

	ANCIENNE RAFFINERIE PETROPLUS PLAN DE GESTION Des parcelles AM 40 et AM 100	Page : 71/74
		Date : 24/05/2019
		N° 16B76-PLMM

**Annexe 4 : Note technique – Analyses de Risques Résiduels**



Notre  
Expertise

Ancienne raffinerie PETROPLUS  
Rue Aristide Briand  
PETIT COURONNE (76)  
Note technique – Analyse des Risques Résiduels



**ENVISOL**  
Conseil & Ingénierie

Sites et Sols Pollués

**NOTE TECHNIQUE**

**VALGO**

Affaire : A-1904-262

Rapport: R-VL-1905-4a

Date: 23/05/2019

[www.envisol.fr](http://www.envisol.fr)



## FICHE ADMINISTRATIVE DU DOSSIER



Siège social	Rapport établi par l'agence
2-4 rue Hector Berlioz 38 110 LA TOUR DU PIN Tel : 04 74 83 62 16 Fax : 04 74 33 97 83 SIRET : 512 308 321 00045	56 rue Chasselièvre 76 000 ROUEN Tel : 02 32 10 73 30 Fax : 02 35 98 19 20

### Suivi :



Version	Date	Suivi des modifications ou observations
Version a	23/05/2019	Première version

### L'équipe projet :



Ingénieur d'études	Chef de projet	Superviseur
Véronique LAGERON Mail : v.lageron@envisol.fr Tel : 02 32 10 73 34	Aurélie MALVOISIN Mail : a.malvoisin@envisol.fr Tel : 02 32 10 73 31	Stéphane VIRCONDELET Mail : s.vircondelet@envisol.fr Tel : 02 32 10 73 31

### Référentiels encadrant le dossier :



Certification de service des prestataires  
 dans le domaine des sites et sols  
 pollués – Domaines A et B - [www.lne.fr](http://www.lne.fr)

Ce document et ses annexes sont la propriété d'ENVISOL. Il ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué même partiellement sans son autorisation.



## SOMMAIRE

<b>1. CONTEXTE .....</b>	<b>5</b>
<b>2. SCENARIO ET PARAMETRES DE CALCULS.....</b>	<b>5</b>
2.1. SCENARIOS RETENUS ET CIBLES.....	5
2.2. COMPOSES ET CONCENTRATIONS RETENUES .....	7
2.3. VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE .....	8
2.4. PARAMETRES RETENUS POUR LA MODELISATION DES TRANSFERTS .....	10
2.5. RESULTATS DE L'ETUDE DE RISQUES SANITAIRES .....	12
2.6. INCERTITUDES ET SENSIBILITE .....	21
2.6.1. <i>Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond</i> .....	21
2.6.2. <i>Choix des substances et concentrations</i> .....	21
2.6.3. <i>Toxicité des composés</i> .....	22
2.6.4. <i>Paramètres du bâtiment</i> .....	22
2.6.5. <i>Caractéristiques des sols</i> .....	23
2.6.6. <i>Paramètres d'exposition</i> .....	23
2.6.7. <i>Choix du logiciel en source de type fini ou infini</i> .....	24
2.6.8. <i>Module incertitude ENVIRISK</i> .....	24
2.7. RESULTATS DES INCERTITUDES – SCENARIO INCERTITUDES 1.....	24
2.7.1. <i>Quantifications des risques sanitaires</i> .....	24
2.7.2. <i>Module d'incertitudes Monté Carlos</i> .....	31
2.8. RESULTATS DES INCERTITUDES – SCENARIO INCERTITUDES 2.....	33
2.8.1. <i>Quantifications des risques sanitaires</i> .....	33
2.8.2. <i>Module d'incertitudes Monté Carlos</i> .....	40
2.8.3. <i>Augmentation de la couche de remblais</i> .....	42
2.9. CONCLUSIONS SUR LES INCERTITUDES ET LA SENSIBILITE .....	45
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>46</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan d'aménagement de la société VALGO .....	6
Figure 2. Cartographie des risques sanitaires à seuil (QD) .....	20
Figure 3. Cartographie des risques sanitaires sans seuil (ERI) .....	20
Figure 4. Scénario incertitude 1 - Cartographie des risques sanitaires à seuil (QD).....	30
Figure 5. Scénario incertitude 2 - Cartographie des risques sanitaires sans seuil (ERI).....	30
Figure 6 : Scénario incertitude 1 - Cartographie des probabilités de dépassements pour les risques sanitaires à seuil (QD) .....	31
Figure 7 : Scénario incertitude 1 - Cartographie des probabilités de dépassements pour les risques sanitaires sans seuil (ERI).....	32
Figure 8. Scénario incertitude 2 - Cartographie des risques sanitaires à seuil (QD).....	39
Figure 9. Scénario incertitude 2 - Cartographie des risques sanitaires sans seuil (ERI).....	40
Figure 10 : Scénario incertitude 2 - Cartographie des probabilités de dépassements pour les risques sanitaires à seuil (QD) .....	41
Figure 11 : Scénario incertitude 2 - Cartographie des probabilités de dépassements pour les risques sanitaires sans seuil (ERI).....	41
Figure 12 : Scénario incertitude 2b - Cartographie des risques sanitaires sans seuil (ERI).....	43
Figure 13 : Scénario incertitude 2b - Cartographie des probabilités de dépassements pour les risques sanitaires à seuil (QD) .....	44
Figure 14 : Scénario incertitude 2b - Cartographie des probabilités de dépassements pour les risques sanitaires sans seuil (ERI).....	44



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Scénario retenu .....	7
Tableau 2. Budget espace-temps retenu .....	7
Tableau 3. Valeurs toxicologiques retenues .....	9
Tableau 4. Paramètres d'entrée pour les sols et recouvrements.....	10
Tableau 5 : Paramètres d'entrée pour les couvertures .....	11
Tableau 6: Paramètres d'entrée pour les bâtiments .....	11
Tableau 7 : Paramètres d'entrée pour les extérieurs .....	11
Tableau 8 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour les espaces verts .....	12
Tableau 9 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour les voiries et parkings.....	12
Tableau 10 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment A .....	13
Tableau 11 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment B .....	13
Tableau 12 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment C .....	13
Tableau 13 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment D .....	14
Tableau 14 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment E .....	14
Tableau 15 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment F .....	14
Tableau 16 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment G.....	15
Tableau 17 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment H .....	15
Tableau 18 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment I.....	15
Tableau 19 : Maximum des quotients de dangers par organe cible .....	16
Tableau 20 : Maximum des quotients de dangers par polluant .....	17
Tableau 21 : Excès de risques individuels pour les extérieurs .....	18
Tableau 22 : Excès de risques individuels pour les bâtiments (1) .....	18
Tableau 23 : Excès de risques individuels pour les bâtiments (2) .....	19
Tableau 24 : Maximum des excès de risques individuels .....	19
Tableau 25 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment A ...	24
Tableau 26 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment B ...	25
Tableau 27 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment C ...	25
Tableau 28 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment D ...	25
Tableau 29 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment E ...	26
Tableau 30 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment F....	26
Tableau 31 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment G ...	26
Tableau 32 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment H ...	27
Tableau 33 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment I.....	27
Tableau 34 : Scénario incertitude 1 -- Maximum des quotients de dangers par organe cible .....	28
Tableau 35 : Scénario incertitude 1 - Excès de risques individuels pour les bâtiments (1) .....	28
Tableau 36 : Scénario incertitude 1 - Excès de risques individuels pour les bâtiments (2).....	29
Tableau 37 : Scénario incertitude 1 - Maximum des excès de risques individuels.....	29
Tableau 38 : Scénario 2 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment A ...	33
Tableau 39 : Scénario 2 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment B ...	33
Tableau 40 : Scénario 2 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment C ...	34
Tableau 41 : Scénario 2 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment D ...	34
Tableau 42 : Scénario 2 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment E ...	34
Tableau 43 : Scénario 2 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment F....	35
Tableau 44 : Scénario 2 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment G ...	35
Tableau 45 : Scénario 2 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment H ...	35
Tableau 46 : Scénario 2 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment I.....	36
Tableau 47 : Scénario incertitude 2-- Maximum des quotients de dangers par organe cible .....	36
Tableau 48 : Scénario incertitude 2 - Excès de risques individuels pour les bâtiments (1) .....	37
Tableau 49 : Scénario incertitude 2 - Excès de risques individuels pour les bâtiments (2).....	38
Tableau 50 : Scénario incertitude 2 - Maximum des excès de risques individuels – Bât E.....	38
Tableau 51 : Scénario incertitude 2 - Maximum des excès de risques individuels – Bât F .....	39
Tableau 52 : Scénario incertitude 2b - Excès de risques individuels pour les bâtiments .....	42
Tableau 53 : Scénario incertitude 2b - Maximum des excès de risques individuels – Bât E.....	42
Tableau 54 : Scénario incertitude 2b - Maximum des excès de risques individuels – Bât F .....	42



