



# GALLOO FRANCE

SITE DE VERNUILLET

---

## PORTER A CONNAISSANCE

---

### Annexe 0 : Etude d'impacts sanitaires



## Table de matières

Volet I. Analyse de l'état initial .....	4
1 Cadre socio-économique .....	4
1.1 Population de l'aire d'étude .....	4
1.2 Urbanisation .....	5
1.3 Etablissements Recevant du Public (ERP) et établissements sensibles dans la zone d'étude5	
2 Environnement .....	9
2.1 Agriculture et élevage.....	9
2.2 Chasse et pêche.....	10
2.3 Points de captages d'eau .....	10
3 IDENTIFICATION DES DANGERS.....	11
3.1 Qualification des émissions de GALLOO .....	11
3.2 Quantification des émissions de GALLOO .....	11
4 CHOIX DES SUBSTANCES TRACEURS DE RISQUES .....	13
5 EFFETS DES SUBSTANCES ETUDIEES CHEZ L'HOMME : RELATION DOSE - REPONSE	16
5.1 Principe et généralités .....	16
5.2 Caractéristiques des polluants émis, leur dangerosité et les valeurs toxicologiques associées .....	19
6 EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS .....	23
6.1 Introduction.....	23
6.2 Hypothèses retenues pour la mise en œuvre du modèle.....	24
6.3 Résultats obtenus et commentaires .....	27
6.4 CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE .....	30
8 Conclusion.....	38
9 Facteurs d'incertitude liés à l'étude .....	39

## Liste des figures

Figure 1 : Délimitation du périmètre d'étude .....	4
Figure 2 : Urbanisation proche du site étudié.....	5
Figure 3 : Implantation des établissements scolaire à proximité du site étudié .....	6
Figure 4 : Établissements de santé dans l'environnement du site .....	7
Figure 5 : Centres sportifs dans l'environnement proche du site .....	8
Figure 6 : Zones agricoles et zones d'élevages (Sources : Agreste) .....	9
Figure 7 : Zones agricoles environnantes (Source : Géoportail).....	9
Figure 8 : Zones de pêches environnante (Source : peche28) .....	10
Figure 9 : Point de captage d'eau dans la zone d'étude (Source : bnpe.eaufrance) .....	10
Figure 10 : Concentrations en polluant en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air au niveau du sol – Poussières PM2.5 .....	28
Figure 11 : Concentrations en polluant en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air au niveau du sol – Chrome VI .....	28
Figure 12: Concentrations en polluant en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air au niveau du sol – Mercure .....	29
Figure 13: Concentrations en polluant en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air au niveau du sol – Arsenic .....	29

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Communes dans la zone d'étude.....	4
Tableau 2 : Population des communes dans la zone d'étude.....	5
Tableau 3 : Détail du nombre d'élèves des établissements scolaires environnants .....	6
Tableau 4 : Flux massiques des substances émises .....	12
Tableau 5 : Caractéristiques des sources d'émission .....	24
Tableau 6 : Caractérisation du risque sanitaire.....	30
Tableau 7 : Incertitudes liées à l'étude .....	39

## Volet I. Analyse de l'état initial

### 1 Cadre socio-économique

L'aire d'étude est limitée à un rayon de 2 km depuis le centre du site.

#### 1.1 Population de l'aire d'étude

La zone d'étude de la population est délimitée à un rayon de 2 km autour du site afin de déterminer les communes sur lesquelles porte l'analyse des intérêts à protéger (rayon d'affichage des rubriques 2790 et 2791, rubriques pour lequel le site est soumis à autorisation).

Le périmètre est représenté sur la figure ci-après :



Figure 1 : Délimitation du périmètre d'étude

Les communes dans la zone d'étude sont reprises dans le tableau suivant :

Communes
VERNOUILLET
DREUX
VERT-EN-DROUAIS
LOUVILLIERS-EN-DROUAIS
ALLAINVILLE
GARNAY

Tableau 1 : Communes dans la zone d'étude

La population de chacune des communes concernées par l'aire d'étude est présentée dans le tableau ci-dessous :

Communes	Population (2018)
VERNOUILLET	12 522
DREUX	30 664
VERT-EN-DROUAIS	1 075
LOUVILLIERS-EN-DROUAIS	200
ALLAINVILLE	142
GARNAY	898

Tableau 2 : Population des communes dans la zone d'étude

## 1.2 Urbanisation

Le site est implanté dans une zone industrielle, cette zone étant elle-même accolée à une zone dédiée à l'habitation. L'habitation la plus proche du site se trouve directement à l'Est de ce dernier, à environ 50 m du bâtiment principal.



Figure 2 : Urbanisation proche du site étudié

## 1.3 Etablissements Recevant du Public (ERP) et établissements sensibles dans la zone d'étude

### 1.3.1 Etablissements scolaires

Les établissements scolaires présents dans l'environnement proche du site sont représentés sur la carte suivante. Par les établissements identifiés se trouvent les crèches, les écoles maternelles et primaires, les collèges et les lycées

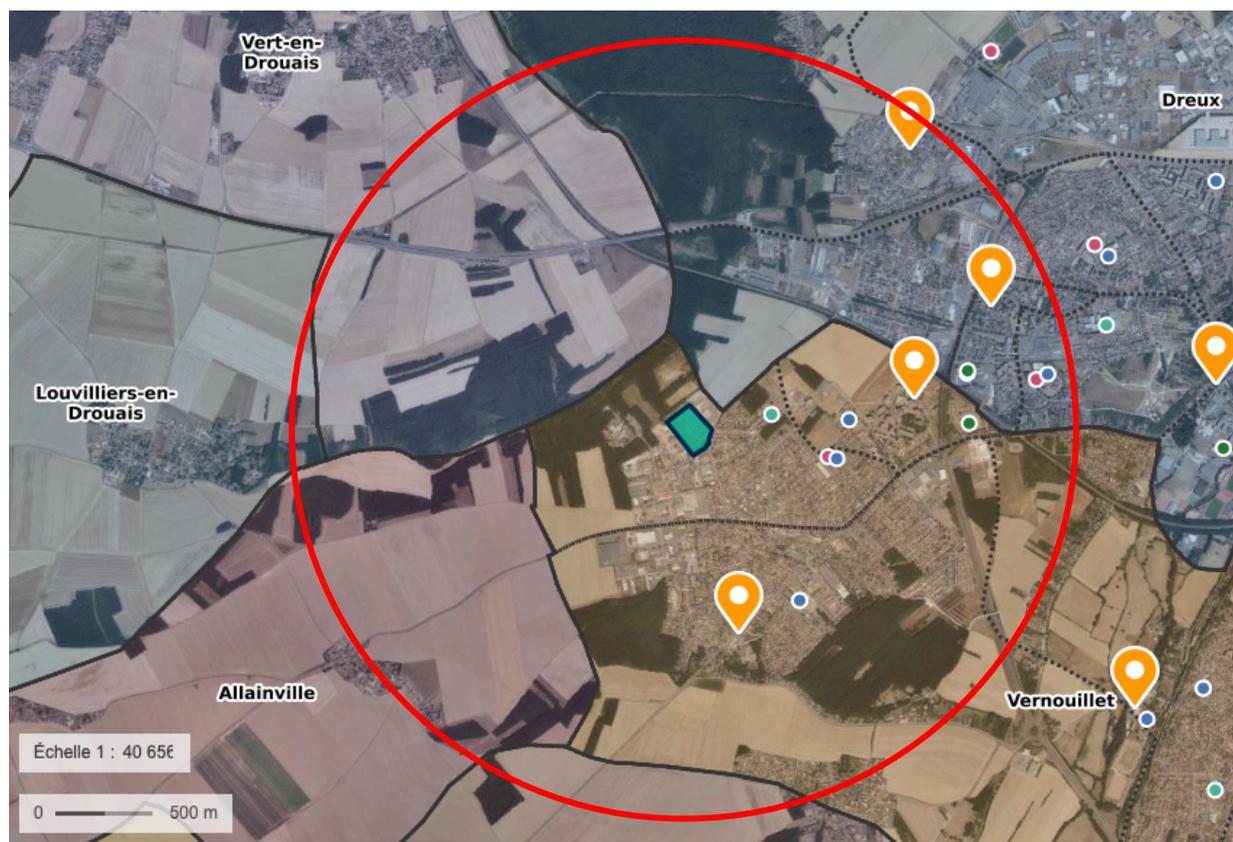


Figure 3 : Implantation des établissements scolaire à proximité du site étudié

Le détail des effectifs des établissements dans le périmètre d'étude est repris ci-dessous :

Communes	Crèches	Enseignement primaire	Enseignement secondaire
VERNOUILLET	24 (2)	847 (4)	840 (2)
DREUX	77 (2)	381 (2)	205 (1)
VERT-EN-DROUAIS	Pas d'établissement dans le périmètre de 2 km		
LOUVILLIERS-EN-DROUAIS	Aucun établissement identifié dans la commune		
ALLAINVILLE	Aucun établissement identifié dans la commune		
GARNAY	Pas d'établissement dans le périmètre de 2 km		

Nota : le nombre d'établissements correspondant est indiqué entre parenthèses  
Tableau 3 : Détail du nombre d'élèves des établissements scolaires environnants

La liste des établissements dans le périmètre, avec leur adresse et leurs coordonnées Lambert II étendu, est donnée ci-après :

Communes	Établissement	Adresse	Coordonnées Lambert II étendu (X ; Y) (km)
VERNOUILLET	Collège Marcel Pagnol	Boulevard Marcel Pagnol	525,93 ; 2415,55
	École élémentaire Louis Pergaud	1 Rue de l'Épinay	526,06 ; 2414,57
	École primaire Gérard Philippe	Rue Jean Vilar	526,26 ; 2415,31
	École maternelle Gérard Philippe	Rue Jean Vilar	526,21 ; 2415,32

	École primaire Jules Vallès	Rue Gérard Philipe	526,33 ; 2415,52
	Crèche « Doudou et Tétine »	89 route de Crécy	525,74 ; 2414,41
	Lycée professionnel Maurice Violette	Rue Pablo Neruda, DREUX	526,95 ; 2415,48
	Halte-Garderie « Pomme d'Api »	9 rue Jean Bart	526,66 ; 2415,61
DREUX	Lycée professionnel Gilbert Courtois	2 rue Salvador Allende	526,94 ; 2415,74
	École maternelle Docteur Semmelweis	Boulevard de l'Europe	527,3 ; 2415,71
	École primaire Prévert-Beullac	Boulevard de l'Europe	527,36 ; 2415,74
	Multi-accueil « Capucine et Pirouette »	Boulevard de l'Europe	527,08 ; 2416,11
	Maison de la petite enfance	11 rue des Grandes Bruyères	526,66 ; 2416,91

### 1.3.2 Établissements de santé

Les établissements de santé, parmi lesquels sont identifiés les cliniques, hôpitaux, établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD) et établissements d'accueil pour adultes handicapés, sont présentés sur la carte ci-après.

