir appliquer cette VTR à un autre organe cible que celui de l'effet critique il faudrait disposer des éléments de toxicologie prouvant que le mécanisme d'action et le seuil d'effet sur les autres organes sont identiques. C'est la raison pour laquelle, l'OPERSEI préconise de baser les regroupements de QD uniquement sur les organes cibles principaux (ayant servi à la construction de la VTR).

Il est à noter que cette démarche reste source d'incertitude dans la mesure où les mécanismes d'action toxiques mis en œuvre ne sont pas toujours les mêmes et dans la mesure où en effet, une substance peut avoir des effets sur un autre organe cible que celui ayant conduit à la VTR.

Les organes cibles critiques pour les effets toxiques à seuils sont récapitulés dans le tableau suivant :

Organes cibles	Substances
Système rénal	Toluène, cuivre
Système hématopoïétique	Benzène
Système neurologique	Toluène, cuivre, PCB, m,p-xylène (*)
Système cardiaque	Cuivre, nickel
Système pulmonaire	Nickel
Système immunitaire	Benzène, cuivre
Système hépatique	Toluène, cuivre, nickel, PCB, o-xylène (*)
Tissus adipeux	PCB

(\*) Pour ces polluants, aucun organe cible critique n'a été mis en évidence lors de la construction de la VTR. L'organe cible spécifié dans ce tableau correspond alors à ceux reconnus pour ces substances.

**Quotients de danger par substance** – exposition par ingestion (correspondant à l'échantillon le plus impactant lorsque la contamination a été identifiée à plusieurs endroits du site) :



Polluants	VTR (mg/kg.j <sup>-1</sup> )	QDo sol	
		Adulte	Enfant
Benzène	4,30E-03	5,80E-05	6,96E-04
Toluène	8,00E-02	7,17E-06	8,61E-05
m,p-xylène	6,00E-01	9,98E-07	1,20E-05
o-xylène	6,00E-02	2,58E-06	3,09E-05
Cuivre	1,40E-01	2,08E-03	2,50E-02
Nickel	5,00E-03	2,86E-02	3,44E-01
PCB	2,00E-02	1,66E-05	1,99E-04
<b>QD sommé</b>		<b>3,08E-02</b>	<b>3,70E-01</b>

L'examen de ces tableaux montre que le quotient de danger de chacun des polluants pris séparément est inférieur à la valeur repère de 1, au niveau du récepteur le plus impacté. Le quotient le plus élevé concerne le nickel.

Malgré le fait que les effets des substances retenues ne portent pas sur les mêmes organes cibles, un quotient de danger sommé a été calculé en sommant l'ensemble des QD de chaque substance. Il est de  $3,70 \cdot 10^{-1}$  pour les enfants les plus exposés donc inférieur à la valeur repère de 1. La part du nickel dans ce risque global est de l'ordre de 90%.

Conformément à la méthodologie préconisée dans le guide INERIS, nous avons sommé les quotients de dangers en fonction des organes cibles.

**Quotients de danger par organe cible – exposition par ingestion** (correspondant à l'échantillon le plus impactant lorsque la contamination a été identifiée à plusieurs endroits du site)

	Valeur Repère	QDo	
		Adulte	Enfant
QD Système rénal	1	2,09E-03	2,50E-02
QD Système hématopoïétique	1	5,80E-05	6,96E-04
QD Système neurologique	1	2,10E-03	2,53E-02
QD Système cardiaque	1	3,07E-02	3,69E-01
QD Système pulmonaire	1	2,86E-02	3,44E-01
QD Système immunitaire	1	2,14E-03	2,57E-02
QD Système hépatique	1	3,07E-02	3,69E-01
QD Tissus adipeux	1	1,66E-05	1,99E-04

Aucun quotient de danger n'est supérieur à la valeur seuil de 1 ; le risque le plus élevé au niveau des enfants concerne le système hépatique et le système cardiaque.

Dans les conditions d'études retenues, l'ensemble de ces résultats permet d'écartier avec une certaine marge de sécurité la survenue d'effets toxiques à seuil liés à la présence de contaminant dans le sol sur le site, que l'on considère les effets des agents dangereux pris individuellement ou collectivement par type d'effet.

