

L'ensemble des voies d'exposition a été traité en effets chroniques, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

L'ensemble des informations concernant le potentiel toxique des substances retenues est reporté en 0.

4.4 Caractérisation des Relation dose-réponse

L'évaluation quantitative de la relation entre la dose (ou la concentration) et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la **Valeur Toxicologique de Référence (VTR)**. Des VTR sont établies par diverses instances internationales ou nationales³ à partir de l'analyse des données toxicologiques expérimentales chez l'animal et/ou des données épidémiologiques. Ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

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

- les effets à seuil pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester,
- les effets sans seuil pour lesquels la probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose.

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 est prise en compte pour la sélection des VTR.

Les valeurs toxicologiques de référence sont synthétisées dans le tableau suivant et détaillées en Annexe ARR 1. Les relations dose-réponse des composés retenus sont détaillées Annexe ARR 2 et discutées dans les incertitudes au paragraphe **4.7**.

³ IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)

ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

OMS (Organisation Mondiale de la Santé)

Santé Canada (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),

RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),

OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment of Californie – Etat Unis)

En France, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement, du Travail) peut également produire des VTR.

Tableau 3 : Valeurs toxicologiques de référence retenues

Substance	CAS N°R	Effets sans seuil							
		ERU _o	TYPE CANCER	SOURCE	ERU _i	TYPE CANCER	SOURCE		
		(mg/kg/j)-1			(mg/m3)-1				
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES									
Naphtalène	91-20-3	0,001	application TEF	-	5,60E-03	neuroblastome de l'épité, olfactif	Anses, 2013		
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS									
PCE (tétrachloroéthylène)	127-18-4	0,002	hépatique	US-EPA, 2012	3,00E-04	hépatique	US-EPA, 2012		
TCE (trichloroéthylène)	79-01-6	0,05	cancer du rein	US-EPA, 2011	1,00E-03	cancer du rein	Anses, 2018		
dichlorométhane	75-09-2	0,002	hépatique	US-EPA, 2011	1,00E-05	hépatique	US-EPA, 2011		
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES									
benzène	71-43-2	5,50E-02	leucémie	US-EPA, 2000	2,60E-02	leucémie	Anses, 2014		
toluène	108-88-3		-	-		-	-		
ethylbenzène	100-41-4		-	-		-	-		
xylènes	1320-20-7		-	-		-	-		
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH									
Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat		-	-		-	-		
Aliphatic nC>6-nC8	"		-	-		-	-		
Aliphatic nC>8-nC10	"		-	-		-	-		
Aliphatic nC>10-nC12	"		-	-		-	-		
Aromatic nC>8-nC10	"		-	-		-	-		
Substance	CAS N°R	Effets à seuil							
		RfD	ORGANE	SOURCE	SF	Rfc	ORGANE	SOURCE	SF
		(mg/kg/j)				(mg/m3)			
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES									
Naphtalène	91-20-3	0,02	poids	US-EPA, 1998	3000	0,037	sys. Resp.	Anses, 2013	250
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS									
PCE (tétrachloroéthylène)	127-18-4	0,014	hépatique	OMS, 2011	1000	0,4	neurotoxicité	Anses, 2018	30
TCE (trichloroéthylène)	79-01-6	0,0005	multiples	US-EPA, 2011	multiples	3,2	rein	Anses, 2018	75
dichlorométhane	75-09-2	0,006	foie	US-EPA, 2011	30	0,6	foie	US-EPA, 2011	30
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES									
benzène	71-43-2	0,0005	sang	ATSDR, 2007	30	0,01	sang	ATSDR, 2007	10
toluène	108-88-3	0,08	hépatique, rein	US-EPA, 2005	3000	19	sys. Nerveux	Anses, 2017	5
ethylbenzène	100-41-4	0,1	hépatique, rein	US-EPA, 1991	1000	1,5	effet ototoxique	ANSES 2016	30
xylènes	1320-20-7	0,2	poids	US-EPA, 2003	1000	0,22	sys. Nerveux	ATSDR, 2007	300
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH									
Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat		non adapté	US-EPA, 2005	1000	3	sys. nerveux	US-EPA, 2005	300
Aliphatic nC>6-nC8	"		non adapté	US-EPA, 2005	1000	3	sys. nerveux	US-EPA, 2005	300
Aliphatic nC>8-nC10	"	0,1	sys. nerveux sys. hépatique	TPHCWG & MADEP	1000	1	sys. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000
Aliphatic nC>10-nC12	"	0,1	sys. nerveux sys. hépatique	TPHCWG & MADEP	1000	1	sys. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000
Aromatic nC>8-nC10	"	0,03	poids	MADEP, 2003	10000	0,2	poids	TPHCWG, 1997	1000

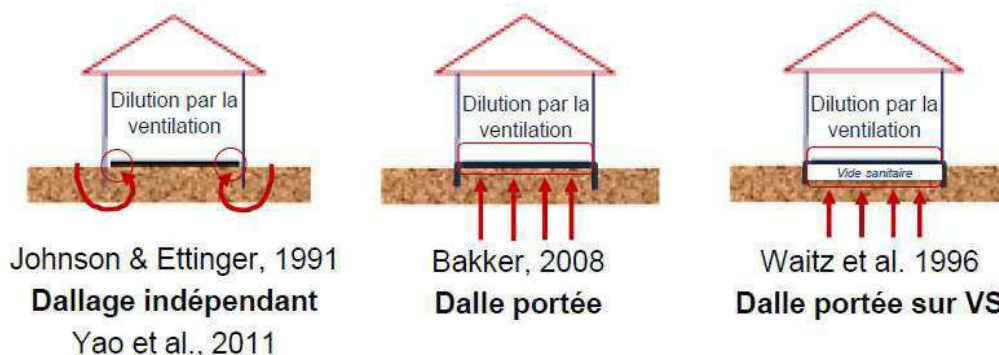
4.5 Estimation des expositions

4.5.1 Concentrations dans les milieux d'exposition

4.5.1.1 Estimation des concentrations dans l'air intérieur et extérieur

La modélisation des transferts des gaz des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils datant du début des années 1990. Ces outils sont très peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL ^[3] (Waitz et al, 1996) adapté aux situations avec vide sanitaire, le modèle dit de « Johnson and Ettinger »^[4] (Johnson and Ettinger, 1991) adapté aux constructions en dallage indépendant (avec fissuration périphérique de la dalle liée au séchage) et le modèle développé par Bakker et al (2008)^[5] pour les constructions en dalle portée ou radier (fondation et dalle d'un seul tenant, sans fissuration périphérique).

Figure 2 : Représentation schématique des différents modèles de calcul des transferts des sols vers l'air intérieur



Le maître d'ouvrage n'ayant pas été en capacité de nous fournir le mode constructif du futur bâtiment, il n'est pas possible de retenir un modèle plutôt qu'un autre. En l'absence de données sur les modalités de construction et de ventilation du bâti, les concentrations en polluants volatils dans l'air intérieur (et les risques induits) peuvent être estimés en appliquant un facteur d'atténuation de 0,05 (C_{AI}/C_{Gds}). Ce facteur précautionneux a été établi par l'US-EPA sur la base d'un grand nombre de mesures effectuées pour diverses configurations constructives. Les concentrations ainsi estimées peuvent être jugées a priori sécuritaires dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires.

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations de Millington and Quirk et de l'équation de Fick. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. Comme pour l'air intérieur, la zone de pollution est considérée comme infinie.

Les équations sont détaillées en 0.

^[3] Waitz *et al.*, 1996. The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. M.F.W. Waitz; J.I. Freijer; F.A. Swartjes. May 1996. RIVM. Report n° 7581001.

^[4] Johnson PC and Ettinger RA, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. *Env. Sci. Technol.* 25, p 1445-1452

^[5] Bakker et al. 2008 RIVM Report 711701049/2008 : Site-specific human risk assessment of soil contamination with volatile compounds

► Hypothèses retenues – paramètres liés au sol et aux aménagements

Les concentrations dans l'air intérieur sont estimées à partir des concentrations mentionnées dans le **Tableau 2**. Les hypothèses retenues pour la réalisation des calculs de transferts des sols/gaz des sols vers l'air intérieur et l'air extérieur, sont récapitulées dans les tableaux ci-après.

Tableau 4 : Paramètres retenus liés au sol

PARAMETRES LIES AU SOL			
Paramètres	Valeur prise en compte	Unités	Source
Sol sous le bâtiment de type :			
	Limons silteux		
Densité du sol	1,8	g/cm ³	Valeur par défaut
Distance de la source sol au dallage	0,1	m	Valeur sécuritaire
Fraction de carbone organique dans le sol	0,008	Kg(CO)/Kg(MS)	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Teneur en eau dans le sol	22	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Teneur en air dans le sol	13	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Porosité totale	35	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Perméabilité intrinsèque des sols sous dallage	1,00E-09	cm ²	Valeur bibliographique pour les limons silteux (équivalent aux marnes rencontrées)
Sol sous le dallage en extérieur de type :			
	Sables		
Densité du sol	1,8	g/cm ³	Valeur par défaut
Distance de la source sol au dallage	0,01	m	Valeur retenue
Fraction de carbone organique dans le sol	0,002	Kg(CO)/Kg(MS)	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Teneur en eau dans le sol	12	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Teneur en air dans le sol	18	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Porosité totale	30	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)

Tableau 5 : Paramètres retenus liés aux scénarios d'aménagement

PARAMETRES DES AMENAGEMENTS			
Paramètres	Valeur prise en compte	Unités	Source
Paramètres liés au transfert des gaz du milieu souterrain vers l'air intérieur			
Porosité totale du béton et des fondations	12 %, constituée de 5 % d'air et de 7% d'eau		Données bibliographiques
Épaisseur de la dalle	0,15	m	Hypothèse
Surface des fissures du béton	2,00E-04		Valeur par défaut proposée par l'US-EPA et le RIVM
Différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol	40	(g/cm/s ²)	Valeur par défaut proposée par l'US-EPA et le RIVM
Surface retenue en intérieur	100	m ²	<i>Valeur par défaut en l'absence de plan d'aménagement</i>
Périmètre associé à l'espace retenue en intérieur	40	m	<i>Valeur par défaut en l'absence de plan d'aménagement</i>
Hauteur sous plafond	2,5	m	<i>Valeur par défaut en l'absence de plan d'aménagement</i>
Perméabilité apparente de la dalle (modèle de Bakker et al. 2008)	2,00E-13	m ²	Valeur par défaut de Bakker et al., 2008 pour une dalle de bonne qualité
Facteur de transfert des teneurs dans l'air entre deux niveaux (RdC sur sous-sol)	10%	%	Cette valeur est issue de mesures sur sites, mais sans distinction pour le cas d'un vide sanitaire ou d'une cave ou du type de fondation : plancher, béton... (HESP, Veerkamp et ten Berge, 1994). Cette valeur est préconisée par le modèle intégré HESP et recommandée par le RIVM (report n°711701021 de mars 2001, Evaluation and revision of the CSOIL parameter set).
Taux de ventilation dans le sous-sol	72	fois/jour	dans les sous-sols, dans la mesure où ceux-ci serviraient de parkings, nous considérerons un taux de ventilation de 3 changements d'air par heure (72 j-1). Cette valeur est pénalisante par rapport à celle de 10 changement d'air par heure recommandée par l'IRC (Institut de Recherche en Construction, Canada) pour obtenir de basses teneurs en CO dans les garages ;
Paramètres liés au transfert du milieu souterrain vers l'air extérieur			
Hauteur de la zone de mélange	1,5 m pour les adultes 1 m pour les enfants		Hauteur de respiration
Longueur de la zone polluée	100	m	Valeur retenue comme la longueur maximale de l'étendu de la zone de pollution
Vitesse du vent dans la zone de mélange	2	m/s	valeur la plus contraignante retenue
Couverture en extérieur			
Épaisseur	0,3	m	Valeur standard
Porosité efficace	30%		Données de la littérature pour de la terre végétale
Teneur en eau	15%		Données de la littérature pour de la terre végétale
Teneur en air	15%		Données de la littérature pour de la terre végétale

► Concentrations dans l'air intérieur et extérieur

 Le **Tableau 6** et le

Tableau 7 nt ci-après présente les concentrations estimées en air intérieur et extérieur.

Tableau 6 : Concentrations en air intérieur

Substances	AIR EXTERIEUR et INTERIEUR	AIR INTERIEUR		Concentrations en intérieur dans les sous-sols en appliquant le facteur alpha = 0,05	Concentrations en intérieur au rez-de-chaussée
	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)
	Valeurs guide OMS	Bruit de fond logement (source OQAI)	Valeurs guide ANSES ou INDEX, valeurs repère HCSP (**)	Adultes/Enfants	Adultes/Enfants
HAP					
Naphtalène	-	-	<i>10</i>	0,19	0,02
COHV					
Tétrachloroéthylène (PCE)	250 (*)	7,3	250 (*)	1,67	0,17
Trichloroéthylène (TCE)	23	7,3	<i>2</i>	5,28	0,53
Dichlorométhane	-	-	-	4,17	0,42
BTEX					
Benzène	1,70	7	<i>2</i>	5,14	0,51
Toluène	260,00	83	-	25,69	2,57
Ethylbenzène	-	15	<i>1500</i>	18,61	1,86
M+p-Xylène	-	40	<i>200</i>	41,53	4,15
o-Xylène	-	15	-	14,86	1,49
HYDROCARBURES PAR CLASSES					
Aliphatic nC5-nC6	-	-	-	763,89	76,39
Aliphatic nC6-nC8	-	-	-	679,44	67,94
Aliphatic nC8-nC10	-	-	-	597,22	59,72
Aliphatic nC10-nC12	-	53,00	-	43,06	4,31
Aromatic nC8-nC10	-	-	-	119,44	11,94

(*) valeur guide relative aux expositions chroniques au tétrachloroéthylène pour les effets non cancérigènes uniquement

(**) en gras : valeur repère du HCSP, souligné : valeur guide de l'ANSES (VGAI), en italique : valeur guide projet INDEX

Pour le benzène, la valeur repère du HCSP est de 5 µg/m3 en 2012 et atteindra 2 µg/m3 en 2015 (-1 µg/m3 par an)

concentration supérieure au bruit de fond logements
concentration supérieure aux valeurs réglementaires
concentration supérieure à une valeur guide

Tableau 7 : Concentrations en air extérieur

Substances	AIR EXTERIEUR		AIR EXTERIEUR et INTERIEUR	Concentrations en extérieur - sans dallage		Concentrations en extérieur - avec dallage	
	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)		(µg/m3)	
	Bruit de fond (source OQAI ou INERIS, 2009)	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite) ou directive 2004/107/CE	Valeurs guide OMS	Résident adulte	Résident enfant	Résident adulte	Résident enfant
HAP							
Naphtalène	9,0E-03	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
COHV							
Tétrachloroéthylène (PCE)	3,9	-	250 (*)	0,03	0,04	0,00	0,00
Trichloroéthylène (TCE)	3,9	-	23	0,10	0,15	0,00	0,00
Dichlorométhane	-	-	450	0,10	0,15	0,00	0,00
BTEX							
Benzène	2,9	5,0	1,7	0,11	0,17	0,00	0,00
Toluène	12,9	-	260	0,55	0,82	0,01	0,01
Ethylbenzène	2,6	-	-	0,34	0,51	0,01	0,01
M+p-Xylène	7,1	-	-	0,71	1,06	0,01	0,02
o-Xylène	2,7	-	-	0,32	0,47	0,01	0,01
HYDROCARBURES PAR CLASSES							
Aliphatic nC5-nC6	-	-	-	18,63	27,95	0,33	0,50
Aliphatic nC6-nC8	-	-	-	16,57	24,86	0,30	0,44
Aliphatic nC8-nC10	-	-	-	14,57	21,85	0,26	0,39
Aliphatic nC10-nC12	13,40	-	-	1,05	1,58	0,02	0,03
Aromatic nC8-nC10	-	-	-	2,91	4,37	0,05	0,08

(*) valeur guide relative aux expositions chroniques au tétrachloroéthylène pour les effets non cancérogènes uniquement

(**) en gras : valeur repère du HCSP, souligné : valeur guide de l'ANSES (VGAI), en italique : valeur guide projet INDEX

Pour le benzène, la valeur repère du HCSP est de 5 µg/m3 en 2012 et atteindra 2 µg/m3 en 2015 (-1 µg/m3 par an)

concentration supérieure au bruit de fond logements
concentration supérieure aux valeurs réglementaires
concentration supérieure à une valeur guide

4.5.2 Estimation des expositions

4.5.2.1 Exposition par inhalation

Le calcul de la concentration moyenne inhalée est réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000) :

$$CI_j = [C_j \times t_j \times T \times F / T_m]$$

avec :
 CI_j : concentration moyenne inhalée du composé j (en mg/m³).
 C_j : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m³).
 T : durée d'exposition (années).

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an).
 t_j : fraction du temps d'exposition à la concentration C_j pendant une journée (-)
 T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours).

Les concentrations moyennes inhalées sont calculées à partir des concentrations de gaz dans l'air présentées dans **Tableau 6**, le détail des calculs est donné en **Annexe ARR 3**.

4.5.2.2 Budget espace-temps (BET)

Le budget espace-temps des cibles considérées est présenté ci-après.

Tableau 8 : Budgets espace/temps retenus

Scénario	Cibles			Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée
	Résidents adultes	Employé commerce	Résident enfants	
Hypothèse 1 : Habitat collectif sur un niveau de sous-sol	T = 40 ans 330 jours par an 23,4 h/jour en intérieur	T = 42 ans 220 jours par an 8 h/jour en intérieur	T = 6 ans 330 jours par an 23,4 h/jour en intérieur	- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérigènes quelle que soit la cible considérée - T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérigènes quelle que soit la cible considérée
Hypothèse 2 : Habitat collectif sur deux niveaux de sous-sol	0,4h/jour en extérieur* 0,2h/jour dans les sous-sols	0,4h/jour en extérieur* 0,2h/jour dans les sous-sols	0,4h/jour en extérieur* 0,2h/jour dans les sous-sols	

Les données utilisées sont issues de la synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition⁴ d'une part, de l'Exposure Factor Handbook (US-EPA, EFH, 1997 et 2001) d'autre part, et enfin de la réglementation du travail en France.

Pour les durées d'exposition dans le contexte du travail, le cas le plus défavorable a été considéré pour les adultes qui travailleraient pendant 42 ans au même endroit (correspondant à la durée totale de la période de travail) ; cependant la variabilité de cette durée d'exposition est importante. Les durées de 220 jours/an et 8 h/jour correspondent aux durées « classiques » du travail en France.

Pour les durées d'exposition dans le contexte de l'habitat, nous avons considéré une durée de 40 années. Elle correspond au centile 98 des valeurs présentées par l'US-EPA (EFH, 1997).

Pour les fréquences d'exposition, nous retiendrons le percentile 95 des données présentées dans la synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition. Sur la base des données collectées dans le cadre de la Campagne nationale de logements (CNL) menée entre 2003 et 2005 sur 567 résidences principales, ce document indique que le percentile 95 du temps passé à l'intérieur du logement toutes tranches d'âge confondues est de 23,4 h/jour. Pour le temps passé dans le garage attenant, le percentile 95 est de 0,2 h/jour.

⁴ Demeureaux C, Zeghnoun A. Synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition. Saint Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2012. 28p.

4.6 Quantification des risques sanitaires

4.6.1 Méthodologie

4.6.1.1 Estimation du risque pour les effets toxiques sans seuil

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

$$\text{ERI (inhalation)} = \text{CI} \times \text{ERUi}$$

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

Pour chaque scénario d'exposition, un ERI global est ensuite calculé en faisant :

- pour chaque composé, la somme des risques liés à chacune des voies d'exposition,
- la somme des risques liés à chacun des composés cancérigènes.

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. Les documents du ministère en charge de l'environnement de février 2007, confirmés par ceux de 2017, relatifs aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, considèrent que le niveau de risque « usuellement [retenue] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5} est acceptable.

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, l'Environmental Protection Agency des Etats-Unis (US-EPA) recommande de sommer l'ensemble des excès de risque individuels (ERI), quels que soient le type de cancer et l'organe touché, de manière à apprécier le risque cancérigène global qui pèse sur la population exposée.

4.6.1.2 Estimation du risque pour les effets toxiques à seuil

Pour les effets toxiques à seuil, un quotient de danger (QD) est défini pour chaque voie d'exposition de la manière suivante :

$$QD_{i,INH} = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

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

En l'absence de doctrine unique sur l'additivité des risques et compte tenu de la méconnaissance à l'heure actuelle des mécanismes d'action pour la majorité des substances, nous procéderons à l'additivité des quotients de danger en premier **niveau d'approche**.

4.6.2 Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site

Les quotients de danger et excès de risques individuels liés aux différentes expositions ont été calculés à partir des valeurs toxicologiques (Tableau 3) et des niveaux d'exposition estimés au paragraphe précédent. Le détail du calcul est donné en Annexe ARR 4.

La méthodologie adoptée est celle préconisée par les circulaires ministérielles de février reprise dans les textes d'avril 2017. L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on considérera ici l'additivité des risques.

Tableau 9 : Synthèse des QD et ERI

Bâtiment résidentiel sur 1 ou 2 niveaux de sous-sol à usage de parking	Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)				Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)			
	Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant	Composés tirant le risque	Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant	Composés tirant le risque
Voies d'exposition								
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, niveau principal choisi	2,2E-01	5,1E-02	2,2E-01	Benzène	7,1E-06	1,8E-06	1,1E-06	Benzène
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, niveau secondaire	1,8E-02	1,3E-02	1,8E-02	Benzène	6,1E-07	4,4E-07	9,1E-08	Benzène
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage	5,0E-03	3,4E-03	7,4E-03	Hydrocarbures C8-C10	2,0E-10	1,4E-10	4,5E-11	Naphtalène
TOTAL	2,40E-01	6,73E-02	2,42E-01		7,68E-06	2,19E-06	1,15E-06	
Risques acceptables								
Risques non acceptables								

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par LINKCITY, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

Ainsi, sur la base des données prises en compte et hypothèses retenues à ce stade, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu.

4.7 Analyse des incertitudes

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation est une partie intégrante d'un calcul de risque sanitaire. Afin de ne pas alourdir cette analyse les paramètres clés de l'évaluation réalisée sont ici discutés ainsi que leurs incidences sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendants des scénarios d'exposition et des substances retenues.