## 1. CONTEXTE

Dans le cadre de la reconversion partielle de l'ancienne raffinerie PETROPLUS localisée à Petit Couronne, la société VALGO a mandaté le bureau d'études ENVISOL pour la réalisation d'une Analyse des Risques sanitaires Résiduels.

**Le présent document constitue une note technique de l'analyse des risques résiduels réalisés par ENVISOL sur la base de la dernière campagne de prélèvement des gaz du sol menée en février et mars 2019.**

## 2. SCENARIO ET PARAMETRES DE CALCULS

Suite aux échanges entre les sociétés VALGO et ENVISOL, la stratégie et les hypothèses retenues pour évaluer les risques sanitaires résiduels sont présentés succinctement dans les chapitres suivants.

### 2.1. Scénarios retenus et cibles

Les aménagements pris en compte pour l'évaluation des risques sanitaires sont :

- Sur les extérieurs :
  - o Des parkings et voiries recouverts d'enrobé ;
  - o Des espaces verts d'agrément ;
- Sur les zones bâties, des entrepôts de logistique avec des bureaux en mezzanine.

Nota : un apport de matériaux sains d'une épaisseur minimale de 50 cm est prévu sur l'ensemble du site, au droit des extérieurs et des zones bâties.

Le plan d'aménagement de la société VALGO comprend plusieurs bâtiments, arbitrairement nommés Bât A à Bât I comme présentés sur la figure ci-après.

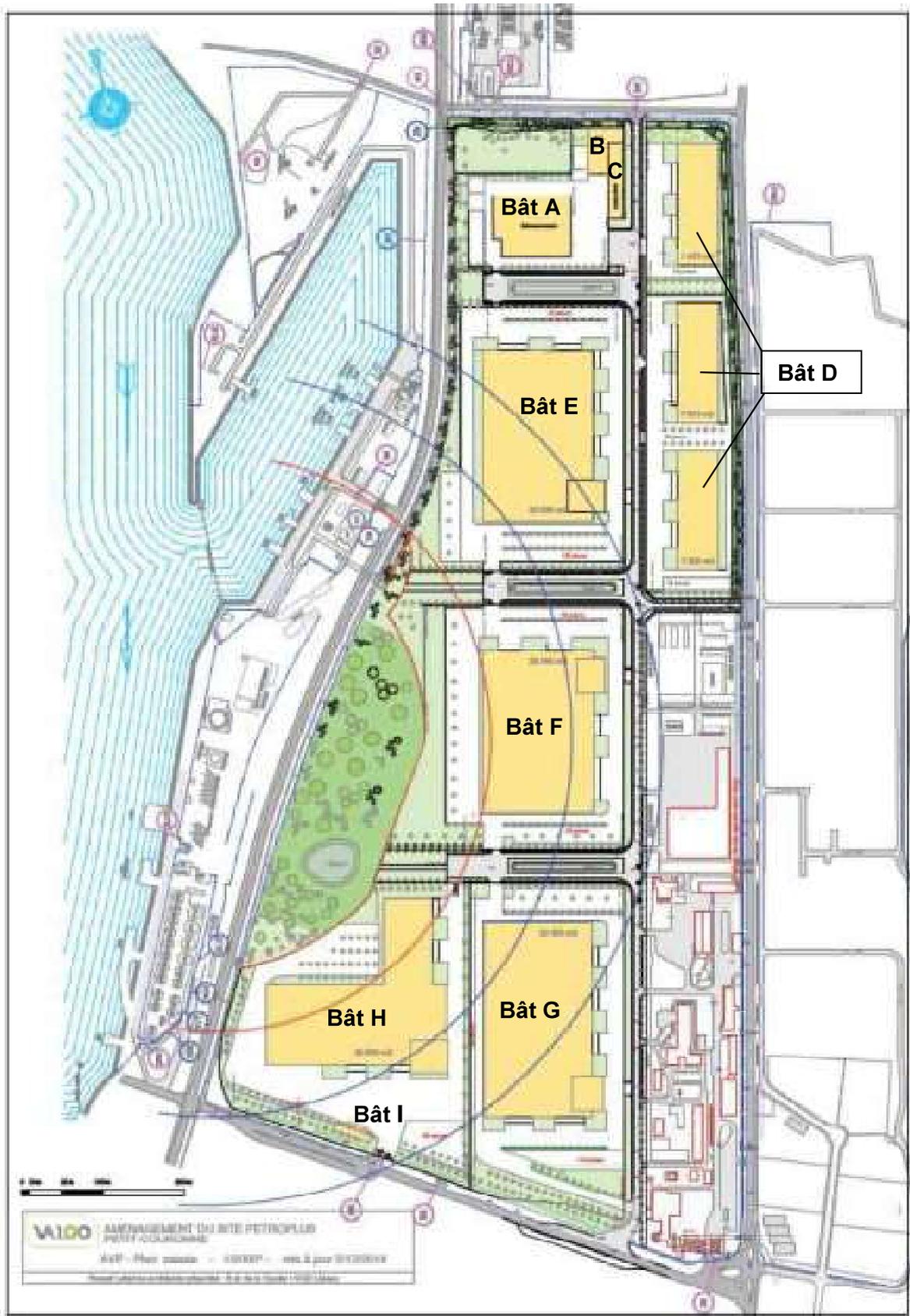


Figure 1 : Plan d'aménagement de la société VALGO



Ainsi, les scénarios retenus pour l'évaluation des risques sanitaires sont les suivants :

Tableau 1. Scénario retenu

Scénarios	Cibles
Scénario 1 « Bâtiments de type entrepôt avec bureau en mezzanine » avec parkings, voiries et espaces verts en extérieur	Adultes travailleurs

Le budget espace-temps est identique à celui pris dans l'ARR prédictive rédigée par le bureau d'études GOLDER le 06/02/2015. Le budget espace-temps est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2. Budget espace-temps retenu

Usage		Non sensible
Scénarii considérés		Entrepôt avec bureau en mezzanine, parking et espaces verts en extérieur
Cibles retenues		Adultes travailleurs
Paramètres	Unité	
Durée de vie considérée (Tm)	ans	70
Durée d'exposition (T)	ans	42
Fréquence d'exposition (F1)	j/an	220
Fréquence en intérieur (F2-int)	h/j	8
Fréquence en extérieur (F2-ext)	h/j	0,5

## 2.2. Composés et concentrations retenues

Dans un souci de cohérence avec l'ARR de 2015, les composés retenus pour évaluer les risques sanitaires sont ceux pris en compte par le bureau d'études GOLDER en 2015, à savoir :

- L'ensemble des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques volatils, selon un découpage par fraction correspondant à celui du TPH ;
- Les BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes ;
- Le naphthalène.