Par conséquent, **le risque sanitaire chronique lié à l'ingestion des polluants contenu dans le sol est non significatif pour les effets à seuil.**



## 9. Caractérisation des risques – résultats obtenus pour les effets sans seuils

**Excès de risque individuel** – Exposition par ingestion (correspondant à l'échantillon le plus impactant lorsque la contamination a été identifiée à plusieurs endroits du site)

Polluants	VTR (mg/kg/j) <sup>-1</sup>	ERI ingestion		
		Adulte	Enfant	Vie entière
Benzo-pyrène	7,30	9,57 E-06	2,30 E-05	3,67 E-04
Benzène	1,50 E-02	1,60 E-09	3,85 E-09	6,16 E-08
PCB	7,00 E-02	9,96 E-09	2,39 E-08	3,83 E-07

Dans le domaine d'étude et sur périmètre du site, l'excès de risque individuel au point le plus impacté est de l'ordre de  $3,7 \cdot 10^{-4}$ , correspondant à l'excès de risque individuel du benzo-pyrène (les autres valeurs étant largement inférieures). Cette valeur est supérieure à la valeur repère de  $10^{-5}$ .

Cependant, il correspond à une exposition sur l'ensemble de la durée de vie d'un individu. Le centre de tri de Bonneuil sur Marne projeté, objet de la présente évaluation du risque sanitaire lié à la présence de polluant dans le sol, étant le lieu d'une activité professionnelle, les principaux individus exposés sont les salariés, c'est-à-dire sur une durée plus restreinte, et correspondant à un mode d'exposition d'adulte.

Par conséquent, la valeur pertinente pour la caractérisation du risque engendré par les polluants à effet sans seuil est de l'ordre de  $9,6 \cdot 10^{-6}$ , inférieur à la valeur repère de  $10^{-5}$ , toujours pour le benzo-pyrène.

Par ailleurs, le programme de travaux à mener sur le site dans le cadre de l'aménagement du centre multifilières prévoit la réalisation de dallage et de revêtements extérieurs (voiries engins) au droit des zones où la présence de contaminants a été mise en évidence. **Ces aménagements permettront d'éviter tout contact direct avec ces contaminations ponctuelles, et réduisent ainsi tout risque sanitaire en découlant.**

En conclusion, **le risque sanitaire cancérigène, vis-à-vis du futur personnel d'exploitation en premier lieu, et par conséquent vis-à-vis des personnes extérieures au site, lié à l'ingestion des polluants contenus dans le sol de la future installation peut être jugé non significatif.**





Détail des calculs :

Calcul de la dose journalière d'exposition par les effets toxiques à seuil et sans seuil, en cas d'ingestion par voie orale

HAP benzo pyrène									
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Sans seuil (mg/kg/j)-1		Avec seuil (mg/kg/j)						
VTR	7,30E+00		ND						
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion			
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie	
<b>Analyse sur les sols</b>									
S9	91,5								
S12	81,2								
S18	91								
S19	92,7	3,10E-01	3,27E-07	7,85E-07	1,26E-05				
S21	90,9	9,50E-01	1,02E-06	2,45E-06	3,93E-05				
S24	94,5								
S26	94,1								
S27	92	4,10E-01	4,36E-07	1,05E-06	1,67E-05				
S28	82,5								
S30	95,5								
S31	84,6	7,70E-01	8,91E-07	2,14E-06	3,42E-05				
S39	82,1	1,10E+00	1,31E-06	3,15E-06	5,03E-05				
<b>Analyse sur les eaux sous-terraines</b>									
		en µg/L							
PZ1									
PZ2									

BTEX Benzène									
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Sans seuil (mg/kg/j)-1		Avec seuil (mg/kg/j)						
VTR	1,50E-02		4,30E-03						
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion			
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie	
<b>Analyse sur les sols</b>									
S9	91,5	1,00E-01	1,07E-07	2,57E-07	4,11E-06	2,50E-07	2,99E-06	NC	
S12	81,2								
S18	91								
S19	92,7								
S21	90,9								
S24	94,5								
S26	94,1								
S27	92								
S28	82,5								
S30	95,5								
S31	84,6								
S39	82,1								
<b>Analyse sur les eaux sous-terraines</b>									
		en µg/L							
PZ1									
PZ2									