Tableau 10 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue																
Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond																			
Bruit de fond	Inhalation et Ingestion de sols et/ou poussières	Faible	<p>Dans la mesure où le bruit de fond et ses incidences sanitaires n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une procédure de gestion nationale, la présente étude a été menée en ne considérant que la compatibilité vis-à-vis des composés présents en concentrations supérieures au bruit de fond sur le site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude. Cependant, il faut rappeler que :</p> <ul style="list-style-type: none"> 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. 																
Choix et caractéristiques des composés																			
Nature des composés et concentrations retenues	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	Sécuritaire : Les concentrations maximales dans le gaz du sol ont été retenues dans une approche sécuritaire (les données sont très différentes dans les 3 piézairs présents sur le secteur)																
Valeurs Toxicologiques de référence	Inhalation et Ingestion	Faible ou fort	Les VTR ont été retenues 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																
Cumul des QD et des ERI	Toutes	Fort	Il convient de rappeler la limite méthodologique des évaluations de risques sanitaires lorsque plusieurs substances peuvent avoir entre elles des effets synergiques ou antagonistes. A l'heure actuelle, les éléments qui permettraient de déterminer si les effets se cumulent ou non ne sont pas disponibles et il n'y a pas de consensus sur une méthode pour prendre en compte les effets de mélanges.																
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Somme</th> <th>Justification</th> <th>Consensus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ERI</td> <td>Oui quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition</td> <td>On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme</td> <td>Oui, internationaux</td> </tr> <tr> <td>QD</td> <td>Discutable</td> <td>Approche par organe cible</td> <td>Proche des consensus nationaux et internationaux</td> </tr> <tr> <td>Si SQD>1</td> <td>Faire la somme par organe cible</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Somme	Justification	Consensus	ERI	Oui quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition	On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme	Oui, internationaux	QD	Discutable	Approche par organe cible	Proche des consensus nationaux et internationaux	Si SQD>1	Faire la somme par organe cible		
				Somme	Justification	Consensus													
			ERI	Oui quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition	On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme	Oui, internationaux													
			QD	Discutable	Approche par organe cible	Proche des consensus nationaux et internationaux													
Si SQD>1	Faire la somme par organe cible																		
Caractéristiques des sources de pollution et concentrations dans les différents milieux																			
Source gaz du sol	Inhalation extérieur	Fort	Sécuritaire pour la campagne de mesure réalisée : prise en compte des résultats les plus pénalisants des gaz du sol (piézairs) Réaliste : pour les zones extérieures : prise en compte des résultats des gaz du sols.																
Source « sol »	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	Non pris en compte, nos résultats ne corroborant pas ceux du précédent diagnostic. Un calcul de risque a cependant été réalisé en prenant en compte les teneurs maximales mesurées dans les sols de surface par SUEZ en 2017, les risques calculés avec ces teneurs restent acceptables.																
Source « nappe »	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	Non pris en compte : les concentrations mesurées dans les gaz des sols au droit de Pza1.3.3 sont cependant en accord avec les concentrations présentes dans les eaux au droit de PzJ																
Profondeur de la source	Toutes	Fort	10 cm : le modèle considéré ne tient pas compte de l'évolution de la source de pollution et des flux en fonction du temps (source infinie). Ainsi, compte tenu de la volatilité élevée des substances considérées et des paramètres de sols favorables au transfert de vapeur, afin de ne pas majorer de manière irréaliste le risque sanitaire, nous retiendrons la profondeur de 10 cm par défaut.																
Caractéristiques des sols																			
Lithologie	Toutes	Fort	Sécuritaire : remblais d'apport assimilés à des sables, sols sous-jacents de type marno-calcaires, assimilés à des limons silteux.																
Perméabilité, porosité, teneur en gaz des sols	Toutes	Fort	Sécuritaire : En l'absence de mesures sur site, les données utilisés sont celles de la littérature pour les lithologies observées correspondantes.																
Fraction de carbone organique	Toutes	Moyen	Sécuritaire : retenir la plus faible valeur du taux de matière organique car la matière organique permet au polluant de se fixer et de se dégrader. <u>La fraction de carbone organique dans les sols</u> au niveau de la source de pollution prise en compte est de 1,5%, elle correspond aux terrains marneux identifiés sur les coupes de sondages. Cette valeur est issue de la base de données du logiciel RISC 4.0.																

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue						
Paramètres d'aménagement									
Couverture de sol extérieur	Inhalation extérieur Ingestion de sols et/ou poussières	Fort	Sécuritaire/Réaliste : couverture de 30 cm de terres végétales						
Mode constructif	Inhalation dans l'air intérieur	Fort	Les calculs de transfert des pollutions du sol vers l'air intérieur (et les risques induits) ont été calculés en appliquant un facteur d'atténuation de 0,05 (C_{AI}/C_{GAS}) compte tenu de la méconnaissance du mode de construction qui sera retenu. En effet à ce stade de la réalisation du plan de gestion, le maître d'ouvrage ne dispose pas de ces éléments. In fine les risques résiduels calculés sont donc théoriques. Cependant, ce facteur d'atténuation est précautionneux dans la mesure où il a été établi à partir des mesures réalisées par l'US-EPA en retenant un percentile élevé. Ainsi, si des incertitudes sont présentes, l'approche retenue est majorante. La réduction des incertitudes ne pourra être réalisée que lorsque le mode constructif sera connu. Il pourra alors être nécessaire de réviser le plan de gestion.						
Taille et caractéristique du bâtiment et du dallage	Inhalation dans l'air intérieur	Faible	Taille et caractéristiques du bâtiment non connus						
Taux de ventilation des bâtiments	Inhalation dans les bâtiments	Fort	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Lieu</th> <th style="width: 20%;">Renouvellement d'air (h⁻¹)</th> <th style="width: 30%;">Source de la valeur retenue</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parkings enterrés en ventilation mécanique de surface supérieure à 100 m²</td> <td>300 m³/h/place</td> <td>Valeur basse du débit en marche normale pour une surface supérieure à 100 m² Référence : Arrêté 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 18 août 1986 et l'arrêté du 19 décembre 1988</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ces taux influencent de manière inversement linéaire les concentrations dans les bâtiments et donc les risques induits. Une diminution de ces taux de ventilation est susceptible de remettre en cause les conclusions de l'étude. Par conséquent, au vu de cette analyse des incertitudes, il est recommandé de garantir cette ventilation minimale de 72 vol/jour pour les sous-sols. Lors de la conception du bâtiment, le maître d'ouvrage devra en s'appuyant sur le bureau d'étude fluide, confirmer les débits et in fine en fonction de la géométrie et de la fréquentation, ce taux de renouvellement d'air. Si de tels débits n'étaient pas atteints, le maître d'ouvrage devra mettre à jour l'ARR et éventuellement le plan de gestion.</p>	Lieu	Renouvellement d'air (h ⁻¹)	Source de la valeur retenue	Parkings enterrés en ventilation mécanique de surface supérieure à 100 m ²	300 m ³ /h/place	Valeur basse du débit en marche normale pour une surface supérieure à 100 m ² Référence : Arrêté 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 18 août 1986 et l'arrêté du 19 décembre 1988
Lieu	Renouvellement d'air (h ⁻¹)	Source de la valeur retenue							
Parkings enterrés en ventilation mécanique de surface supérieure à 100 m ²	300 m ³ /h/place	Valeur basse du débit en marche normale pour une surface supérieure à 100 m ² Référence : Arrêté 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 18 août 1986 et l'arrêté du 19 décembre 1988							
Vieillessement du bâtiment, des systèmes et équipements	Inhalation dans les bâtiments	Fort	Parmi les polluants présents dans les gaz du sol en concentrations supérieures à la valeur guide pour l'air intérieur (VGAI), certains présentent des effets pour lesquels les risques ont été calculés sur le long terme (durées d'exposition de 40 ans). Le vieillissement du bâtiment ne peut être anticipé dans la présente ARR. La défaillance de la ventilation (réduction des débits) en lien avec des défauts d'entretien et de maintenance pourrait conduire à augmenter les concentrations dans l'air intérieur. Ainsi il est recommandé d'inscrire dans les documents supports de l'exploitation (carnet de vie, carnet d'entretien) cet enjeu afin que les futurs exploitants mettent en œuvre l'entretien et la maintenance nécessaire. Le vieillissement de la dalle interface entre le sol et l'air intérieur devra être limité (fissuration) et les points singuliers de passage de la dalle (réseaux par exemple) devront être étanchés. Ainsi, lors de la conception et lors de la construction, cet enjeu devra avoir été considéré.						
Durée d'exposition des cibles	Inhalation intérieur et extérieur Ingestion de sols et/ou poussières	Faible	Très sécuritaire : Les durées d'exposition choisies étant déjà très majorantes, nous ne testons pas ce paramètre.						
Taux de transfert des concentrations entre les différents niveaux	Inhalation dans les bâtiments	Fort	Sécuritaire : dans le cas de garages sur un ou plusieurs niveaux de sous-sol, en dessous des lieux de vie en habitat collectif ou des commerces, le calcul des transferts est réalisé à travers l'interface en base du sous-sol (dalle portée ou dallage indépendant) et la concentration dans les lieux de vie est déduite des concentrations dans les sous-sols par application d'un facteur d'atténuation. Pour des projets de construction d'immeubles (habitat collectif ou commerces) (où ces sous-sols sont bien isolés des niveaux supérieurs), on prendra un facteur de transfert de 10 %. Cette hypothèse est conservatoire dans la mesure où ce facteur est appliqué quel que soit le nombre de niveaux de sous-sol (c'est-à-dire que l'on ne considère pas d'abattement d'un niveau de sous-sol à un autre mais uniquement entre le sous-sol et RdC). De même, il n'est pas considéré d'abattement entre le RdC et le R+1.						

Ces conclusions ne sont valables que pour les conditions précisées ci-dessus. Dans tous les cas, l'ARR devra être mise à jour une fois le projet d'aménagement défini.

5. Synthèse et recommandations

5.1 Synthèse

Dans le cadre du projet d'aménagement du projet Parcs en Scène, secteur 1, la société LINKCITY a missionné BURGEAP pour la réalisation d'un diagnostic environnemental du milieu souterrain et d'une analyse de risques résiduels pour le lot 1.3.

La synthèse des données acquises sur les sols / les eaux souterraines / l'air du sol ont mis en évidence :

- Une source de pollution des sols par des hydrocarbures au droit d'une ancienne cuve Elle est caractérisée par des hydrocarbures présents sur toute la hauteur de la zone non saturée (0- 6m) et par des concentrations entre 1 000 et 9 000 mg/kg pour un volume estimé de 600 à 1000 m³.
- des concentrations modérées en hydrocarbures (0.3 à 0.4 mg/L,) en HAP (1.6 µg/L de naphthalène) et en BTEX (moins de 10 µg/L). Un seul dépassement du critère de référence de l'eau potable est constaté pour le benzène en aval latéral du site, les concentrations mesurées sont toutefois très inférieures à celle mesurées par SUEZ en 2017 ;
- des concentrations importantes en hydrocarbures C8-C12 (37 mg/m³), en BTEX(2 mg/m³) et traces de tétrachloroéthylène (33 µg/L) et en trichloroéthylène dans les gaz des sols, les concentrations les plus élevées ne sont pas observées à proximité de la source d'impact dans les sols mais au centre du site.

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par LINKCITY, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués, hormis pour le risque « ingestion de sols et poussière » qui peut facilement être éliminé en recouvrant les espaces verts d'une couche de terre saine.

Ainsi, après traitement de la zone source, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu sous réserve du recouvrement des espaces non bâtis par une couche de terre saine dès lors que les teneurs présentes en surface dès lors qu'elles sont supérieures aux valeurs de bruit fond francilienne.

5.2 Recommandations

5.2.1 Dispositions constructives

L'efficacité des dispositions constructives nécessite d'interroger l'ensemble des phases de la construction et de l'exploitation afin de garantir au-delà de la performance intrinsèque à la technique que sa mise en œuvre et l'usage du bâtiment n'en altèrent pas l'efficacité. Permettant d'optimiser l'efficacité des techniques, les critères à retenir pour leur choix sont présentés dans la figure ci-dessous.

Environnement

- Servitudes sur les usages
- Modification du mode constructif envisagé*
- Dispositif faisant l'objet d'un avis technique
- Consommations énergétiques

Economie

- Besoin de dimensionnement
- Besoin de contrôles en phase chantier
- Besoin d'ajustement à la mise en service
- Coût de mise en œuvre*
- Coût de fonctionnement (maintenance)*
- Consommation énergétique

Santé et bien être

- Efficacité théorique
- Efficacité liée à des facteurs externes
- Robustesse du dispositif
- Attente du futur exploitant ou usager
- Confort pour les usagers
- Contraintes d'exploitation / d'usage
- Contraintes d'entretien et maintenance

** Critères jugés lors des ateliers comme secondaires si le choix est réalisé suffisamment tôt*

5.2.2 Conservation de la mémoire

5.2.2.1 Cadre et objectifs

En lien avec les mesures constructives mentionnées et les mesures de gestion retenues, des servitudes doivent être instituées afin de garantir dans le temps le respect de ces règles et recommandations.

Les objectifs de ces servitudes sont les suivants :

- l'assurance de la protection de la santé humaine et de l'environnement au cours du temps (dont les éventuelles précautions pour la réalisation de travaux d'affouillement, passage de canalisations d'eau, etc.) ;
- l'assurance qu'une éventuelle modification de l'usage ne sera possible que si elle est conforme aux définitions des servitudes ou si elle s'accompagne de nouvelles études et/ou de travaux garantissant la compatibilité avec cet usage ;
- la protection du propriétaire du site lors d'éventuels changements d'usage des sols qui ne seraient pas de son fait. Ces éventuels changements d'usage de site pourraient résulter par exemple de modifications de la politique locale d'urbanisme ou de décisions de propriétaires successifs du site ;
- la pérennité de la maintenance de l'état des milieux ou la surveillance du site.

Les restrictions d'usage concernent :

- l'utilisation des sols sur site en définissant les autorisations et interdictions concernant le type d'activité et de construction ;
- l'utilisation du sous-sol en définissant les procédures à respecter en cas d'affouillements, de plantations, de pose de canalisation (etc.) ;
- l'utilisation des eaux souterraines sur site.

5.2.2.2 Les différents types de servitudes

Les différents types de servitudes existantes sont présentés dans le Tableau suivant.

Tableau 11 : Les différents types de servitudes possibles

Types de servitudes	Fondement	Portée (possibilités vis-à-vis du milieu sol)	Report dans les documents d'urbanisme	Publication à la conservation des hypothèques
SUP	L515-8 à 12, R.515-24 à R.515-31, R.512-39-3, R.512-46-27 Code de l'environnement	Applicable aux sites et aux autres terrains Indemnisation des propriétaires des terrains	Oui	Oui
PAC	L.121-2 R.121-1 Code de l'urbanisme	Applicable aux sites et aux autres terrains Pas d'indemnisation des propriétaires des terrains	Oui	Non
PIG	L.121-9 R.121-3 Code de l'urbanisme	Applicable aux sites et aux autres terrains Pas d'indemnisation des propriétaires des terrains	Oui	Non
Restrictions d'usage conventionnelles au profit de l'Etat	Droit de contracter entre 2 parties (Etat, propriétaire du site)	Applicable au site en priorité Pas d'indemnisation des propriétaires des terrains Accord des signataires	Non, sauf si complété par PAC	Oui
Restrictions d'usage conventionnelles entre 2 parties	Droit de contracter entre 2 parties (exploitant, propriétaire)	Applicable au site Pas d'indemnisation des propriétaires des terrains Accord des signataires Vérification par l'administration de la pertinence des mesures	Non, sauf si complété par PAC	Oui

5.2.2.3 Contenu des restrictions à mettre en œuvre

Les restrictions d'usage à mettre en œuvre seront portées aux actes notariés et au service de la publicité foncière pour garantir leur pérennité. Elles sont synthétisées dans le tableau suivant.

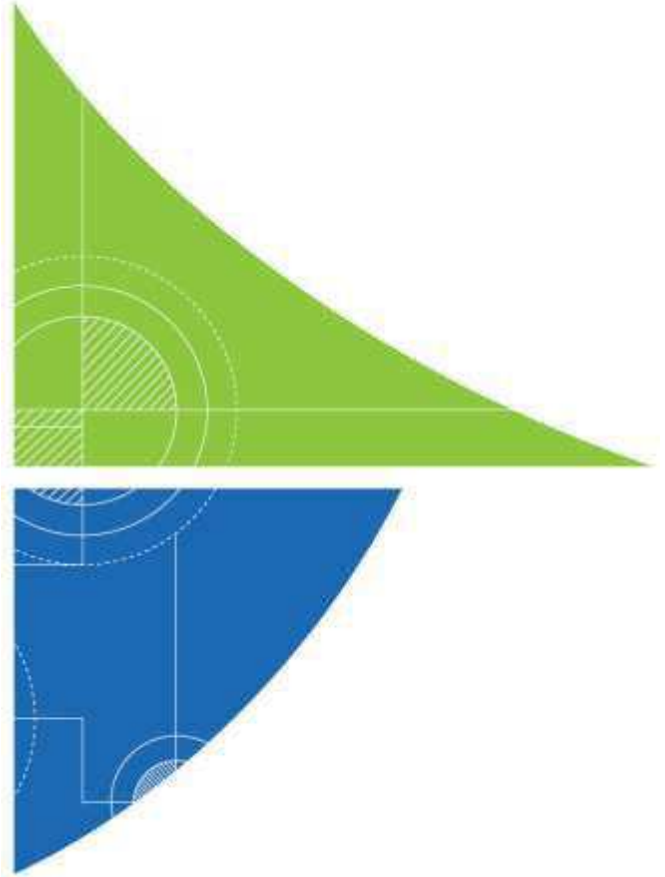
Tableau 12 : Restrictions d'usages à mettre en œuvre

Restrictions d'usage conventionnelles relatives aux <u>usages des sols</u>	Restrictions d'usage conventionnelles relatives aux <u>usages du sous-sol</u>	Restrictions d'usage conventionnelles relatives aux <u>usages des eaux souterraines, nappes phréatiques</u>
<p><u>Usage autorisé :</u> Réalisation d'un bâtiment à usage de logements collectifs en étage et commerces en et maison de la santé en rez-de-chaussée. Parkings aériens. Voiries. Les espaces non bâtis seront surmontés ou présenteront en surface des matériaux sains (0,3 à 0,5 m de support de culture sain ou un revêtement minéral)</p> <p><u>Usages interdits :</u> Tout autre usage que celui étudié dans le cadre du plan de gestion sans étude complémentaire.</p> <p>Tout changement d'usage nécessitera l'actualisation du plan de gestion.</p>	<p><u>Usages autorisés :</u> Mise en place de canalisation d'eau potable dans des tranchées d'une section minimale de 1 m² de terre propre rapportée (ou mise en place de canalisations anti-perméation). Plantation d'arbres d'ornement</p> <p><u>Usages interdits :</u> Plantation d'arbres fruitiers, Jardins potagers</p> <p><u>Prescriptions particulières :</u> Une étude spécifique complémentaire devra être réalisée autant que de besoins pour l'usage du sous-sol lorsque le projet d'aménagement sera figé</p>	<p><u>Usages autorisés :</u> Aucun sur le site.</p> <p><u>Prescriptions particulières :</u> Une étude devra être réalisée pour toute utilisation éventuelle de la nappe.</p>

5.2.2.4 Éléments nécessaires à l'information

Dans tous les cas, il sera nécessaire de garder en mémoire la qualité environnementale du site (inscription aux documents d'urbanisme, au règlement de lotissement, à l'acte de vente et/ou au service de la publicité foncière).

ANNEXES ARR



Annexe ARR 1

Données toxicologiques

Cette annexe contient 106 pages

Annexe ARR 2

Relations dose-réponse

Cette annexe contient 7 pages.

Relations dose-effet/dose-réponse

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j).

La relation entre une dose et son effet est représentée par une grandeur numérique appelée Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Etablies par diverses instances internationales ou nationales⁵ (Cf § H) sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques, ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu et pour des expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : **les effets à seuil** de dose (effets non cancérogènes et effets cancérogènes à seuil⁶) et **les effets sans seuil** de dose (substances cancérogènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les **effets à seuil de dose**, on dispose en pratique et dans le meilleur des cas :

- d'un niveau d'exposition sans effet observé (NOEL : no observed effect level),
- d'un niveau d'exposition sans effet néfaste observé (NOAEL : no observed adverse effect level),
- d'un niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : lowest observed effect level),
- le niveau d'exposition le plus faible auquel un effet néfaste apparaît (LOAEL : lowest observed adverse effect level).

Ces seuils sont issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie clinique. A partir de ces seuils, des DJT (dose journalière tolérable) ou des CA (concentration admissible) applicables à l'homme sont définies en divisant les seuils précédents par des facteurs de sécurité liés aux types d'expérimentations ayant permis d'obtenir ces données. Les DJT et CA sont habituellement qualifiées de « valeur toxicologiques de références » (VTR).

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

Pour les effets à seuil de dose, les VTR sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en µg/m³ pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes, les principales dénominations sont reprises ci-dessous :

- DJT (dose journalière tolérable - France)
- RfD (Reference Dose – US-EPA)
- RfC (Reference Concentration – US-EPA)
- ADI (Acceptable Daily Intake – US-EPA)
- MRL (Minimum Reasonable Level - ATSDR)
- REL (Reference Exposure Level – OEHHA)
- TDI (Tolerable Daily Intake –RIVM)

⁵ ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)

OMS. Guidelines for drinking-water quality.

INCHEM-IPCS (International Program on Chemical Safety, OMS)

En France, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) peut également produire des VTR

⁶ Cancérogènes épigénétiques ou non génotoxiques

- CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS);

En France, la dénomination retenue par l'ANSES⁷ pour l'ensemble de ses valeurs est la dénomination générique « VTR » (Valeur Toxicologique de Référence)

Pour les effets sans seuil de dose, les VTR seront présentées sous formes d'excès de risque unitaire (ERU). Cet ERU représente la probabilité de survenue d'un effet cancérigène pour une exposition à une unité de dose donnée. Les dénominations proposées les plus classiques sont les suivantes :

- l'excès de risque unitaire lié à la voie d'exposition orale : ERUo en (mg/kg/j)⁻¹,
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en (µg/m³)⁻¹.

Critères de choix des VTR

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 est prise en compte pour la sélection des VTR.

En l'absence de VTR établie par l'ANSES, en application de la note DGS/DGPR précitée, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- les valeurs issues d'études chez l'homme par rapport à des valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux. Par ailleurs, la qualité de l'étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l'échantillon, ...);
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constitueront également un critère de choix ;
- les valeurs issues d'organismes reconnus (européens ou autres).

Ainsi, en l'absence d'**expertise nationale** ou de VTR proposée par l'**Anses**, la VTR sera retenue selon l'ordre de priorité défini par la circulaire DGS/DGPR du 31/10/2014, à savoir :

- la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : **US-EPA, ATSDR ou OMS** sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée.
- Puis, si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par **Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA**.

VTR pour la voie cutanée

Lors de la réalisation d'évaluations des risques sanitaires en France, l'exposition cutanée n'est pas prise en compte, en raison de l'absence de valeurs toxicologiques de référence (VTR) et de méthodologie d'élaboration. Ainsi, l'INERIS a récemment travaillé sur la prise en compte de la voie cutanée et a proposé une méthode de construction de VTR pour des effets sensibilisants pour une exposition de la peau (INERIS, rapport DRC-07-85452-12062A, 2007).