Les concentrations retenues pour l'évaluation des risques sanitaires résiduels correspondent aux concentrations détectées dans les gaz du sol lors de la campagne de prélèvement menée en février et mars 2019.

Les concentrations en polluants dans les gaz du sol retenues pour l'analyse des risques résiduels, exprimées en mg/m<sup>3</sup>, sont présentées en Annexe 1. L'implantation des piézajais est détaillée en Annexe 2.

Les répartitions spatiales des concentrations en polluants dans les gaz du sol, obtenues par krigeage, sont détaillées en Annexe 3.



## 2.3. Valeurs Toxicologiques de référence

Le choix des VTR<sup>1</sup> est réalisé conformément à la note d'information N°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 ».

<b>Critères de sélection des VTR</b>	la notoriété de l'organisme producteur et la validité des hypothèses retenues si certaines études sont menées pour une exposition à un mélange de substances. Nous avons choisi de retenir en premier lieu les études menées sur une substance donnée plutôt que sur un mélange de substances (sauf cas particulier). les études menées pour une exposition chronique sont privilégiées par rapport aux expositions subchroniques ou ponctuelles aiguës.
<b>Substances non cancérigènes (substances à seuil, QD)</b>	Les effets néfastes apparaissent à partir d'une certaine concentration d'exposition. On recherche les valeurs des doses de référence (RfD pour la voie orale) et concentration de référence (RfC pour la voie inhalation). Ces valeurs correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes sur l'homme.
<b>Substances cancérigènes (substances sans seuil, ERI)</b>	Il n'y a pas de niveau d'exposition sans risque, il y a un risque dès la première exposition. Les valeurs toxicologiques de références sont exprimées sous forme d'Excès de Risque Unitaire (ERUo pour la voie orale et ERUi pour la voie inhalation) qui expriment la relation entre le niveau d'exposition et la probabilité supplémentaire de développer l'effet cancérigène.

Les valeurs toxicologiques retenues sont synthétisées dans le tableau ci-après

---

<sup>1</sup> Valeurs Toxicologiques de Référence



Tableau 3. Valeurs toxicologiques retenues

Effets toxiques	A seuil		Cancérogènes			
	Voie d'exposition	Inhalation	Inhalation			
Valeurs	RfC (mg/m <sup>3</sup> )	Organes cibles	Organisme ayant élaboré la VTR et date d'élaboration	ERU <sub>i</sub> (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	Organisme ayant élaboré la VTR et date d'élaboration	
<b>Hydrocarbures totaux</b>						
Aliphatic nC5-nC6	18,4	neurotoxiques, système nerveux	TPHCWG, 1997	-	-	
Aliphatic nC6-nC8	18,4					
Aliphatic nC8-nC10	1	système hépatique et neurotoxicité		-	-	
Aliphatic nC10-nC12	1					
Aliphatic nC12-nC16	1					
Aromatic nC8-nC10	0,2	diminution du poids		-	-	
Aromatic nC10-nC12	0,2					
Aromatic nC12-nC16	0,2					
<b>BTEX</b>						
Benzène	0,0097	système immunitaire		ATSDR, 2004 (valeur retenue par l'ANSES pour la VGAI)	2.60E-02	ANSES, 2013
Toluène	19	neurologique	ANSES, 2017	-	-	
Ethylbenzène	1,5	ototoxicité	ANSES, 2016	2,50E-03	OEHHA, 2007	
Xylènes	0,1	système neurologique	US EPA, 2003	-	-	
<b>HAP</b>						
Naphtalène	0,037	système respiratoire	ANSES, 2013	5.60E-03	ANSES, 2013	

Les VTR retenues sont identiques à celles retenues dans l'ARR prédictive rédigée par GOLDER en 2015, à l'exception de la RfC du Toluène qui a été mise à jour par l'ANSES en octobre 2017. La VTR est passée de 3 mg/m<sup>3</sup> (valeur précédente de l'ANSES, 2010) à 19 mg/m<sup>3</sup>.



## 2.4. Paramètres retenus pour la modélisation des transferts

Les données d'entrées retenues pour les transferts des polluants sont :

- Les paramètres communiqués par la société VALGO pour les caractéristiques des bâtiments ;
- Les paramètres retenus par le bureau d'études GOLDER pour les autres paramètres.

Le tableau suivant détaille les paramètres d'entrée pour les sols et les matériaux de remblaiement qui diffèrent selon l'aménagement prévu.

**Tableau 4. Paramètres d'entrée pour les sols et recouvrements**

	Unité	Entrepôts	Espaces verts	Voirie/ Parking	Sources
<b>Caractéristiques des sols (zone non saturée)</b>					
Porosité totale ( $\theta$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,38	0,38	0,38	Golder, 2015
Teneur en eau ( $\theta_{\text{eau}}$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,054	0,054	0,054	Golder, 2015
Teneur en air ( $\theta_{\text{air}}$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>4</sup>	0,326	0,326	0,326	Différence entre la porosité totale et la teneur en eau : $\theta_{\text{air}} = \theta - \theta_{\text{eau}}$
Fraction de carbone organique	mg/mg	0,002	0,002	0,002	Golder, 2015
Densité du sol	g/cm <sup>3</sup>	1,8	1,8	1,8	Valeur usuellement retenue
Perméabilité intrinsèque sous les fondations	cm <sup>2</sup>	1,00E-7	1,00E-7	1,00E-7	Golder, 2015
<b>Caractéristiques des matériaux de remblaiement</b>					
Nature de la couverture	Remblais sains				VALGO
Épaisseur	m	0.5	0.5	0.5	Épaisseur minimale indiquée par VALGO
Porosité totale ( $\theta$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0.25	0.25	0.25	Valeur fréquemment rencontrée
Teneur en eau ( $\theta_{\text{eau}}$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	Valeur fréquemment rencontrée
Teneur en air ( $\theta_{\text{air}}$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>4</sup>	0.15	0.15	0.15	Différence entre la porosité totale et la teneur en eau : $\theta_{\text{air}} = \theta - \theta_{\text{eau}}$
Distance de la source sol aux fondations	m	0.71	0.51	0.56	La distance de la source aux fondations comprend l'épaisseur des matériaux de remblaiement et l'épaisseur de l'éventuelle couverture supplémentaire (dalle béton, enrobé)



Le tableau suivant détaille les paramètres d'entrée pour la dalle béton au droit des futurs entrepôts et pour l'enrobé au droit des futurs parking et voiries.

**Tableau 5 : Paramètres d'entrée pour les couvertures**

	Unité	Valeur	Sources
<b>Dalle béton - Entrepôts</b>			
Epaisseur des fondations	m	0,20	Epaisseur minimale indiquée par VALGO
Fraction de fissures dans les fondations	/	0,002	Golder, 2015
Porosité dans les fissures	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,25	Golder, 2015
Contenu en eau dans les fissures	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0	Golder, 2015
<b>Enrobé – Voirie / Parking</b>			
Epaisseur	m	0,05	VALGO
Porosité totale ( $\theta$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,02	Valeur fréquemment rencontré
Teneur en eau ( $\theta_{\text{eau}}$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,01	Valeur fréquemment rencontré
Teneur en air ( $\theta_{\text{air}}$ )	cm <sup>3</sup> /cm <sup>4</sup>	0,01	Différence entre la porosité totale et la teneur en eau : $\theta_{\text{air}} = \theta - \theta_{\text{eau}}$

Le tableau suivant détaille les paramètres d'entrée pour les futurs bâtiments.