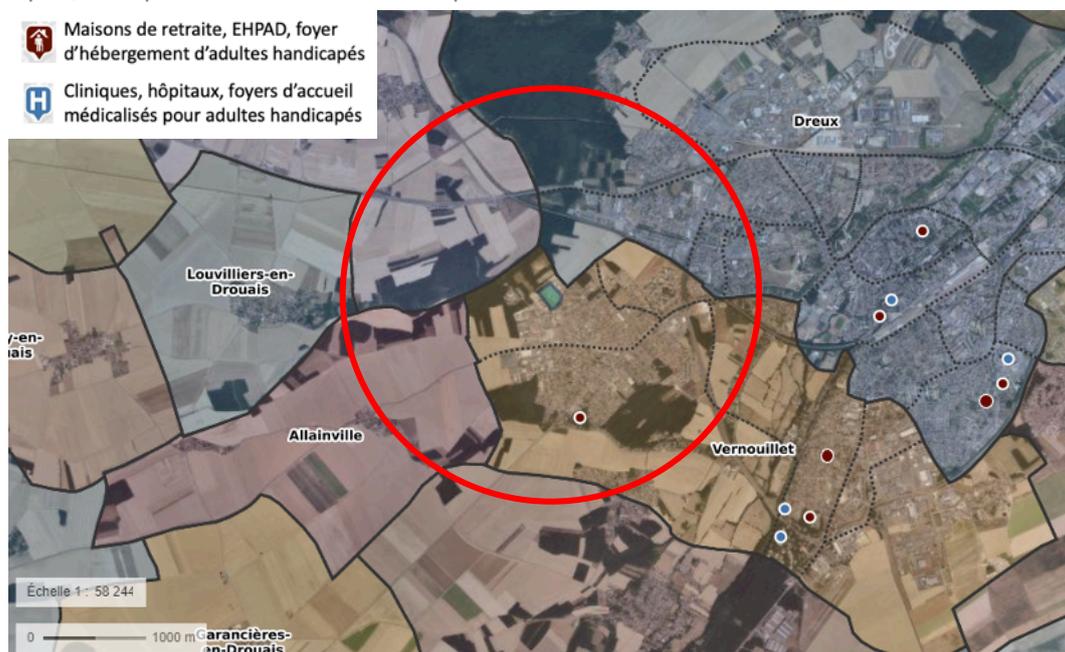


Figure 4 : Établissements de santé dans l'environnement du site

Le seul établissement dans le périmètre d'étude est l'EHPAD Résidence Bois de l'Épinay, 5 allée du Docteur Schweitzer, à VERNOUILLET (coordonnées Lambert II étendu en km : (525,71 ; 2414,29)). Cet établissement dispose d'une capacité d'accueil de 105 résidents.

### 1.3.3 Autres ERP

#### ➤ Centres sportifs

Les différents centres sportifs dans l'environnement proche du site sont présentés sur la carte ci-après.



Figure 5 : Centres sportifs dans l'environnement proche du site

Les complexes sportifs présents dans le périmètre d'étude ainsi que leurs coordonnées Lambert II étendu (en km) sont :

- A VERNOUILLET :
  - Stade Marcel PAGNOL, (526,02 ; 2415,71) ;
  - Gymnase Marcel PAGNOL, (526,13 ; 2415,59) ;
- A DREUX :
  - Stade Maria MONTESSORI (526,19 ; 2416,74) ;
  - Gymnase Violette COURTOIS (527,01 ; 2415,66).

#### ➤ Centres commerciaux

Le centre commercial E.Leclerc de Dreux, d'une surface globale d'environ 30 000 m<sup>2</sup> se trouve à environ 1,7 km au Nord-Est du site (coordonnées Lambert II étendu en km : (527,34 ; 2415,87)).

#### ➤ Lieux touristiques

Il n'y a pas de musées, de parcs zoologiques ou de camping dans le périmètre d'étude délimité autour du site.

## 2 Environnement

### 2.1 Agriculture et élevage

Les zones agricoles et d'élevage sont représentées ci-après dans un rayon de 2 km du site.

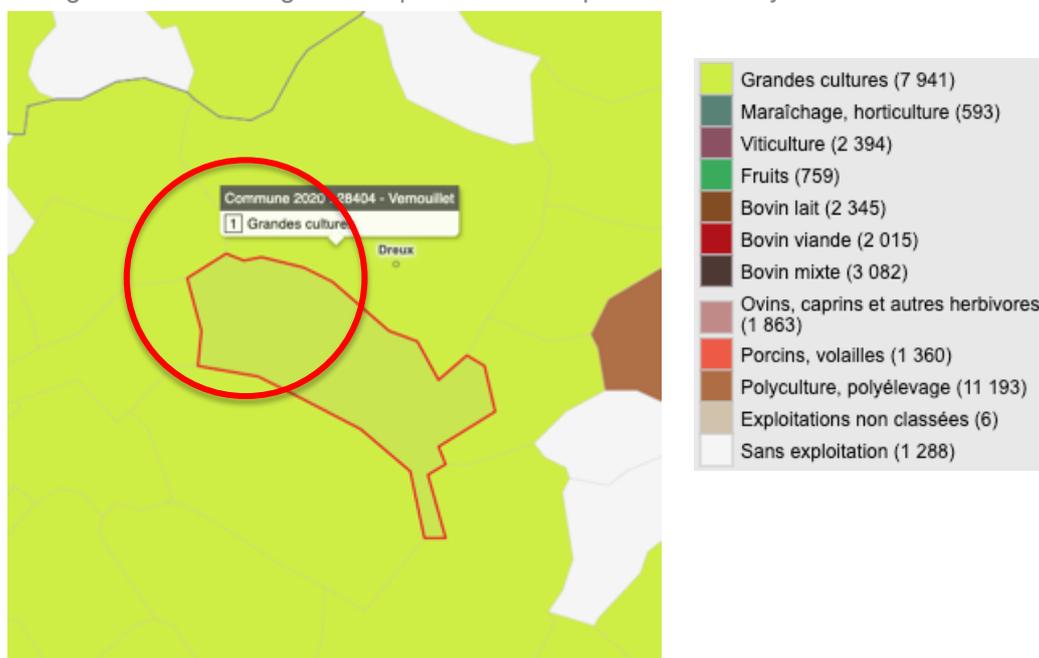


Figure 6 : Zones agricoles et zones d'élevages (Sources : Agreste)

Le projet est implanté dans une zone agricole, il n'y a pas d'élevage dans la zone d'étude. La carte ci-après détail le type d'agriculture pratiqué dans les 2 km autour du site :

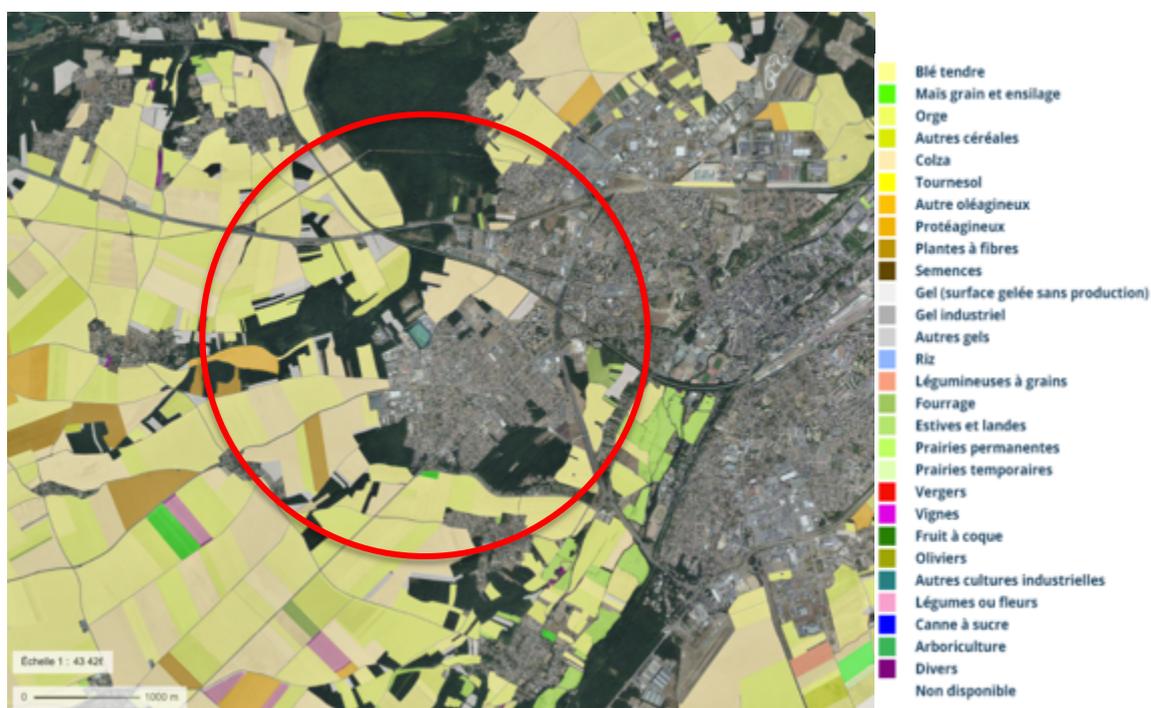


Figure 7 : Zones agricoles environnantes (Source : Géoportail)

Le site est entouré principalement par des champs de céréales (blé, orge), colza.

## 2.2 Chasse et pêche

### 2.2.1 Chasse

Le site n'est pas situé dans une réserve de chasse et de faune sauvage.

### 2.2.2 Pêche

Aucune zone de pêche légale n'est présente dans un rayon de 2km.

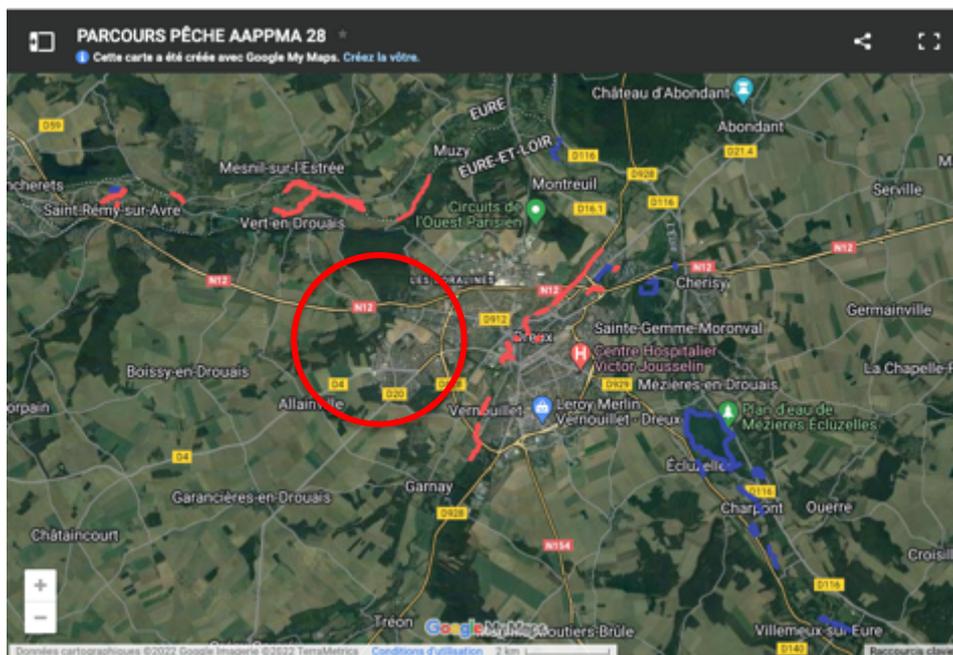


Figure 8 : Zones de pêches environnante (Source : peche28)

## 2.3 Points de captages d'eau

La carte ci-dessous reprend les différents points de captages d'eaux souterraines dans la zone d'étude.