BTEX toluène									
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Sans seuil (mg/kg/j)-1		Avec seuil (mg/kg/j)						
VTR			4,30E-03						
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion			
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie	
<b>Analyse sur les sols</b>									
S9	91,5	2,30E-01				5,74E-07	6,89E-06	NC	
S12	81,2								
S18	91								
S19	92,7								
S21	90,9								
S24	94,5								
S26	94,1								
S27	92								
S28	82,5								
S30	95,5								
S31	84,6								
S39	82,1								
<b>Analyse sur les eaux sous-terraines</b>									
		en µg/L							
PZ1									
PZ2									

BTEX m,p-xylène									
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Sans seuil (mg/kg/j)-1		Avec seuil (mg/kg/j)						
VTR			1,00E+00						
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion			
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie	
<b>Analyse sur les sols</b>									
S9	91,5	2,40E-01				5,99E-07	7,19E-06	NC	
S12	81,2								
S18	91								
S19	92,7								
S21	90,9								
S24	94,5								
S26	94,1								
S27	92								
S28	82,5								
S30	95,5								
S31	84,6								
S39	82,1								
<b>Analyse sur les eaux sous-terraines</b>									
		en µg/L							
PZ1									
PZ2									

BTEX o-xylène									
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Sans seuil (mg/kg/j)-1		Avec seuil (mg/kg/j)						
VTR			6,00E-02						
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion			
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie	
<b>Analyse sur les sols</b>									
S9	91,5	6,20E-02				1,55E-07	1,86E-06	NC	
S12	81,2								
S18	91								
S19	92,7								
S21	90,9								
S24	94,5								
S26	94,1								
S27	92								
S28	82,5								
S30	95,5								
S31	84,6								
S39	82,1								
<b>Analyse sur les eaux sous-terraines</b>									
		en µg/L							
PZ1									
PZ2									

COHV Chlorure de Vinyle									
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Sans seuil (mg/kg/j)-1		Avec seuil (mg/kg/j)						
VTR (mg/kg/j)-1			4,30E-03						
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion			
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie	
<b>Analyse sur les sols</b>									
S9	91,5								
S12	81,2								
S18	91								
S19	92,7								
S21	90,9								
S24	94,5								
S26	94,1								
S27	92								
S28	82,5								
S30	95,5								
S31	84,6								
S39	82,1								
<b>Analyse sur les eaux sous-terraines</b>									
		en µg/L							
PZ1									
PZ2		4				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

eaux souterraines : on suppose pas de contact ni ingestion par les individus



ETM								
Cu								
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)			Sans seuil (mg/kg/j)-1			Avec seuil (mg/kg/j)		
VTR			1,40E-01					
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion		
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie
<b>Analyse sur les sols</b>								
	MS % brut	en mg/kg MS						
S9	91,5							
S12	81,2							
S18	91							
S19	92,7							
S21	90,9							
S24	94,5							
S26	94,1	1,20E+02				2,91E-04	3,49E-03	NC
S27	92							
S28	82,5							
S30	95,5							
S31	84,6							
S39	82,1							

Analyse sur les eaux sous-terraines								
	en µg/L							
PZ1	11		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
PZ2								

eaux souterraines : on suppose pas de contact ni ingestion par les individus

ETM								
Zn								
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)			Sans seuil (mg/kg/j)-1			Avec seuil (mg/kg/j)		
VTR			3,00E-01					
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion		
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie
<b>Analyse sur les sols</b>								
	MS % brut	en mg/kg MS						
S9	91,5							
S12	81,2							
S18	91							
S19	92,7							
S21	90,9							
S24	94,5							
S26	94,1							
S27	92							
S28	82,5							
S30	95,5							
S31	84,6							
S39	82,1							