**Tableau 6: Paramètres d'entrée pour les bâtiments**

	Unité	Scénario 1									Sources
		Bat A	Bat B	Bat C	Bat D	Bat E	Bat F	Bat G	Bat H	Bat I	
Superficie des fondations	m <sup>2</sup>	7 500	2 700	1 050	7 500	30 500	28 000	32 400	29 600	625	VALGO
Hauteur du bâtiment	m	13	13	13	13	13	13	13	13	13	VALGO
Périmètre du bâtiment	m	350	210	150	400	700	650	750	780	125	VALGO
Taux de ventilation	échange/j	48	48	48	48	48	48	48	48	48	Golder, 2015
Différence de pression	g/cm.s <sup>2</sup>	40	40	40	40	40	40	40	40	40	Golder, 2015

Le tableau suivant détaille les paramètres d'entrée pour les extérieurs, ils diffèrent selon les deux scénarii.

**Tableau 7 : Paramètres d'entrée pour les extérieurs**

	Unité	Extérieur	Sources
<b>Caractéristiques de la zone de respiration ("box model") en zone extérieure</b>			
Hauteur de respiration des cibles	m	1,5	Hauteur de respiration communément utilisée pour des adultes
Longueur de la boîte d'exposition	m	200	Longueur maximale selon le plan de masse
Vitesse moyenne du vent	m/s	2	Valeur sécuritaire (vitesse de vent faible)



## 2.5. Résultats de l'étude de risques sanitaires

Les quotients de danger de l'ensemble des substances pour toutes les voies d'exposition sont présentés dans les cartographies et tableaux suivants. Les valeurs indiquées en gras correspondent aux indices de risques les plus élevés.

Tableau 8 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour les espaces verts

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
EspVert	Système neurologique	-3,03E+00	6,95E-05	9,84E-05	1,15E-04	1,16E-04	6,77E-04
	Système nerveux	-5,20E-02	4,56E-06	6,89E-06	7,59E-06	9,43E-06	5,81E-05
	Système rénal	-2,39E-01	2,56E-08	3,13E-08	3,46E-08	3,58E-08	1,25E-06
	Système hépatique	-1,46E+00	6,61E-05	9,46E-05	1,12E-04	1,12E-04	6,69E-04
	Système respiratoire	-7,65E+00	2,30E-08	2,30E-08	2,33E-08	2,41E-08	2,64E-08
	Système immunitaire	-4,34E+01	5,04E-05	5,40E-05	5,40E-05	5,40E-05	<b>1,12E-03</b>
	Perte de poids	-4,79E+00	2,03E-06	3,54E-06	5,39E-06	6,22E-06	1,05E-04

Tableau 9 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour les voiries et parkings

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
Voirie Parking	Système neurologique	-4,80E-01	8,30E-06	1,34E-05	1,96E-05	4,64E-05	1,31E-04
	Système nerveux	-8,23E-03	5,78E-07	1,02E-06	1,50E-06	3,08E-06	8,78E-06
	Système rénal	-3,79E-02	3,37E-09	4,74E-09	6,10E-09	1,05E-08	1,68E-07
	Système hépatique	-2,31E-01	7,83E-06	1,28E-05	1,85E-05	4,52E-05	1,30E-04
	Système respiratoire	-1,21E+00	3,62E-09	3,70E-09	3,88E-09	4,00E-09	6,47E-09
	Système immunitaire	-6,87E+00	6,40E-06	8,07E-06	8,54E-06	8,54E-06	<b>1,77E-04</b>
	Perte de poids	-7,58E-01	2,33E-07	4,97E-07	9,20E-07	1,94E-06	2,69E-05



**Tableau 10 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment A**

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatA	Système neurologique	1,09E-03	1,38E-03	1,45E-03	1,49E-03	1,49E-03	<b>1,49E-03</b>
	Système nerveux	8,01E-05	8,86E-05	8,88E-05	8,88E-05	9,06E-05	9,38E-05
	Système rénal	5,18E-07	5,39E-07	5,52E-07	5,58E-07	5,60E-07	5,62E-07
	Système hépatique	1,05E-03	1,34E-03	1,41E-03	1,44E-03	1,45E-03	1,45E-03
	Système respiratoire	4,24E-07	4,24E-07	4,24E-07	4,25E-07	4,29E-07	4,33E-07
	Système immunitaire	7,48E-04	7,63E-04	7,63E-04	7,63E-04	7,63E-04	7,63E-04
	Perte de poids	5,97E-05	6,66E-05	6,92E-05	7,09E-05	7,35E-05	7,69E-05

**Tableau 11 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment B**

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatB	Système neurologique	-5,47E+01	1,37E-03	1,52E-03	1,64E-03	1,71E-03	<b>1,75E-03</b>
	Système nerveux	-8,32E-01	9,33E-05	1,04E-04	1,14E-04	1,20E-04	1,23E-04
	Système rénal	-4,61E+00	5,44E-07	5,76E-07	6,05E-07	6,22E-07	6,33E-07
	Système hépatique	-2,34E+01	1,31E-03	1,46E-03	1,58E-03	1,65E-03	1,69E-03
	Système respiratoire	-1,69E+02	5,08E-07	5,09E-07	5,10E-07	5,11E-07	5,14E-07
	Système immunitaire	-7,56E+02	9,26E-04	9,39E-04	9,39E-04	9,39E-04	9,39E-04
	Perte de poids	-7,65E+01	5,05E-05	5,78E-05	6,54E-05	7,00E-05	7,37E-05

**Tableau 12 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment C**

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatC	Système neurologique	1,18E-03	1,35E-03	1,51E-03	1,64E-03	1,70E-03	<b>1,72E-03</b>
	Système nerveux	7,64E-05	8,89E-05	1,02E-04	1,13E-04	1,20E-04	1,25E-04
	Système rénal	5,41E-07	5,98E-07	6,28E-07	6,64E-07	6,78E-07	6,87E-07
	Système hépatique	1,12E-03	1,29E-03	1,45E-03	1,57E-03	1,63E-03	1,65E-03
	Système respiratoire	6,26E-07	6,27E-07	6,29E-07	6,29E-07	6,30E-07	6,31E-07
	Système immunitaire	1,02E-03	1,12E-03	1,16E-03	1,19E-03	1,20E-03	1,20E-03
	Perte de poids	3,71E-05	4,73E-05	5,05E-05	5,82E-05	6,04E-05	6,32E-05



Tableau 13 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment D

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatD	Système neurologique	8,38E-05	4,24E-04	6,87E-04	1,06E-03	1,35E-03	<b>2,37E-03</b>
	Système nerveux	0,00E+00	2,79E-05	4,35E-05	6,97E-05	9,48E-05	1,01E-04
	Système rénal	9,33E-08	2,99E-07	3,93E-07	4,79E-07	5,33E-07	1,53E-06
	Système hépatique	7,19E-05	3,83E-04	6,51E-04	1,01E-03	1,30E-03	2,32E-03
	Système respiratoire	2,69E-07	3,97E-07	4,45E-07	4,49E-07	4,64E-07	4,92E-07
	Système immunitaire	7,94E-05	5,46E-04	7,05E-04	7,76E-04	8,05E-04	8,05E-04
	Perte de poids	4,18E-06	1,76E-05	3,40E-05	4,87E-05	7,18E-05	8,30E-04