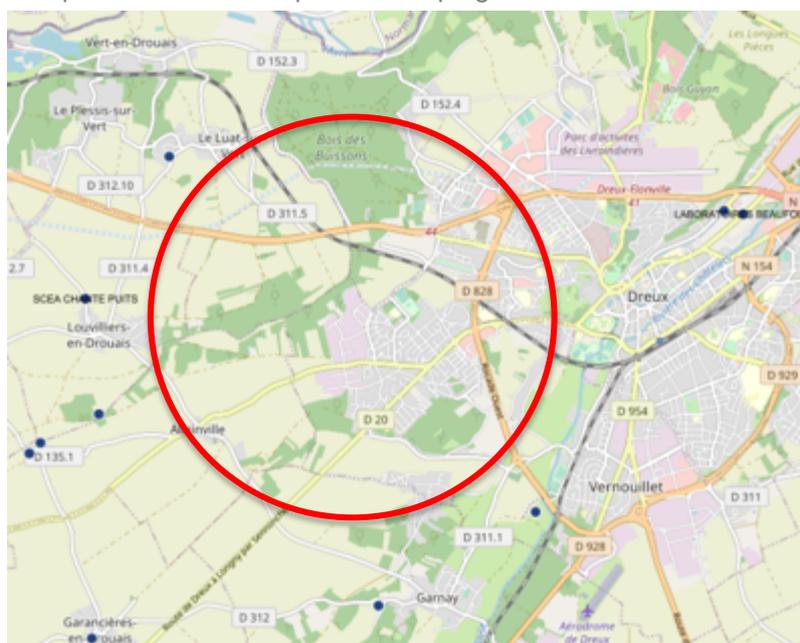


Figure 9 : Point de captage d'eau dans la zone d'étude (Source : bnpe.eaufrance)

Aucun point de captage d'eau n'est présent dans un rayon de 2 km.

### 3 IDENTIFICATION DES DANGERS

Seul l'impact sanitaire des rejets atmosphériques est traité dans la présente étude puisque ce sont les principales émissions gazeuses et particulaires susceptibles de générer des effets sur la santé des riverains.

#### 3.1 Qualification des émissions de GALLOO

Les rejets atmosphériques dus à l'exploitation du site de GALLOO seront essentiellement liés :

- aux émissions des cheminées d'évacuation des rejets des installations (rejets atmosphériques écrans plats et broyeur)

Au regard de l'impact négligeable du trafic lié à l'exploitation sur la qualité de l'air ambiant, l'étude de l'évaluation des risques sanitaires portera principalement sur les rejets spécifiques en sortie de cheminée de GALLOO.

#### 3.2 Quantification des émissions de GALLOO

##### 3.2.1 Nature des polluants émis

Les polluants émis sont ceux réglementés par l'arrêté Préfectoral du 17 février 2017 :

- Les poussières PM ;
- L'antimoine Sb ;
- L'arsenic ;
- Le cadmium ;
- Le chrome Cr ;
- Le cobalt Co ;
- Le cuivre Cu ;
- L'étain Sn ;
- Le manganèse Mn ;
- Le nickel Ni ;
- Le plomb Pb ;
- Le thallium Tl ;
- Le vanadium V ;
- Le mercure Hg ;
- Le sélénium Se ;
- Le tellure Te ;
- Le zinc Zn ;
- Les dioxines ;
- Les PCB

Ces polluants sont émis en fonctionnement normal des installations de GALLOO.

### 3.2.2 Flux de polluants

Les flux en polluants sont issus d'une campagne de mesures de rejet à l'atmosphère.

- Concernant le conduit 1, ce sont les valeurs mesurées sur le site de Vernouillet ;
- Concernant le conduit 2, ce sont les valeurs extrapolées d'une campagne de mesure réalisée sur le site de GALLOO de Marquette-lez-Lille où :
  - un broyeur similaire à celui du projet est installé ;
  - les produits broyés sont similaires à ceux projetés sur Vernouillet.

Ils sont exprimés en T/an et tiennent donc compte des périodes de fonctionnement des installations, à savoir 220 jours/an.

Ils sont repris dans le tableau ci-dessous.

Substances	Flux (T/an)	
	Conduit 1 (rejet ligne écrans plats)	Conduit 2 (Broyeur en projet)
Les Poussières (PM2.5)	0	0,94776
L'Antimoine (Sb)	0	3,118E-04
L'Arsenic (As)	1,64349E-08	8,49552E-05
Le Cadmium (Cd)	2,45759E-06	5,60208E-04
Le Chrome VI (Cr VI)	3,27278E-04	1,089792E-03
Le Cobalt (Co)	0	9,75744E-05
Le Cuivre (Cu)	1,36839E-05	1,210176E-03
L'Etain (Sn)	0,000120448	8,51136E-04
Le Manganèse (Mn)	3,88472E-05	2,144208E-03
Le Nickel (Ni)	1,296E-05	5,01336E-04
Le Plomb (Pb)	1,01352E-05	3,034416E-03
Le Thallium (Tl)	0	2,79946E-06
Le Vanadium (V)	0	3,59674E-05
Le Mercure (Hg)	1,64472E-05	2,22552E-02
Le Sélénium (Se)	0	6,84816E-05
Le Tellure (Te)	0	4,02706E-05
Le Zinc (Zn)	1,08647E-04	2,806848E-02
Les Dioxines	0	2,61888E-07
Les PCB	0	5,02762E-08

Tableau 4 : Flux massiques des substances émises

## 4 CHOIX DES SUBSTANCES TRACEURS DE RISQUES

Les substances retenues pour l'étude des impacts sanitaires sont les suivantes :

- substances pour lesquelles une valeur toxicologique de référence (VTR) est définie au sens de la note d'information du 31 octobre 2014 ;
- substances considérées comme cancérigènes (existence de VTR pour les caractéristiques cancérogène, mutagène, tératogène) ;
- substances rejetées caractéristiques de l'activité.

De manière à prendre en compte l'importance des émissions (quantité) et la nocivité des agents émis (toxicité), on calcule le coefficient de risque associé à chaque polluant émis de la façon suivante :

**Pour le risque inhalation :**

$$Cr = \frac{\text{Flux total émis (T/an)}}{\text{VTR } (\mu\text{g/m}^3)}$$

**Pour le risque ingestion :**

$$Cr = \frac{\text{Flux total émis (T/an)}}{\text{VTR (mg/kg/j)}}$$

	FLUX TOTAL (T/an)	RISQUE INHALATION VTR Effets à seuil		Cr	Contribution par polluant en pourcentage	RISQUE INHALATION VTR Effets sans seuil		Cr	Contribution par polluant en pourcentage
		Valeur (µg/m <sup>3</sup> )	Source			Valeur (µg/m <sup>3</sup> )	Source		
<b>Poussières</b>	0,94776	10	OMS 2005	0,09	<b>10,41</b>	-	-	-	-
<b>Antimoine</b>	0,000311837	0,3	ATSDR 2019	0,001	0,11	-	-	-	-
<b>Arsenic</b>	8,49716E-05	0,015	OEHHA 2008	0,006	0,62	0,00666	ANSES TCEQ 2012 (Texas Commission on Environmental Quality)	0,013	0,221
<b>Cadmium</b>	0,000562666	0,45	ANSES 2012	0,001	0,14	0,3	ANSES 2012	0,002	0,033
<b>Chrome VI</b>	0,00141707	0,03	OMS CICAD 2013	0,05	<b>5,19</b>	0,00025	ANSES (OMS-IPCS 2013)	5,67	<b>98,231</b>
<b>Cobalt</b>	9,75744E-05	0,1	ATSDR 2004	0,00	0,11	0,0013	OEHHA 2020	0,08	1,301
<b>Cuivre</b>	0,00122386	1	RIVM 2001	0,001	0,13	-	-	-	-
<b>Etain</b>	0,000971584	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Manganèse</b>	0,002183055	0,3	ANSES (ATSDR 2012)	0,01	0,80	-	-	-	-
<b>Nickel</b>	0,000514296	0,23	ANSES (TCEQ 2011)	0,00	0,25	0,059	ANSES (TCEQ 2011)	0,01	0,151
<b>Plomb</b>	0,003044551	0,5	OMS 2000	0,01	0,67	0,833	OEHHA 2011	0,00	0,063
<b>Thallium</b>	2,79946E-06	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Vanadium</b>	3,59674E-05	0,1	ATSDR 2012	0,00	0,04	-	-	-	-
<b>Mercure</b>	0,022271647	0,03	OEHHA 2008	0,74	<b>81,53</b>	-	-	-	-
<b>Selenium</b>	6,84816E-05	20	OEHHA 2001	0,00	0,0004	-	-	-	-
<b>Tellure</b>	4,02706E-05	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Zinc</b>	0,02818	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Dioxines</b>	2,61888E-07	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>PCB</b>	5,02762E-08	0,5	RIVM 2001	0,00000010	0,00001	0,1	US EPA 1996	5,0276E-07	0,0000087
			Somme	0,91	100		Somme	5,77	100

Pour le risque inhalation avec effet seuil, les coefficients de risque calculés associés à leur contribution respective permettent de retenir les polluants traceurs du risque suivant : **les Poussières, le Chrome VI et le Mercure**. A eux 3, ces polluants représentent 97,13% du risque.

Pour le risque inhalation avec effet sans seuil, les coefficients de risque calculés associés à leur contribution respective permettent de retenir 1 polluant traceur du risque : **le Chrome VI**. A lui seul, ce polluant représente 98,23 % du risque.

	RISQUE INGESTION VTR Effets à seuil			Cr	Contribution par polluant en pourcentage	RISQUE INGESTION VTR Effets sans seuil			Cr	Contribution par polluant en pourcentage
	FLUX TOTAL (T/an)	Valeur (mg/kg/j)	Source			Valeur (mg/kg/j)	Source			
<b>Poussières</b>	0,94776	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Antimoine</b>	0,000311837	0,006	ANSES (OMS 2013)	-	-	-	-	-	-	-
<b>Arsenic</b>	8,49716E-05	0,00045	INERIS (FOBIG 2009)	0,19	0,43	6,66667E-06	US EPA 2009 / OEHHA 1998	12,75	<b>14,787</b>	
<b>Cadmium</b>	0,000562666	0,00035	ANSES 2019	1,61	3,70	-	-	-	-	
<b>Chrome VI</b>	0,00141707	0,001	ANSES (ATSDR 2008)	1,42	3,26	0,00002	ANSES (OEHHA 2011)	70,85	<b>82,199</b>	
<b>Cobalt</b>	9,75744E-05	0,0015	ANSES (AFSSA 2010)	0,07	0,15	-	-	-	-	
<b>Cuivre</b>	0,00122386	0,14	RIVM 2001	0,009	0,02	-	-	-	-	
<b>Etain</b>	0,000971584	0,2	RIVM 2009	0,005	0,01	-	-	-	-	
<b>Manganèse</b>	0,002183055	0,055	ANSES 2019 (INSPQ 2017)	0,04	0,09	-	-	-	-	
<b>Nickel</b>	0,000514296	0,0028	ANSES (EFSA 2015)	0,18	0,42	-	-	-	-	
<b>Plomb</b>	0,003044551	0,0036	RIVM 2001	0,85	1,95	0,001176471	OEHHA 2011	2,59	3,002	
<b>Thallium</b>	2,79946E-06	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Vanadium</b>	3,59674E-05	0,002	RIVM 2009	0,02	0,04	-	-	-	-	
<b>Mercure</b>	0,022271647	0,00057	ANSES (EFSA 2012)	39,07	89,89	-	-	-	-	
<b>Selenium</b>	6,84816E-05	0,005	US EPA 1991	0,01	0,03	-	-	-	-	
<b>Tellure</b>	4,02706E-05	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Zinc</b>	0,028177127	0,5	RIVM 2001	-	-	-	-	-	-	
<b>Dioxines</b>	2,61888E-07	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>PCB</b>	5,02762E-08	0,00013	santé canada 2010	0,00039	0,00089	0,000005	US EPA 1996	0,01005523	0,011665384	
			Somme	43,47	100		Somme	86,20	100	

Pour le risque ingestion avec effet seuil, les coefficients de risque calculés associés à leur contribution respective permettent de retenir les polluants traceurs du risque suivant : **le Chrome VI et le Mercure**. A eux 2, ces polluants représentent 93,15% du risque.

