

Analyse des Risques Résiduels dans le cadre du réaménagement du site de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul (75014)

Août 2015
A81043/B



Préparé pour :



Mairie de Paris
Direction de la Mairie de Paris
Direction de l'urbanisme BBMCG Marchés
Bureau 4.58.RF
121, avenue de France
75639 Paris Cedex 13

Contact : Pascale LEBEAU

Préparé par :



Direction Régionale Paris Centre Normandie
Implantation d'Arcueil
29 avenue Aristide Briand
94117 Arcueil cedex
Tél. : 01 57 63 14 00

Sommaire

	Pages
1. INTRODUCTION.....	5
1.1. Contexte et objectif	5
1.2. Caractéristiques du site.....	6
2. ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS	9
2.1. Préambule	9
2.2. Méthodologie.....	9
2.3. Identification des sources de danger, des vecteurs et des cibles.....	10
2.3.1. Identification des sources de danger	10
2.3.2. Voies d'exposition retenues.....	11
2.3.3. Cibles identifiées	12
2.3.4. Schéma conceptuel d'exposition	12
2.4. Choix des substances et concentrations retenues	14
2.4.1. Méthodologie de sélection des substances.....	14
2.4.2. Substances et concentrations retenues.....	15
2.5. Paramètres d'exposition : schéma conceptuel d'exposition	17
2.6. Autres paramètres de calcul	18
2.6.1. Paramètres liés à la nature des sols.....	18
2.6.2. Paramètres liés aux caractéristiques des aménagements	19
2.6.3. Profondeur des sources de pollution.....	20
2.7. Relations doses-réponses pour les substances retenues	20
Evaluation des expositions	22
2.7.1. Préambule	22
2.7.2. Calcul de la concentration au point d'exposition	22
2.7.3. Calcul de la dose journalière d'exposition ou de la concentration moyenne inhalée au point d'exposition	23
2.8. Mode de calcul des risques.....	24
2.9. Conclusions sur l'acceptabilité des risques résiduels	24
3. CONCLUSION DE L'ARR	26

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond IGN (source Géoportail).....	7
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude sur photographie aérienne (source Géoportail).....	8
Figure 3 : Schéma conceptuel d'exposition	13

Liste des tableaux

Tableau 1 : Méthodologie de sélection des substances selon la zone considérée	14
Tableau 2 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Pinard	15
Tableau 3 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Lepage	16
Tableau 4 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Robin	16
Tableau 5 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Oratoire	16
Tableau 6 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Lelong	17
Tableau 7 : Temps d'exposition des cibles pour chaque zone étudiée	18
Tableau 8 : Paramètres liés à la nature des sols pour les zones Lepage et Pinard scénario A/B.....	19
Tableau 9 : Paramètres liés à la nature des sols pour la zone du bâtiment Pinard scénario C.....	19
Tableau 10 : Paramètres liés aux aménagements	19
Tableau 11 : Quotients de Danger calculés	25
Tableau 12 : Excès de Risques Individuels calculés	25

Liste des annexes

Annexe 1 : Tableau de synthèse des prestations codifiées selon la norme NF X31-620
Annexe 2 : Localisation des investigations réalisées par Antea Group en mai-juin 2015
Annexe 3 : Résultats d'analyses sur les sols, les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant
Annexe 4 : Paramètres toxicologiques et physico-chimiques
Annexe 5 : Equations des expositions aux risques
Annexe 6 : Feuilles des calculs au point d'exposition
Annexe 7 : Résultats des calculs des expositions aux risques
Annexe 8 : Discussion des incertitudes de l'ARR

1. Introduction

1.1. Contexte et objectif

La ville de Paris projette le réaménagement de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul situé à Paris dans le XIV^{ème} arrondissement. Les parcelles concernées, d'une emprise de 3,4 hectares, sont cadastrées AC7 et AC13. Elles sont situées au 72-86, avenue Denfert Rochereau à Paris (75).

Le site de l'ancien Hôpital Saint-Vincent de Paul est occupé depuis 1638 et comprend 16 bâtiments construits entre 1655 et 1996 dont certains font parti du patrimoine architectural, comme l'Oratoire. Il a connu successivement trois affectations principales :

- Un établissement destiné à l'instruction des prêtres de l'église catholique (1650-1795),
- Une maternité et un orphelinat (1795-1930),
- Un hôpital spécialisé dans les naissances, et le traitement et la prise en charges des maladies infantiles (1930-2012).