Tableau 14 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment E

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatE	Système neurologique	1,08E-04	8,90E-04	1,50E-03	1,96E-03	2,46E-03	<b>4,64E-03</b>
	Système nerveux	9,88E-07	6,89E-05	1,32E-04	2,11E-04	2,88E-04	3,67E-04
	Système rénal	7,64E-08	3,59E-07	4,50E-07	6,74E-07	1,46E-06	1,54E-05
	Système hépatique	9,75E-05	8,54E-04	1,46E-03	1,92E-03	2,41E-03	4,60E-03
	Système respiratoire	3,12E-07	3,47E-07	3,61E-07	3,74E-07	3,83E-07	4,01E-07
	Système immunitaire	0,00E+00	3,66E-04	5,60E-04	5,97E-04	1,26E-03	1,08E-02
	Perte de poids	3,90E-06	1,91E-05	3,03E-05	4,20E-05	5,90E-05	8,92E-05

Tableau 15 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment F

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatF	Système neurologique	8,20E-04	1,27E-03	1,70E-03	2,67E-03	3,53E-03	<b>4,59E-03</b>
	Système nerveux	1,02E-04	2,16E-04	3,21E-04	4,83E-04	6,69E-04	9,46E-04
	Système rénal	3,12E-07	3,98E-07	4,31E-07	4,63E-07	4,93E-07	5,92E-07
	Système hépatique	6,99E-04	1,08E-03	1,39E-03	2,30E-03	3,24E-03	4,22E-03
	Système respiratoire	3,30E-07	3,42E-07	3,45E-07	3,53E-07	3,60E-07	3,78E-07
	Système immunitaire	5,37E-04	5,99E-04	5,99E-04	6,06E-04	6,67E-04	3,16E-03
	Perte de poids	1,40E-05	4,81E-05	6,12E-05	7,25E-05	1,33E-04	3,12E-04



Tableau 16 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment G

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatG	Système neurologique	2,06E-04	1,06E-03	1,31E-03	3,51E-03	4,25E-03	<b>8,75E-03</b>
	Système nerveux	0,00E+00	8,04E-05	1,26E-04	2,39E-04	3,18E-04	3,93E-04
	Système rénal	7,14E-08	3,39E-07	3,67E-07	8,03E-07	1,28E-06	5,65E-06
	Système hépatique	1,89E-04	1,00E-03	1,22E-03	3,37E-03	4,15E-03	7,62E-03
	Système respiratoire	2,42E-07	3,36E-07	3,43E-07	3,64E-07	3,75E-07	5,64E-07
	Système immunitaire	9,62E-05	5,15E-04	5,99E-04	5,99E-04	7,63E-04	2,15E-03
	Perte de poids	6,49E-06	2,39E-05	3,01E-05	5,43E-05	8,06E-05	1,31E-04

Tableau 17 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment H

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatH	Système neurologique	1,42E-04	5,48E-04	9,90E-04	1,18E-03	1,25E-03	<b>1,78E-03</b>
	Système nerveux	7,00E-06	5,71E-05	8,57E-05	1,11E-04	1,29E-04	1,39E-04
	Système rénal	9,63E-08	2,09E-07	2,94E-07	3,73E-07	4,62E-07	5,95E-07
	Système hépatique	1,21E-04	4,93E-04	9,10E-04	1,11E-03	1,16E-03	1,74E-03
	Système respiratoire	2,60E-07	3,44E-07	3,54E-07	3,59E-07	3,70E-07	3,87E-07
	Système immunitaire	1,44E-04	4,74E-04	6,13E-04	6,22E-04	6,22E-04	6,22E-04
	Perte de poids	4,60E-06	9,25E-06	1,43E-05	2,26E-05	2,69E-05	3,04E-05

Tableau 18 : Somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment I

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatI	Système neurologique	1,43E-03	1,71E-03	1,81E-03	1,93E-03	2,09E-03	<b>2,09E-03</b>
	Système nerveux	8,71E-05	1,10E-04	1,19E-04	1,28E-04	1,35E-04	1,35E-04
	Système rénal	4,96E-07	5,46E-07	5,82E-07	6,22E-07	6,78E-07	6,78E-07
	Système hépatique	1,36E-03	1,64E-03	1,73E-03	1,85E-03	2,01E-03	2,01E-03
	Système respiratoire	6,07E-07	6,39E-07	6,62E-07	6,90E-07	7,22E-07	7,22E-07
	Système immunitaire	1,06E-03	1,17E-03	1,24E-03	1,29E-03	1,34E-03	1,34E-03
	Perte de poids	4,53E-05	5,66E-05	6,19E-05	6,61E-05	6,87E-05	6,87E-05

Le maximum des quotients de dangers calculés liés à l'inhalation de polluants à l'intérieur des bâtiments a été obtenu au droit du bâtiment G. Ainsi, les maximums des quotients de dangers obtenus pour le bâtiment G a été sommé avec les quotients de dangers calculés par les aménagements extérieurs. Les maximums des indices de risques sanitaires sont présentés dans le tableau suivant.



Tableau 19 : Maximum des quotients de dangers par organe cible

Type	Organe	Inh ext EspVert	Inh ext Voirie/Parking	Inh int BâtG	Somme
Max des QD	Système neurologique	6,77E-04	1,31E-04	<b>8,75E-03</b>	<b>9,55E-03</b>
	Système nerveux	5,81E-05	8,78E-06	3,93E-04	4,60E-04
	Système rénal	1,25E-06	1,68E-07	5,65E-06	7,07E-06
	Système hépatique	6,69E-04	1,30E-04	7,62E-03	8,42E-03
	Système respiratoire	2,64E-08	6,47E-09	5,64E-07	5,96E-07
	Système immunitaire	<b>1,12E-03</b>	<b>1,77E-04</b>	2,15E-03	3,45E-03
	Perte de poids	1,05E-04	2,69E-05	1,31E-04	2,63E-04

**Les calculs de risques sanitaires ont mis en évidence, pour les effets non cancérogènes, des indices de risques tous inférieurs à 1, valeur seuil définie par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017.**

Les maximums des quotients de dangers obtenus pour chaque polluant sont présentés dans le tableau suivant. Ils permettent de calculer les concentrations maximales de polluants inhalées et les concentrations maximales de polluants dans l'air au droit de l'aménagement considéré.