Pour le risque ingestion avec effet sans seuil, les coefficients de risque calculés associés à leur contribution respective permettent de retenir les polluants traceurs du risque suivant : **l'Arsenic et le Chrome VI**. A eux 2, ces polluants représentent 96,99 % du risque.

Au vu des coefficients de risque calculés, les agents "traceurs de risque" spécifiques à l'activité du site sont :

- Les Poussières (PM2.5) ;
- Le Chrome VI ;
- Le Mercure ;
- L'Arsenic.

## 5 EFFETS DES SUBSTANCES ETUDIÉES CHEZ L'HOMME : RELATION DOSE - REPOSE

L'inventaire des substances et des agents rejetés, explicité au chapitre précédent a permis d'identifier les substances les plus dangereuses et potentiellement émises en plus grandes quantités. L'objectif de ce chapitre est de présenter les caractéristiques toxicologiques des polluants émis ainsi que les relations dose-effet connues.

### 5.1 Principe et généralités

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à une exposition de courte durée (quelques secondes à quelques jours d'après le guide INERIS) et à des doses généralement assez élevées, mais également des effets subchroniques (de quelques jours à quelques années - idem) ou chroniques (de quelques années à la vie entière - idem), susceptibles d'apparaître suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles.

Cette ERS vise à traiter les effets de l'installation au cours de sa phase de fonctionnement dite « normale » qui concerne ainsi les expositions de type chronique. En effet, le fonctionnement dégradé (transitoire et prévu par l'exploitant (ex : maintenance)) et le dysfonctionnement (accident) concernent une exposition de type aiguë et ne seront donc pas pris en compte. Il est à noter que le fonctionnement en mode dégradé des installations paraît peu envisageable au vu des équipements de sécurité dont sera munie l'installation.

Les substances chimiques peuvent avoir un effet local directement sur les tissus avec lesquels elles entrent en contact ou un effet dit « systémique » si elles pénètrent dans l'organisme et agissent sur un ou plusieurs organes distants du point de contact. Cela concerne à la fois les toxiques non cancérogènes et les toxiques cancérogènes.

L'évaluation de la relation dose-réponse a pour but de définir une relation quantitative entre la dose administrée ou absorbée et l'incidence de l'effet délétère. Cette évaluation permet d'élaborer des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR).

Les VTR sont établies pour une durée donnée (la vie entière pour une exposition chronique) et une voie d'absorption (inhalation et ingestion sont les plus courantes). Les VTR peuvent

être établies à partir d'études expérimentales chez l'animal mais également à partir d'études et d'enquêtes épidémiologiques chez l'homme. Il est nécessaire d'appliquer des facteurs de sécurité, tenant compte ainsi des variabilités intra et inter espèces. Les valeurs toxicologiques sont donc des valeurs calculées. Ces VTR sont établies par des organismes et agences spécialisées et reconnues (ANSES, OMS, US-EPA, ATSDR, ...). Les critères de sélection des VTR parmi les Valeurs Toxicologiques disponibles sont clairement définis dans la Note d'information du 31 Octobre 2014.

Lors de la recherche des VTR, on distinguera :

- **Les effets de seuil** (effets systémiques non cancérigènes) : indique un effet qui survient au-delà d'une dose administrée, pour une durée d'exposition déterminée à une substance isolée. L'intensité des effets croît avec l'augmentation de la dose administrée. En deçà de cette dose, on considère que l'effet ne surviendra pas. Ce sont principalement les effets non cancérogènes, voire les cancérogènes non génotoxiques, qui sont classés dans cette famille.
- **Les effets sans seuil** (effets cancérigènes) : indique un effet qui apparaît quelle que soit la dose reçue. La probabilité de survenue croît avec la dose et la durée d'exposition, mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas. Cette famille concerne principalement les effets cancérogènes génotoxiques dans ce cas, on définit l'Excès de Risque Unitaire (ERU) qui est une probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer un effet, s'il est exposé à 1 unité de dose ou de concentration du toxique pendant sa vie entière.

Les toxiques peuvent être rangés en deux catégories en fonction de leur mécanisme d'action :

- **Les toxiques avec seuil**, pour lesquels il existe des valeurs toxicologiques de référence en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque. Ces valeurs toxicologiques de référence, basées sur les connaissances scientifiques, sont fournies pour chaque voie d'exposition par les grandes instances internationales telles que l'OMS ou des organismes américains tels que l'US-EPA (United States Environment Protection Agency) ou l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

### Valeurs Toxicologiques de Références (VTR) pour les effets à seuil

Nous définissons :

- Pour l'inhalation : des concentrations de références (RfC) ou niveau de risque minimal (MRL). Ce sont des estimations de l'exposition continue de la population humaine sans risque pour la santé (y compris les sous-groupes sensibles).

Elles s'expriment en masse de substance par m<sup>3</sup> d'air inhalé (mg/m<sup>3</sup> ou µg/m<sup>3</sup>).

- Pour l'ingestion : Il en est de même. Elles s'expriment en masse de substance par kg ingéré (mg/kg/jour).
- **Les toxiques sans seuil**, tels certains produits cancérigènes pour lesquels il n'est pas possible de définir un niveau d'exposition sans risque pour la population. Pour ces produits, des excès unitaires de risque (ERU) sont fournis. Ils correspondent au nombre de cas de cancers attendus pour une exposition pendant la vie entière ou une très longue durée.

### Valeurs Toxicologiques de Références pour les effets cancérigènes sans seuil

L'effet cancérigène d'une substance (génétoxique ou non) sans seuil est exprimé par la notion d'Excès de Risque Unitaire par voie orale (ERUO), par voie cutanée (ERUC), ou par inhalation (ERUi).

L'excès de risque unitaire indique la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer un cancer s'il est exposé à une unité de dose ou de concentration du toxique pendant une vie entière.

L'ERU s'exprime pour l'inhalation en (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>.

L'ERU s'exprime pour l'ingestion en (mg/kg/j)<sup>-1</sup>.

C'est la toxicité chronique des produits émis qui nous intéresse ici, avec en particulier le risque cancérigène. Les différents types d'effets sur la santé sont rapportés ainsi que les voies d'exposition et les organes cibles.

Pour toutes ces substances, les huit bases de données reconnues par le Ministère de la santé par la note d'information 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 :

- **ANSES** : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (France)
- **US-EPA** : United States Environmental Protection Agency (USA)
- **ATSDR** : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (USA)
- **OMS ou WHO** : Organisation Mondiale de la Santé
- **Santé Canada** ou Health Canada (Canada)

- **RIVM** : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Pays-Bas)
- **OEHHA** : Office of Environmental Health Hazard Assessment (USA - Californie)
- **EFSA** : European Food Safety Authority (Union Européenne)

Les Ministères de la Santé et de l'Environnement, dans la note d'information du 31 octobre 2014, recommandent de sélectionner la VTR en respectant la hiérarchisation suivante :

- sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'ANSES,
- puis, la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS,
- et enfin, la dernière VTR proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA.

Cette même note précise que dans le cas d'absence de valeur toxicologique de référence (VTR) pour une substance dans ces bases de données, une quantification des risques n'est pas envisageable. Ne doivent pas être retenues les VTR à l'état d'avant-projet ou sous forme provisoire. Ne sont retenues que les VTR correspondant à la voie (inhalation ou ingestion) et à la durée d'exposition (chronique) retenues.

Pour information, les bases de données suivantes ont également été consultées :

- Les bases de données suivantes ont également été consultées :
  - INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
  - CIRC ou IARC : Centre International de Recherche sur le Cancer
  - Base de données ITER (International Toxicity Estimates for Risk)
- Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air qui donne pour certaines substances des objectifs de qualité, des valeurs limites et des valeurs cibles pour la protection de la santé, notamment.
- Les Fiches de Données de Sécurité du composé.
- Les Fiches Toxicologiques INRS.

## 5.2 Caractéristiques des polluants émis, leur dangerosité et les valeurs toxicologiques associées

### 5.2.1 Poussières (PM)

Pour les poussières, on retiendra les PM2.5. Les poussières sont en effet définies notamment par leur diamètre aérodynamique, et ce sont en général les PM2.5 et les PM10 qui sont pris en compte pour les pollutions atmosphériques. Dans une optique majorante, ce sont les PM2.5 qui sont retenues car elles présentent une capacité supérieure à pénétrer plus profondément dans les poumons.

L'OMS fournit des valeurs guides concernant les PM10 et les PM2.5. Ces dernières seront retenues pour cette évaluation, leur capacité à pénétrer profondément dans les poumons étant plus importante que les PM10.

Les principaux effets faisant suite à une exposition à des poussières sont des gênes respiratoires et des complications cardio-pulmonaires.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de VTR pour les PM2.5 et les PM10. La valeur prise en compte dans ce rapport correspond à la valeur guide de l'OMS pour les PM2.5 (2005) :

$$- \text{VG} = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

### 5.2.2 Chrome VI

Le Chrome VI est classé en groupe 1 (cancérogène certain pour la santé humaine) des substances cancérogènes par le CIRC-IARC (International Agency for Research on cancer), catégorie 1 par l'Union Européenne et le groupe A pour l'inhalation par l'US- EPA. Il est cependant classé en groupe D pour l'ingestion (non classifiable quant à sa cancérogénicité chez l'homme) par l'US-EPA.

#### **Pour le risque inhalation :**

Deux valeurs toxicologiques ont été déterminées :

- ✓ pour les effets non cancérogènes,
- ✓ pour les effets cancérogènes

Pour les effets non cancérogènes, OMS CICAD a fixé une VTR à  $3.10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Pour les effets cancérogènes, l'ANSES a défini un excès de risque individuel égal à  $4.10^{-2}$  pour  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **Pour le risque ingestion :**

Deux valeurs toxicologiques ont été déterminées :

- ✓ pour les effets non cancérogènes,
- ✓ pour les effets cancérogènes

Pour les effets non cancérogènes, l'ANSES a fixé une VTR à  $1.10^{-3} \text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ .

Pour les effets cancérogènes, l'ANSES a fixé excès de risque individuel égal à  $5.10^{-1}$  pour  $1 \text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ .

### 5.2.3 Mercure

Le Mercure est classé en groupe 3 (inclassable) des substances cancérogènes par le CIRC-IARC (International Agency for Research on cancer).

#### **Pour le risque inhalation :**

Une valeur toxicologique a été déterminée :

- ✓ pour les effets non cancérigènes,

Pour les effets non cancérigènes, l'OEHHA a fixé une VTR à  $3.10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **Pour le risque ingestion :**

Une valeur toxicologique a été déterminée :

- ✓ pour les effets non cancérigènes,

Pour les effets non cancérigènes, l'ANSES a fixé une VTR à  $5,7.10^{-4} \text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ .

#### 5.2.4 Arsenic

L'Arsenic est classé en catégorie 1 (cancérogène certain pour la santé humaine) des substances cancérigènes par le CIRC-IARC (International Agency for Research on cancer).

#### **Pour le risque inhalation :**

Deux valeurs toxicologiques ont été déterminées :

- ✓ pour les effets non cancérigènes,
- ✓ pour les effets cancérigènes

Pour les effets non cancérigènes, l'OEHHA a fixé une VTR à  $1,5.10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Pour les effets cancérigènes, l'ANSES a défini un excès de risque individuel égal à  $1,5.10^{-3}$  pour  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **Pour le risque ingestion :**

Deux valeurs toxicologiques ont été déterminées :

- ✓ pour les effets non cancérigènes,
- ✓ pour les effets cancérigènes

Pour les effets non cancérigènes, l'INERIS a fixé une VTR à  $4,5.10^{-4} \text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ .

Pour les effets cancérigènes, l'US EPA a fixé excès de risque individuel égal à 1,5 pour  $1 \text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ .

#### 5.2.5 Synthèse des Valeurs Toxicologiques de Référence

Les valeurs toxicologiques de référence des substances relatives à la voie d'exposition par inhalation et par ingestion figurent dans le tableau ci-dessous.

	Risque Inhalation		Risque ingestion	
	Valeur toxicologique de référence (VTR) Risque systémique CMA	Valeur toxicologique de référence (VTR) Risque cancérigène ERU	Valeur toxicologique de référence (VTR) Risque systémique CMA	Valeur toxicologique de référence (VTR) Risque cancérigène ERU
Poussières PM2.5	10 µg/m <sup>3</sup>	-	-	-
Chrome VI	3.10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup>	4.10 <sup>-2</sup> [µg/m <sup>3</sup> ] <sup>-1</sup>	1.10 <sup>-3</sup> mg/kg/j	5.10 <sup>-1</sup> [mg/kg/j] <sup>-1</sup>
Mercure	3.10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup>	-	5,7.10 <sup>-4</sup> mg/kg/j	-
Arsenic	1,5.10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup>	1,5.10 <sup>-3</sup> [µg/m <sup>3</sup> ] <sup>-1</sup>	4,5.10 <sup>-4</sup> mg/kg/j	1,5 [mg/kg/j] <sup>-1</sup>

CMA = Concentration maximale admissible

ERU = Excès de risque unitaire

Pour le risque systémique, les concentrations limites correspondent aux valeurs toxicologiques de référence mentionnées précédemment.

Pour le risque cancérigène, les concentrations limites sont calculées pour un excès de risque de cancer vie entière acceptable fixé à 10<sup>-5</sup>, à partir de la formule suivante :

$$C = \frac{ERI}{ERU} = \frac{10^{-5}}{ERU}$$

Le tableau suivant fait apparaître les concentrations limites de référence calculées.

	Risque Inhalation		Risque ingestion	
	Valeur toxicologique de référence (VTR) Risque systémique CMA	Valeur toxicologique de référence (VTR) Risque cancérigène CMA	Valeur toxicologique de référence (VTR) Risque systémique CMA	Valeur toxicologique de référence (VTR) Risque cancérigène CMA
Poussières PM2.5	10 µg/m <sup>3</sup>	-	-	-
Chrome VI	3.10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup>	2,5.10 <sup>-4</sup> µg/m <sup>3</sup>	1.10 <sup>-3</sup> mg/kg/j	2.10 <sup>-5</sup> mg/kg/j
Mercure	3.10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup>	-	5,7.10 <sup>-4</sup> mg/kg/j	-
Arsenic	1,5.10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup>	6,6.10 <sup>-3</sup> µg/m <sup>3</sup>	4,5.10 <sup>-4</sup> mg/kg/j	6,6.10 <sup>-6</sup> mg/kg/j

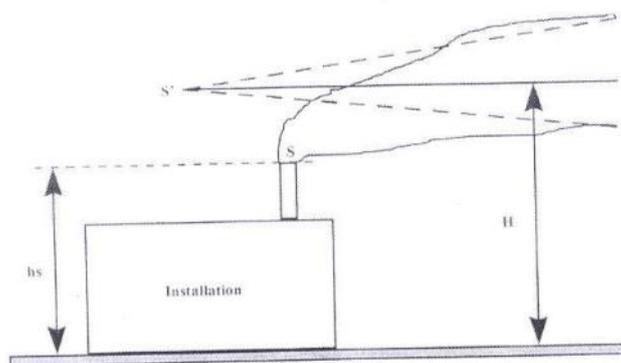
## 6 EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS

L'évaluation de l'exposition des populations est basée sur le calcul de modélisation de dispersion atmosphérique des émissions engendrées par le site. Cette modélisation est réalisée à l'aide du logiciel ARIA Impact Version 1.8 développé par la société ARIA TECHNOLOGIES (groupe AIR LIQUIDE).

### 6.1 Introduction

Toute modélisation de dispersion atmosphérique de polluants repose sur certaines hypothèses théoriques. Dans le cadre du logiciel utilisé, ces hypothèses concernent :

- **La caractérisation des sources d'émissions** : caractéristiques physiques des émissaires (position géographique, hauteur, diamètre) et spécificité des émissions (température et vitesse d'éjection des effluents, flux des polluants émis).
- **La météorologie sur l'aire d'étude** : directions et vitesses des vents, paramétrage de la turbulence atmosphérique. La définition de ces hypothèses est basée sur l'analyse des données de la station météorologique de LESQUIN sur la période 1991-2010 (station METEO-FRANCE).
- **Le calcul de surhauteur du panache** : cette hypothèse permet de prendre en compte la surélévation du panache lié à la vitesse ascensionnelle initiale et aux effets de différence de densité (surhauteurs dynamique et thermique). Dans la simulation, la source réelle S est remplacée par la source virtuelle S' dont la hauteur effective H est calculée comme la somme de la hauteur géométrique de la source (la cheminée) notée  $h_s$  et de la surélévation du panache notée  $\Delta H$  :



$$H = h_s + \Delta H$$

Pour le calcul de la surélévation, ARIA Impact contient les formules données par BRIGGS, ANFOSSI, HOLLAND, STUMKE, CONCAWE et CUBE.

## 6.2 Hypothèses retenues pour la mise en œuvre du modèle

### 6.2.1 Caractérisation des sources d'émissions

Les caractéristiques des sources d'émissions considérées pour le calcul de modélisation sont données dans le tableau ci-dessous :

Installations	Diam. (m)	Temp. (°C)	Vitesse d'éjection (m/s)	Hauteur (m)	Flux en Poussières (T/an)	Flux en Chrome VI (T/an)	Flux en Mercure (T/an)	Flux en Arsenic (T/an)
Cheminée 1 (Rejet écrans plats)	0,2	10	4,98	5	0	$3,273.10^{-4}$	$1,64472.10^{-5}$	$1,64349.10^{-8}$
Cheminée 2 (Broyeur)	0,14	16,9	13,8	12	0,94776	$1,0898.10^{-3}$	$2,22552.10^{-2}$	$8,49552.10^{-5}$

Tableau 5 : Caractéristiques des sources d'émission

## 6.2.2 Caractéristiques des substances émises

### ✓ Vitesse de dépôt

La vitesse de dépôt intervient lorsque le nuage de polluant atteint le sol. Les molécules de polluants, soumises aux turbulences de l'atmosphère, sont en partie piégées sur la végétation. Pour les poussières, ce dépôt « par impaction » intervient en addition du dépôt dû à la gravité, qui se produit lorsque les particules ont un diamètre et une densité suffisamment importante pour subir l'effet de la pesanteur.

Selon les données de la littérature, la valeur retenue pour la vitesse de dépôt au sol est la suivante (1) :

✓  $2,9 \cdot 10^{-3}$  m/s pour les métaux

En l'absence de données de la littérature pour les PM2.5, la valeur retenue pour la vitesse de dépôt au sol est la suivante :

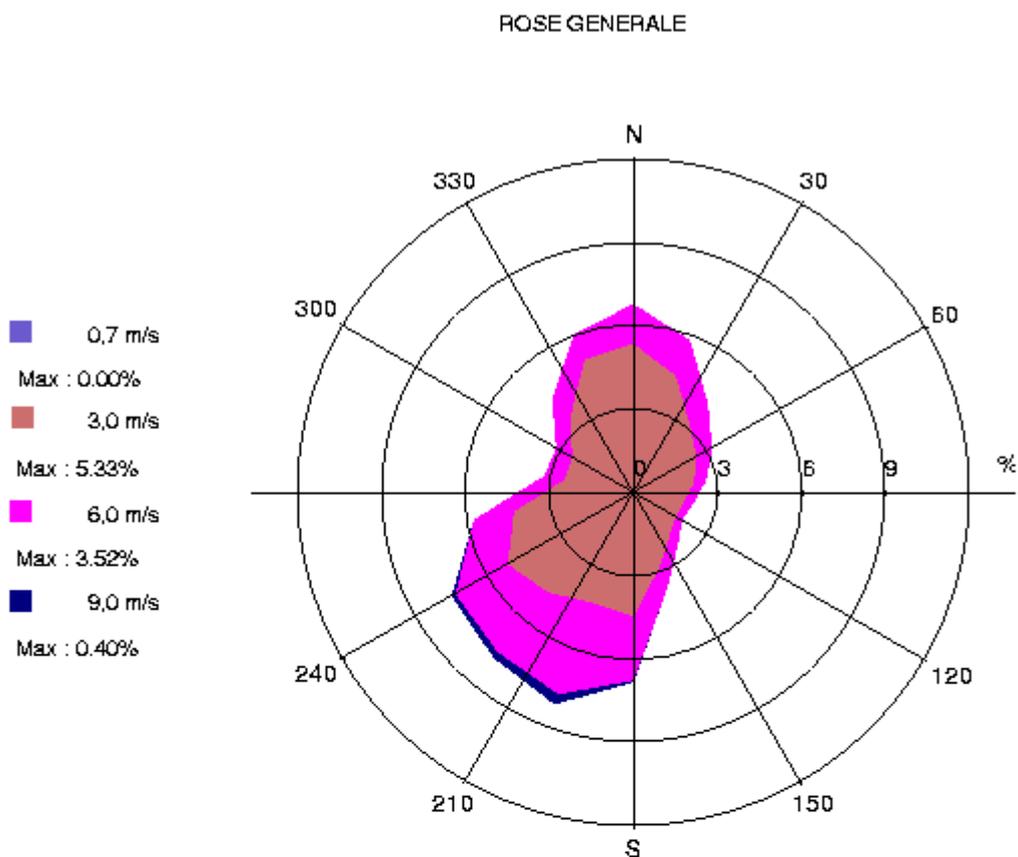
0 m/s pour l'ensemble des polluants (hypothèse majorante).