A l'heure actuelle, l'INERIS continue son travail concernant les VTR pour des effets cutanés. L'objet de son rapport DRC-09-94380-01323A d'avril 2009, est d'ajuster la méthodologie précédemment proposée en prenant notamment en compte les recommandations du document guide développé pour la mise en oeuvre du règlement REACH relatif à une méthodologie d'établissement des DNEL (Derived No Effect Level) pour les effets sensibilisants. La méthodologie a été appliquée à trois substances sensibilisantes : l'hydroquinone, substance pour laquelle deux types de tests étaient disponibles (LLNA et GPMT) qui présentait ainsi une bonne étude de cas pour la méthodologie et le benzo(a)pyrène, substance couramment retrouvée en évaluation des risques. Le 3-méthyleugénol, faiblement sensibilisant, a également été étudié dans l'objectif

⁷ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

d'avoir un aperçu sur l'étendue possible des valeurs des DNEL. Ces valeurs ne sont pas reprises dans le présent document.

In fine, BURGEAP applique la note DGS/DGPR d'octobre 2014 qui mentionne « en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, il ne doit être envisagé aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ».

Autres valeurs de comparaison utilisées

L'utilisation d'autres valeurs que les Valeurs Toxicologiques de Référence peut être réalisée parallèlement à la quantification des risques sanitaires. Ces autres valeurs permettent en effet de discuter de l'exposition des individus et d'estimer l'état des milieux, à savoir si un impact est mesuré (ou mesurable) ou non.

Ces valeurs de comparaison regroupent des valeurs réglementaires (France et Europe), des valeurs guide (OMS, INDEX, CHSPF) qui sont généralement des valeurs qui servent de point de départ à l'élaboration de valeurs réglementaires et, dans le contexte particulier du code du travail, des valeurs limites pour l'exposition professionnelle (VLEP) qu'elles soient réglementaires ou indicatives. Les VLEP peuvent en effet avec les seuils olfactifs être des éléments de l'interprétation de l'état du milieu air en l'absence de toute autre valeur guide.

Ces valeurs ne sont en aucun cas (conformément à la note DGS/DGPR d'octobre 2014) utilisées pour évaluer les Quotient de Danger (QD) et excès de risques individuels (ERI) faisant référence à une évaluation des risques sanitaires. Ces valeurs appelées valeurs de comparaison constituent des critères de gestion.

Valeurs réglementaires

► Milieu EAU

Pour le milieu eau, les valeurs réglementaires pour les eaux potables issues de la réglementation française (décret 2007-49 et arrêté du 11 janvier 2007) mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique sont utilisées.

Les valeurs réglementaires existantes constituent les critères de gestion des eaux à vocation alimentaire (donc la valeur limite de concentrations des eaux au robinet des habitations), à ce titre, il n'est pas approprié d'établir un autre critère de gestion pour les eaux de nappe qui ont vocation à être utilisées à des fins alimentaires directement (ingestion de l'eau d'un puits sans traitement) ou indirectement (ingestion de l'eau après traitement, ingestion de produits alimentaires arrosés avec l'eau de nappe, etc.). Sont également présentées les limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinées à la consommation humaine issues de ce même décret.

Au niveau Européen, la directive de la communauté européenne : Directive de la CE (03/11/98) donnent également la majorité des valeurs françaises.

Pour la baignade les valeurs réglementaires définies dans le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) sont retenues.**

NB : Un travail interne est actuellement en cours concernant la diffusion des Normes de qualité environnementales (NQE)

► Milieu AIR

Le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 transpose la directive européenne 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe et précise notamment les nouvelles normes à appliquer.

Ces valeurs réglementaires françaises sont établies pour l'air atmosphérique extérieur, pour des durées d'exposition (3h, 24h ou vie entière) et sur la base de moyennes horaires, journalières ou annuelles. On distingue 5 niveaux de **valeurs réglementaires** :

- Objectif de qualité : niveau de concentration à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
- Valeur cible : niveau de concentration à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- Valeur limite pour la protection de la santé : niveau de concentration à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- Seuil d'information et de recommandation : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.
- Seuil d'alerte de la population : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Des valeurs réglementaires françaises existent pour le monoxyde de carbone, le benzène, le benzo(a)pyrène, les PM10 et PM2.5, dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, arsenic, cadmium, nickel et plomb.

Enfin, pour l'air intérieur des ERP (Etablissement recevant du public) des valeurs guides réglementées en France ont été mises en place, elles sont reprises dans le présent document. La loi du 1er août 2008 relative à la responsabilité environnementale oblige à définir des « valeurs-guides pour l'air intérieur » dans les ERP. Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur y pourvoit pour le formaldéhyde, gaz incolore principalement utilisé pour la fabrication de colles, liants ou résines, et pour le benzène, substance cancérigène aux effets hématologiques issue de phénomènes de combustion (gaz d'échappement, cheminée, cigarette, etc.). La valeur-guide pour le formaldéhyde est fixée pour une exposition de longue durée à 30 µg/m³ au 1er janvier 2015 et à 10 µg/m³ au 1er janvier 2023. La valeur-guide pour le benzène est fixée pour une exposition de longue durée à 5 µg/m³ au 1er janvier 2013 et à 2 µg/m³ au 1er janvier 2016.

► Autres milieux

D'autres milieux sont concernés par des valeurs réglementaires en France (dans le domaine alimentaire par exemple). Celles-ci ne sont pas détaillées ici mais constituent au même titre que les concentrations dans l'eau et l'air des valeurs de gestion.

Valeurs guides

Les valeurs guides peuvent porter sur le milieu eau, air, sol et matrices alimentaires (animales, végétales). Ces valeurs, bien que reposant sur des critères sanitaires sont considérées comme des valeurs de gestion, et ne constituent pas, stricto sensu, des valeurs toxicologiques de référence.

► OMS –Eaux potables

L'OMS édite un ouvrage intitulé « Guidelines for drinking water quality » qui reprend les valeurs guides pour les eaux potables de nombreuses substances. Cet ouvrage régulièrement mis à jour est actuellement à sa 4^{ème} édition, elle date de 2011.

► OMS –Air et air intérieur

Le bureau Europe de l'Organisation Mondiale de la Santé a publié en 2000 un document intitulé « Air Quality Guidelines in Europe » [WHO 2000]⁸ dans lequel figurent des valeurs guides pour la qualité de l'air.

⁸ WHO. Air Quality Guidelines. Second edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91.2000, 273 pages.

L'objet de ce guide est de fournir une base pour la protection de la santé publique contre les effets néfastes des polluants atmosphériques, dans la perspective d'une cessation ou d'une réduction de l'exposition aux polluants qui nuisent certainement ou probablement à la santé ou au bien-être. Ce guide présente des informations générales et des conseils aux autorités internationales, nationales et locales qui souhaitent évaluer les risques et prendre des décisions concernant leur gestion. Ce guide établit des niveaux de polluants au-dessous desquels l'exposition (à vie ou pendant une période donnée) ne représente pas de risque important pour la santé publique.

En ce qui concerne les polluants abordés, les sections relatives à l'évaluation des risques pour la santé et aux valeurs-guides exposent les considérations les plus pertinentes qui ont conduit à l'adoption des valeurs-guides recommandées.

Certains polluants ont été revus par l'OMS en 2005 (WHO air quality guidelines, global update, 2005)⁹. Cette révision s'appuie sur l'ensemble des connaissances acquises ces dernières années (études épidémiologiques notamment).

Enfin, en 2010, l'OMS a publié un document intitulé « WHO guidelines for indoor air quality » [WHO 2010] dans lequel figurent des valeurs guides spécifiques pour la qualité de l'air intérieur.

► INDEX –Air intérieur

Le rapport final du projet INDEX : « Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposures limits in the EU », 2005 élaboré par l'institut de la protection de la santé et du consommateur propose des valeurs guide pour l'air intérieur.

Les substances listées dans ce document sont le benzène, le toluène, les xylènes, le styrène, le naphthalène, l'acétaldéhyde, le formaldéhyde, le dioxyde de carbone, le dioxyde d'azote, l'ammoniac, le limonène, l'alpha pinène.

Les informations sur les expositions, la toxicité et la caractérisation du risque ont conduit les membres du projet à donner des recommandations quant aux expositions dans l'air intérieur à ne pas dépasser pour différentes durées.

► ANSES – Air intérieur

L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire humaine dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation, notamment en mobilisant une expertise scientifique et technique pluridisciplinaire nécessaire à l'évaluation des risques.

Pour faire face à l'enjeu que représente la qualité de l'air intérieur et apporter aux pouvoirs publics des informations utiles à la gestion de ce risque, l'ANSES s'est auto-saisie en octobre 2004, de l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) en France. Elles sont exclusivement construites sur des critères sanitaires. Elles sont exprimées sous forme de concentration dans l'air, associée à un temps d'exposition (VGAI court terme, VGAI long terme, VGAI intermédiaire), en dessous de laquelle aucun effet sanitaire, aucune nuisance, ou aucun effet indirect important sur la santé n'est en principe attendu pour la population générale.

Dans le cadre de substances dont les effets se manifestent sans seuil de dose, les VG sont exprimées sous la forme de niveaux de risque correspondant à une probabilité de survenue de la maladie.

En décembre 2014, date de la mise à jour de ce document, 11 polluants d'intérêt de l'air intérieur ont fait l'objet d'une expertise de l'Anses sur les VGAI.

Voir : <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualite-C3%A9-d%E2%80%99air-int-C3%A9rieur-vgai>

⁹ WHO. Air Quality Guidelines. Global update 2005. Report on a working group meeting. Bonn, Germany. 18-20 october 2005.

► CSHPF et HCSP

Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) est une instance d'expertise scientifique et technique, placée auprès du ministre chargé de la santé. Cette instance a un rôle d'évaluation et de gestion des risques pour la santé de l'homme. Le CSHPF peut être consulté lorsque se posent des problèmes sanitaires. Les avis et les recommandations émis par le CSHPF constituent une base essentielle à la prise de décision en santé publique et peuvent également servir d'appui à l'élaboration de textes réglementaires.

Les avis et rapports du CSHPF sont consultables sur le site suivant : <http://www.sante.gouv.fr/avis-et-rapports-du-cshpf.html>

Le Haut Conseil de la santé publique a été officiellement installé le 14 mars 2007. Ses 105 membres ont élu leur président et leur vice-président. Le HCSP est une instance d'expertise créée par la Loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004. Il reprend, en les élargissant, les missions du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) et celles du Haut Comité de la santé publique.

Les avis et rapports du HCSP sont consultables sur le site suivant :

<http://www.hcsp.fr/explore.cgi/accueil?ae=accueil>

Organismes consultés pour la recherche de VTR

Les bases de données consultées pour la recherche des VTR sont les suivantes (présentée dans l'ordre de priorité préconisé par la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) :

- **Anses** (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).
- **US EPA** (United States Environmental Protection Agency – Etat Unis) dont dépend la base de données **IRIS** – Integrated Risk Information System).
- **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Etats-Unis).
- **OMS** (Organisation Mondiale de la Santé – Bureau régional de l'Europe)/**IPCS** (International Program on Chemical Safety).

Ces organismes établissent leurs propres VTR à partir d'études expérimentales ou épidémiologiques. Les valeurs issues de ces bases de Données sont des données à caractère national mais elles sont internationalement reconnues..

Viennent ensuite les organismes pour lesquels la transparence dans l'établissement des valeurs n'est pas toujours adaptée à la sélection de leur VTR :

- **Health Canada = Santé canada** (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),
- **RIVM** (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),
- **OEHHA** (Office of Environmental Health Hazard Assessment of Californie – Etat Unis) qui établit également ces propres VTR. L'OEHHA se base souvent sur les mêmes études que l'US EPA mais les VTR sont souvent plus conservatoires.
- **EFSA** (European Food Safety Authority).

Des recueils de données sont consultés par ailleurs car ils regroupent les VTR des différents organismes cités ci-avant. Ce sont :

- **Furetox** (Faciliter l'Usage des REsources TOXicologique), base de données française réalisée en partenariat avec l'Institut de Veille sanitaire, l'ARS Nord Pas de Calais et l'ARS Ile de France.
- **TERA** (toxicology excellence for risk assessment), base de données **de ITER** (International Toxicity Estimates for Risk Database), établit une synthèse des données toxicologiques issues des autres bases de données.
- **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques - France), établit des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques qui synthétisent notamment

l'ensemble des données toxicologiques issues des autres bases de données - à l'heure actuelle ce programme contient une cinquantaine de fiches.

- **IPCS INCHEM** (International Programme on Chemical Safety) : Portail d'accès à de nombreux sites dont le **CIRC** (Centre International de Recherche sur de Cancer), le **JEFCA** ([Joint Expert Committee on Food Additives](#)) et autres instances internationales.

Le recueil de donnée **RAIS** (Risk Assessment Information System – Etat Unis) reprenant les valeurs des autres organismes américains, en particulier du **NTP** (National Toxicology Program) et de **IRIS** de l'US EPA, n'est pas considéré compte tenu de l'absence de toute transparence dans les valeurs affichées.

Annexe ARR 3

Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition

Cette annexe contient 6 pages.

Concentrations de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment de plain-pied sur dallage indépendant

Description du modèle utilisé

La modélisation des expositions aux vapeurs est conduite sur la base des équations de **Johnson & Ettinger** (1991), dont la description est donnée ci-après. Les équations présentées dans la norme ASTM E 1739-95 et dans le logiciel intégré RISC v 4.0 (octobre 2001, Distribué par Waterloo hydrogeologic, développé par Lynn R.Spence et BP oil International) ont été réécrites par nos soins sous excel, les phénomènes considérés sont synthétisés ci-après.

La diffusion (équations de Millington and Quirck et équation de Fick) entraîne les polluants à travers le sol jusqu'à la zone d'influence du bâtiment où le phénomène convectif intervient. Le mouvement convectif, dû à une différence de pression entre l'air du sol et l'air intérieur des bâtiments (occasionnée par la combinaison du vent, du chauffage et des mécanismes de ventilation), transporte les vapeurs par les fissures des fondations et de la dalle béton.



Johnson & Ettinger, 1991
Dallage indépendant
 Yao et al., 2011

La concentration dans l'air intérieur en régime permanent (source infinie) est calculée à partir de la concentration dans l'air des sols à la source comme suit:

$$C_{\text{int}} = \alpha \cdot C_{\text{vs}} \quad (1)$$

Avec :

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}} \right) \right]}{\left[\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}} \right) + \left[\frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] + \left[\frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_{\text{sol}} \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}} \right) - 1 \right] \right]} \quad (2)$$

D_{eff} : coefficient de diffusion effectif (cm^2/s) calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des différents horizons de sols entre la source de pollution et le dallage par application des équations de Millington et Quirk détaillées ci-après

C_{vs} : concentration de vapeur dans la source (g/cm^3)

Q_{sol} : débit de gaz en provenance du sol dans le bâtiment (cm^3/s), calculé à partir de la différence de pression et de la perméabilité des sols sous dallage

D_{crack} : coefficient de diffusion effectif dans les fondations (cm^2/s), calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des sols sous dallage par application des équations de Millington et Quirk détaillées ci-après

A_{crack} : surface de fissures à travers lesquelles les vapeurs rentrent dans le bâtiment (cm^2), correspondant au produit entre le taux de fissuration et la surface du dallage

L_{crack} : épaisseur de la dalle (cm)

A_B : surface des bâtiments (cm^2)

L_T : distance de la source au dallage (cm)

Q_b : Débit de renouvellement d'air du bâtiment (m^3/s), calculé à partir du nombre d'échanges d'air par jour et du volume du bâtiment

Le débit Q_{sol} est calculé à partir de l'équation suivante :

$$Q_{sol} = \frac{2 \times \pi \times (\Delta P) \times k_v \times X_{crack}}{\mu \ln[2 \times Z_{crack} / r_{crack}]} \quad (3)$$

Avec ΔP : gradient de pression entre le bâtiment et l'extérieur (g/cm^2-s^2)

k_v : perméabilité intrinsèque des sols (cm^2)

μ : viscosité des vapeurs ($g/cm-s$)

X_{crack} : longueur du cylindre représentant la fissure, correspondant au périmètre du bâtiment considéré

r_{crack} : rayon équivalent de la fissure, calculé par le rapport entre (fraction des fissures dans le dallage x surface du dallage) et le périmètre du bâtiment considéré

Z_{crack} : profondeur des fissures sous le sol

π : 3.14159

Le terme en exponentiel dans l'équation (2) suivant :

$$\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}} \right)$$

représente le nombre de Péclet Equivalent pour le transport à travers les fondations du dallage, quand ce terme tend vers l'infini, la résolution de l'équation (2) approche :

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right]}{\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_{sol} \times L_T} \right] + 1}$$

La différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol ΔP : 40 $g/cm-s^2$ (valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger). Cette différence de pression varie dans la littérature de 0 à 20 Pa (1 Pa = 10 $g/cm-s^2$). L'effet du vent et de la température (chauffage) induit des variations de pression comprises typiquement entre 4 et 5 Pa (Loureiro et al. 1990 ; Grimsrud et al. 1983). Johnson et Ettinger considère qu'un ΔP de 4 Pa est conservatoire.

La perméabilité intrinsèque est obtenue à partir de la formule suivante : $k_i = \frac{K \times \mu}{\rho \times g}$

Calcul des coefficients de diffusion

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, D_{sa} dans l'air et D_w dans l'eau) est calculé par la solution analytique développée par Millington and Quirk (1981) à partir de la porosité des sols, de la teneur en air et en eau et des coefficients de diffusion de la substance dans l'air et dans l'eau.

$$D_{sa} = D_{air} \times \theta_{air} \times \tau_{air}^{-1} \quad (1)$$

$$D_w = (D_{eau} / H) \times \theta_{eau} \times \tau_{eau}^{-1} \quad (2)$$

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents.

Le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante :

- dans l'air du sol : $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$
- dans la phase aqueuse du sol : $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$,

Avec :

- H constante de Henry adimensionnelle,
- θ porosité totale,
- θ_{eau} teneur en eau du sol,
- θ_{eau} teneur en gaz du sol.

La concentration dans l'air du sol correspond à la valeur minimale issue des équations suivantes :

$$C_{vs} = (C_t \times \rho_b \times K_H) / (\theta_a \times K_H + \theta_w + \rho_b \times F_{oc} \times K_{oc})$$

Equation utilisée quand $C_w < \text{Solubilité effective}$

Avec C_t : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)

ρ_b : densité du sol (g/cm³)

F_{oc} : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)

K_{oc} : coefficient de partition du carbone organique (mg/l/g)

K_H : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))

θ_a : teneur en air dans les sols (cm³ d'air/ cm³ de sol)

θ_w : teneur en eau dans les sols (cm³ d'eau/ cm³ de sol)

$$C_{wi} = X \cdot S \text{ et } C_{\text{eaudusol}} = \frac{C_{\text{airdusol}}}{H}$$

Equation utilisée en présence de phase résiduelle dans les sols ($C_w > \text{Solubilité}$)

Avec C_{wi} : concentration de la substance i dans l'eau du sol (mg/l),

H : constante de Henry (-)

X : fraction molaire de la substance i dans le mélange (-)

S : solubilité de la substance i (mg/l)

Les équations du modèle en source finie ou infinie de Johnson et Ettinger utilisées sont consultables dans le document suivant : **USER'S GUIDE FOR EVALUATING SUBSURFACE VAPOR INTRUSION INTO BUILDINGS**, U.S. EPA OFFICE OF EMERGENCY AND REMEDIAL RESPONSE ; EPA Contract Number: 68-W-01-058 ; June 19, 2003

Concentration de vapeur dans l'air extérieur

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations **de Millington and Quirck et de l'équation de Fick**. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. Comme pour l'air intérieur, la source de pollution est considérée comme infinie.

Le calcul des concentrations diluées par le vent est effectué à l'aide de l'équation générique utilisée dans le logiciel RISC (modèle boîte).



La concentration moyenne dans l'air extérieur est calculée de la façon suivante :

$$C_{i,air-ext} = \frac{F}{v} \cdot \frac{L}{H}$$

Avec $C_{i, air-ext}$: concentration moyenne dans l'air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la hauteur de l'organe respiratoire (H)
 F : flux de polluant à l'interface sol/air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)
 L : longueur de la zone de mélange (correspondant à la longueur de la zone polluée) (en m)
 v : vitesse moyenne du vent (m/s).
 H : hauteur de la zone de mélange (m) correspondant à la hauteur de l'organe respiratoire de la cible

Le flux vers l'air extérieur est calculé à partir de l'équation de FICK (flux diffusif seul) suivante :

$$\phi(g / m^2 - j) = D_{eff} * \frac{\partial C}{\partial z}$$

Où:-

- dC/dz : gradient de concentration ($\text{g}/\text{m}^3\text{-m}$) entre la concentration à la source (la concentration dans les gaz à l'équilibre avec les sols pollués ou les eaux de la nappe polluée).
- le coefficient de diffusion effectif (D_{eff} en m^2/j) dans le sol prend en considération à la fois la diffusion dans la phase aqueuse et dans la phase gazeuse¹⁰ est donné ci-après.

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, D_{sa} dans l'air et D_w dans l'eau) est calculé par la solution analytique développée par Millington and Quirck (1981) à partir de la porosité des sols, de la teneur en air et en eau et des coefficients de diffusion de la substance dans l'air et dans l'eau.

$$D_{sa} = D_{air} \times \alpha_{air} \times \alpha_{air}^{-1} \quad (1)$$

$$D_w = (D_{eau} / H) \times \alpha_{eau} \times \alpha_{eau}^{-1} \quad (2)$$

¹⁰ Dans la notice d'utilisation de VOLASOII, il est souligné qu'en zone non saturée, le coefficient de diffusion dans la phase gazeuse est approximativement 10^4 fois plus grand que le coefficient de diffusion dans la phase aqueuse (Glottfely & Schomburg, 1991).

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents.

Le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante :

- dans l'air du sol : $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$
- dans la phase aqueuse du sol : $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$,

Avec :

- H constante de Henry adimensionnelle,
- θ porosité totale,
- θ_{eau} teneur en eau du sol,
- θ_{air} teneur en gaz du sol.

La concentration dans l'air du sol correspond à la valeur minimale issue des équations suivantes :

$$C_{vs} = (C_t \times \rho_b \times K_H) / (\theta_a \times K_H + \theta_w + \rho_b \times F_{oc} \times K_{oc})$$

Equation utilisée quand $C_w < \text{Solubilité effective}$

Avec C_t : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)

ρ_b : densité du sol (g/cm³)

F_{oc} : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)

K_{oc} : coefficient de partition du carbone organique (mg/l/g)

K_H : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))

θ_a : teneur en air dans les sols (cm³ d'air/ cm³ de sol)

θ_w : teneur en eau dans les sols (cm³ d'eau/ cm³ de sol)

$$C_{wi} = X \cdot S \text{ et } C_{eaudusol} = \frac{C_{airdusol}}{H}$$

Equation utilisée en présence de phase résiduelle dans les sols ($C_w > \text{Solubilité}$)

Avec C_{wi} : concentration de la substance i dans l'eau du sol (mg/l),

H : constante de Henry (-)

X : fraction molaire de la substance i dans le mélange (-)

S : solubilité de la substance i (mg/l)

Annexe ARR 4

Détails des calculs de dose et de risque

Cette annexe contient 1 page.