Tableau 20 : Maximum des quotients de dangers par polluant

Polluant	EspVert		Voirie / Parking		Bât G		
	Concentration dans air (mg/m <sup>3</sup> )	Concentration inhalée (mg/m <sup>3</sup> )	Concentration dans air (mg/m <sup>3</sup> )	Concentration inhalée (mg/m <sup>3</sup> )	Concentration dans air (mg/m <sup>3</sup> )	Concentration inhalée (mg/m <sup>3</sup> )	QD
aliphatic nC10-nC12	6,38E-03	8,01E-05	1,04E-03	1,30E-05	3,94E-03	7,91E-04	7,91E-04
aliphatic nC12-nC16	1,36E-04	1,71E-06	2,23E-05	2,81E-07	6,57E-05	1,32E-05	1,32E-05
aliphatic nC5-nC6	5,18E-02	6,51E-04	7,49E-03	9,41E-05	7,81E-03	1,57E-03	8,53E-05
aliphatic nC6-nC8	5,25E-02	6,59E-04	8,00E-03	1,01E-04	3,11E-02	6,24E-03	3,39E-04
aliphatic nC8-nC10	4,51E-02	5,66E-04	9,41E-03	1,18E-04	3,31E-02	6,65E-03	<b>6,65E-03</b>
aromatic nC10-nC12	1,67E-03	2,09E-05	4,28E-04	5,37E-06	1,16E-04	2,33E-05	1,16E-04
aromatic nC12-nC16	2,35E-05	2,95E-07	3,98E-06	5,00E-08	1,42E-05	2,85E-06	1,42E-05
benzene	8,62E-04	1,08E-05	1,37E-04	1,72E-06	1,04E-04	2,09E-05	2,15E-03
ethylbenzene	1,50E-04	1,88E-06	2,00E-05	2,51E-07	4,22E-05	8,48E-06	5,65E-06
naphthalene	7,78E-08	9,77E-10	1,90E-08	2,39E-10	1,04E-07	2,09E-08	5,64E-07
toluene	2,97E-04	3,73E-06	4,18E-05	5,25E-07	6,97E-06	1,40E-06	7,37E-08
xylenes	1,81E-04	2,28E-06	7,70E-05	9,67E-07	5,51E-04	1,11E-04	1,11E-03

Les organes cibles les plus sensibles pour les futurs travailleurs au droit du site sont :

- le système neurologique en raison de l'inhalation d'hydrocarbures aliphatiques C8-C10 à l'intérieur des bâtiments ;
- le système immunitaire en raison de l'inhalation de benzène en extérieur.



Les excès de risque individuels de l'ensemble des substances pour toutes les voies d'exposition sont présentés dans les cartographies et tableaux suivants. Les valeurs indiquées en gras correspondent aux indices de risques les plus élevés.

Tableau 21 : Excès de risques individuels pour les extérieurs

Aménagement	Polluant	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
EspVert	Tous les polluants	-8,06E-03	7,70E-09	8,24E-09	8,25E-09	8,25E-09	<b>1,69E-07</b>
	benzene	-6,57E-03	7,63E-09	8,17E-09	8,17E-09	8,17E-09	1,69E-07
	ethylbenzene	-5,39E-04	5,76E-11	7,04E-11	7,78E-11	8,06E-11	2,82E-09
	naphtalene	-9,51E-04	2,86E-12	2,86E-12	2,90E-12	3,00E-12	3,28E-12
Voirie Parking	Tous les polluants	-1,28E-03	9,83E-10	1,24E-09	1,30E-09	1,32E-09	<b>2,69E-08</b>
	benzene	-1,04E-03	9,68E-10	1,22E-09	1,29E-09	1,29E-09	2,69E-08
	ethylbenzene	-8,52E-05	7,58E-12	1,07E-11	1,37E-11	2,36E-11	3,77E-10
	naphtalene	-1,51E-04	4,51E-13	4,60E-13	4,82E-13	4,97E-13	8,04E-13

Tableau 22 : Excès de risques individuels pour les bâtiments (1)

Aménagement	Polluant	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatA	Tous les polluants	1,15E-07	1,17E-07	1,17E-07	1,17E-07	1,17E-07	<b>1,17E-07</b>
	benzene	1,13E-07	1,15E-07	1,15E-07	1,15E-07	1,15E-07	1,15E-07
	ethylbenzene	1,17E-09	1,21E-09	1,24E-09	1,26E-09	1,26E-09	1,26E-09
	naphtalene	5,27E-11	5,27E-11	5,27E-11	5,29E-11	5,33E-11	5,38E-11
BatB	Tous les polluants	-1,46E-01	1,41E-07	1,43E-07	1,44E-07	1,44E-07	<b>1,44E-07</b>
	benzene	-1,14E-01	1,40E-07	1,42E-07	1,42E-07	1,42E-07	1,42E-07
	ethylbenzene	-1,04E-02	1,22E-09	1,30E-09	1,36E-09	1,40E-09	1,42E-09
	naphtalene	-2,10E-02	6,32E-11	6,33E-11	6,34E-11	6,35E-11	6,38E-11
BatC	Tous les polluants	1,55E-07	1,71E-07	1,78E-07	1,82E-07	1,83E-07	<b>1,83E-07</b>
	benzene	1,54E-07	1,70E-07	1,76E-07	1,80E-07	1,82E-07	1,82E-07
	ethylbenzene	1,22E-09	1,35E-09	1,41E-09	1,49E-09	1,53E-09	1,55E-09
	naphtalene	7,78E-11	7,80E-11	7,82E-11	7,82E-11	7,83E-11	7,84E-11
BatD	Tous les polluants	1,23E-08	8,45E-08	1,08E-07	1,19E-07	1,23E-07	<b>1,23E-07</b>
	benzene	1,20E-08	8,26E-08	1,07E-07	1,17E-07	1,22E-07	1,22E-07
	ethylbenzene	2,10E-10	6,74E-10	8,84E-10	1,08E-09	1,20E-09	3,44E-09
	naphtalene	3,35E-11	4,93E-11	5,53E-11	5,58E-11	5,77E-11	6,12E-11



Tableau 23 : Excès de risques individuels pour les bâtiments (2)

Aménagement	Polluant	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatE	Tous les polluants	2,92E-10	5,64E-08	8,57E-08	9,15E-08	2,01E-07	<b>1,98E-06</b>
	benzene	0,00E+00	5,52E-08	8,47E-08	9,04E-08	1,95E-07	1,97E-06
	ethylbenzene	1,72E-10	8,08E-10	1,02E-09	1,52E-09	3,31E-09	3,47E-08
	naphtalene	3,81E-11	4,32E-11	4,49E-11	4,65E-11	4,77E-11	4,98E-11
BatF	Tous les polluants	8,20E-08	9,16E-08	9,18E-08	9,28E-08	1,02E-07	<b>4,79E-07</b>
	benzene	8,13E-08	9,07E-08	9,07E-08	9,17E-08	1,01E-07	4,78E-07
	ethylbenzene	7,03E-10	8,94E-10	9,70E-10	1,04E-09	1,11E-09	1,33E-09
	naphtalene	4,10E-11	4,25E-11	4,28E-11	4,39E-11	4,48E-11	4,70E-11
BatG	Tous les polluants	1,48E-08	7,94E-08	9,14E-08	9,15E-08	1,18E-07	<b>3,39E-07</b>
	benzene	1,46E-08	7,79E-08	9,06E-08	9,06E-08	1,15E-07	3,26E-07
	ethylbenzene	1,61E-10	7,63E-10	8,26E-10	1,81E-09	2,87E-09	1,27E-08
	naphtalene	3,00E-11	4,18E-11	4,27E-11	4,52E-11	4,67E-11	7,01E-11
BatH	Tous les polluants	2,21E-08	7,21E-08	9,36E-08	9,49E-08	9,51E-08	<b>9,54E-08</b>
	benzene	2,18E-08	7,17E-08	9,28E-08	9,40E-08	9,40E-08	9,40E-08
	ethylbenzene	2,17E-10	4,69E-10	6,62E-10	8,40E-10	1,04E-09	1,34E-09
	naphtalene	3,23E-11	4,28E-11	4,40E-11	4,47E-11	4,60E-11	4,82E-11
BatI	Tous les polluants	1,62E-07	1,78E-07	1,89E-07	1,96E-07	2,04E-07	<b>2,04E-07</b>
	benzene	1,60E-07	1,76E-07	1,88E-07	1,95E-07	2,03E-07	2,03E-07
	ethylbenzene	1,12E-09	1,23E-09	1,31E-09	1,40E-09	1,53E-09	1,53E-09
	naphtalene	7,55E-11	7,95E-11	8,22E-11	8,58E-11	8,98E-11	8,98E-11