---

(1) Source : « Approche méthodologique pour l'évaluation des risques sanitaires liés à l'incinération de déchets industriels spéciaux », Etude RECORD n° 01-0658/1A , Polden, Réseau Santé Déchets, 2002.

### 6.2.3 Météorologie sur l'aire d'étude

La rose des vents de la station METEO-FRANCE de CHARTRES sur la période 1991-2010 est prise en compte. Elle est issue de données tri-horaires. Elle est représentative des conditions météorologiques de VERNOUILLET car CHARTRES n'est située qu'à une distance de 70 km au Sud. Elle est présentée ci-dessous. Les intersections de la courbe avec les cercles de fréquence donnée fournissent les fréquences d'apparition des vents ou fonction de la direction d'origine. Les vents sont répartis en 3 classes de vitesses. La classe de stabilité considérée pour le calcul de modélisation est la classe D de PASQUILL (Neutre).



La rose des vents générale présente deux directions dominantes :

- Vents de secteur Sud-Ouest (160°- 260°),
- Vents de secteur Nord (320°- 40°).

#### 6.2.4 Calcul de surhauteur du panache

L'évaluation de la surhauteur des panaches dans le cadre de cette étude repose sur la formule de HOLLAND :

$$\square H = 1,5 \frac{d \cdot V_p}{V} + 2,7 \frac{V_p \cdot d^2}{V} (T_p - T_a)$$

avec :

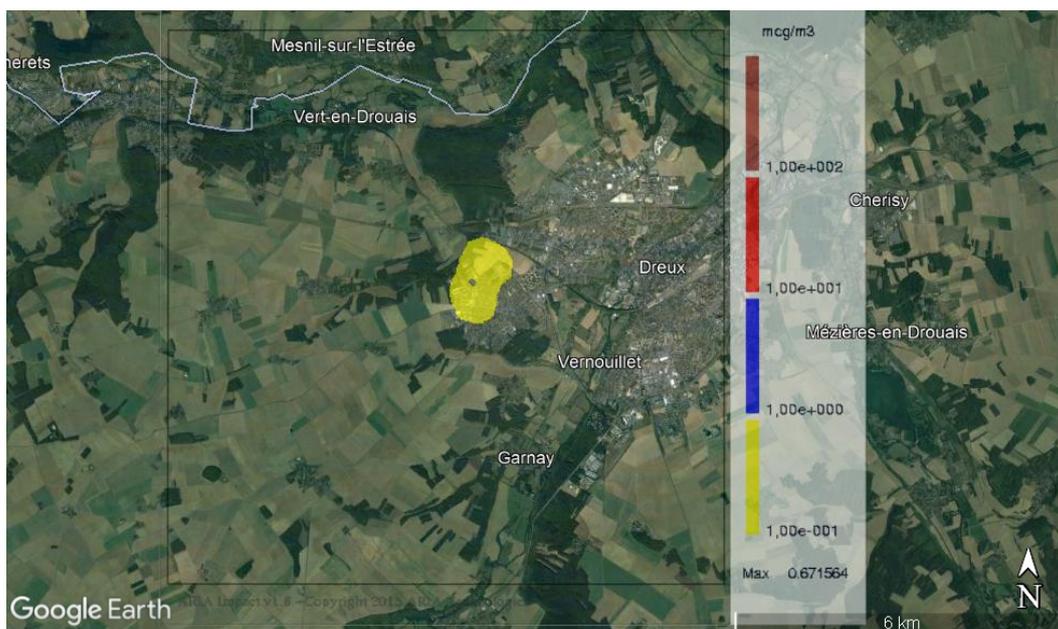
- d : diamètre interne de la cheminée
- Vp : Vitesse d'éjection
- V : Vitesse de vent
- Tp : Température des gaz à l'émission
- Ta : Température ambiante

Cette formule ne tient compte que d'une capacité de surélévation ou de rabattement dynamique et elle ne dépend pas de la stabilité. Cette formule est majorante.

#### 6.3 Résultats obtenus et commentaires

Les résultats de la modélisation de dispersion sont donnés sur les cartes pages suivantes pour chaque agent "traceur du risque" retenu.

### 6.3.1 Résultats relatifs au Poussières

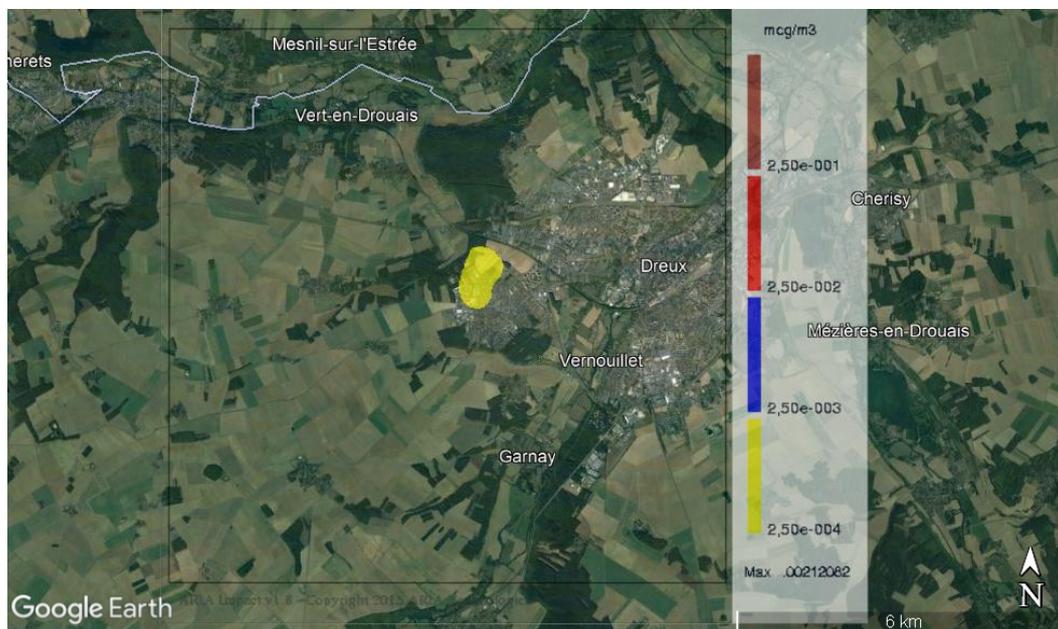


Concentration maximale =  $0,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 10 : Concentrations en polluant en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'air au niveau du sol – Poussières PM2.5

Dépôt sec moyen maximum =  $0 \mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ s}$

### 6.3.2 Résultats relatifs au chrome VI

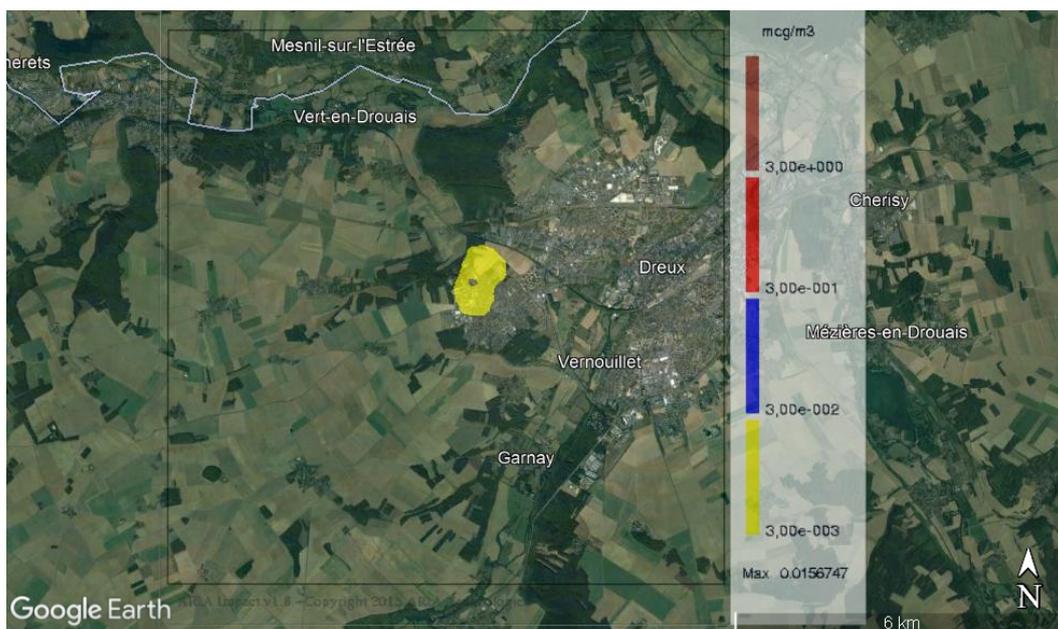


Concentration maximale =  $2,1 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 11 : Concentrations en polluant en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'air au niveau du sol – Chrome VI

Dépôt sec moyen maximum =  $6,15 \cdot 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ s}$

### 6.3.3 Résultats relatifs au mercure

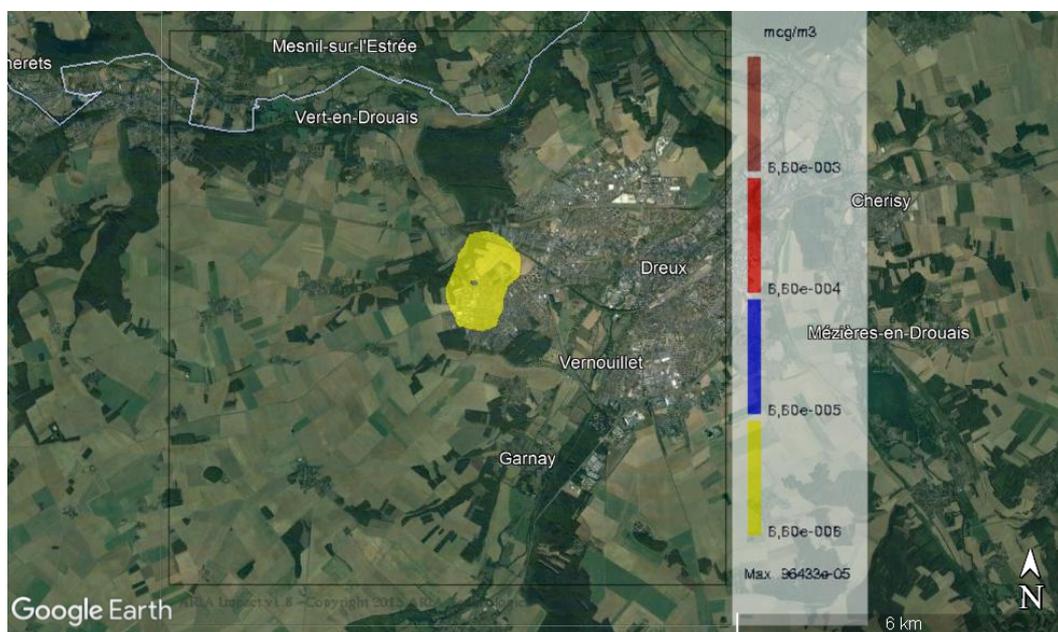


Concentration maximale =  $1,57 \cdot 10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 12: Concentrations en polluant en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'air au niveau du sol – Mercure

Dépôt sec moyen maximum =  $4,55 \cdot 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ s}$

### 6.3.4 Résultats relatifs à l'arsenic



Concentration maximale =  $5,96 \cdot 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figure 13: Concentrations en polluant en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'air au niveau du sol – Arsenic

Dépôt sec moyen maximum =  $1,73 \cdot 10^{-7} \mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ s}$

## 6.4 CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE

### 6.4.1 Concentrations dans l'air ambiant

En ce qui concerne l'inhalation, la concentration atmosphérique calculée à l'aide du modèle de dispersion atmosphérique au point d'exposition maximale et pour tous les traceurs du risque a été retenue.