		Unités	Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant
P=Poids corporel		Kg	60	60	15
T=Durée d'exposition		an	40	42	6
F1 intérieur=féquence d'exposition en intérieur		jour/an	330	278	330
F2 intérieur=féquence d'exposition en intérieur - niveau le plus bas		heure/jour	0,2	0,2	0,2
F2 intérieur=féquence d'exposition en intérieur - niveau supérieur		heure/jour	23,4	8	23,4
Tm=période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (sans seuil)		an	70	70	70
Tm=période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (à seuil)		an	40	42	6
Hauteur du bâtiment (identique pour toutes cibles)		m	2,5	2,5	2,5
Taux de ventilation (identique pour toutes cibles)		l ³	72	72	72
Taux de transfert des teneurs dans l'air entre deux niveaux (RdC sur sous-sol et habitat collectif uniquement)		-	10%	10%	10%
Choix du niveau principal pour l'affichage des concentrations et des risques détaillés (0-niveau de plus bas ou 1 : niveau le plus haut)		mettre 0 ou 1	1	1	1
* : le calcul du flux de vapeur vers l'air intérieur est réalisé par ailleurs. Les hypothèses et paramètres retenus sont détaillés par ailleurs.					

Substances	Conc° dans l'air dans le niveau le plus bas (mg/m ³)	Conc° dans l'air dans le niveau le plus haut (mg/m ³)	Concentration moyenne de VAPEUR inhalée (pour l'étage principal)						Quotient de danger ou Exces de risque individuel (pour l'étage principal)								
			Substance	Unités	Effets toxiques à seuil			Effets toxiques sans seuil			Substance	Quotient de danger (QD)			Exces de risques individuel (ERI)		
					Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant	Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant		Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant	
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES			HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES						HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES								
Naphtalène	1,94E-04	1,94E-05	Naphtalène	mg/m ³	1,71E-05	4,05E-06	1,71E-05	9,79E-06	2,43E-06	1,47E-06	Naphtalène	4,6E-04	1,1E-04	4,6E-04	5,5E-08	1,4E-08	8,2E-09
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS			COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS						COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS								
PCE (tétrachloroéthylène)	1,67E-03	1,67E-04	PCE (tétrachloroéthylène)	mg/m ³	1,47E-04	3,47E-05	1,47E-04	8,40E-05	2,08E-05	1,26E-05	PCE (tétrachloroéthylène)	3,7E-04	8,7E-05	3,7E-04	2,5E-08	6,2E-09	3,8E-09
TCE (trichloroéthylène)	5,28E-03	5,28E-04	TCE (trichloroéthylène)	mg/m ³	4,65E-04	1,10E-04	4,65E-04	2,66E-04	6,59E-05	3,99E-05	TCE (trichloroéthylène)	1,5E-04	3,4E-05	1,5E-04	2,7E-07	6,6E-08	4,0E-08
dichlorométhane	5,14E-03	5,14E-04	dichlorométhane	mg/m ³	4,53E-04	1,07E-04	4,53E-04	2,59E-04	6,42E-05	3,88E-05	dichlorométhane	7,5E-04	1,8E-04	7,5E-04	2,6E-09	6,4E-10	3,9E-10
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES			COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES						COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES								
benzène	5,14E-03	5,14E-04	benzène	mg/m ³	4,53E-04	1,07E-04	4,53E-04	2,59E-04	6,42E-05	3,88E-05	benzène	4,5E-02	1,1E-02	4,5E-02	6,7E-06	1,7E-06	1,0E-06
toluène	2,57E-02	2,57E-03	toluène	mg/m ³	2,26E-03	5,35E-04	2,26E-03	1,29E-03	3,21E-04	1,94E-04	toluène	1,2E-04	2,8E-05	1,2E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
éthylbenzène	1,86E-02	1,86E-03	éthylbenzène	mg/m ³	1,64E-03	3,88E-04	1,64E-03	9,37E-04	2,33E-04	1,41E-04	éthylbenzène	1,1E-03	2,6E-04	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
xylènes	4,15E-02	4,15E-03	xylènes	mg/m ³	3,66E-03	8,65E-04	3,66E-03	2,09E-03	5,19E-04	3,14E-04	xylènes	1,7E-02	3,9E-03	1,7E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH			HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH						HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH								
Aliphatic nC>5-nC6	7,64E-01	7,64E-02	Aliphatic nC>5-nC6	mg/m ³	6,73E-02	1,59E-02	6,73E-02	3,85E-02	9,54E-03	5,77E-03	Aliphatic nC>5-nC6	2,2E-02	5,3E-03	2,2E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Aliphatic nC>6-nC8	6,79E-01	6,79E-02	Aliphatic nC>6-nC8	mg/m ³	5,99E-02	1,41E-02	5,99E-02	3,42E-02	8,49E-03	5,13E-03	Aliphatic nC>6-nC8	2,0E-02	4,7E-03	2,0E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Aliphatic nC>8-nC10	5,97E-01	5,97E-02	Aliphatic nC>8-nC10	mg/m ³	5,26E-02	1,24E-02	5,26E-02	3,01E-02	7,46E-03	4,51E-03	Aliphatic nC>8-nC10	5,3E-02	1,2E-02	5,3E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Aliphatic nC>10-nC12	4,31E-02	4,31E-03	Aliphatic nC>10-nC12	mg/m ³	3,80E-03	8,96E-04	3,80E-03	2,17E-03	5,38E-04	3,25E-04	Aliphatic nC>10-nC12	3,8E-03	9,0E-04	3,8E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Aromatic nC>8-nC10	1,19E-01	1,19E-02	Aromatic nC>8-nC10	mg/m ³	1,05E-02	2,49E-03	1,05E-02	6,02E-03	1,49E-03	9,02E-04	Aromatic nC>8-nC10	5,3E-02	1,2E-02	5,3E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
									Somme des QD & ERI								
			INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, niveau principal choisi						2,2E-01	5,1E-02	2,2E-01	7,1E-06	1,8E-06	1,1E-06			
			INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, niveau secondaire						1,8E-02	1,3E-02	1,8E-02	6,1E-07	4,4E-07	9,1E-08			
			Somme des QD & ERI en intérieur						2,3E-01	6,4E-02	2,3E-01	7,7E-06	2,2E-06	1,2E-06			

INHALATION DE GAZ EN EXTERIEUR - avec dallage

	Unités	Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant
P= Poids corporel	Kg	60	60	15
T= Durée d'exposition	an	40	42	6
F1ext= fréquence d'exposition en extérieur	jour/an	330	228	330
F2ext= fréquence d'exposition en extérieur - avec dallage	heure/jour	0,2	0,2	0,2
Tm= période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (sans seuil)	an	20	20	20
Tn= période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (à seuil)	an	40	42	6
Hauteur de respiration de la cible	m	1,5	1,5	1
Longueur de la boîte, dans la direction principale du vent	m	100	100	100
Vitesse moyenne du vent	m/s	172800	172800	172800

* : le calcul du flux de vapeur vers l'air intérieur est réalisé par ailleurs.
Les hypothèses et paramètres retenues sont détaillés par ailleurs.

Substances	Flux de vapeurs vers l'air extérieur (mg/m ² /j)	Conc° dans l'air extérieur (mg/m ³) pour info	Concentration moyenne de VAPEUR inhalée en air extérieur						Quotient de danger ou Exces de risque individuel								
			Substances	Unités	Effets toxiques à seuil			Effets toxiques sans seuil			Substance	Quotient de danger (QD)			Exces de risques individuel (ERI)		
					Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant	Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant		Résident adulte	Employé commerce RDC	Résident enfant			
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES			HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES														
Naphtalène	2,13E-02	8,23E-06	Naphtalène	mg/m ³	6,20E-08	4,29E-08	9,31E-08	3,55E-08	2,57E-08	7,98E-09	HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES						
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES			COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES								COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES						
xylènes	9,14E-01	3,53E-04	xylènes	mg/m ³	2,66E-06	1,84E-06	3,98E-06	1,52E-06	1,10E-06	3,42E-07	xylènes	1,2E-05	8,3E-06	1,8E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH			HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH								HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH						
Aromatic nC>8-nC10	2,20E+02	8,49E-02	Aromatic nC>8-nC10	mg/m ³	6,40E-04	4,42E-04	9,60E-04	3,66E-04	2,65E-04	8,22E-05	Aromatic nC>8-nC10	3,2E-03	2,2E-03	4,8E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Aromatic nC>10-nC12	1,03E+02	3,96E-02	Aromatic nC>10-nC12	mg/m ³	2,98E-04	2,06E-04	4,47E-04	1,70E-04	1,24E-04	3,84E-05	Aromatic nC>10-nC12	1,5E-03	1,0E-03	2,2E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Aromatic nC>12-nC16	1,50E+01	5,77E-03	Aromatic nC>12-nC16	mg/m ³	4,35E-05	3,00E-05	6,52E-05	2,48E-05	1,80E-05	5,59E-06	Aromatic nC>12-nC16	2,2E-04	1,5E-04	3,3E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Aromatic nC>16-nC21	4,13E-01	1,59E-04	Aromatic nC>16-nC21	mg/m ³	1,20E-06	8,30E-07	1,80E-06	6,86E-07	4,98E-07	1,54E-07	Aromatic nC>16-nC21	1,3E-05	9,2E-06	2,0E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Aromatic nC>21-nC35	2,43E-04	9,37E-08	Aromatic nC>21-nC35	mg/m ³	7,06E-10	4,88E-10	1,06E-09	4,03E-10	2,93E-10	9,08E-11	Aromatic nC>21-nC35	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
											Somme des QD & ERI	5,0E-03	3,4E-03	7,4E-03	2,0E-10	1,4E-10	4,5E-11
											INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage						
											Risques acceptables						
											Risques non acceptables						



Inventons la Métropole du Grand Paris
Parcs en Scène – Pont de Rungis/Thiais/Orly (94)
Secteur 2

Diagnostic environnemental du milieu souterrain et Plan de gestion

Réf : CSSPIF182203 / RSSPIF08441-03

CACH / SCA / INH.

31/07/2019









LINKCITY

Inventons la Métropole du Grand Paris Parcs en Scène – Pont de Rungis/Thiais/Orly (94) Secteur 2

Diagnostic environnemental du milieu souterrain et Plan de gestion et plan de gestion

Pour cette étude, le chef du projet est Sylvie CARDINAUD

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	28/01/2019	01	C. CHAMBORD 	S. CARDINAUD 	I.HAMON
Document de travail	19/05/2019	02	C. CHAMBORD 	S. CARDINAUD 	I.HAMON
Rapport	31/07/2019	03	C. CHAMBORD 	S. CARDINAUD 	I.HAMON

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CSSPIF182203 / RSSPIF08441-03
Numéro d'affaire :	A47247
Domaine technique :	SP02-SP03
Mots clé du thésaurus	DIAGNOSTIC DE QUALITE ENVIRONNEMENTALE EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

BURGEAP Agence Ile-de-France • 27, rue de Vanves – 92772 Boulogne Billancourt Cedex
Tél : 01.46.10.25.70 • Fax : 01.46.10.25.64 • burgeap.paris@groupeginger.com

SOMMAIRE

Synthèse technique	5
1. Introduction	8
1.1 Objet de l'étude	8
1.2 Méthodologie générale et réglementation en vigueur	9
1.3 Documents de référence et ressources documentaires	11
1.3.1 Etudes précédemment réalisées sur le site.....	11
1.3.2 Projet pris en compte	11
2. Visite de site (A100)	13
3. Synthèse historique disponible	15
4. Données disponibles sur l'état des milieux issues des études antérieures et le sens d'écoulement de la nappe	16
5. Synthèse des impacts et schéma conceptuel	17
5.1 Synthèse des impacts dans les différents milieux	17
5.2 Schéma conceptuel	22
6. Plan de gestion	25
6.1 Gestion des sources concentrées de pollution	25
6.1.1 Traitement in-situ envisageable	25
6.1.2 Présentation des techniques in-situ sélectionnées.....	26
6.1.3 Bilan cout avantage.....	27
6.2 Analyses des risques sanitaires après gestion des pollutions concentrées	27
6.3 Gestion des terres excavées	28
6.3.1 Réemploi sur site	28
6.3.2 Estimations financières associées à la gestion de la source de pollution et des terres excavées.....	29
7. Synthèse et recommandations	31
7.1 Synthèse	31
7.2 Recommandations	34
8. Limites d'utilisation d'une étude de pollution	35

FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet Parcs en Scène et des secteurs 1 et 2 dont Linkcity est Lauréat du concours d'aménagement (source Linkcity)	9
Figure 2 : Plan masse transmis par Linkcity (email du 09/04/2019)	11
Figure 3 : Esquisses des niveaux d'infrastructures (Avril 2019 - pièce numérique n° 190424-82 - TG -MAJ PL GUIDE)	13
Figure 4 : Localisation du secteur 2.....	14
Figure 5 : Localisation des différentes parcelles cadastrales du secteur 2.....	15
Figure 6: Sens d'écoulement de la nappe (Etude NPHE -Rapport BURGEAP n°RGHCIF08456-01 du 04/02/2019).....	16
Figure 7 : Synthèse des principaux impacts sur les sols.....	18
Figure 8: Synthèse des principaux impacts sur les eaux	19
Figure 9 : Synthèse des principaux impacts sur le gaz du sol sur le secteur 2.1	20
Figure 10 Synthèse des principaux impacts sur le gaz du sol sur le secteur 2.2.....	21
Figure 11 : Schéma conceptuel (usage futur)	23

TABLEAUX

Tableau 1 : Estimation financière associée	30
--	----

SECTION

- Section 1 : Visite de Site
- Section 2 : Milieu Sol
- Section 3 : Milieu Eau
- Section 4 : Milieu Gaz du sol
- Section 5 : Analyses de risques résiduels
- Section 6 : Glossaire

Synthèse technique

Client	LINKCITY
Informations sur le site	<ul style="list-style-type: none"> • Intitulé/adresse du site : Inventons la Métropole du Grand Paris Parcs en Scène – Pont de Rungis/Thiais/Orly (94) Secteur 2 • Parcelles cadastrales : A222 et A268 (Orly), AK4 (Thiais) • Superficie totale : 62 700 m² environ • Propriétaire actuel : EPFIF • Usage et exploitant actuel : Usages multiples (entrepôts, atelier, studio de tournage, parking, ...)
Contexte de l'étude - Projet d'aménagement	<p>Le projet d'aménagement envisagé sur les secteurs 1 et 2 comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • habitats collectifs • pôles de services (commerces de bouche, école, gymnase...) • jardins partagés, • centre de formation professionnelle d'agriculture urbaine
Géologie / hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> • remblais, entre la surface et 0,2 à 2 mètres de profondeur selon les zones ; • limon argileux à marneux plus ou moins compacts jusqu'à 3 à 5 mètres selon les zones, avec présence de cailloux et blocs ; • marnes calcaires avec de nombreux blocs jusqu'en fond de sondage. • Une nappe est contenue dans les marnes, elle est recoupée vers 5,5 m de profondeur. Elle n'est pas exploitée dans les environs du site.
Impacts identifiés lors des précédentes études	<ul style="list-style-type: none"> • au droit du lot 2.1 : <ul style="list-style-type: none"> ○ un impact fort par des hydrocarbures C5-C40 et des BTEX, et plus modéré par des HAP, est mis en évidence au droit des anciennes cuves jusqu'au niveau du toit des eaux souterraines (5 à 6 m) ; ○ un impact de moindre importance par des hydrocarbures C8-C40 au droit des deux volucompteurs ; • au droit des lots 2.2, 2.3 et 2.4, aucun impact significatif n'est mis en évidence ; • au droit du lot AK4, seule une étude historique et de vulnérabilité a été réalisée, celle-ci a mis en évidence plusieurs sources potentielles de pollution : stockage de peinture, ateliers de charges d'accumulateurs, cuve de fioul enterrée et aérienne, transformateur au PCB et une fuite de fioul.
Investigations réalisées	<ul style="list-style-type: none"> • 50 sondages de sols au carottier sous gaine et/ ou tarière (jusqu'à 8 m de profondeur maximum) • Prélèvement de 5 échantillons d'eau souterraine • Mise en place de piézairs et prélèvement de 7 échantillons de gaz des sols <p>L'ensemble des sondages a nécessité une sécurisation pyrotechnique préalable, à l'avancement</p>
Polluants recherchés	<ul style="list-style-type: none"> • Sols : Pack ISDI, métaux, HCT par TPH, HAP, BTEX, COHV, PCB • Eaux : métaux, HCT C10-C40 avec TPH, HAP, BTEX, COHV, PCB • Gaz des sols : Mercure, HCT C5-C12, BTEXN, COHV
Impacts identifiés lors de cette étude	<ul style="list-style-type: none"> • au droit du lot 2.1 : un fort impact par des hydrocarbures et des BTEX est mis en évidence dans les sols et les gaz du sol au droit des anciennes cuves enterrées. Cet impact est retrouvé dans la nappe au droit du piézomètre situé à proximité de la source. • au droit du lot 2.2 : impacts ponctuels en hydrocarbures présents dans les remblais de surface au droit du sondage S.2.2.1 ;

	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune source concentrée de pollution identifiée au niveau des sols sur les autres lots du secteur • Des concentrations modérées en PCE et en TCE sont mises en évidence dans les milieux air des sols et eaux secteur 2.
<p style="text-align: center;">Schéma conceptuel</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts identifiés : sols impactés, gaz des sols et nappe contenant des composés volatils • Enjeux à protéger : usagers futurs (résidents, travailleurs, écoliers) • Voies d'expositions : inhalation, contact direct pour les zones non recouvertes, ingestion de végétaux contaminés
<p style="text-align: center;">Conséquences sur le projet / recommandations</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures de gestion et risques sanitaires : <ul style="list-style-type: none"> • Traitement de la zone concentrée de pollution aux hydrocarbures identifiée sur le lot 2.1 (parcelle A 222) au seuil de 1000 mg/kg.MS, soit un traitement sur un volume de 2 300 à 4 000 m³ de terres, • A défaut de pouvoir implanter le groupe scolaire hors la zone de pollution concentrée présente sur parcelle A 222 (lot 2.1) le bâtiment du groupe scolaire devra impérativement être aménagé sur vide sanitaire ventilé (24V /j) après traitement de la source de pollution afin de satisfaire les exigences de la circulaire du 08/02/07 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles, et ce après élimination de la source concentrée identifiée (cf. 5.1.). Le site alternatif étudié dans le présent rapport, situé sur la parcelle A 268 (au droit du lot 2.1) ne présente aucune pollution concentrée. Il est de fait l'emplacement de choix pour satisfaire les exigences urbanistiques et sanitaires. • Impact financier : <ul style="list-style-type: none"> • Sur la base des scénarii retenus et affinés au cours de l'étude par LINKCITY, la gestion des sources concentrées de manière in situ ou hors site retrouvées sur le lot 2.1 induirait un cout de gestion dans une fourchette de 0.3 à 0.5 M€ (volume 2 300 à 4000 m³) • En dehors des sources concentrées de pollution, toutes les terres excavées pour la mise en place des infrastructures projetées ne pourront être considérées comme déchets inertes et pourront induire un surcout de gestion. Au regard des estimations réalisées (2,5 à 5% du volume excavé en filière non inerte), sur la base de volumes excavés situés entre 106 000 et 122 000 m³, le surcout de gestion des matériaux non inertes, hors gestion des sources concentrées de pollution, en filière spécialisée (par rapport à une filière de type filière de déchets inertes) est estimé entre 0.2 et 0.45 M€ • Gestion des sources concentrées et les dispositions constructives à mettre en oeuvre : <ol style="list-style-type: none"> 1. le traitement de la source concentrée en hydrocarbures à un seuil résiduel de 1000 mg/kg.MS avec les exigences connexes suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Absence de BTEX (<0.05 mg/kg.MS) • Concentration en hydrocarbures aliphatiques C10-C12 < 15 mg/kg.MS, • Concentration en hydrocarbures aliphatiques C12-C16 < 90 mg/kg.MS, • en hydrocarbures aromatiques C12-C16 < 15 mg/kg.MS.

2. les dispositions constructives à mettre en œuvre :

- les conduites d'amenée d'eau potable seront enterrées dans des sols sains et/ou seront en matériaux s'opposant à la perméation des composés organiques volatils ;
- Les infrastructures à usage de parking présenteront un renouvellement d'air à 72 vol.j⁻¹
- Les emprises non bâties présenteront **en surface de manière pérenne** :
 - une couverture minérale (dallage, béton,...) ou,
 - une couche de remblais ou de terre végétale saine de qualité chimique cohérente avec bruit de fond francilien
 - l'épaisseur de cette couche sera **de 30 cm minimum au droit des espaces verts publics,**
 - l'épaisseur de cette couche sera **de 50 cm minimum au droit des espaces verts privés,**
 - toute mise en place de remblais cohérents avec le bruit de fond francilien sur des matériaux non cohérents avec le bruit de fond francilien nécessitera la mise en place d'un géotextile permettant une séparation physique de ces 2 types de matériaux
- les jardins potagers et arbres fruitiers seront proscrits sur les emprises non cohérentes, avec le bruit de fond francilien, sauf à ce qu'ils soient installés en bac;
- aucun usage des eaux souterraines ne sera autorisé au droit du site.
- La bonne réalisation de la mise en œuvre des dispositions de gestion (traitement des sources concentrées et des dispositions constructives) devront être contrôlées et tracées (Rapport de parfaite réalisation du plan de gestion incluant une Analyse de Risques Post travaux)
- dans tous les cas, il sera nécessaire de garder en mémoire la qualité environnementale du site (inscription aux documents d'urbanisme, au règlement de lotissement, à l'acte de vente et/ou au service de la publicité foncière, au DIUO,...).

BURGEAP recommande qu'une étude complémentaire soit réalisée lorsque les aménagements projetés seront figés afin que les estimations réalisées à ce stade (volume/surcout) soient affinées et des optimisations de la balance délais/remblais étudiées.

1. Introduction

1.1 Préambule

Le diagnostic environnemental du milieu souterrain et plan de gestion, objet du présent rapport, a permis d'acquérir et de préciser la qualité des différents milieux environnementaux (sol, eau, air) à partir de laquelle :

- des estimations financières de gestion des zones de pollution et de terres excavées,
- une analyse des risques sanitaires sur la base des plans de principe du projet,

ont été réalisées.

Afin d'en faciliter la lecture, le présent rapport constitue une synthèse des principales données et informations acquises et détaille les estimations financières proposées. La visite de site, les méthodologies et investigations réalisées au droit de chacun des milieux, l'analyse des risques sanitaires résiduels, et le glossaire sont présentés en fin du présent rapport dans les sections suivantes :

Section 1 : Visite de Site

Section 2 : Milieu Sol

Section 3 : Milieu Eau

Section 4 : Milieu Gaz du sol

Section 5 : Analyses de risques résiduels

Section 6 : Glossaire

1.2 Objet de l'étude

La société LINKCITY est lauréat de l'appel à projet « Inventons la Métropole du Grand Paris » lancé par La Métropole du Grand Paris pour le projet Parcs en Scène, secteurs 1 et 2, localisé au niveau de Pont de Rungis, Thiais et Orly (94).