Depuis 2012, seul le bâtiment Michèle Rapine, reste en activité, occupé par une école de sages-femmes. A ce jour, le site est géré par l'association Aurore qui utilise une partie des bâtiments pour des activités provisoires, telles que l'hébergement de personnes en situation de précarité.

Le projet de réaménagement envisagé à ce stade prévoit la réalisation d'un jardin habité avec la création d'une crèche, d'une halte-garderie, de logements, d'une salle de sport et de commerces, entourés d'espaces verts. Certains bâtiments patrimoniaux seront conservés et abriteront notamment un groupe scolaire.

Une étude documentaire et historique a été menée sur le site en janvier 2014 par TAUW. Cette étude a permis de mettre en évidence plusieurs sources potentielles de pollution en lien avec les activités passées du site.

Un diagnostic de la qualité des milieux a été réalisé par Antea Group en juin 2015 (Rapport A80503 version du 10/07/2015). Lors de cette étude, les milieux investigués sont les sols sur les zones d'aménagement extérieur, les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant dans les bâtiments existants. Les résultats d'analyses ont montré la présence d'hydrocarbures et de métaux dans les sols superficiels et la présence de composés organiques volatils (notamment des BTEX) dans les gaz du sol et l'air ambiant.

Dans ce contexte, la Ville de Paris a confié à Antea Group d'une Analyse des Risques Résiduels afin de s'assurer de la compatibilité de l'état des milieux avec les usages envisagés au droit du site, sur la base de la stratégie de réhabilitation proposée dans le plan de gestion (mission 4 faisant l'objet d'un autre rapport).

La présente étude se place dans le cadre du marché subséquent de pollution des sols selon l'accord cadre Traitement de la pollution des sols pour le lot 1 – Missions 1 à 5 (Lettre de consultation du 15/10/2014 Réf. 2014V36015730 82).

Ce rapport présente les résultats de l'Analyse des Risques Résiduels (mission 5).

Les prestations réalisées par Antea Group sont conformes aux préconisations de la norme AFNOR NF X 31-620 de septembre 2003 (Prestations de services relatives aux sites et sols pollués) selon le référentiel de certification du métier sites et sols pollués (cf. Annexe 1).

1.2. Caractéristiques du site

Le site étudié est situé au 72-86 avenue Denfert-Rochereau à Paris (75) au droit de l'ancien Hôpital Saint-Vincent de Paul. Les parcelles concernées sont référencées au cadastres AC7 (858 m²) et AC13 (33 442 m²) (cf. Figure 1 et Figure 2).

La zone d'étude est bordée :

- Au Nord-ouest, par la rue Boissonade et une zone d'habitations,
- Au Nord-est par le Couvent de la Visitation,
- Au Sud, par l'avenue Denfert-Rochereau puis la place Denfert Rochereau. Au sud-est se trouve l'Observatoire de Paris,
- Au Sud-ouest, par le Boulevard Raspail puis par le Cimetière du Montparnasse.

Le site d'étude se trouve en zone résidentielle, fortement urbanisée.

Le site de l'ancien Hôpital Saint-Vincent de Paul présente une cote altimétrique moyenne de +59 m NGF.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond IGN (source Géoportail)



Figure 2 : Localisation de la zone d'étude sur photographie aérienne (source Géoportail)

2. Analyse des risques résiduels

2.1. Préambule

Cette approche quantitative est réalisée conformément au guide du Ministère de l'Environnement : « La démarche d'Analyse des Risques Résiduels » Version 0 de février 2007.

L'Analyse des Risques Résiduels (ARR) a pour objectif de vérifier, si l'état résiduel du sous-sol, après aménagement et application des mesures de gestion, est bien compatible avec l'usage futur du site selon les critères d'acceptabilité du risque définis au niveau national.

2.2. Méthodologie

L'évaluation porte sur les risques sanitaires liés à une exposition chronique des populations aux substances à impact potentiel reconnues lors des investigations menées par Antea Group en mai et juin 2015.

L'ARR est réalisée à l'aide de SANTEA, feuille de calcul mise au point par Antea Group en 2004. Cette feuille de calcul n'est pas un logiciel en soi, dans le sens où elle ne propose pas de nouvelles équations mais se base uniquement sur des équations issues d'autres modèles.