Analyse sur les eaux sous-terraines								
	en µg/L							
PZ1	11		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
PZ2	7,7		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

eaux souterraines : on suppose pas de contact ni ingestion par les individus

ETM								
Ni								
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)			Sans seuil (mg/kg/j)-1			Avec seuil (mg/kg/j)		
VTR (mg/kg/j)-1			2,00E-02					
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion		
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie
<b>Analyse sur les sols</b>								
	MS % brut	en mg/kg MS						
S9	91,5							
S12	81,2							
S18	91							
S19	92,7							
S21	90,9							
S24	94,5							
S26	94,1	5,90E+01				1,43E-04	1,72E-03	NC
S27	92							
S28	82,5							
S30	95,5							
S31	84,6							
S39	82,1							

Analyse sur les eaux sous-terraines								
	en µg/L							
PZ1								
PZ2								

PCB								
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)			Sans seuil (mg/kg/j)-1			Avec seuil (mg/kg/j)		
VTR			7,00E-02			2,00E-02		
Calcul de la dose journalière d'exposition	Analys de sol		DJE ingestion			DJE ingestion		
	MS % brut	en mg/kg MS	Adulte	Enfant	A vie	Adulte	Enfant	A vie
<b>Analyse sur les sols</b>								
	MS % brut	en mg/kg MS						
S9	91,5							
S12	81,2	0,022	2,65E-08	6,36E-08	1,02E-06	6,19E-08	7,42E-07	NC
S18	91	0,013	1,40E-08	3,35E-08	5,37E-07	3,26E-08	3,91E-07	NC
S19	92,7	0,003	3,17E-09	7,60E-09	1,22E-07	7,39E-09	8,87E-08	NC
S21	90,9							
S24	94,5	0,026	2,69E-08	6,46E-08	1,03E-06	6,28E-08	7,54E-07	NC
S26	94,1	0,051	5,30E-08	1,27E-07	2,04E-06	1,24E-07	1,48E-06	NC
S27	92							
S28	82,5	0,12	1,42E-07	3,42E-07	5,47E-06	3,32E-07	3,99E-06	NC
S30	95,5	0,007	7,17E-09	1,72E-08	2,75E-07	1,67E-08	2,01E-07	NC
S31	84,6							
S39	82,1	0,002	2,38E-09	5,72E-09	9,15E-08	5,56E-09	6,67E-08	NC
<b>Analyse sur les eaux sous-terraines</b>								
	en µg/L							
PZ1								
PZ2								

			adulte	enfant	effets à seuil	effet sans seuil
C <sub>i,s</sub>	concentration du composé i dans le sol	mg/kg				
Q <sub>sol</sub>	taux d'ingestion de sols	mg/j	50	150		
T	durée d'exposition	années	30	6		
F	fréquence d'exposition (nbr de jour d'exposition par an)	jour /an				
P	pooids corporel de la cible		60	15		
T <sub>m</sub>	période de temps sur laquelle l'exposition est moyenne				T	70

Nota :  
 La durée d'exposition (T) sera prise égale a 30 ans correspondant au 90eme percentile de la distribution des durees de residence, en France, d'après les abonnements a EDF. Cette duree est preconisee par l'INERIS et l'Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques.  
 Pour les enfants, le temps d'exposition est pris égal a 6 ans.  
 Pour le scenario « vie entière », le temps d'exposition aux substances sans seuil d'effet (cancerogenes genotoxiques) se decompose de la facon suivante : 6 ans d'exposition vie enfant et 24 ans d'exposition vie adulte.