Dans ce cadre, GINGER BURGEAP a été missionné sur les thématiques qualité du sous-sol, amiante et déchets de démolition du bâti existant afin de préciser les budgets dans le cadre de la vente des terrains, et études réglementaires environnementales liées à ce type de projet.

Le projet Parcs en Scène s'organise au droit de 3 secteurs (chacun étant lui-même subdivisé en sous-secteurs), de part et d'autre d'une voie ferrée. Il s'inscrit dans un environnement occupé principalement par des activités tertiaires et industrielles, où les bâtis sont encore actuellement occupés, à proximité d'un quartier résidentiel.

Linkcity est lauréat du concours d'aménagement des secteurs 1 et 2.

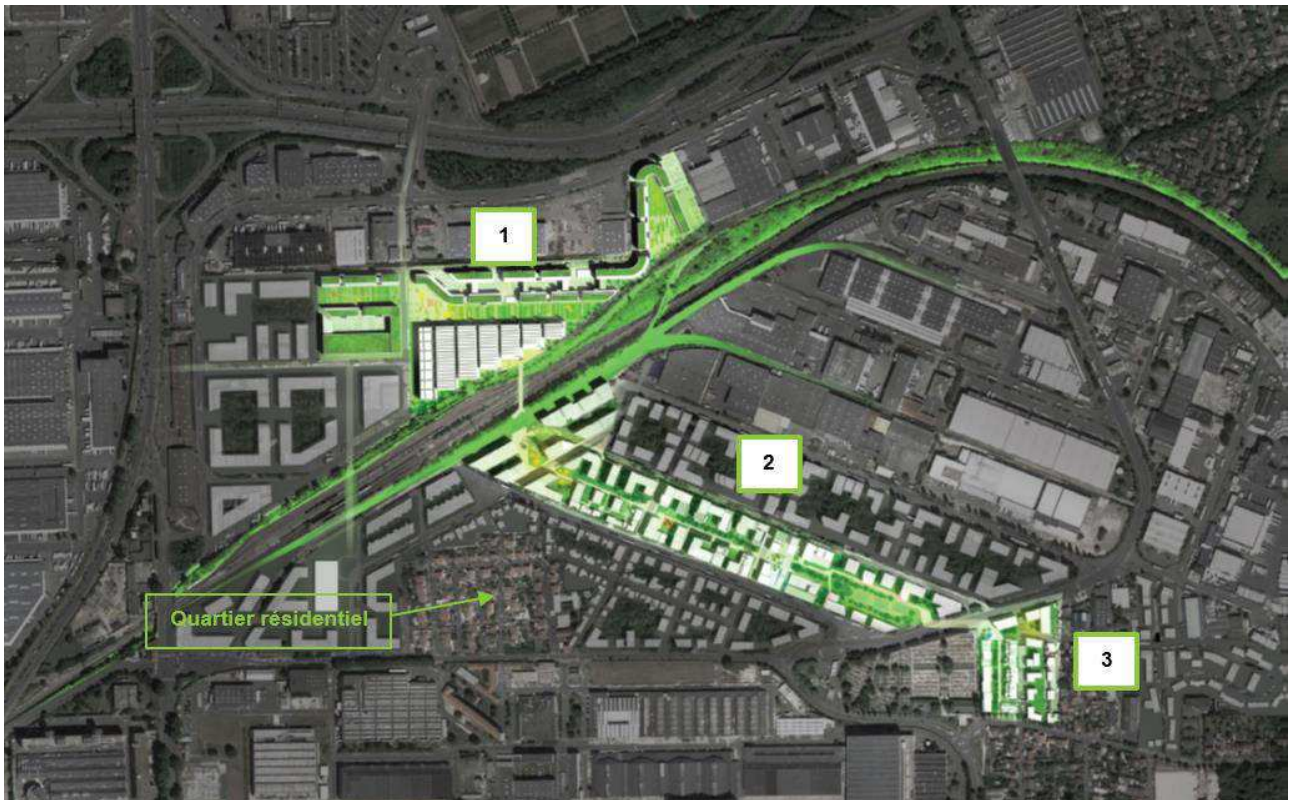


Figure 1 : Localisation du projet Parcs en Scène et des secteurs 1 et 2 dont Linkcity est Lauréat du concours d'aménagement (source Linkcity)

Le programme d'aménagement projeté sera mixte, avec la création d'habitats collectifs, de pôles de services (commerces de bouche, école, gymnase...), des jardins partagés, un centre de formation professionnelle d'agriculture urbaine, ainsi qu'un grand équipement « la Scène Digitale » qui associe e-sport et réalité virtuelle.

Le projet prévoit la présence de sous-sols sous la majorité des bâtiments, comprenant un à deux niveaux selon les bâtiments, à l'exception de l'école.

1.3 Méthodologie générale et réglementation en vigueur

L'étude est conforme à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et aux exigences de la norme **AFNOR NF X 31-620-2 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »**, pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle », révisée en décembre 2018. Elle comprend les prestations suivantes :

Prestations élémentaires (A) concernées	Objectifs	Prestations globales (A) concernées	Objectifs
<input checked="" type="checkbox"/> A100	Visite du site	AMO	
<input type="checkbox"/> A110	Etudes historiques, documentaires et mémorielles	<input type="checkbox"/> Assistance à Maîtrise d'ouvrage en phase études	Assister et conseiller son client pendant tout ou partie de la durée du projet, en phase études.
<input type="checkbox"/> A120	Etude de vulnérabilité des milieux	<input type="checkbox"/> LEVE	Le site relève-t-il de la politique nationale de gestion des sites pollués, ou bien est-il « banalisable » ?
<input checked="" type="checkbox"/> A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	<input type="checkbox"/> INFOS	Réaliser les études historiques, documentaires et de vulnérabilité, afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations.

Prestations élémentaires (A) concernées	Objectifs	Prestations globales (A) concernées	Objectifs
<input checked="" type="checkbox"/> A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	<input checked="" type="checkbox"/> DIAG	Investiguer des milieux (sols, eaux souterraines, eaux superficielles et sédiments, gaz du sol, air ambiant...) afin d'identifier et/ou caractériser les sources potentielles de pollution, l'environnement local témoin, les vecteurs de transfert, les milieux d'exposition des populations et identifier les opérations nécessaires pour mener à bien le projet (prélèvements, analyses...)
<input checked="" type="checkbox"/> A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines		
<input type="checkbox"/> A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou les sédiments	<input checked="" type="checkbox"/> PG Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	Etudier, en priorité, les modalités de suppression des pollutions concentrées. Cette prestation s'attache également à maîtriser les impacts et les risques associés (y compris dans le cas où la suppression des pollutions concentrées s'avère techniquement complexe et financièrement disproportionnée) et à gérer les pollutions résiduelles et diffuses. Réalisation d'un bilan coûts-avantages (A330) qui permet un arbitrage entre les différents scénarios de gestion possibles (au moins deux), validés d'un point de vue sanitaire (A320) Préconisations sur la nécessité de réaliser, ou non, les prestations PCT (dont B111 et/ou B112 (voir NF X 31-620-3)), CONT, SUIVI, A400, et la définition des modalités de leur mise en œuvre ; ces préconisations peuvent également concerner l'organisation, la sécurité et l'encadrement des travaux à réaliser ; Préciser les mécanismes de conservation de la mémoire en lien avec les scénarios de gestion proposés
<input checked="" type="checkbox"/> A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol		
<input type="checkbox"/> A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques		
<input type="checkbox"/> A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires	<input type="checkbox"/> IEM Interprétation de l'Etat des Milieux	La prestation IEM est mise en œuvre en cas de : <ul style="list-style-type: none"> • mise en évidence d'une pollution historique sur une zone où l'usage est fixé (installation en fonctionnement, quartier résidentiel, etc.) ; • mise en évidence d'une pollution hors des limites d'un site ; • signal sanitaire. Comparable à une photographie de l'état des milieux et des usages, la prestation IEM vise à s'assurer que l'état des milieux d'exposition est compatible avec les usages existants [9]. Elle permet de distinguer les situations qui : <ul style="list-style-type: none"> • ne nécessitent aucune action particulière ; • peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés ; • nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion
<input type="checkbox"/> A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées	<input type="checkbox"/> SUIVI	Suivi environnemental
<input type="checkbox"/> A270	Interprétation des résultats des investigations	<input type="checkbox"/> BQ Bilan quadriennal	Interpréter les résultats des données recueillies au cours des quatre dernières années de suivi Mettre à jour l'analyse des enjeux concernés par le suivi sur la période sur les ressources en eau, environnementales et l'analyse des enjeux sanitaires.
<input checked="" type="checkbox"/> A270	Interprétation des résultats des investigations	<input type="checkbox"/> CONT Contrôles	Vérifier la conformité des travaux d'investigation ou de surveillance Contrôler que les mesures de gestion sont réalisées conformément aux dispositions prévues
<input type="checkbox"/> A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	<input type="checkbox"/> XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués
<input type="checkbox"/> A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales	<input type="checkbox"/> VERIF Evaluation du passif environnemental	Effectuer les vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise
<input checked="" type="checkbox"/> A320	Analyse des enjeux sanitaires		
<input checked="" type="checkbox"/> A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages		
<input type="checkbox"/> A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes		

L'étude est réalisée sur la base des connaissances techniques et scientifiques disponibles à la date de sa réalisation.

1.4 Documents de référence et ressources documentaires

1.4.1 Etudes précédemment réalisées sur le site

Les documents suivants ont été consultés pour la réalisation de la présente étude :

- « Étude Historique et de Vulnérabilité / Reconnaissance de la qualité des sols et des eaux souterraines » réalisé par SUEZ en septembre 2017 (réf. : U2 17 069 0 – version 1) ;
- « Etude historique et de vulnérabilité / Reconnaissance de la qualité des sols » réalisé par SITA REMEDIATION en septembre 2014 (réf. : P2 17 031 0 – version 2) ;
- « Mission de type A101, A102 et A200 selon la norme NFX 31-620 » réalisé par SOCOTEC en mai 2007 (réf. : SE-idF/07-462/KLP) ;
- « Reconnaissance de la qualité des sols et des eaux souterraines - 5 au 21 rue des 15 Arpents, ORLY (94) » réalisé par SUEZ en juillet 2017 (réf. : U2 17 069 0 – version 1) ;
- « 2 au 28 rue du Puits Diximes, ORLY / THIAIS (94) - Etude Historique et de Vulnérabilité » réalisé par SUEZ en juin 2016 (réf. : P2 15 084 0 – version 2).

1.4.2 Projet pris en compte

Une version provisoire du plan de gestion a été établie sur la base d'un positionnement du groupe scolaire au droit du secteur 2.1 (parcelle A222), au niveau du n°5 de la rue des 15 arpents, préalablement à l'acquisition des données environnementales sur la qualité des milieux. Or, cette position coïncidant avec une zone de pollution concentrée, BURGEAP a conseillé à LINKCITY, en application de la circulaire relative à **l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles du 8 février 2007**, d'envisager une position alternative du groupe scolaire pouvant satisfaire les contraintes urbanistiques et sociales tout en évitant l'emprise de la zone de pollution concentrée.

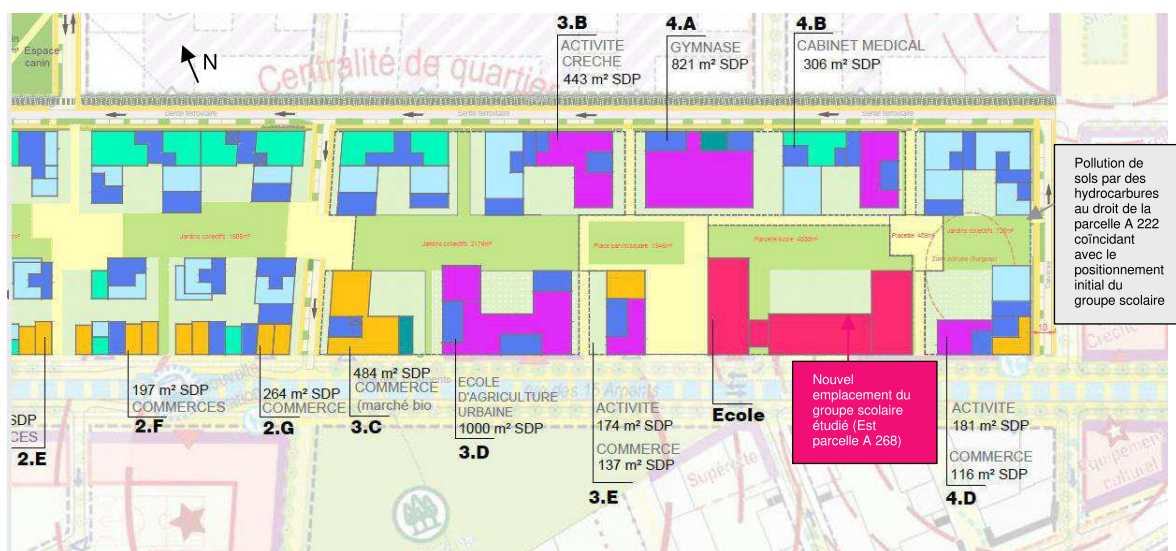


Figure 2 : Plan masse transmis par Linkcity (email du 09/04/2019)

Le présent rapport constitue le plan de gestion du secteur 2 intégrant la nouvelle implantation du groupe scolaire sur l'est de la parcelle A268, à l'ouest de la parcelle A222, tel que présentée dans les esquisses ci-dessus. Dans ce cadre, il synthétise les résultats des diagnostics environnementaux réalisés sur l'ensemble du secteur et en présente les modalités de gestion en s'appuyant sur l'Analyse des Risques sanitaires Résiduels (ARR) au regard des aménagements envisagés (groupe scolaire, bâtiments à usage de commerce/activité sur 1 à 2 niveaux de parkings souterrains et espaces verts associés). Il vise à apporter des éléments de décision sur son positionnement vis-à-vis de l'état environnemental du site.

Notre étude se base sur les esquisses projet transmises le 21 mai 2019 par email référencées « Document de Travail – Parcs en Scène-Avril 2019 (pièce numérique n° 190424-82 -TG -MAJ PL GUIDE) et présentées en Figure 1. Ces esquisses intègrent les contraintes associées aux Niveaux des Plus Hautes Eaux pour le positionnement des niveaux d'infrastructures à usage de parking.

LES PARKINGS
Rappel des niveaux de nappes

DOCUMENT DE TRAVAIL

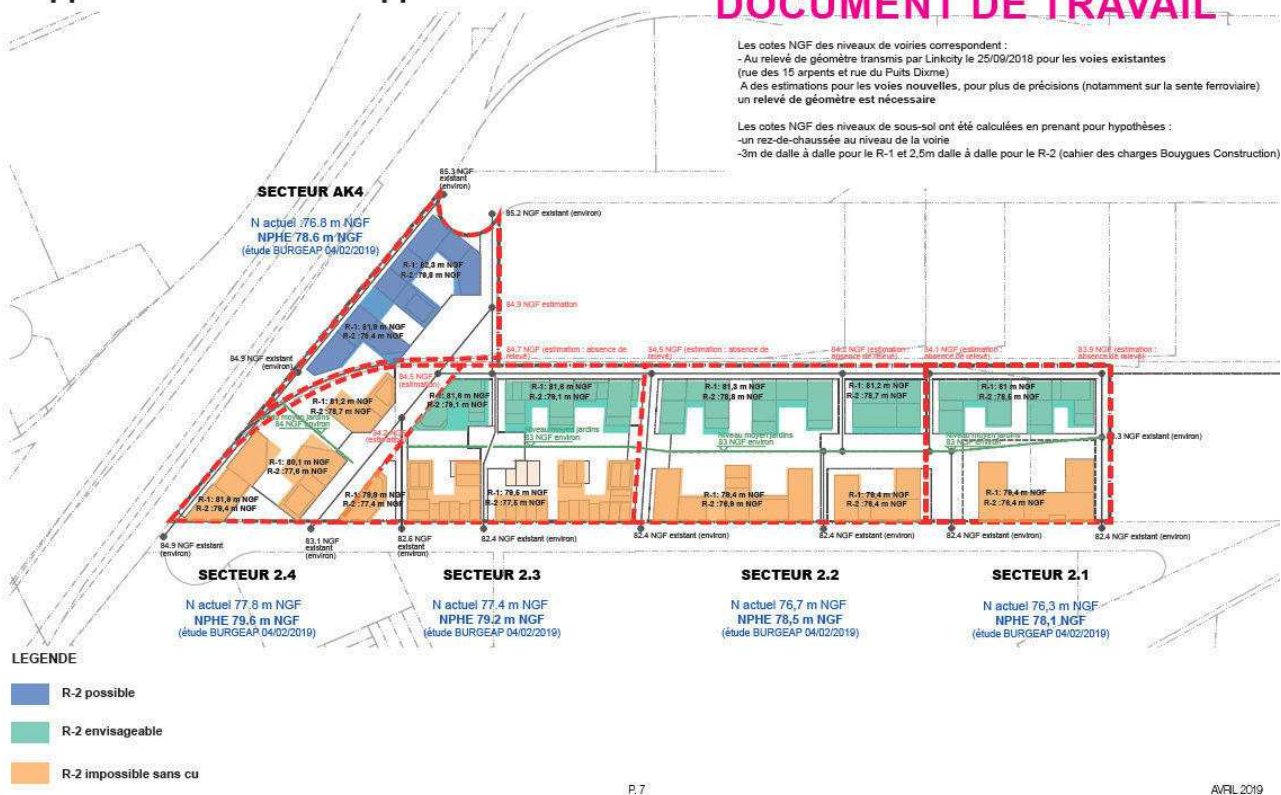


Figure 3 : Esquisses des niveaux d'infrastructures (Avril 2019 - pièce numérique n° 190424-82 -TG -MAJ PL GUIDE)

2. Visite de site (A100)

Le site est localisé sur les communes de Thiais, Rungis et Orly, il occupe les parcelles cadastrales suivantes :

- **Le lot 2.1** est occupé pour moitié (parcelle A222) par une entreprise de construction qui utilise également sa surface d'entrepôt pour l'entreposage de matériel divers (mobilier, stands d'exposition...). Un ancien garage automobile avec fosse de visite, volucompteur et 2 cuves enterrées (vidées et inertées) est présent mais plus en activité, en revanche des bidons de graisses et des traces de pollution des dalles bétons sont présents dans le sous-sol du garage. Cette partie du site occupe une superficie de 4 500 m² dont environ 1 000 m² d'entrepôt présentant un niveau de sous-sol.
- L'autre moitié du lot est située sur l'extrémité est de la parcelle A268 sur une surface de 5 600 m² environ dont 3 000 m² sont occupés par les bureaux d'un entrepôt de stockage non utilisé à la date du diagnostic. L'entrepôt est surélevé d'environ 1,20 m (comblé avec des remblais), le parking pour véhicules légers est en pente douce de la route jusqu'au niveau de la dalle du bâtiment.
- **Le lot 2.2** et localisé dans la continuité du 2.1 dans la rue des 15 arpentés sur la parcelle A268, il occupe une surface d'environ 15 100 m² dont 8 800 m² occupé par un entrepôt avec un quai surélevé d'environ 1,20 m. Plusieurs locataires occupent les différentes sections de l'entrepôt : les sections les plus à l'est et à l'ouest sont inoccupées mais la section centrale est occupée par un entrepôt frigorifique que nous n'avons pas pu visiter à la demande du gestionnaire du site, NEXITY, représenté par Monsieur THOPART.
- **Le lot 2.3** est divisé en trois zones : la première zone à l'est n'a pas été visitée à la demande du gestionnaire du site, la zone centrale est occupée par un entrepôt de stockage de denrées à destination de la grande distribution, la zone à l'ouest est occupée par une entreprise de commerce

de palettes. L'ensemble du lot est situé sur la partie ouest de la parcelle A268 pour une surface de 15 600 m² dont 8 000 m² d'entrepôt à quai surélevé d'1,20 m.

- **Le lot 2.4** est occupé par une société menant une activité de parking à destination des utilisateurs de l'aéroport d'Orly, il occupe la parcelle A256 pour une surface d'environ 8 900 m² dont 4 500 m² de bâtiment comprenant un niveau de sous-sol. Le terrain est en pente douce du nord vers le sud avec un dénivelé de 2 m (85 à 83 m NGF).
- **Le lot AK4** (nom de la parcelle) est occupé par des studios de tournage et des parkings, pour une surface d'environ 8 200 m² dont 3 100 m² de bâtiment comprenant un niveau de sous-sol.

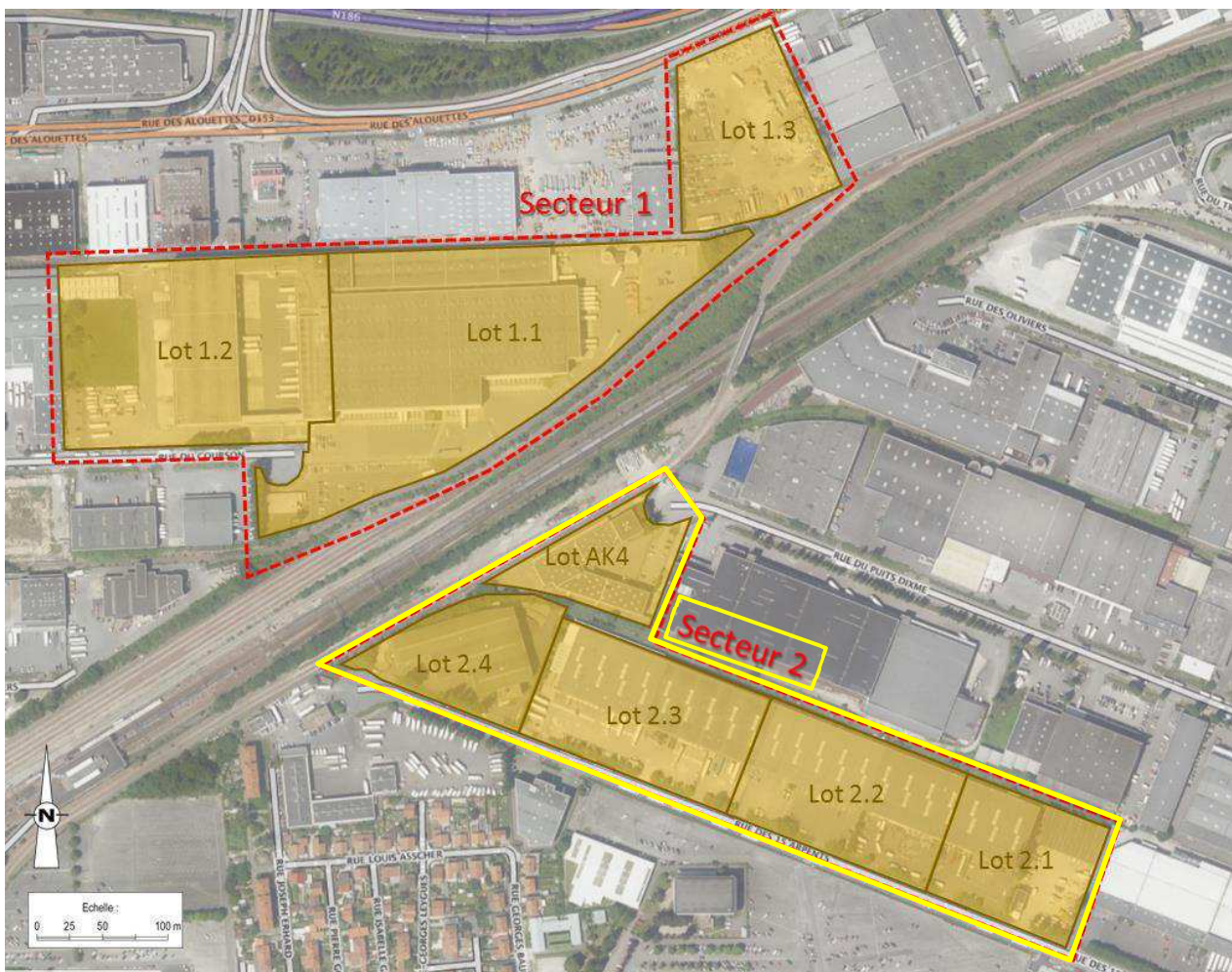


Figure 4 : Localisation du secteur 2

3. Synthèse historique disponible

Le secteur 2 du projet Parcs en Scène a été exploité en tant que parking de l'aéroport (pour partie) à partir de 1968 puis par des bâtiments et entrepôts pour différentes activités industrielles à partir des années 1990.