Le maximum des excès de risques individuels lié à l'inhalation de polluants à l'intérieur des bâtiments a été obtenu au droit du bâtiment E. Ainsi, les maximums des excès de risques individuels obtenus pour le bâtiment E ont été sommés avec les excès de risques individuels calculés par les aménagements extérieurs. Les maximums des indices de risques sanitaires sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 24 : Maximum des excès de risques individuels

Type	Polluant	EspVert	Voirie / Parking	BatE	Somme
Max ERI	Tous les polluants	1,69E-07	2,69E-08	1,98E-06	<b>2,18E-06</b>
	benzene	1,69E-07	2,69E-08	1,97E-06	2,17E-06
	ethylbenzene	2,82E-09	3,77E-10	3,47E-08	3,79E-08
	naphtalene	3,28E-12	8,04E-13	4,98E-11	5,39E-11

**Les excès de risques individuels sont tous inférieurs à  $10^{-5}$ , valeur seuil définie par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017.**

Il convient de noter que les excès de risques individuels sont majoritairement liés à l'inhalation de benzène à l'intérieur des bâtiments.



Ainsi, l'analyse des risques résiduels, réalisée sur la base des valeurs toxicologiques de référence actuelles et sur la campagne de prélèvement des gaz de sol menée en février et mars 2019, confirme la bonne compatibilité sanitaire entre l'état environnemental actuel du site d'étude et un usage d'entrepôt économique.

Les figures suivantes présentent les cartographies des indices de risques sanitaires obtenus au droit du site d'étude.

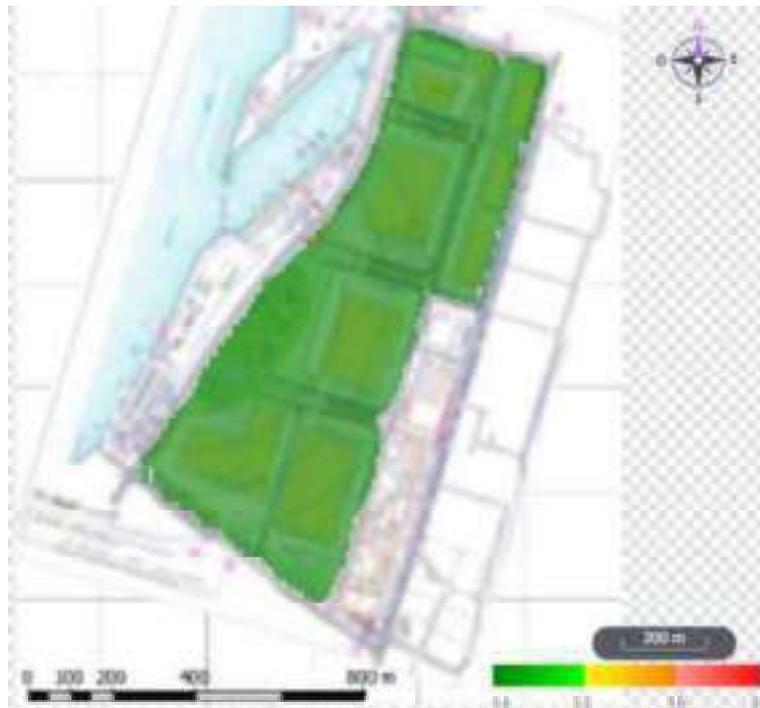


Figure 2. Cartographie des risques sanitaires à seuil (QD)

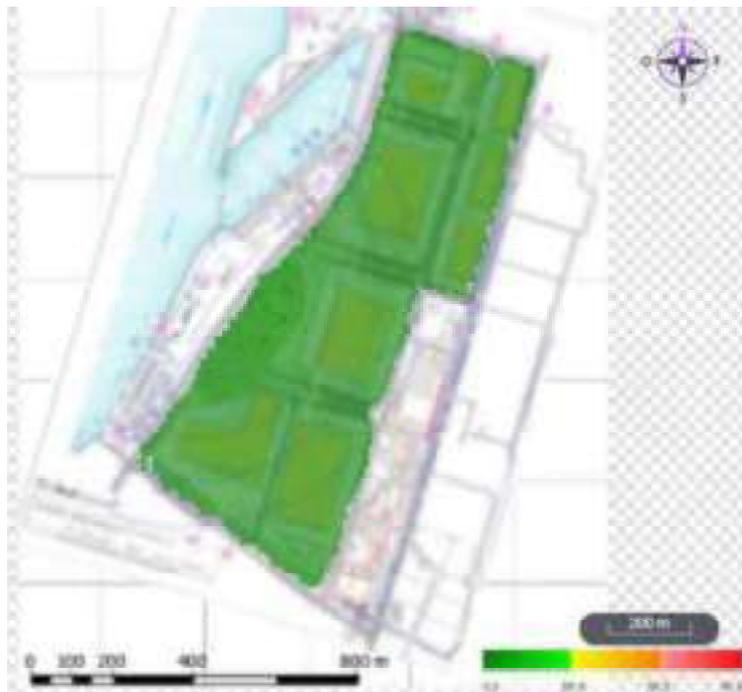


Figure 3. Cartographie des risques sanitaires sans seuil (ERI)



## 2.6. Incertitudes et sensibilité

La discussion portant sur les incertitudes qui concernent les paramètres et les hypothèses de calcul est destinée à faciliter l'interprétation des résultats et permettre une gestion optimale des risques.

Les choix qui ont été faits sur les valeurs à attribuer à certains paramètres ou sur le comportement des individus sont entachés d'une incertitude. L'ensemble des paramètres déterminants est discuté dans ce chapitre, et notamment les concentrations de référence et les paramètres descriptifs de l'exposition.

**L'approche générale se veut sécuritaire et conduit à des valeurs du risque majorantes (quotient de danger et excès de risque individuel).** Ce chapitre permettra d'apprécier la sensibilité des paramètres et de vérifier l'influence sur le résultat du calcul. Il ne traitera que de la voie d'exposition par inhalation à l'intérieur du bâtiment, car celle-ci reste prépondérante.

### **2.6.1. Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond**

La présente étude a été menée en ne considérant que les risques sanitaires induits par la présence de polluants en concentrations supérieures au bruit de fond sur le site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude (source INERIS). Il convient donc de noter que :

- la présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, etc.) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations (suivis parfois par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air), non liée au site, n'est pas prise en compte ;
- la présence potentielle dans l'air intérieur de composés organiques volatils (solvants, formaldéhydes, etc.) issus des aménagements et activités dans les locaux, non liée au site, n'est pas prise en compte.

### **2.6.2. Choix des substances et concentrations**

Dans une démarche de cohérence avec l'ARR prédictive rédigée par GOLDER en 2015, les mêmes composés ont été retenus pour évaluer les risques sanitaires.

Il convient de noter que les concentrations en composés organiques halogénés volatils (COHV) détectées dans les gaz du sol au droit du site lors de la campagne menée en février-mars 2019 sont égales ou proches à la limite de quantification du laboratoire. Ainsi, le choix des substances ne minore pas les indices de risques individuels calculés.

Toutefois, les concentrations détectées dans les gaz du sol lors de la campagne menée en février-mars 2019 sont nettement inférieures à celles détectées précédemment et utilisées pour l'ARR prédictive de GOLDER en 2015. Les calculs de risques sanitaires pourront ainsi être actualisés lors de la réception des résultats d'analyses de la seconde campagne de prélèvement des gaz du sol de 2019.