Il s'agit plus exactement d'une feuille de calcul sécurisée¹, intégrant les codes de calcul des modèles de calculs reconnus internationalement, tels que : RBCA (Risk Based Corrective Action), développé dans le cadre de l'approche RAGS (Risk Assessment Guidance for Superfund) de l'US-EPA (United State - Environmental Protection Agency), par l'ASTM (American Society for Testing and Materials, rapport E 1739-95), HESP (Human Exposure to Soil Pollutants) de la Shell International Petroleum Maatschappij (SIPM) et Johnson & Ettinger.

Ces modèles, et les critères sanitaires qui les accompagnent, sont largement reconnus à l'échelle internationale. Ils permettent le calcul, d'une part, des concentrations aux points d'exposition et, d'autre part, des doses absorbées par les populations du site (DJE : dose journalière d'exposition ou CI : concentration moyenne inhalée).

¹ SANTEA est sécurisée car la saisie des paramètres de calcul est étroitement cadrée et les utilisateurs habilités par Antea Group n'ont accès ni aux équations ni aux VTR, ce qui limite fortement les erreurs de calcul.

L'évaluation des risques pour la santé humaine repose sur le concept « sources-vecteurs-cibles » :

- source : comportant des substances à impact potentiel,
- vecteur : milieu permettant le transfert des substances,
- cibles : populations situées au « point d'exposition », susceptibles d'être exposées (inhalation, ingestion, contact direct) à ces substances.

Pour un scénario donné, le risque par substance est obtenu en procédant au calcul du quotient de danger (QD) pour les effets à seuil et de l'excès de risque individuel (ERI) pour les effets sans seuil et en comparant les résultats obtenus aux critères sanitaires en vigueur. Ces derniers sont fournis par le guide méthodologique « Modalité de gestion et de réaménagement des sites pollués » correspondant à l'annexe 2 de la note aux préfets du 8 février 2007.

La démarche d'évaluation des risques est composée de quatre étapes :

- identification des dangers,
- présentation des relations doses-réponses pour les substances considérées,
- évaluation des expositions,
- caractérisation des risques.

Une discussion des incertitudes est également intégrée à l'étude (Cf. **Annexe 8**).

On retiendra donc qu'il y a, pour chaque substance et pour chaque scénario, trois niveaux de calculs : le calcul de la concentration au point d'exposition (modèle de transfert), le calcul de la dose absorbée (modèle d'exposition) et le calcul des risques sanitaires (QD pour les risques toxiques et ERI pour les risques cancérigènes).

Les risques pour un individu et pour un scénario donné sont obtenus en cumulant les risques calculés par substance, démarche qui conserve un caractère sécuritaire.

2.3. Identification des sources de danger, des vecteurs et des cibles

2.3.1. Identification des sources de danger

Les informations relatives à la « source » sont déduites analyses réalisées sur les sols, les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant lors de des investigations menées par Antea Group en mai et juin 2015.

2.3.2. Voies d'exposition retenues

Au stade de l'étude, le projet d'aménagement du site de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul n'est pas précisément défini.

D'après les informations fournies par la ville de Paris au démarrage de l'étude (réunion de lancement du 23/04/2015), le projet prévoit la création d'établissements sensibles et de résidences sur cinq zones distinctes :

- zone du bâtiment Pinard : une crèche avec présence d'un niveau de sous-sol,
- zone du bâtiment Lepage : une halte garderie sans sous-sol,
- zone du bâtiment Robin : un groupe scolaire (école maternelle et école élémentaire) avec un niveau de sous-sol,
- zone de l'Oratoire : des logements ou une résidence étudiante avec et sans niveau de sous-sol,
- zone du bâtiment Lelong : logements avec deux niveaux de sous-sol.

Les cinq lots présenteront également des aménagements extérieurs de type cour extérieure, voiries et/ou espaces verts (jardins privatifs et jardins publics).

Dans une approche sécuritaire, les usages retenus pour les calculs de risques sont ceux présentés dans le tableau ci-dessous.