Figure 5 : Localisation des différentes parcelles cadastrales du secteur 2

Ces activités sont identifiées dans le tableau de synthèse ci-dessous.

Parcelles	Activités
A256	Activité de stationnement de voitures (sous-sol, RDC et zone autour du bâtiment) – présence d'un petite espace bureau au RDC
A268	Entrepôt de stockage, présence d'un transformateur (anciennement PCB ?) et d'une cuve enterrée de 10 m ³ de FOD
A222	Stockage de matériaux inertes dans l'entrepôt Ancien atelier de réparation (dans le sous-sol une cuve aérienne) Ancienne zone de distribution de carburant (2 volucompteurs et 2 cuves enterrées)

Les activités relevant des installations classées pour la protection de l'environnement encore recensées en 2017 dans l'étude réalisée par SUEZ étaient localisées sur la parcelle A 268, à savoir :

- Entrepôt couvert - rubrique 1510 (autorisation) ;
- Installation de réfrigération exploitée par la société SEDIS – rubrique 2920-2-b (déclaration), activité sans impact potentiel sur les sols.

4. Données disponibles sur l'état des milieux issues des études antérieures et le sens d'écoulement de la nappe

Les études réalisées sur le site par SUEZ, SITA REMEDIATION et par BURGEAP (dans le cadre de ce Plan de gestion et dans le cadre de l'étude NPHE) ont mis en évidence les anomalies suivantes :

- au droit du lot 2.1** : un impact fort par des hydrocarbures C5-C40, des BTEX et plus modéré par des HAP est mis en évidence au droit des anciennes cuves au niveau du toit des eaux souterraines (5 à 6 m) et un impact de moindre importance par des hydrocarbures C8-C40 au droit des deux volucompteurs ; en aval de cette pollution de sol, un impact de la nappe est identifié en hydrocarbures à hauteur de 5 mg/L en 2017.
- au droit des lots 2.2, 2.3 et 2.4**, aucun impact fort n'est mis en évidence ; Absence de pollution significative de la nappe.
- au droit du lot AK4**, seule une étude historique et de vulnérabilité a été réalisée, celle-ci a mis en évidence plusieurs sources potentielles de pollution : stockage de peinture, ateliers de charges d'accumulateurs, cuve de fioul enterrée et aérienne, transformateur au PCB et une fuite de fioul.

La nappe superficielle située dans la formation du Brie à moins de 8 m de profondeur s'écoule vers le nord est au droit du secteur 2.

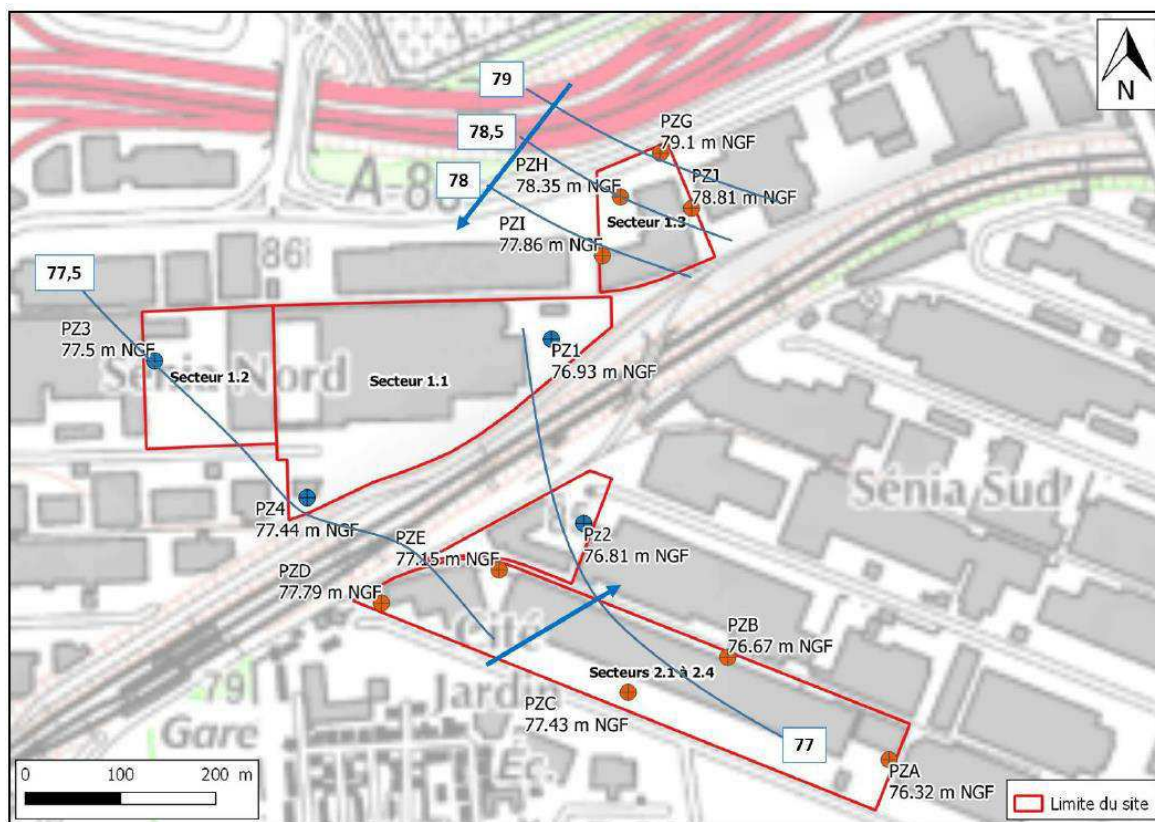


Figure 6: Sens d'écoulement de la nappe (Etude NPHE -Rapport BURGEAP n°RGHCIF08456-01 du 04/02/2019)

5. Synthèse des impacts et schéma conceptuel

Les investigations réalisées par BURGEAP en 2018 et 2019 ont couvert l'ensemble des activités (potentiellement) polluantes du site (ICPE ou non) ainsi que les remblais.

5.1 Synthèse des impacts dans les différents milieux

La méthodologie de prélèvement et d'analyse, ainsi que la totalité des résultats chaque milieu investigués sont traités dans les sections 2 (sols), 3 (eaux souterraines) et 4 (gaz des sols) présentés en fin de document

Les investigations réalisées ont mis en évidence :

- **Au droit du lot 2.1** : une source concentrée de pollution par des hydrocarbures (jusqu'à 12 000 mg/kg.MS) et des BTEX (jusqu'à 25 mg/kg.MS) est mise en évidence dans les sols et les gaz du sol au droit des anciennes cuves enterrées. Le volume de la source concentrée a pu être précisé suite à la réalisation d'investigations complémentaires spécifiques. Le volume associé est estimé entre 2 300 et 4 000 m³. Cette source concentrée a également induit des transferts de polluants au droit de la nappe et des gaz du sol. En effet, le piézomètre PZA, localisé à proximité de la zone de pollution concentrée présente un niveau de concentration en hydrocarbures légèrement inférieur à 1 mg/l. De même, les concentrations en composés volatils de type hydrocarbures dans les gaz du sol s'établissent aux environs de 1 000 mg/m³. Les investigations réalisées depuis le sous-sol de l'entrepôt ne montrent pas de pollution au droit de terrains sous-jacents reconnus sur 2 mètres d'épaisseur.
- **Au droit du lot 2.2** : La présence ponctuelle d'hydrocarbures (1670 et 906 mg/kg.MS) dans les remblais [sondages S2.2.1 (entre 0 et 0,5 m) et 2.2.18 (entre 0 et 2 m)] et la présence d'un bruit de fond hydrocarbures de l'ordre de 0.5 mg/m³.
- **Au droit du nouvel emplacement étudié pour l'école**, localisé sur le lot 2.1 et 2.2 (esquisse d'avril 2019), les investigations complémentaires implantées sur l'est de la parcelle A 268, hors de la zone d'influence de la pollution concentrée identifiée (position hydraulique latérale vis-à-vis de la pollution) montrent la présence d'un bruit de fond en hydrocarbures dans les gaz du sol et l'absence de source concentrée de pollution
- **A l'exception du lot 2.1, il n'a pas été identifié d'autres sources concentrées de pollution**. Pour autant, tous les matériaux ne pourront être considérés en tant que matériaux inertes en cas d'excavation au regard de quelques dépassements des seuils de déchets inertes pour les hydrocarbures sur brut et fraction soluble/sulfates sur éluat.
- **Sur l'ensemble secteur 2**, la présence d'un bruit de pollution en solvants chlorés, principalement PCE/TCE, associables aux activités industrielles exploitées et/ou la qualité des remblais mis en place. Ce bruit de fond de pollution anthropique aux solvants chlorés est identifié à la fois dans la nappe [max 1µg/L] présente à moins de 6 m de profondeur mais également dans le réseau de 5 piézaires [max à 0,5 mg /m³] mis en place.

Ces éléments sont présentés sur la Figure 7, la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et la Figure 9.

Figure 7 : Synthèse des principaux impacts sur les sols

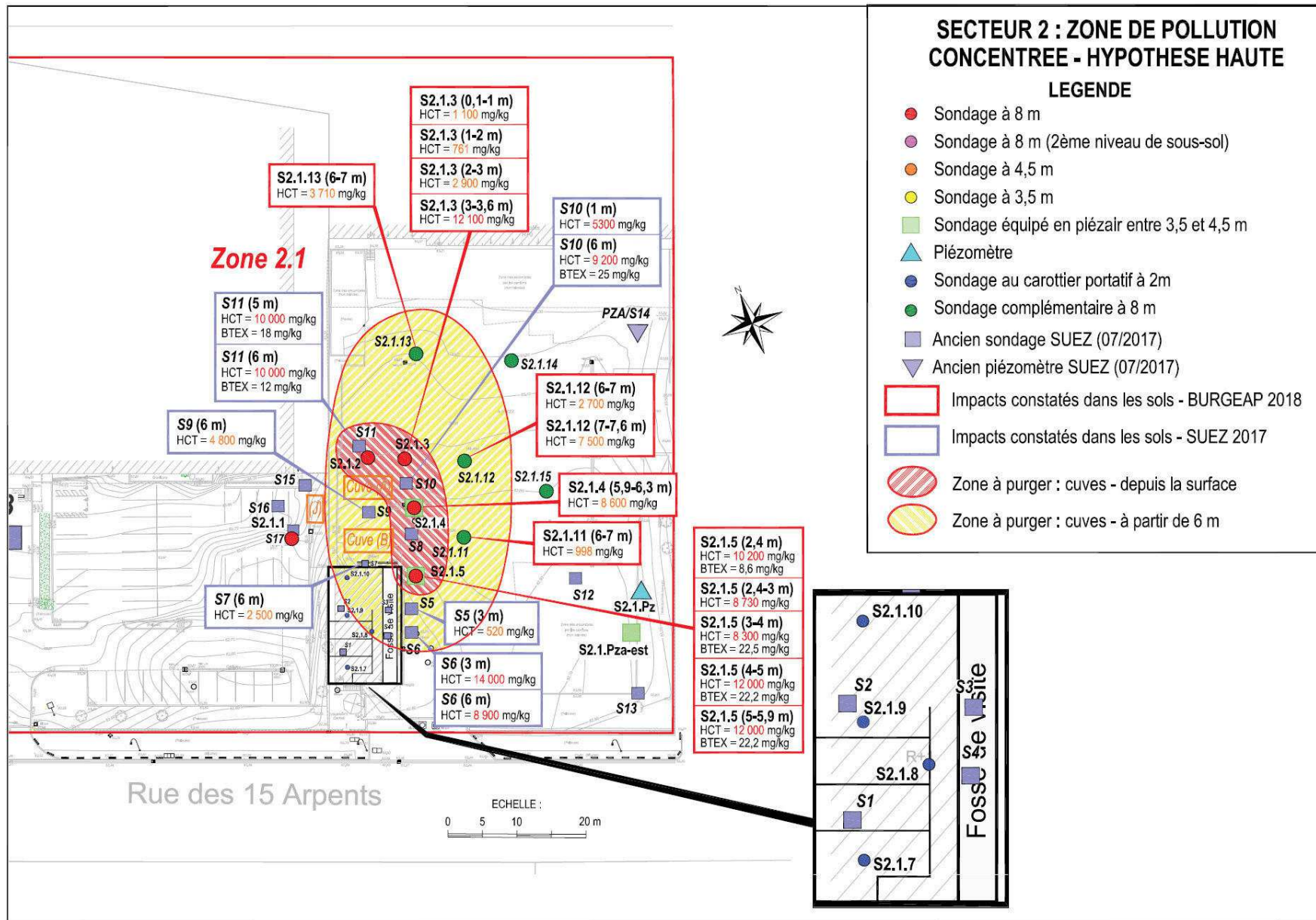


Figure 8: Synthèse des principaux impacts sur les eaux

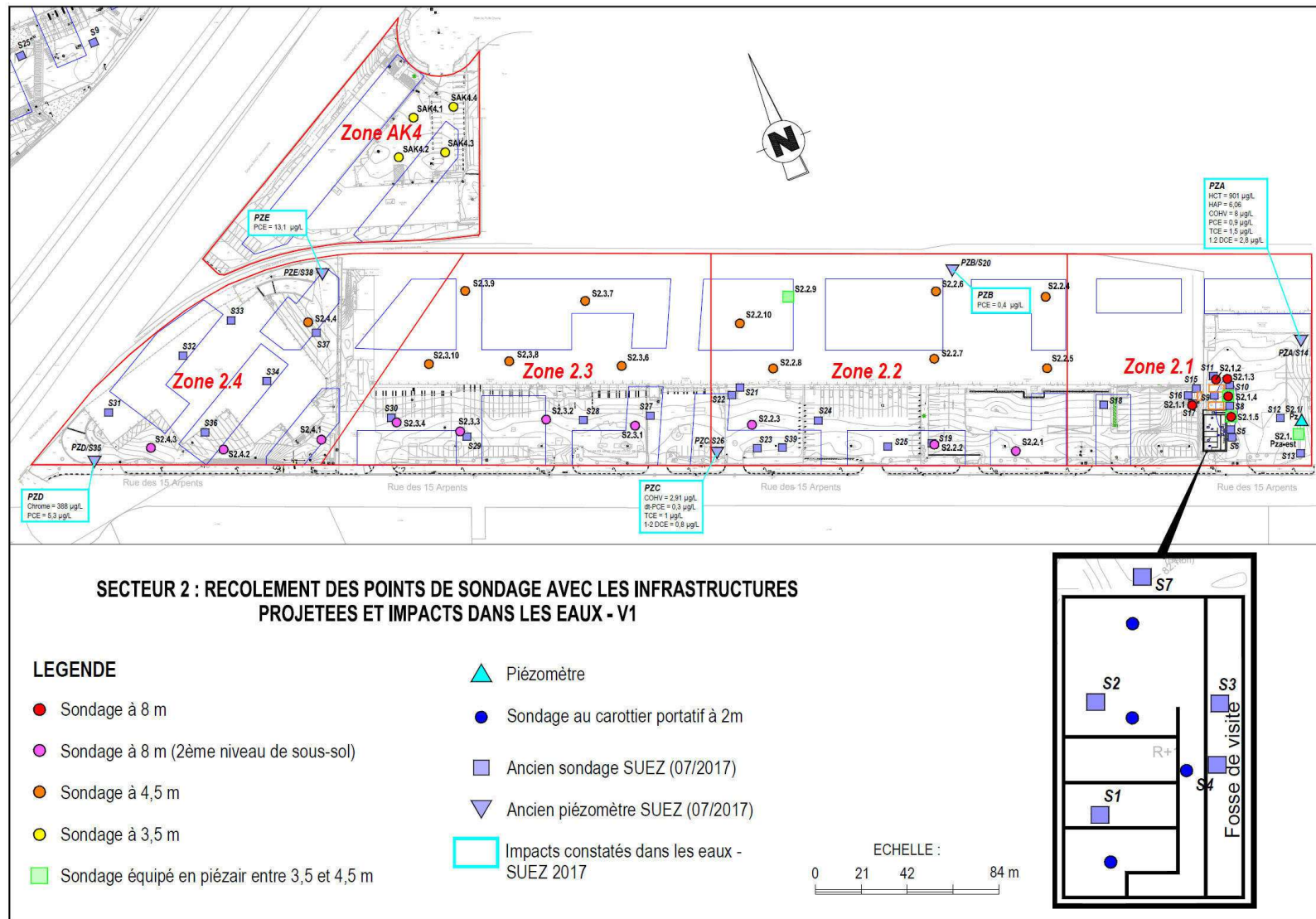


Figure 9 : Synthèse des principaux impacts sur le gaz du sol sur le secteur 2.1

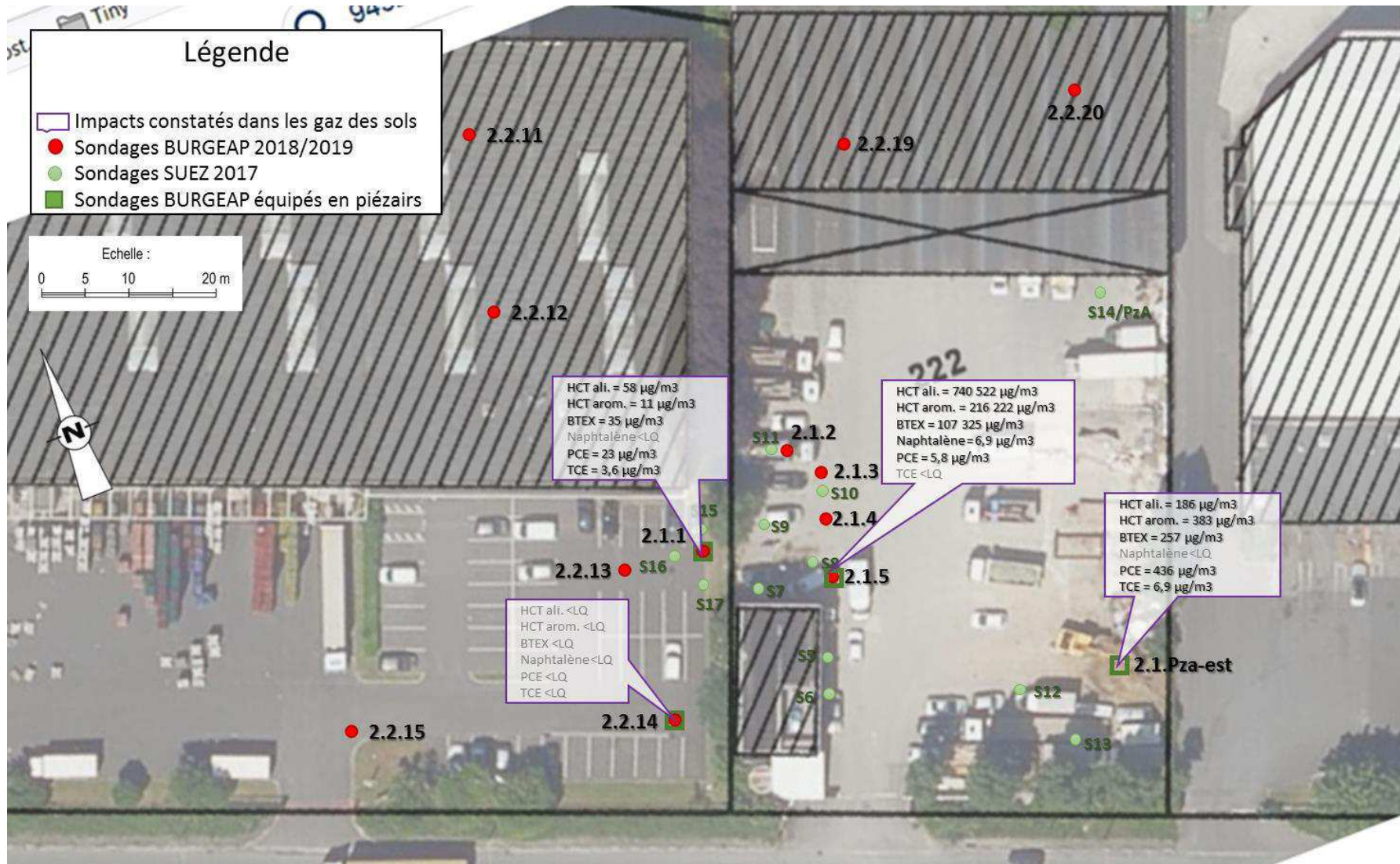
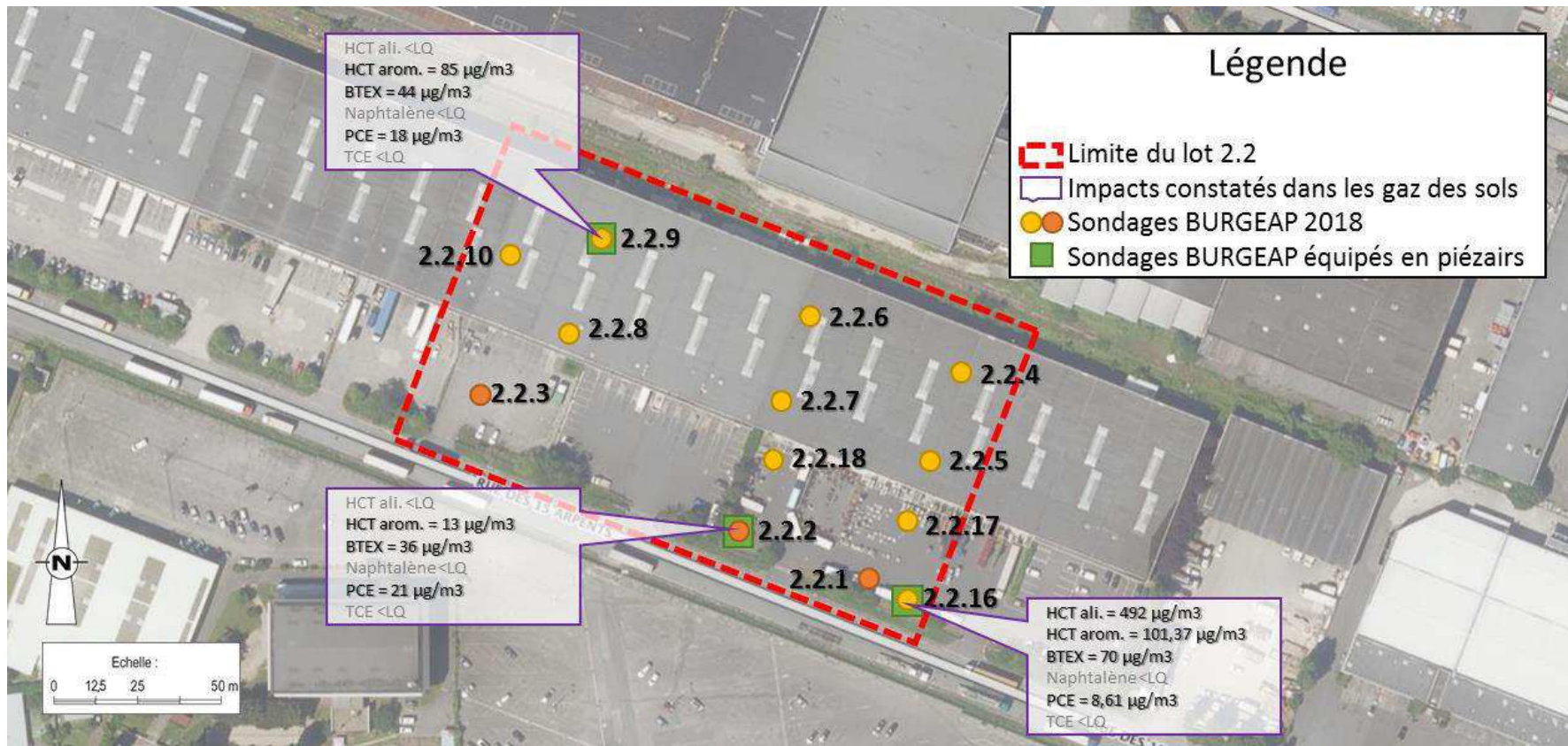