### **2.6.3. Toxicité des composés**

#### **Cumul des indices de risques des différentes voies d'exposition et des différents composés.**

L'ensemble des QD a été sommé, en tenant compte des organes cibles. L'ensemble des ERI a également été sommé.

La sommation est justifiée pour les composés cancérigènes parce qu'on parle de cancer (en général) quels que soient la cause ou le mécanisme. Elle est également justifiée pour les QD lors de la sommation globale et de la somme par organe cible.

#### **Incertitude sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)**

Les valeurs les plus pertinentes de VTR ont été sélectionnées. Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques sont disponibles, ces dernières ont été étudiées et les choix réalisés pour chaque substance sont présentés dans l'annexe. La sélection des VTR est inspirée de la circulaire DGS.

Dans l'état actuel des connaissances, l'application de ces VTR implique des estimations majorantes du risque.

D'autre part, nous avons privilégié les VTR issues d'études sur l'homme afin de réduire les incertitudes sur ce paramètre. Nous avons également retenu les VTR proposées par des organismes reconnus pour leur compétence dans ce domaine. Il s'agit notamment de l'USEPA (base de données IRIS) et de l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) aux Etats Unis, du RIVM aux Pays bas et de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé).

En cas de difficulté à choisir parmi différentes valeurs toxicologiques de référence, la plus pénalisante est retenue en vue de conserver une approche sécuritaire tout en s'inspirant de la circulaire DGS.

En conclusion, malgré l'existence d'incertitudes sur les VTR (concernant le degré de confiance accordées aux études, les facteurs de sécurité, les désaccords entre experts toxicologues), l'approche retenue rend compte des connaissances scientifiques et techniques du moment et sont sécuritaires.

### **2.6.4. Paramètres du bâtiment**

#### **Taille du bâtiment considéré**

Les tailles des bâtiments considérées sont particulièrement élevées. Ce choix n'est pas sécuritaire car plus le volume de la salle considérée est grand, plus la concentration de polluants dans l'air dans ladite salle est faible. Dans une démarche sécuritaire, deux nouveaux calculs de risques sanitaires ont été réalisés en considérant des tailles de bâtiments plus petites :

- Une salle de 20 m x 20 m, correspondant à la surface d'une dalle béton d'un seul tenant pour un entrepôt avec un passage des polluants entre les joints. Une hauteur de plafond de 13 m a été conservée ;
- Des bureaux de plain-pied de 3 m x 4 m et avec une hauteur sous-plafond de 2,5.



### **Dalle de béton**

L'épaisseur de la dalle de béton retenue est de 0,20 m, valeur la plus faible indiquée par la société VALGO.

Ce paramètre influence de manière inversement proportionnelle les flux vers la pièce. En effet, une épaisseur de dalle plus faible induit un meilleur passage des polluants à travers la dalle et donc des risques sanitaires plus élevés. Le choix effectué de 0,20 m est donc sécuritaire.

### **Taux de ventilation**

Dans une démarche de cohérence, le taux de ventilation d'air retenu est de 48 vol/jour, similaire à celui utilisé par la société GOLDER pour l'ARR prédictive de 2015. Le taux de ventilation d'air influence de manière inversement proportionnelle les concentrations de polluants présents dans l'air intérieur des bâtiments. Ainsi, un taux de ventilation de l'air des bâtiments deux fois plus faibles implique des niveaux de risques deux fois plus élevés.

## **2.6.5. Caractéristiques des sols**

Le choix des caractéristiques retenues pour les sols est basé sur les valeurs retenues par GOLDER pour l'ARR prédictive en 2015.

D'autre part, la société VALGO a indiqué le remblaiement de l'ensemble du site par une épaisseur minimale de 50 cm de remblais propres. Les remblais sont les sols présentant les perméabilités les plus hautes, qui permettant plus facilement le passage des polluants volatils et qui impliquent donc les risques sanitaires les plus élevés. Le choix réalisé sur les caractéristiques des sols ne remet pas en cause les résultats de l'étude.

## **2.6.6. Paramètres d'exposition**

Dans une démarche de cohérence, les paramètres d'exposition retenus sont identiques à ceux utilisés par la société GOLDER pour l'ARR prédictive de 2015, soit :

- Une durée d'exposition de 42 ans ;
- Une fréquence d'exposition de 220 jours ;
- Une fraction de temps de 8h/jr en intérieur et de 0,5h/jr en extérieur.

Une durée d'exposition de 42 ans a été retenue pour les futurs travailleurs fréquentant le site d'étude, considérant dans une approche maximaliste que l'individu passera toute sa carrière professionnelle au même endroit. Cette hypothèse sécuritaire est issue de la littérature.

Une fréquence d'exposition de 220 jours a été sélectionné, en considérant une présence de cinq jours par semaine, avec huit semaines d'absence pour congés annuels, repos compensatoires et jours fériés. D'autre part, une fraction de temps de 8 heures par jour en intérieur a été conservé.



## 2.6.7. *Choix du logiciel en source de type fini ou infini*

La source sol sous les bâtiments est considérée comme infinie, c'est-à-dire que le logiciel ne prend pas en compte une atténuation des teneurs dans la zone source des sols en fonction du temps du fait de la volatilisation des composés de la source vers l'intérieur des bâtiments. Ce choix est fortement conservatoire pour les composés les plus volatils.

## 2.6.8. *Module incertitude ENVIRISK*

Le module d'incertitude dans ENVIRISK permet de prendre en compte les variabilités de certains des paramètres utilisés dans les calculs de risques.

Les incertitudes liées à un scénario de salarié ont ainsi été étudiées au droit du site pour les deux scénarii « salle de 20 m x 20 m » et « bureau de plain-pied ».

Le module incertitude de ENVIRISK utilise la méthode Monté Carlos pour avoir une quantification de l'incertitude au droit de chaque maille.

100 simulations ont ainsi été faites en tenant compte des paramètres variables suivants :

- La hauteur de la zone de mélange ;
- Le taux de ventilation de l'air à l'intérieur des bâtiments ;
- La perméabilité intrinsèque des sols.

## 2.7. Résultats des incertitudes – Scénario incertitudes 1

### 2.7.1. *Quantifications des risques sanitaires*

Les tableaux suivants présentent les quotients de dangers obtenus en considérant une salle de 20 x 20 m au droit de l'ensemble des bâtiments. Les valeurs indiquées en gras correspondent aux indices de risques les plus élevés.

Tableau 25 : Scénario 1 - somme des quotients dangers (QD) par organe cible pour le bâtiment A

Aménagement	Organe	Min	Q25	Mediane	Q75	Q90	Max
BatA	Système neurologique	2,00E-03	2,53E-03	2,65E-03	2,72E-03	2,73E-03	<b>2,74E-03</b>
	Système nerveux	1,47E-04	1,62E-04	1,63E-04	1,63E-04	1,66E-04	1,72E-04
	Système rénal	8,91E-07	9,28E-07	9,49E-07	9,60E-07	9,64E-07	9,67E-07
	Système hépatique	1,92E-03	2,46E-03	2,58E-03	2,65E-03	2,65E-03	2,65E-03
	Système respiratoire	6,90E-07	6,90E-07	6,90E-07	6,92E-07	6,98E-07	7,05E-07
	Système immunitaire	1,33E-03	1,36E-03	1,36E-03	1,36E-03	1,36E-03	1,36E-03
	Perte de poids	1,10E-04	1,22E-04	1,27E-04	1,30E-04	1,35E-04	1,41E-04