Zone concernée	Aménagement retenu pour les calculs de risque
Pinard	Crèche avec un niveau de sous-sol
Lepage	Halte garderie sans sous-sol
Robin	Groupe scolaire avec un niveau de sous-sol
Oratoire	Logements sans sous-sol
Lelong	Logements avec deux niveaux de sous-sol

Pour l'oratoire, et dans une approche sécuritaire, l'aménagement de type logements a été privilégié par rapport à la résidence étudiante sur laquelle les cibles sont moins exposées. Sur cette même zone, nous avons réalisé les calculs de risques pour la partie du bâtiment sans sous-sol qui est plus pénalisant en terme de modélisation comparé à un bâtiment avec sous-sol.

Pour les sous-sols, nous avons considéré un usage de parkings qui permet de prendre en compte une exposition régulière des usagers dans les calculs de risques.

Le projet prévoit l'aménagement de bâtiment et le recouvrement des espaces verts, cours extérieures et des voiries. Certains jardins seront réalisés sur des sous-sols conservés. Au droit des aménagements pleine terre, les sols seront recouverts par un enrobé (voiries d'accès), une dalle béton ou un revêtement spécifique au niveau des cours de récréation, et a minima 30 cm de terre végétale ou de matériaux sains. D'une manière générale, les matériaux d'apport utilisés pour le recouvrement devront être exempts de pollution (concentrations en composés organiques inférieures à la limite de

quantification en laboratoire et concentrations en métaux conformes aux valeurs de bruit de fond régional). Les voies d'exposition par inhalation de poussières et ingestion de sols ne sont pas pertinentes du fait de la présence des différents recouvrements. Ces voies d'exposition ne seront donc pas retenues dans les calculs de risques.

L'aménagement d'un jardin potager et/ou la culture de végétaux susceptibles de produire des fruits ou légumes consommables sera possible sous certaines conditions permettant de garantir l'absence de transfert de la pollution entre le sol pollué sous-jacent et les végétaux (notamment via les racines).

Ainsi, la plantation d'arbres ou d'arbustes fruitiers à racines profondes ou de potagers pourra être réalisée sous réserve de respecter a minima les conditions suivantes :

- des cultures potagères peuvent être envisagées si les plantations sont installées sur une épaisseur a minima de 1 m de terres saines,
- des arbres fruitiers peuvent être implantés dans un volume a minima de 3 m³ de diamètre de terre saine,
- des plantations hors sol dans des bacs de terre végétale peuvent être envisageables sans contrainte particulière.

Il n'est pas prévu d'utilisation des eaux souterraines au droit du site. L'usage des eaux souterraines pour des usages sensibles tels que l'arrosage et la consommation devra être proscrit.

Les canalisations d'adduction d'eau potable seront protégées et entourées par des matériaux sains. Les risques engendrés par l'ingestion d'eau contaminée ne sont donc pas étudiés.

Aucun usage sensible des eaux souterraines n'a été recensé en aval immédiat du site. Les risques vis-à-vis de la ressource en eaux ne sont donc pas étudiés dans le cadre de la présente ARR.

En outre, les structures construites utiliseront des matériaux adaptés aux caractéristiques physico-chimiques des sols. Les éventuelles influences sur les ouvrages ne sont pas étudiées dans la présente étude.

De ce fait, **la seule voie d'exposition retenue est l'inhalation de vapeurs à l'intérieur des bâtiments dans le sous-sol ou au rez-de-chaussée**. La voie d'exposition d'inhalation de vapeurs en extérieur n'est pas prépondérante en l'absence de source de pollution volatile dans les sols et sous l'effet du vent.

2.3.3. Cibles identifiées

Les cibles identifiées sont les futurs usagers du site, à savoir les adultes et les enfants fréquentant les établissements sensibles et les résidences.

2.3.4. Schéma conceptuel d'exposition

Le schéma conceptuel d'exposition retenu dans le cadre des calculs de risques est proposé en Figure 3.