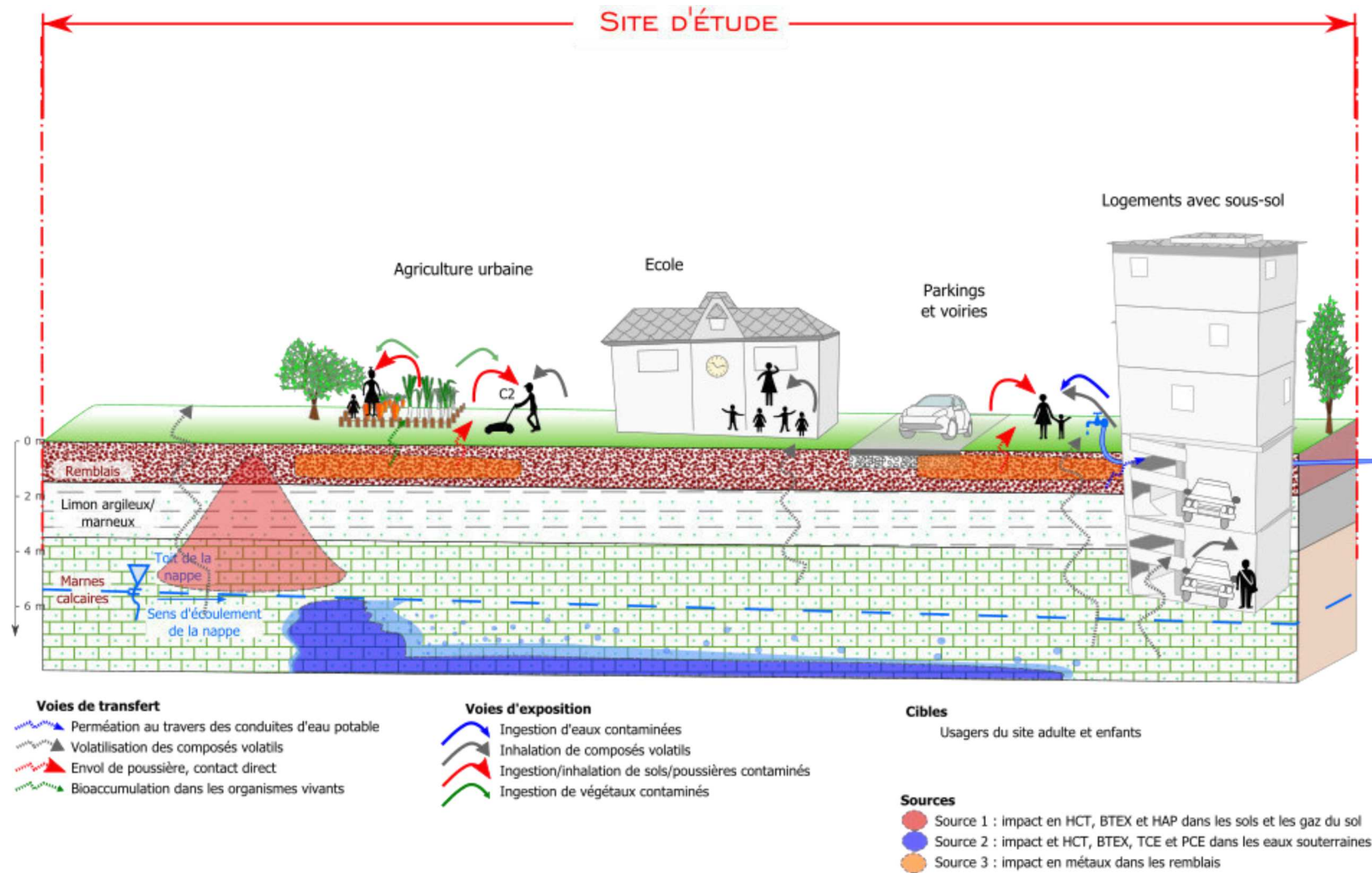
Figure 10 Synthèse des principaux impacts sur le gaz du sol sur le secteur 2.2



5.2 Schéma conceptuel

Projet d'aménagement/usage pris en compte/environnement du site	<p>Le projet prévoit l'aménagement d'une zone très étendue avec des bâtiments de commerces et logements sur un à deux niveaux de sous-sol, une école de plain-pied, des espaces verts.</p>
Géologie et hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> • remblais, entre la surface et 0,2 à 2 mètres de profondeur selon les zones ; • limon argileux à marneux plus ou moins compacts jusqu'à 3 à 5 mètres selon les zones, avec présence de cailloux et blocs ; • marnes calcaires avec de nombreux blocs jusqu'en fond de sondage.
Impacts identifiés	<p><i>Voir paragraphe précédent</i></p>
Enjeux à considérer	<p>Les enjeux à considérer sur site sont les futurs usagers du site (adultes, enfants). Aucun enjeu n'a été identifié hors site.</p>
Voies de transfert depuis les milieux impactés vers les milieux d'exposition	<p>Au droit des zones recouvertes par des bâtiments ou un revêtement spécifique, la voie de transfert à considérer est la volatilisation des composés volatils.</p> <p>Au droit des espaces non recouverts, les voies de transfert à considérer sont la volatilisation des composés volatils, l'envol de poussières contaminées, ainsi que le transfert vers les végétaux cultivés.</p> <p>La perméation des composés vers les canalisations d'eau potable est également possible.</p>
Voies d'exposition	<p>Au droit des zones recouvertes, la seule voie d'exposition à considérer est l'inhalation de composés volatils issus du milieu souterrain (ZNS et ZS).</p> <p>Au droit des zones non recouvertes, les voies d'exposition à considérer sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'inhalation de composés volatils issus du milieu souterrain (ZNS ou ZS), • l'inhalation de poussières, • l'ingestion de sols et poussières contenant des polluants, • l'ingestion de végétaux cultivés sur site. <p>Enfin, les usagers peuvent être exposés par usage des eaux ayant transité dans les canalisations implantées dans les sols pollués.</p>

Figure 11 : Schéma conceptuel (usage futur)



6. Plan de gestion

Les mesures de gestion doivent viser:

- à traiter les zones fortement chargées en polluants ;
- si des expositions résiduelles subsistent, à vérifier leur acceptabilité par des évaluations quantitatives des risques sanitaires (pour que la réhabilitation soit valide, il faut que les indices ou les excès de risques soient inférieurs à la valeur repère conventionnelle de 1 pour les effets à seuil et à la valeur repère souvent retrouvée de 10^{-5} pour les effets sans seuil ;
- à vérifier que les niveaux résiduels de pollution mesurés in-situ après les opérations de dépollution sont effectivement ceux qui sont attendus, et à mettre en place une surveillance environnementale le cas échéant, dont le programme est réajusté en fonction des résultats obtenus ;
- à instaurer des servitudes si des pollutions résiduelles subsistent après traitement, que ces pollutions soient confinées ou non.

6.1 Gestion des sources concentrées de pollution

Au droit du secteur 2, la seule source concentrée de pollution identifiée concerne le lot 2.1 au droit duquel une pollution associée à l'exploitation de stockage souterrain de carburant a induit un impact sur les milieux sols, eaux et air des sols.

Les investigations, réalisées jusqu'à fin 2018, ont permis d'estimer le volume de terres impactées. Cette source primaire une fois traitée induira un assainissement à terme des milieux sols et eaux.

A ce stade d'avancement du projet, un traitement de la source concentrée en hydrocarbures à un seuil résiduel de 1000 mg/kg.MS avec les exigences connexes suivantes :

- Absence de BTEX (<0.05 mg/kg.MS)
- Concentration en hydrocarbures aliphaatiques C10-C12 < 15 mg/kg.MS,
- Concentration en hydrocarbures aliphaatiques C12-C16 < 90 mg/kg.MS,
- en hydrocarbures aromatiques C12-C16 < 15 mg/kg.MS.

La gestion de la source concentrée peut-être envisagée par excavation et élimination en filières agréées, méthode la plus rapide, mais également envisagée par méthode in-situ pour laquelle un essai pilote de traitement et/ou essais de traitabilité devront être préalablement réalisés. Les techniques de traitement in-situ envisageables sont prédéfinies ci-dessous et présentées de manière synthétique.

Les traitements sur site, en plus de décompacter les terrains, nécessitent des superficies de traitement relativement importantes et vont induire des terrassements sur une profondeur de 6 m, qui neutraliseront une partie non négligeable de la parcelle, emprise qui ne sera pas disponible pour la mise en place du traitement. Ils ne sont donc pas considérés comme compatibles avec le projet tel que connu à ce jour.

Le traitement de la source concentrée présente dans les sols conduira à fortement diminuer les transferts possibles vers les milieux gaz des sols et eaux dès la fin du traitement des sols. L'absence de transfert vers ces milieux conduira à terme, par le phénomène de l'atténuation naturelle, à restaurer une meilleure qualité de ces milieux jusqu'à atteindre un niveau de pollution non significatif.

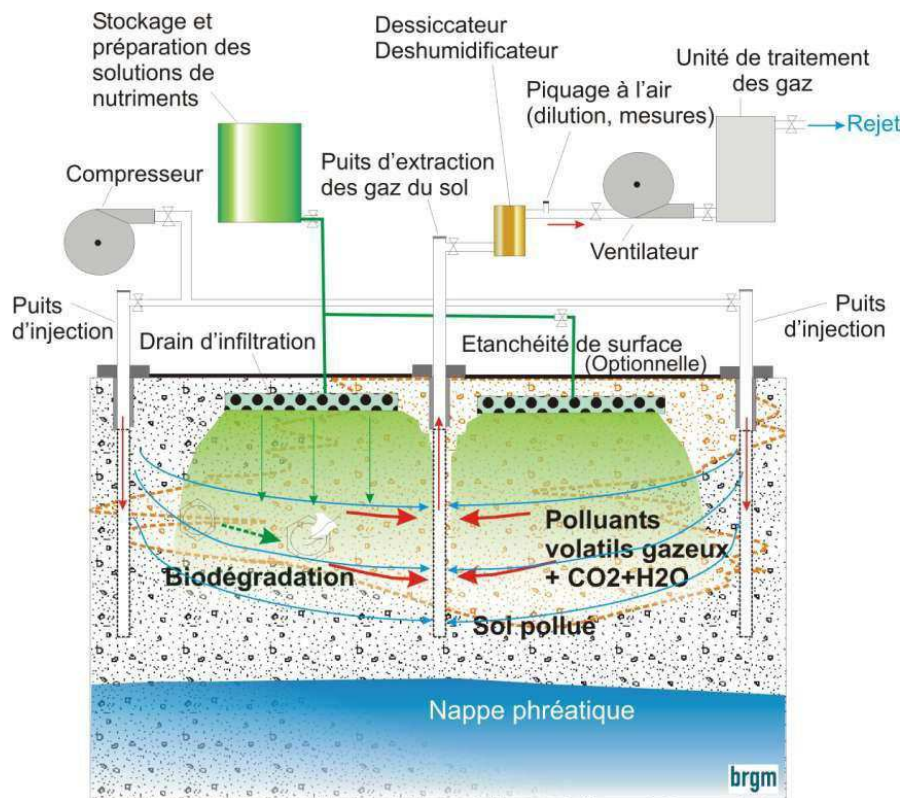
6.1.1 Traitement in-situ envisageable

Le tableau ci-après présente une pré-sélection des techniques de traitement in-situ envisageables.

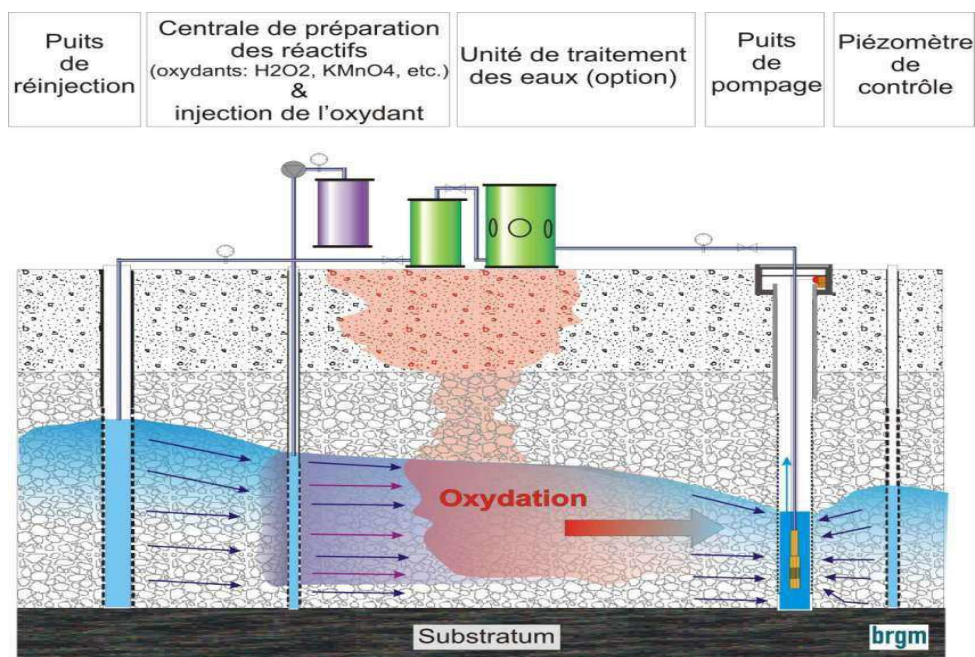
Codificat° AFNOR	Technique	Milieu concerné		Adapté à la problématique		Raison pour laquelle la solution n'est pas adaptée à la problématique				Commentaires	
		Sol	Eau	Oui	Non	Milieu	Polluants	Risque formation toxiques	Ne traite pas la source		Disponibilité de la technique
C311	Méthodes physiques par extraction de la pollution <i>in situ</i>										
C311a	Ventilation de la zone non saturée (venting)	X		X			X				Procédé envisageable si couplé à un traitement biologique pour réduire également les composés semi-volatils constituant de la pollution
C311b	Extraction multiphase	X	X			X	X				la source est principalement localisée en zone non saturée (sol). Le venting seule ne présente pas d'intérêt car les composés présents sont semi-volatils, ce qui va limiter l'efficacité du traitement. Une solution de bioventing est envisageable
C311c	Sparging		X			X	X				
C311d	Pompage et traitement		X			X	X				
C311e	Pompage et écrémage		X			X	X				
C312	Méthodes physiques par piégeage de la pollution <i>in situ</i>										
C312a	Confinement par couverture et étanchéification	X			X	Dans une démarche d'amélioration de la qualité des milieux, l'objectif est de réduire la charge polluante des terres stockées pour les valoriser en tant que support de culture principalement					non envisagée à ce stade, la migration de a pollution vers la nappe devant être coupée et le transfert de composés les plus volatils traités pour limiter le transfert vers les futurs bâtiments.
C312 b	Confinement vertical	X	X		X						
C312c	Confinement hydraulique		X		X						
C312d	Solification/stabilisation	X			X						
C313	Méthodes chimiques <i>in situ</i>										
C313 a	Lavage in situ	X			X	X					non adaptée au regard des faibles volumes en jeu
C313b	Oxydation chimique in situ	X	X	X							technique adaptée à une large gamme de polluant
C313c	Réduction chimique in situ	X	X		X		X				Peu de retour sur la performance

6.1.2 Présentation des techniques in-situ sélectionnées

Le **bioventing** est un traitement biologique aérobie qui consiste à stimuler la biodégradation dans la zone non saturée par apport d'oxygène.



L'**oxydation chimique in situ** consiste à injecter un oxydant dans les sols (zones saturée et non saturée) sans excavation. Cet oxydant va détruire totalement ou partiellement les polluants. Ce procédé permet donc d'aboutir à la destruction des polluants (aboutissant à la transformation en eau, gaz carbonique et sels) ou à la formation de sous-produits de dégradation généralement plus biodégradables.



6.1.3 Bilan coût - avantage

Mesures de gestion étudiées pour les sols	Description de la mesure	Avantages	Inconvénients	Adéquation de la technique à la problématique	Durée	Garanties	Phasage chantier	Incertitudes	Aspect financier	Faisabilité technique	Intérêt financier
Excavation - évacuation hors site en filières adaptées et apport de terres végétales saines	Elimination 2 300 à 4 000 m ³	Solution rapide et efficace pour éliminer les matériaux stockés	Coûts élevés des filières hors site. Mauvais bilan carbone au regard de la nécessité de transporter les matériaux vers les filières	adapté	2 mois	Technique éprouvée	ras	ras	Terrassements, acceptation des terres en filières de stockage ou de lavage, transport / élimination des terres stockées TOTAL : 250 - 400 k€ (hors étude préalable, maîtrise d'œuvre)	+++	--
Technique In-situ (Bioventing ou oxydation chimique)	Traitement de la zone de pollution concentrée au seuil de 1000 mg/kg	Technique de traitement à bilan carbone positif.	Nécessité d'un pilote de traitement Durée de traitement	Technique très utile pour des terrains sans pression immobilière à court terme	6 mois à 24 mois, hors délai de réalisation d'un pilote de traitement	Technique robuste si mise en place d'un pilote de traitement préalable pour validation des conditions optimales de traitement	Phase 1 : Pilote (mise en œuvre : 6 à 10 mois) Phase 2 : Mise en œuvre sur site (6 à 24 mois)	Incertitude liée à la présence concomitante de plusieurs métaux à traiter	Phase 1 : Pilote de traitement (hors MOE) : 30 à 50 k€/ technique tester Phase 2 : chantier d'une durée 6 à 24 mois , durée et cout optimisés par la réalisation d'un pilote de traitabilité cout : 200 à 300 k€ (base : 40€/t) TOTAL : 300 à 500 k€	+	-

Nota : Les couts excavation / élimination ont été estimés, après démolition des bâtis, sur la base d'une cadence d'élimination de 100 à 200 m³ /j pour l'élimination d'un volume de 2300 m³ en biocentre ou ISDND (prix unitaire de 110 à 153 €/m³ en place, base TGAP 2018), Ces couts n'intègrent pas les études préalables ni la maîtrise d'oeuvre spécialisée

Au regard des faibles volumes à traiter, les solutions envisageables sont financièrement identiques. Les solutions in-situ présente l'avantage d'avoir un bilan carbone plus satisfaisant que la solution d'élimination en filière extérieure. Elles nécessitent la réalisation d'un pilote de traitement au préalable, ce qui allonge la durée de traitement. Ces techniques sont intéressantes pour les terrains pouvant être gelés pour une durée 12 à 24 mois.

Le cout de la solution par d'élimination en filières extérieures est développé à la section 6.3.2.

6.2 Analyses des risques sanitaires après gestion des pollutions concentrées

L'Analyse des risques résiduels est présentée de manière exhaustive en **Section 5**.

Le projet prévoit l'aménagement d'une zone très étendue avec des bâtiments de commerces et logements sur un à deux niveaux de sous-sol, une école de plain-pied et des espaces verts.

Sur ces bases, et considérant le nouvel emplacement de l'école (parcelle A268), l'analyse des risques résiduels prédictive (avant aménagement), sur la base des exigences de la circulaire du 08/02/07, **au regard des données disponibles et compte tenu du projet qui nous a été transmis, confirme que l'état du site apparaît compatible avec une école construite de plain-pied à cet endroit.**

Les calculs de risque devront cependant être mis à jour pour toute modification du projet d'aménagement tant sur les usages que sur les niveaux d'infrastructures afin que les dispositions constructives soient cohérentes avec le dossier de permis d'aménager ou de construire qui sera déposé

6.3 Gestion des terres excavées

Afin de définir dans une première approche, le volume de déblais à excaver, les hypothèses suivantes ont été retenues (ces calculs sont réalisés à partir des plans de projet) :

- excavation et évacuation des terres sur une profondeur de 3 mètres au droit des futurs sous-sols comportant un seul niveau, et 6 mètres au droit des futurs sous-sols comportant deux niveaux ; effacement de la surélévation des quais présentant (1,2 à 1,4 m au-dessus du Ta)
- les volumes considérés ne prennent pas en compte d'éventuelles excavations de terres dans le cadre de la réalisation des fondations ;
- en l'absence d'analyse sur une couche de terrain donnée, les résultats ont été extrapolés latéralement et verticalement en fonction de la nature des terrains rencontrés (lithologie, observations organoleptiques) ;
- les volumes considérés sont des volumes strictement au droit des excavations. Aucune contrainte technique de terrassement telle que des talutages, des rampes d'accès... n'est prise en compte à ce stade ;
- aucune réutilisation des terres n'est envisagée à ce stade de l'étude (d'après les informations transmises par Linkcity) ;
- les volumes pris en compte pour le calcul de coût et surcoût sont des volumes de terres non foisonnés (terres en place) ;
- la densité du sol retenue est de 1,8 ;
- l'évaluation des volumes ne tient pas compte de l'existence éventuelle de structures enterrées (dalle, conduite...).