Le tableau ci-dessous reprend le risque sanitaire quantifié pour chaque agent traceur du risque retenu dans le cadre de notre étude.

Cette estimation prend en compte dans un premier temps les rejets du site uniquement (le bruit de fond en "polluant traceur du risque" sera considéré par la suite).

POLLUANTS	Maximum modélisé (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Seuil représenté	Résultats de la modélisation
Poussières PM2.5	1,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeur non atteinte
Chrome VI	3,5.10 <sup>-3</sup> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.10 <sup>-2</sup> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeur atteinte au-delà de 100 m
		2,5.10 <sup>-4</sup> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeur atteinte au-delà de 100 m
Mercure	2,65.10 <sup>-2</sup> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.10 <sup>-2</sup> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeur non atteinte
Arsenic	9,89.10 <sup>-5</sup> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,5.10 <sup>-2</sup> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeur non atteinte
		6,6.10 <sup>-3</sup> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeur non atteinte

Tableau 6 : Caractérisation du risque sanitaire

*Règle de sommation des substances en fonction des organes cibles par INHALATION*

L'exposition simultanée à plusieurs substances peut induire une addition, une amplification ou même une neutralisation des effets sur la santé humaine. Par précaution et par manque de connaissance sur les expositions multiples, un effet à l'exposition de plusieurs substances présente un risque qui est la somme des risques de chaque substance possédant le même effet.

Ainsi pour les traceurs de risque retenus, le tableau ci-dessous reprend les substances pour lesquelles un impact sur les organes cibles est reconnu pour le risque INHALATION.

	Peau	Coeur	Système sanguin	Système nerveux	Reins	Foie	Muscles	Système respiratoire	Os	Râte	Yeux	Muqueuss	Système digestif	Cerveau	Système immunitaire	Thyroïde	Phanères
<b>PM2.5</b>		x						x									
<b>Chrome VI</b>								x									
<b>Mercure</b>			x		x			x					x	x			
<b>Arsenic</b>	x							x			x						

Bien que les polluants agissent pour certains sur des organes cibles différents les uns des autres, nous avons considéré l'hypothèse majorante que l'ensemble des métaux agissaient sur un même organe cible.

Les quotients de danger sont donc les suivants :

✓ **Pour les effets à seuil :**

$$QD = [C_{PM2.5}] / VTR_{PM2.5} + [C_{Chrome\ VI}] / VTR_{Chrome\ VI} + [C_{Mercure}] / VTR_{Mercure} + [C_{Arsenic}] / VTR_{Arsenic}$$

Scénario adulte et enfant			
	Concentration maximale (en mg/m <sup>3</sup> )	CMA (en mg/m <sup>3</sup> )	Concentration/VTR
PM 2.5	6,70E-04	1,00E-02	6,70E-02
Chrome VI	2,10E-06	3,00E-05	7,00E-02
Mercure	1,57E-05	3,00E-05	5,23E-01
Arsenic	5,96E-08	1,50E-05	3,97E-03
		<b>QD</b>	<b>6,64E-01</b>
			<b>&lt;1</b>

✓ **Pour les effets sans seuil :**

$$ERI = [DJE_{inh \text{ Chrome}}] \times ERU_{\text{Chrome}} + [DJE_{inh \text{ Arsenic}}] \times ERU_{\text{Arsenic}}$$

<b>Scénario adulte</b>					
	<b>Concentration maximale (en mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>ERU (en mg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup></b>	<b>DJE inh</b>	<b>ERI = DJE x ERU</b>	
PM2.5	6,70E-04	-	-	-	
Chrome VI	2,10E-06	4,00E-02	9,00E-07	3,60E-08	
Mercure	1,57E-05	-	-	-	
Arsenic	5,96E-08	1,50E-03	2,55E-08	3,83E-11	
<b>EI</b>				<b>3,60E-08</b>	<b>&lt;10<sup>-5</sup></b>

Nota : Pour calculer la DJE<sub>inh</sub> de l'adulte, nous avons considéré une période d'exposition de 30 ans pour un temps d'exposition moyen (=durée de vie) de 70 ans.

<b>Scénario enfant</b>					
	<b>Concentration maximale (en mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>ERU (en mg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup></b>	<b>DJE inh</b>	<b>ERI = DJE x ERU</b>	
PM2.5	6,70E-04	-	-	-	
Chrome VI	2,10E-06	4,00E-02	8,40E-07	3,36E-08	
Mercure	1,57E-05	-	-	-	
Arsenic	5,96E-08	1,50E-03	2,38E-08	3,58E-11	
<b>EI</b>				<b>3,36E-08</b>	<b>&lt;10<sup>-5</sup></b>

Nota : Pour calculer la DJE<sub>inh</sub> de l'enfant, nous avons considéré une période d'exposition de 6 ans pour un temps d'exposition moyen (=durée de vie) de 15 ans.

**Au vu des résultats observés, l'apparition d'un effet sur la santé par l'inhalation pour l'adulte et pour l'enfant est probable.**

#### 6.4.2 Concentrations en polluants dans les sols

A partir du flux surfacique annuel en retombées de particules (FSA en mg/an.m<sup>2</sup>), de la concentration (CPP en mg / kg) en composé dans les particules, de la durée (T en années) de l'exposition, de la hauteur (H) de l'horizon de sol considéré et de la masse volumique (MVMS) des matières sèches du sol, la formule permet d'obtenir la concentration moyenne (Cmoy) sur la durée d'exposition, en composé dans les sols superficiels.

$$C(s) = \text{FSA} * \text{CCP} * (T1+T2) / (2 * H * \text{MVMS}) \quad \text{FOR 1}$$

Les valeurs des paramètres pour le calcul de Cmoy (en mg/kg/) sont les suivants :

- FSA : flux émis en composé (résultat de la modélisation) en mg/m<sup>2</sup>/an
- concentration (CPP) en composé dans les particules en mg/kg, la valeur est de 1 si FSA est exprimé en retombée de substances
- T1 et T2 : T1 est considéré de 30 ans par défaut en considérant la durée de vie moyenne d'une installation industrielle et T2 est de 24 ans pour un enfant de 6 ans et de 0 pour un adulte.
- H : 0,05 m par hypothèse majorante (les composés ne sont pas lixiviés par les eaux de pluie et ne se propagent pas dans le sous-sol ou dans les eaux superficielles et restent en surface) :
- MVMS : 1300 kg MS / m<sup>3</sup> par défaut si la nature des sols n'est pas connue.

La formule (voir FOR.1) permet de déterminer la concentration moyennée (Cmoy) sur la durée d'exposition, en polluant dans l'horizon des cinq premiers centimètres avec une valeur de la hauteur (H) de 0,05 m.

L'horizon des 5 premiers centimètres est représentatif pour l'ingestion de sols.

On a ainsi les concentrations pour l'adulte et l'enfant suivantes :

	Dépôt sec (en mg/m <sup>2</sup> .s)	Dépôt sec (en mg/m <sup>2</sup> .an)	C(s) adulte (en mg/kg)	C(s) enfant (en mg/kg)
Poussières PM2.5	0	0	0,00E+00	0,00E+00
Chrome VI	6,15E-09	1,94E-01	4,48E-02	8,06E-02
Mercure	4,55E-08	1,43E+00	3,31E-01	5,96E-01
Arsenic	1,73E-10	5,46E-03	1,26E-03	2,27E-03

*Règle de sommation des substances en fonction des organes cibles par INGESTION*

L'exposition simultanée à plusieurs substances peut induire une addition, une amplification ou même une neutralisation des effets sur la santé humaine. Par précaution et par manque de connaissance sur les expositions multiples, un effet à l'exposition de plusieurs substances présente un risque qui est la somme des risques de chaque substance possédant le même effet.

Ainsi pour les traceurs de risque retenus, le tableau ci-dessous reprend les substances pour lesquelles un impact sur les organes cibles est reconnu pour le risque INGESTION

	Peau	Coeur	Système sanguin	Système nerveux	Reins	Foie	Muscles	Système respiratoire	Os	Râte	Yeux	Muqueuss	Système digestif	Cerveau	Système immunitaire	Thyroïde	Phanères
<b>Poussières</b>													x				
<b>Chrome VI</b>					x	x				x							
<b>Mercure</b>		x	x		x								x	x	x		
<b>Arsenic</b>	x	x						x					x	x			

**Bien que les polluants agissent sur des organes cibles différents les uns des autres, nous avons considéré l'hypothèse majorante que l'ensemble des métaux agissaient sur un même organe cible.**

✓ **Calcul des doses journalières d'exposition :**

**Bien qu'il n'y ait d'habitations dans les zones impactées par les concentrations maximales modélisées, les doses journalières ont tout de même été calculées dans le cas d'un homme adulte et d'un enfant en considérant une exposition sur toute une durée de vie (hypothèse majorante).**

Formule générale de calcul de la dose journalière d'exposition moyennée par la voie (v) à une substance (s) en (mg/j.kg):

$$DJE_{v(s)} = \sum [(C_m(s) * Q_{vm} * T_m * F_m) / (M * TM * FM)] \quad \text{FOR.1}$$

Avec :

**C<sub>m</sub>(s)** est la concentration de la substance (s) dans le milieu (m) en (mg/kg) ou en (mg/m<sup>3</sup>).

**Q<sub>vm</sub>** est la quantité journalière de milieu (m) pénétrant dans l'organisme humain par la voie d'exposition (v) en (kg/j) pour les milieux liquides et solides ou en (m<sup>3</sup>/j) pour les milieux gazeux.

Nota les jours exprimés dans les différentes unités sont des jours équivalents 24 heures.

**T<sub>m</sub>** est la durée d'exposition au milieu (m) réelle en années ; elle est variable uniquement pour les cancérigènes. Pour les mutagènes, (T) est égal à 0,75 an et pour les autres substances dangereuses, (T) est égal à 1 an.

**F<sub>m</sub>** est la durée d'exposition au milieu (m) réelle annuelle en jours (équivalents 24 heures) par an.

**M** est la masse corporelle de l'individu exposé en (kg).

**TM** est le temps d'exposition moyenné de la vie d'un individu qui est égal à :

- 70 ans pour les adultes (incluant aussi la durée de vie « enfant ») et 15 ans pour les enfants, pour les substances cancérigènes :

- 1 an pour les substances toxiques, nocives et reprotoxiques ;

- 0,75 an pour les substances mutagènes.