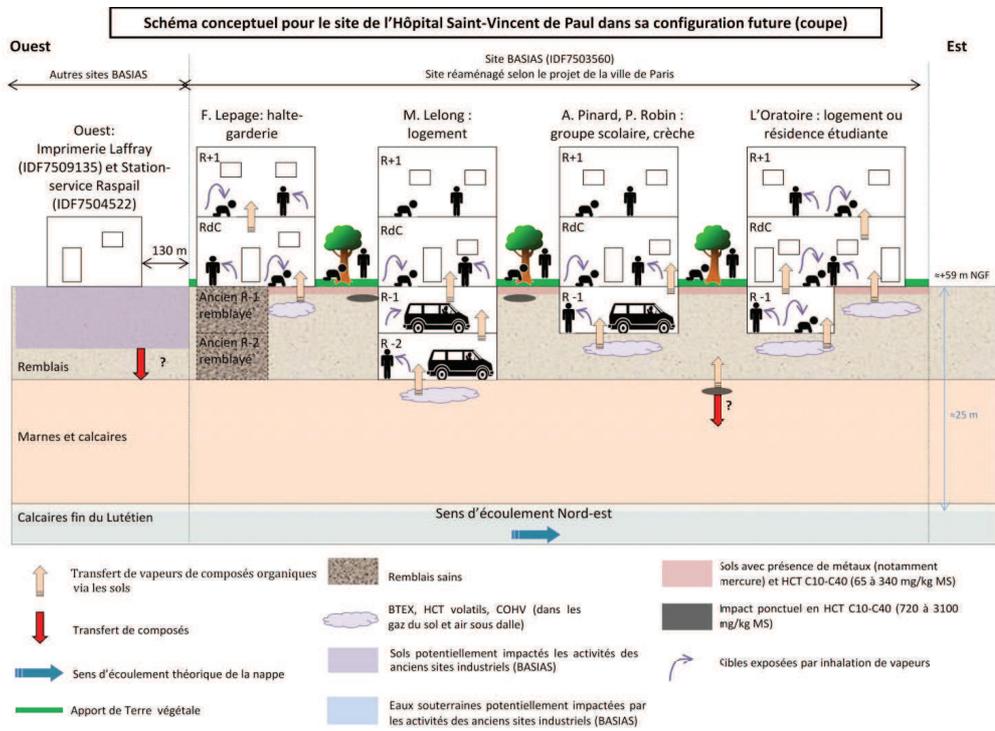


Figure 3 : Schéma conceptuel d'exposition

2.4. Choix des substances et concentrations retenues

2.4.1. Méthodologie de sélection des substances

Les substances retenues sont les substances volatiles mesurées dans les gaz du sol (bâtiment non conservé) ou l'air ambiant (bâtiment conservé) à des concentrations supérieures aux limites de quantification du laboratoire et qui disposent d'une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) pour les voies d'exposition retenues.

Dans certains cas, la valeur de la limite de quantification a été retenue lorsque le composé a été quantifié dans le milieu précédent le point de mesure (air sous dalle/air ambiant, air ambiant R-1 ou R-2/air ambiant RDC, sol/gaz du sol). Le Tableau 1 détaille les substances retenues selon la zone concernée.

Les résultats d'analyses sur les sols, les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant ainsi que le plan de localisation des investigations sont disponibles en **Annexe 2** et en **Annexe 3**. Pour plus de détail sur ces investigations, nous invitons le lecteur à consulter le rapport de diagnostic d'Antea Group de A80503/vA du 10/07/2015.

Zone concernée	Projet d'aménagement retenu pour les calculs	Substances retenues
Bâtiment Pinard	Crèche avec un niveau de sous-sol	Teneurs maximales mesurées dans les gaz du sol. Limite de quantification d'un composé dans les gaz du sol retenue si ce même composé est quantifié dans les sols à proximité.
Bâtiment Lepage	Halte garderie sans sous-sol	Teneurs maximales mesurées dans les gaz du sol. Limite de quantification d'un composé dans les gaz du sol retenue si ce même composé est quantifié dans les sols à proximité.
Bâtiment Robin	Groupe scolaire avec un niveau de sous-sol	Teneurs maximales mesurées dans l'air ambiant du rez-de-chaussée et au R-1. Limite de quantification d'un composé dans l'air ambiant retenue si ce même composé est quantifié dans l'air sous dalle ou le R-1.
Bâtiment Oratoire	Logements sans sous-sol	Teneurs maximales mesurées dans l'air ambiant du rez-de-chaussée. Limite de quantification d'un composé dans l'air ambiant retenue si ce même composé est quantifié dans l'air sous dalle.
Bâtiment Lelong	Logements avec deux niveaux de sous-sol	Teneurs maximales mesurées dans l'air ambiant du rez-de-chaussée et au R-2. Limite de quantification d'un composé dans l'air ambiant retenue si ce même composé est quantifié dans l'air sous dalle ou le R-2.