6.3.1 Réemploi sur site

D'après la réglementation française, les terres excavées prennent un statut de déchets dès lors qu'elles sont évacuées d'un site (site étant entendu comme parcelle ou groupement de parcelles objet d'une même unité foncière, d'un même permis d'aménager ou de construire). Ainsi, la gestion des terres excavées sera réalisée conformément à la législation applicable aux déchets.

Dans une logique de réduction des déchets à la source, il est recommandé de limiter le volume de matériaux évacués hors site et de favoriser autant que possible le réemploi des terres excavées sur site. Cette recommandation vaut en particulier pour les matériaux identifiés comme non inertes, pour lesquels une évacuation hors site devra se faire vers une filière spécifique, impliquant un surcoût de gestion.

A ce stade des études, en l'absence d'information sur les besoins en remblais au droit du site (méthode de terrassement avec ou sans talutage, merlons paysagers...), le réemploi sur site notamment des matériaux non inertes identifiés peut être envisagé, sous réserve d'une qualité géotechnique adaptée et de la compatibilité sanitaire. Il n'est cependant pas chiffré dans la présente étude.

La traçabilité de ces mouvements de terres devra être assurée en phase travaux pour préserver la mémoire du site (pose d'un géotextile ou d'un grillage avertisseur entre les remblais non inertes et les terres du site ou de recouvrement).

6.3.2 Estimations financières associées à la gestion de la source de pollution et des terres excavées

La zone de pollution concentrée ainsi que les terres non inertes excavées pour la mise en place des infrastructures identifiées devant être éliminées hors site devront être évacuées en filières spécifiques. Sur la base des critères d'acceptation des filières de traitement et de leurs caractéristiques physico-chimiques, les filières d'élimination identifiées envisageables sont les suivantes :

- **ISDI+** (Installation de Stockage de Déchets Inertes +) ou toute autre filière adaptée ;
- **ISDND** (Installation de Stockage de déchets non dangereux), **Biocentre** ou toute autre filière adaptée.

Sur la base des prix du marché (base 2018, TGAP incluse, m³ en place), le surcout des filières par rapport à une filière ISDI ressort à ISDI+ : 55 €/m³, ISDND : 106 €/m³, biocentre : 85 €/m³ par rapport à une filière de déchets inertes

- le coût de gestion de la source concentrée est estimé entre 0.3 et 0.5 k€ (pour 2 300 m³)
- **le surcout de gestion des matériaux identifiés non inertes** et envisagés être excavés dans le cadre du projet d'aménagement (transport et évacuation en filières adaptées) pour un volume de 106 000 à 122 000 m³ est estimé **dans une fourchette de 0.2 à 0.45 M€** hors frais liés au suivi des opérations (gestion, suivi, analyses, réception) ou au terrassement et hors aléas. Les volumes concernés ont été estimés sur la base des paramètres déclassant tant sur les aspects organoleptiques (odeur, couleur qu'analytiques (analyses sur brut et sur lixiviat). Sur ces bases, 2,5 à 5% des matériaux qui seront excavés dans le cadre du projet, ont été estimés non inertes. Cette enveloppe devra être actualisée sur la base du projet définitif et de l'évolution des coûts des filières à la date de l'engagement des travaux.

Ces éléments financiers sont présentés dans le Tableau 1.

► Solutions d'optimisation :

Ce montant ne prend pas en compte une éventuelle optimisation des volumes de terres non inertes à évacuer en filière spécifique et/ou coûts de gestion afférents par la mise en œuvre des opérations complémentaires suivantes avant ou pendant travaux :

- étude des solutions de réemploi sur site des matériaux non inertes compatibles du point de vue sanitaire en fonction de la modularité du projet d'aménagement et de la qualité géotechnique des matériaux ;
- réalisation d'analyses complémentaires avant travaux
- pré-traitement physique sur site des matériaux non inertes de type criblage ; au vu de la nature limono-sableuse des matériaux, l'efficacité attendue du criblage est néanmoins supposée faible ; la réalisation d'analyses granulométriques permettraient d'appréhender le pourcentage de refus de crible attendu en phase chantier ;

Tableau 1 : Estimation financière associée (base projet initial)

Purges des sources concentrées	Secteur	Lieu	Volume (m3 en place)		Estimations financières €		Observations	
			hypothèse basse	Hypothèse haute	cout de transport /élimination des matériaux pollués			
					hypothèse basse	Hypothèse haute		
	2	rué des quinze arpents - Pole serviciel	anciens stockages souterrain de carburant	2 300	4 000	290 000	510 000	
Gestion des terres excavées non inertes	2			hypothèse basse (2 % de matériaux non inertes : 1/3 en ISDND+ 2/3 en ISDI+)	Hypothèse haute (5% de matériaux non inertes : 1/3 en ISDND+ 2/3 en ISDI+)	Surcout d'élimination en filière autres que ISDI		
				2,5%	5%	Hypothèse basse	Hypothèse haute	
		Scénario 1 Effacement du quai S =23 500 m ² , H = 1,4 m, V = 31 500 m ³ scénario 1 : infrastructures R-2 le long de la sente ferroviaire et bâtiments 1.A à 1.C et E. R-1 le long de la rue des Arpents (1.D à 4.C) Volume excavé :106 200 m ³		2 700	5 400	200 000	390 000	
Scénario 2 - Toutes les infras en R-2 Effacement du quai S =23 500 m ² , H = 1,4 m, V = 31 500 m ³ Volume excavé : 122 400 m ³		3 100	6 200	230 000	450 000			
		Scénarii		Volume (m3 en place)		Estimations financières € (cout et surcout)		Observations
total secteur 2		Scénario 1 Effacement du quai S =23500 m ² , H = 1,4 m, V = 31 500 m ³ scénario 1 : infrastructures R-2 le long de la sente ferroviaire et bâtiments 1.A à 1.C +1.E. R-1 le long de la rue des Arpents (1.D à 4.C) Volume excavé :106 200 m ³		5 000	9 400	490 000	900 000	
		Scénario 2 - Toutes les infras en R-2 Effacement du quai S =23 500 m ² , H = 1,4 m, V = 31 500 m ³ Volume excavé : 122 400 m ³		5 400	10 200	520 000	960 000	

7. Synthèse et recommandations

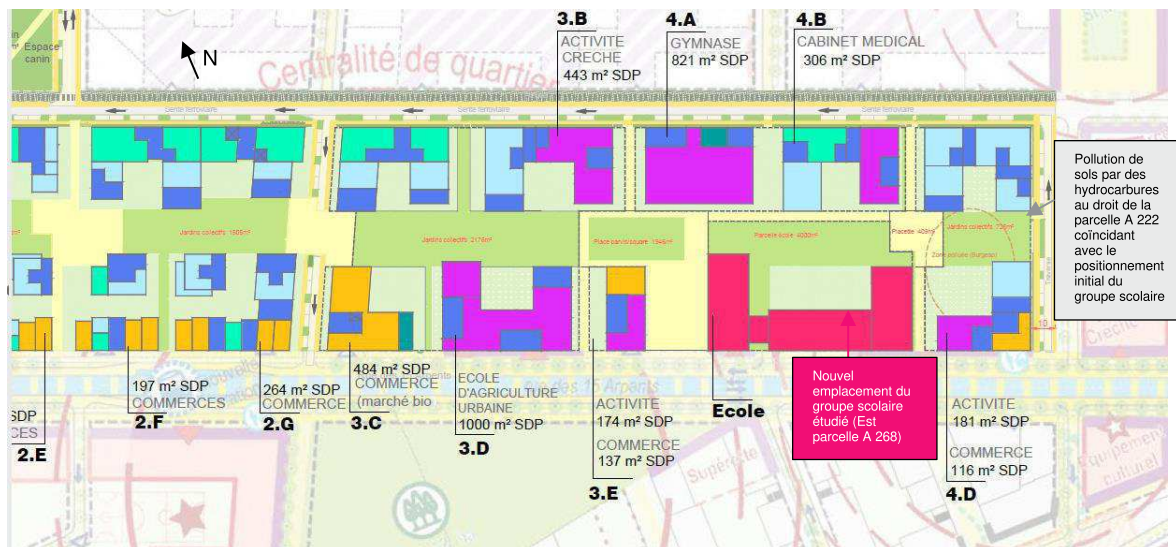
7.1 Synthèse de l'étude

La société LINKCITY est lauréat de l'appel à projet « Inventons la Métropole du Grand Paris » lancé par La Métropole du Grand Paris pour le projet Parcs en Scène, secteurs 1 et 2, localisé au niveau de Pont de Rungis, Thiais et Orly (94).

Dans ce cadre, GINGER BURGEAP a réalisé une étude environnementale de l'état du milieu souterrain incluant une étude historique et documentaire, un diagnostic des milieux sols, eaux, air, un plan de gestion incluant une analyse des risques sanitaires résiduels avant travaux. Le programme d'aménagement projeté est mixte avec la création d'habitats collectifs, de pôles de services (commerces de bouche, école, crèche, gymnase...), de jardins partagés, un centre de formation professionnelle d'agriculture urbaine, ainsi qu'un grand équipement « la Scène Digitale » qui associe e-sport et réalité virtuelle.

Le présent rapport concerne le secteur 2.

Une version provisoire du plan de gestion a été établie sur la base d'un positionnement du groupe scolaire au droit du secteur 2.1 (parcelle A222), au niveau du n°5 de la rue des 15 arpents, préalablement à l'acquisition des données environnementales sur la qualité des milieux. Or, cette position coïncidant avec une zone de pollution concentrée, BURGEAP a conseillé à LINKCITY, en application de la circulaire relative à **l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles du 8 février 2007**, d'envisager une position alternative du groupe scolaire pouvant satisfaire les contraintes urbanistiques et sociales tout en évitant l'emprise de la zone de pollution concentrée.



En Synthèse, sur le secteur 2 et sur la base du plan projet d'avril 2019

- **Au droit du lot 2.1 (parcelle A 222) :** une source concentrée de pollution par des hydrocarbures (jusqu'à 12 000 mg/kg) et des BTEX (jusqu'à 25 mg/kg) est mis en évidence dans les sols et les gaz du sol au droit des anciennes cuves enterrées. Le volume de la source concentrée a pu être préciser suite à la réalisation d'investigations complémentaires spécifiques. Le volume associé est estimé

entre 2 300 et 4 000 m³. Cette source concentrée a également induit des transferts de polluants au droit de la nappe et des gaz du sol. En effet, le piézomètre PZA, localisé à proximité de la zone de pollution concentrée présente un niveau de concentration en hydrocarbures légèrement inférieur à 1 mg/l. De même, les concentrations en composés volatils de type hydrocarbures dans les gaz du sol s'établissent aux environs de 1 000 mg/m³. Les investigations réalisées depuis le sous-sol de l'entrepôt ne montrent pas de pollution au droit de terrains sous-jacents reconnus sur 2 mètres d'épaisseur.

- **Au droit du lot 2.2** : La présence ponctuelle d'hydrocarbures (1670 et 906 mg/kg) dans les remblais [sondages S2.2.1 (entre 0 et 0,5 m) et 2.2.18 (entre 0 et 2 m)] et la présence d'un bruit de fond hydrocarbures de l'ordre de 0.5 mg/m³.
- **Au droit du nouvel emplacement étudié pour l'école(parcelle A 268)**, localisé sur le lot 2.1 et 2.2 (esquisse avril 2019), les investigations complémentaires implantées sur l'est de la parcelle A 268, hors de la zone d'influence de la pollution concentrée identifiée (position hydraulique latérale vis-à-vis de la pollution) montrent l'absence de source concentrée de pollution au droit des sols, la présence d'un bruit de fond en hydrocarbures dans les gaz du sol.
- **A l'exception du lot 2.1, il n'a pas été identifié d'autres sources concentrées de pollution.** Pour autant, tous les matériaux ne pourront être considérés en tant que matériaux inertes en cas d'excavation au regard de quelques dépassements des seuils de déchets inertes pour les hydrocarbures sur brut et fraction soluble/sulfates sur éluat.
- **Sur l'ensemble secteur 2**, la présence d'un bruit de pollution en solvants chlorés, principalement PCE/TCE, associables aux activités industrielles exploitées et/ou la qualité des remblais mis en place. Ce bruit de fond de pollution anthropique au solvants chlorés est identifié à la fois dans la nappe [max 1µg/L] présente à moins de 6 m de profondeur mais également dans le réseau de 5 piézomètres [max à 0,5 mg /m³] mis en place.

Sur la base des constats réalisés,

- **La source concentrée de pollution devra être traitée.** Au regard des volumes en jeu, l'enveloppe financière associée pour un traitement in situ ou en filière externe est estimée entre 0,2 et 0.5 M€. Le traitement hors site présente un bilan carbone défavorable mais une grande rapidité de mise en œuvre. Les traitements in situ envisageables nécessiteront la réalisation d'un pilote de traitement afin de valider les performances techniques tant en rendement qu'en durée de traitement (6 à 24 mois) et l'intégration de ces délais dans le planning général du programme immobilier.

En application de la circulaire sur les établissements sensibles du 8 février 2007, une nouvelle implantation du groupe scolaire a été étudiée (est de la parcelle A 268 selon les esquisses d'avril 2019 transmises). Les investigations complémentaires réalisées ont mis en avant un contexte environnemental sanitaire plus favorable à la construction d'un groupe scolaire sans nécessité de mise en œuvre de dispositions constructives spécifiques (vide sanitaire ventilé). En l'espèce, l'approche du risque sanitaire résiduel valide la pertinence d'un aménagement de plain-pied.

- **En dehors de la source de pollution concentrée identifiée**, l'ensemble des terres qui seront excavées dans le cadre de la mise en place des infrastructures devront être gérées en filière agréé si elles ne pouvaient être valorisées sur site. Sur la base de volumes excavés de l'ordre de 100 000 à 120 000 m³, **les surcoûts de gestion en filières spécifiques, par rapport à une gestion en filière de déchets inertes, est estimée dans une fourchette de 0,2 à 0,45 M€ (estimation 2018).** Cette enveloppe devra être actualisé sur la base du projet définitif et de l'évolution des coûts des filières à la date de l'engagement des travaux.

7.2 Synthèse des disposition prévues au plan de gestion

Introduite dans la loi ALUR de 2014 et applicable depuis 2015, l'attestation ATTES vise à se prémunir contre les pollutions des sols les plus anciennes. Elle est une des pièces constitutives du Permis de Construire ou d'aménager. Elle garantit de la compatibilité entre l'état des sols et l'usage futur du site sur la base de préconisations nécessaires à la validation du projet d'aménager ou de construire. Au stade du permis de construire ou d'aménager, et dans le cadre de l'ATTES, ces préconisations prendront la forme d'un engagement de la société en charge de l'aménagement ou de la construction.

Sur la base du projet étudié, les engagements à prendre au stade du dépôt du permis d'aménager concernent :

3. **le traitement de la source concentrée en hydrocarbures** à un seuil résiduel de 1000 mg/kg.MS avec les exigences connexes suivantes :
 - Absence de BTEX (<0.05 mg/kg.MS)
 - Concentration en hydrocarbures aliphatiques C10-C12 < 15 mg/kg.MS,
 - Concentration en hydrocarbures aliphatiques C12-C16 < 90 mg/kg.MS,
 - en hydrocarbures aromatiques C12-C16 < 15 mg/kg.MS.
4. **les dispositions constructives à mettre en œuvre :**
 - l'école sera implantée hors de la parcelle A222,
5. **le traitement de la source concentrée en hydrocarbures** à un seuil résiduel de 1000 mg/kg.MS avec les exigences connexes suivantes :
 - Absence de BTEX (<0.05 mg/kg.MS)
 - Concentration en hydrocarbures aliphatiques C10-C12 < 15 mg/kg.MS,
 - Concentration en hydrocarbures aliphatiques C12-C16 < 90 mg/kg.MS,
 - en hydrocarbures aromatiques C12-C16 < 15 mg/kg.MS.
6. **les dispositions constructives à mettre en œuvre :**
 - les conduites d'amenée d'eau potable seront enterrées dans des sols sains et/ou seront en matériaux s'opposant à la perméation des composés organiques volatils ;
 - Les infrastructures à usage de parking présenteront un renouvellement d'air à 72 vol.j⁻¹
 - Les emprises non bâties présenteront **en surface de manière pérenne** :
 - une couverture minérale (dallage, béton,...) ou,
 - une couche de remblais ou de terre végétale saine de qualité chimique cohérente avec bruit de fond francilien
 - l'épaisseur de cette couche sera **de 30 cm minimum au droit des espaces verts publics,**
 - l'épaisseur de cette couche sera **de 50 cm minimum au droit des espaces verts privés,**
 - toute mise en place de remblais cohérents avec le bruit de fond francilien sur des matériaux non cohérents avec le bruit de fond francilien nécessitera la mise en place d'un géotextile permettant une séparation physique de ces 2 types de matériaux
 - les jardins potagers et arbres fruitiers seront proscrits sur les emprises non cohérentes, avec le bruit de fond francilien, sauf à ce qu'ils soient installés en bac;
 - aucun usage des eaux souterraines ne sera autorisé au droit du site ;
 - la bonne réalisation de la mise en œuvre des dispositions de gestion (traitement des sources concentrées et des dispositions constructives) devront être contrôlées et tracées (Rapport de parfaite réalisation du plan de gestion incluant une Analyse de Risques Post travaux)

- dans tous les cas, il sera nécessaire de garder en mémoire la qualité environnementale du site (inscription aux documents d'urbanisme, au règlement de lotissement, à l'acte de vente et/ou au service de la publicité foncière, au DIUO,...).

7.3 Recommandations

L'étude du secteur 2 a montré :

- **la présence une zone de pollution concentrée.** Les travaux de traitement de la source devront être encadrés par un bureau d'étude spécialisé afin que soient assurées :
 - la traçabilité des mouvements de terres ou le suivi des opérations de traitement in situ,
 - le contrôle de la compatibilité du lot 2.1 avec les usages projetés (groupe scolaire) par production de l'Analyse de Risques Sanitaires post travaux,
 - les dispositions constructives à mettre en place,
 - la conservation de la mémoire par la mise en place de servitudes d'usage
- **la présence de terres non inertes à excaver** pour la mise en place des infrastructures. A ce titre, BURGEAP recommande qu'une étude complémentaire soit réalisée lorsque les aménagements projetés seront figés afin que les estimations réalisées à ce stade (volume/surcout) soient affinées et actualisées et les optimisations de la balance délais/remblais étudiées.

8. Limites d'utilisation d'une étude de pollution

1- Une étude de la pollution du milieu souterrain a pour seule fonction de renseigner sur la qualité des sols, des eaux ou des déchets contenus dans le milieu souterrain. Toute utilisation en dehors de ce contexte, dans un but géotechnique par exemple, ne saurait engager la responsabilité de notre société.

2- Il est précisé que le diagnostic repose sur une reconnaissance du sous-sol réalisée au moyen de sondages répartis sur le site, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques ou bien encore en fonction de la localisation des installations qui ont été indiquées par l'exploitant comme pouvant être à l'origine d'une pollution. Ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas, dont l'extension possible est en relation inverse de la densité du maillage de sondages, et qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel. Par ailleurs, l'inaccessibilité de certaines zones peut entraîner un défaut d'observation non imputable à notre société.

3- Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines, traitement des terres pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques, ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

4- La responsabilité de BURGEAP ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes et/ou erronées et en cas d'omission, de défaillance et/ou erreur dans les informations communiquées.

La responsabilité de BURGEAP ne pourra être engagée si les préconisations ne sont pas mises en œuvre

SECTION



Section 1

Compte rendu de visite de site et reportage photographique

Cette section contient 11 pages.

Section 2 Milieu Sol

Cette section contient 701 pages.

Section 3 Milieu Eau

Cette section contient 53 pages.

Section 4 Milieu Gaz du sol

Cette section contient 67 pages.

Section 5

Analyses de risques sanitaires

Cette section contient 43 pages.

Section 6

Glossaire

Cette annexe contient 2 pages.

AEA (Alimentation en Eau Agricole) : Eau utilisée pour l'irrigation des cultures

AEI (Alimentation en Eau Industrielle) : Eau utilisée dans les processus industriels

AEP (Alimentation en Eau Potable) : Eau utilisée pour la production d'eau potable

ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) : base de données répertorie les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement.

ARR (Analyse des risques résiduels) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) du risque résiduel auquel sont exposées des cibles humaines à l'issue de la mise en œuvre de mesures de gestion d'un site. Cette évaluation correspond à une EQRS.

ARS (Agence régionale de santé) : Les ARS ont été créées en 2009 afin d'assurer un pilotage unifié de la santé en région, de mieux répondre aux besoins de la population et d'accroître l'efficacité du système.

BASIAS (Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service) : Cette base de données gérée par le BRGM recense de manière systématique les sites industriels susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement.

BASOL : Base de données gérée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie recensant les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.

Biocentre : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Elles prennent en charge les déchets en vue de leur traitement basé sur la biodégradation aérobie de polluants chimiques.

BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) : Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) sont des composés organiques mono-aromatiques volatils qui ont des propriétés toxiques.

COHV (Composés organo-halogénés volatils) : Solvants organiques chlorés aliphatiques volatils qui ont des propriétés toxiques et sont ou ont été couramment utilisés dans l'industrie.

DREAL (Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement) : Cette structure régionale du ministère du Développement durable pilote les politiques de développement durable résultant notamment des engagements du Grenelle Environnement ainsi que celles du logement et de la ville.

DRIEE (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie) : Service déconcentré du Ministère en charge de l'environnement pour la région parisienne, la DRIEE met en œuvre sous l'autorité du Préfet de la Région les priorités d'actions de l'État en matière d'Environnement et d'Énergie et plus particulièrement celles issues du Grenelle de l'Environnement. Elle intervient dans l'ensemble des départements de la région grâce à ses unités territoriales (UT).

Eluat : voir lixiviation

EQRS (Evaluation quantitative des risques sanitaires) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) des risques sanitaires auxquels sont exposées des cibles humaines.

ERI (Excès de risque individuel) : correspond à la probabilité que la cible a de développer l'effet associé à une substance cancérigène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée. Il s'exprime sous la forme mathématique suivante 10^{-n} . Par exemple, un excès de risque individuel de 10^{-5} représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées pendant une vie entière.

ERU (Excès de risque unitaire) : correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérigène.

HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) : Ces composés constitués d'hydrocarbures cycliques sont générés par la combustion de matières fossiles. Ils sont peu mobiles dans les sols.

HAM (Hydrocarbures aromatiques monocycliques) : Ces hydrocarbures constitués d'un seul cycle aromatiques sont très volatils, les BTEX* sont intégrés à cette famille de polluants..