**FM** est le temps d'exposition moyenné annuel qui est égal à 365 jours par an.

On a ainsi :

**C<sub>m</sub>(s)** = concentration maximale modélisée d'après les résultats de dispersion atmosphérique

**Q<sub>vm</sub>** = 50 mg/jour correspondant à quantité moyenne de sol superficiel ingéré pour un adulte et 150 mg/jour pour un enfant

**T<sub>m</sub>** = 30 ans pour un adulte et 6 ans pour un enfant

**F<sub>m</sub>** = 365 jours

**M** = 70 kg pour un homme et 22 kg pour un enfant

**TM** = 70 ans pour un adulte et 15 ans pour un enfant

**FM** = 365

✓ Pour les effets à seuil :

	Scénario adulte				Scénario enfant				
	DJA (en mg/kg/j)	C(s) (en mg/kg)	DJE ing	DJE/DJA	C(s) (en mg/kg)	DJE ing	DJE/DJA		
Poussières PM2.5	-	0,00E+00	-	-	0,00E+00	-	-		
Chrome VI	1,00E-03	4,48E-02	3,20E-08	3,20E-05	8,06E-02	6,04E-07	6,04E-04		
Mercure	5,70E-04	3,31E-01	2,37E-07	4,15E-04	5,96E-01	4,47E-06	7,84E-03		
Arsenic	4,50E-04	1,26E-03	8,99E-10	2,00E-06	2,27E-03	1,70E-08	3,78E-05		
			<b>QD<sub>ing</sub></b>	<b>4,49E-04</b>	<b>&lt;1</b>		<b>QD<sub>ing</sub></b>	<b>8,48E-03</b>	<b>&lt;1</b>

✓ Pour les effets sans seuil :

	Scénario adulte				Scénario enfant				
	DJA (en mg/kg/j)	C(s) (en mg/kg)	DJE ing	DJE*DJA	C(s) (en mg/kg)	DJE ing	DJE*DJA		
Poussières PM2.5	-	0,00E+00	-	-	0,00E+00	-	-		
Chrome VI	2,00E-05	4,48E-02	1,37E-08	2,74E-13	8,06E-02	2,42E-07	4,83E-12		
Mercure	-	3,31E-01	-	-	5,96E-01	-	-		
Arsenic	6,60E-06	1,26E-03	3,85E-10	2,54E-15	2,27E-03	6,80E-09	4,49E-14		
			<b>EI</b>	<b>2,77E-13</b>	<b>&lt;10<sup>-5</sup></b>		<b>EI<sub>ing</sub></b>	<b>4,88E-12</b>	<b>&lt;10<sup>-5</sup></b>

Au vu des résultats observés, l'apparition d'un effet sur la santé par l'ingestion pour l'adulte et pour l'enfant est donc peu probable.

## SYNTHESE DU RISQUE

	Scénario adulte		Scénario enfant	
<b>QD<sub>Inh</sub></b>	<b>6,64E-01</b>		<b>6,64E-01</b>	
<b>EI<sub>Inh</sub></b>	<b>3,60E-08</b>		<b>3,36E-08</b>	
<b>QD<sub>ing</sub></b>	<b>4,49E-04</b>		<b>8,48E-03</b>	
<b>EI<sub>ing</sub></b>	<b>2,77E-13</b>		<b>4,88E-12</b>	
<b>QD<sub>Inh</sub> + QD<sub>ing</sub> =</b>	<b>6,65E-01</b>	<b>&lt;1</b>	<b>6,73E-01</b>	<b>&lt;1</b>
<b>EI<sub>Inh</sub> + EI<sub>ing</sub> =</b>	<b>3,60E-08</b>	<b>&lt;10<sup>-5</sup></b>	<b>3,36E-08</b>	<b>&lt;10<sup>-5</sup></b>

## 8 Conclusion

z alors même que :

- ✓ la modélisation de dispersion atmosphérique réalisée dans le cadre de cette étude repose sur des hypothèses majorantes. A titre d'exemple, en l'absence de spéciation du chrome, l'ensemble des concentrations observées ont été assimilées à du chrome VI (hypothèse pénalisante).
- ✓ Le calcul des quotients de dangers et des excès de risque individuels a été réalisé en sommant la contribution de l'ensemble des métaux lourds alors que tous n'affectent pas les mêmes organes cibles (hypothèse pénalisante).
- ✓ La valeur utilisée pour l'ensemble des calculs de quotient de danger et excès de risque individuel sont basés sur la concentration maximale modélisée et le dépôt sec maximum modélisé.

## 9 Facteurs d'incertitude liés à l'étude

Le tableau suivant présente une analyse succincte des incertitudes liées à l'étude.

	Hypothèse retenue	Commentaire
<b>Etat initial du secteur d'étude</b>	Les modélisations sont basées sur des observations tri-horaires sur 20 ans (1991-2010) issues de la station météorologique Météo-France de Lesquin, situé à environ 30 km du site d'étude.	Hypothèse conservatrice
	La pluviométrie locale n'a pas été utilisée dans les modélisations de dispersion atmosphérique. L'effet de « lavage de l'air » et de « placage des émissions », qui réduit les concentrations dans l'air mais augmente les concentrations moyennes calculées au sol n'est pris en compte dans les résultats.	Hypothèse conservatrice
	Les classes de stabilité atmosphérique ont été calculées pour chaque échéance des observations météorologique tri-horaires par le modèle « vent - jour - nuit ».	Hypothèse conservatrice
	Le bruit de fond aérien n'a pas été retenu dans la présente étude en l'absence de données in situ.	Hypothèse conservatrice
<b>Polluants retenus</b>	<p>Les substances retenues pour l'étude des impacts sanitaires sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- substances pour lesquelles une VTR (valeur toxicologique de référence) est définie au sens de la note d'information du 31/10/2014 ;</li> <li>- substances considérées comme cancérigènes (existence de VTR pour les caractéristiques cancérigène, mutagène, tératogène) ;</li> <li>- substances rejetées caractéristiques de l'activité.</li> </ul> <p>Cette méthodologie est conforme à la note d'information du 31/10/2014 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.</p>	Hypothèse conservatrice

Tableau 7 : Incertitudes liées à l'étude

	Hypothèse retenue	Commentaire																					
VTR	<p>Les VTR sont généralement établies par des instances internationales ou nationales, et sont spécifiques d'un effet, d'une voie et d'une durée d'exposition.</p> <p>Les principaux facteurs d'incertitudes (UF) pour l'élaboration d'une VTR sont :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Acronyme</th> <th>Interprétation des UF</th> <th>Valeurs des UF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UF<sub>A</sub></td> <td>Variabilité inter-espèce cinétique/dynamie</td> <td>1- 4/ 2,5 ou 1-3,16/3,16 (10)</td> </tr> <tr> <td>UF<sub>H</sub></td> <td>Variabilité inter-individuelle cinétique/dynamie</td> <td>1- 3,16/ 3,16 (10)</td> </tr> <tr> <td>UF<sub>L</sub></td> <td>Usage d'un LOAEL, plutôt que d'un NOAEL</td> <td>1, 3 ou 10</td> </tr> <tr> <td>UF<sub>S</sub></td> <td>Transposition d'une exposition subchronique à chronique</td> <td>1, 3 ou 10</td> </tr> <tr> <td>UF<sub>D</sub></td> <td>Insuffisance des données (en qualité et en quantité)</td> <td>1, 3 ou 10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sévérité de l'effet</td> <td>1, 3 ou 10</td> </tr> </tbody> </table> <p>L'évaluation quantitative des incertitudes est prise en compte dans les VTR proposées par les différents organismes.</p>	Acronyme	Interprétation des UF	Valeurs des UF	UF <sub>A</sub>	Variabilité inter-espèce cinétique/dynamie	1- 4/ 2,5 ou 1-3,16/3,16 (10)	UF <sub>H</sub>	Variabilité inter-individuelle cinétique/dynamie	1- 3,16/ 3,16 (10)	UF <sub>L</sub>	Usage d'un LOAEL, plutôt que d'un NOAEL	1, 3 ou 10	UF <sub>S</sub>	Transposition d'une exposition subchronique à chronique	1, 3 ou 10	UF <sub>D</sub>	Insuffisance des données (en qualité et en quantité)	1, 3 ou 10		Sévérité de l'effet	1, 3 ou 10	Hypothèse conservatrice
Acronyme	Interprétation des UF	Valeurs des UF																					
UF <sub>A</sub>	Variabilité inter-espèce cinétique/dynamie	1- 4/ 2,5 ou 1-3,16/3,16 (10)																					
UF <sub>H</sub>	Variabilité inter-individuelle cinétique/dynamie	1- 3,16/ 3,16 (10)																					
UF <sub>L</sub>	Usage d'un LOAEL, plutôt que d'un NOAEL	1, 3 ou 10																					
UF <sub>S</sub>	Transposition d'une exposition subchronique à chronique	1, 3 ou 10																					
UF <sub>D</sub>	Insuffisance des données (en qualité et en quantité)	1, 3 ou 10																					
	Sévérité de l'effet	1, 3 ou 10																					
Flux moyen de polluant	Les flux annuels sont issus d'une campagne de mesures de rejets atmosphériques	Hypothèse majorante																					
Paramètres de fonctionnement de Galloo	Les flux de polluants ont été corrigés afin de prendre en compte le temps de fonctionnement de l'installation sur une année, qui est bien inférieur à une année de fonctionnement en continu.	Hypothèse conservatrice																					
Scénarios	La voie d'exposition cutanée n'a pas été retenue parmi les scénarios d'exposition car celles-ci paraissent négligeables par rapport à celles de l'inhalation et de l'ingestion	Hypothèse minorante																					
Facteur d'exposition (F)	Les flux de polluants ont été corrigés afin de prendre en compte le temps de fonctionnement de l'installation sur une année, qui est bien inférieur à une année de fonctionnement en continu.	Hypothèse conservatrice																					
T/T <sub>m</sub>	<p>Pour les polluants avec effets de seuil, l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition, soit T<sub>m</sub>=T.</p> <p>Pour les polluants sans seuil, T<sub>m</sub> sera assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans, soit T<sub>m</sub> = 70 pour les adultes et T<sub>m</sub>=15 pour les enfants.</p>	Hypothèse majorante																					

	Hypothèse retenue	Commentaire
<b>Logiciel de modélisation</b>	<p>Le domaine de validité des résultats se décompose de la façon suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• distance de la source à la cible inférieure à 100 m : Les résultats ne sont pas valides du fait du modèle utilisé (écarts types de Pasquill non définis).</li><li>• distance de la source à la cible comprise entre 100 m et 500 m : Les résultats sont valides en cas de relief peu marqué et d'absence d'obstacles de hauteur élevée entre la source d'émission et la cible.</li><li>• distance de la source à la cible supérieure à 500 m : Les résultats sont valides.</li></ul> <p>Le maillage retenu pour la modélisation a été de 50 m x 50 m, sur une zone d'étude représentant un carré de 10 km de côté.</p>	Hypothèse conservatrice

Ainsi, l'analyse qualitative des paramètres pris en compte dans la présente étude indique que les hypothèses émises dans cette étude sont globalement conservatrices à majorante.