Eléments avec effet de seuil : calcul du quotient de danger

BTEX			BTEX			BTEX			BTEX		
Benzène			toluène			m,p-xylène			o-xylène		
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Avec seuil (mg/kg/j)		Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Avec seuil (mg/kg/j)		Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Avec seuil (mg/kg/j)		Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Avec seuil (mg/kg/j)	
VTR	4,30E-03		VTR	8,00E-02		VTR	6,00E-01		VTR	6,00E-02	
Quotient de danger			Quotient de danger			Quotient de danger			Quotient de danger		
	Adulte	Enfant		Adulte	Enfant		Adulte	Enfant		Adulte	Enfant
<b>Analyse sur les sols</b>			<b>Analyse sur les sols</b>			<b>Analyse sur les sols</b>			<b>Analyse sur les sols</b>		
S9	5,80E-05	6,96E-04	S9	7,17E-06	8,61E-05	S9	9,98E-07	1,20E-05	S9	2,58E-06	3,09E-05
S12			S12			S12			S12		
S18			S18			S18			S18		
S19			S19			S19			S19		
S21			S21			S21			S21		
S24			S24			S24			S24		
S26			S26			S26			S26		
S27			S27			S27			S27		
S28			S28			S28			S28		
S30			S30			S30			S30		
S31			S31			S31			S31		
S39			S39			S39			S39		

ETM			ETM			PCB		
Cu			Ni			Type de VTR (avec seuil, sans seuil)		
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Avec seuil (mg/kg/j)		Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Avec seuil (mg/kg/j)		Type de VTR (avec seuil, sans seuil)	Avec seuil (mg/kg/j)	
VTR	1,40E-01		VTR (mg/kg/j)-1	5,00E-03		VTR (mg/kg/j)-1	2,00E-02	
Quotient de danger			Quotient de danger			Quotient de danger		
	Adulte	Enfant		Adulte	Enfant		Adulte	Enfant
<b>Analyse sur les sols</b>			<b>Analyse sur les sols</b>			<b>Analyse sur les sols</b>		
S9			S9			S9		
S12			S12			S12	3,09E-06	3,71E-05
S18			S18			S18	1,63E-06	1,96E-05
S19			S19			S19	3,69E-07	4,43E-06
S21			S21			S21		
S24			S24			S24	3,14E-06	3,77E-05
S26	2,08E-03	2,50E-02	S26	2,86E-02	3,44E-01	S26	6,19E-06	7,42E-05
S27			S27			S27		
S28			S28			S28	1,66E-05	1,99E-04
S30			S30			S30	8,37E-07	1,00E-05
S31			S31			S31		
S39			S39			S39	2,78E-07	3,34E-06



Eléments sans effet de seuil : calcul de l'excès de risque individuel

HAP				BTEX			
benzo pyrène				Benzène			
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)		Sans seuil (mg/kg/j)-1		Type de VTR (avec seuil, sans seuil)		Sans seuil (mg/kg/j)-1	
VTR		7,30E+00		VTR		1,50E-02	
<b>Excès de risque individuel</b>				<b>Excès de risque individuel</b>			
	Adulte	Enfant	A vie		Adulte	Enfant	A vie
<b>Analyse sur les sols</b>				<b>Analyse sur les sols</b>			
S9				S9	1,60E-09	3,85E-09	6,16E-08
S12				S12			
S18				S18			
S19	2,39E-06	5,73E-06	9,17E-05	S19			
S21	7,47E-06	1,79E-05	2,87E-04	S21			
S24				S24			
S26				S26			
S27	3,18E-06	7,64E-06	1,22E-04	S27			
S28				S28			
S30				S30			
S31	6,50E-06	1,56E-05	2,50E-04	S31			
S39	9,57E-06	2,30E-05	3,67E-04	S39			

PCB			
Type de VTR (avec seuil, sans seuil)		Sans seuil (mg/kg/j)-1	
VTR (mg/kg/j)-1		7,00E-02	
<b>Excès de risque individuel</b>			
	Adulte	Enfant	A vie
<b>Analyse sur les sols</b>			
S9			
S12	1,86E-09	4,45E-09	7,13E-08
S18	9,78E-10	2,35E-09	3,76E-08
S19	2,22E-10	5,32E-10	8,51E-09
S21			
S24	1,88E-09	4,52E-09	7,24E-08
S26	3,71E-09	8,91E-09	1,43E-07
S27			
S28	9,96E-09	2,39E-08	3,83E-07
S30	5,02E-10	1,20E-09	1,93E-08
S31			
S39	1,67E-10	4,00E-10	6,41E-09