Tableau 1 : Méthodologie de sélection des substances selon la zone considérée

2.4.2. Substances et concentrations retenues

Les calculs de risques ont été réalisés à partir des résultats obtenus dans les gaz de sols et l'air ambiant.

Les teneurs prise en compte en première approche sont les teneurs maximales mesurées sur les ouvrages au droit des zones à aménager.

L'emplacement de la crèche sur la zone du bâtiment Pinard n'est pas encore défini. Ainsi, en fonction de son futur emplacement, deux hypothèses ont été étudiées (scénarios A/B et scénario C) en prenant en compte les concentrations mesurées sur chaque zone envisagée, soit l'ouvrage PG2 si la crèche est localisée côté Sud (scénario A/B), soit PG3 si la crèche est localisée côté Nord (scénario C).

Concernant les hydrocarbures et la voie d'exposition inhalation de vapeurs, les fractions les plus significatives en termes de toxicité sont celles comprenant entre 5 et 17 atomes de carbone. Les hydrocarbures dont le nombre d'atomes de carbone est supérieur à 17 ne sont pas pris en compte dans l'évaluation du risque. En effet, selon le volume 4 du document Total Petroleum Hydrocarbons Working Group (1997), les hydrocarbures en C17-C35 sont peu volatils et l'inhalation n'est pas la voie prépondérante d'exposition.

En ce qui concerne les hydrocarbures totaux, les valeurs toxicologiques de référence (VTR) sont définies par fraction carbonées en différenciant les fractions aromatiques et aliphatiques.

Les substances et concentrations retenues sont indiquées dans les tableaux suivants.

Zone concernée	Substance	Concentration retenue dans les gaz du sol mg/m ³	Ouvrage concerné
Pinard, scénario A et B	COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
	toluène	0.0128	PG2
	xylènes	0.0183	
	HYDROCARBURES TOTAUX		
fraction aliphat. C>12-C16	0.1017	PG2	
Pinard, scénario C	COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
	toluène	0.0072	PG3
	COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS		
trichloroéthylène	0.1947	PG3	

Tableau 2 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Pinard

Zone concernée	Substance	Concentration retenue dans les gaz du sol mg/m ³	Ouvrage concerné
Lepage	COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
	toluène	0.0102	PG1
	xylènes	0.0140	
	naphtalène	0.0042	LQ (S32)
	COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS		
	chloroforme	0.0134	PG1
	HYDROCARBURES TOTAUX		
	fraction aliphat. C>12-C16	0.2003	PG1

Tableau 3 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Lepage

Zone concernée	Substance	Concentration dans l'air ambiant retenue mg/m ³	Ouvrage concerné
Robin RDC	COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
	toluène	0.0026	AA Robin RDC
	xylènes	0.0020	
Robin Sous-sol	toluène	0.0018	AA Robin SS
	xylènes	0.0017	

Tableau 4 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Robin

Zone concernée	Substance	Concentration dans l'air ambiant retenue mg/m ³	Ouvrage concerné
Oratoire RDC	COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
	toluène	0.0024	AA Oratoire RDC
	xylènes	0.0018	
	COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS		
	tétrachloroéthylène	0.0004	LQ AA Oratoire RDC
trichloroéthylène	0.0004		

Tableau 5 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Oratoire

Zone concernée	Substance	Concentration dans l'air ambiant retenue mg/m ³	Ouvrage concerné
Lelong RDC	COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
	toluène	0.0004	LQ AA Lelong RDC
	éthylbenzène	0.0008	
	COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS		
	xylènes	0.0012	LQ AA Lelong RDC
	chloroforme	0.0004	
Lelong sous-sol	COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
	toluène	0.0027	AA Lelong R-2
	éthylbenzène	0.0364	
	xylènes	0.1698	
	COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS		
	tétrachloroéthylène	0.0004	LQ AA Lelong R-2
	chloroforme	0.0004	AA Lelong R-2

Tableau 6 : Concentrations retenues pour la zone du bâtiment Lelong

Dans le cas du bâtiment Lelong, les hydrocarbures aromatiques C8-C10 n'ont pas été retenus ils sont assimilés à certains CAV (notamment éthylbenzène et xylènes) qui sont déjà pris en compte individuellement dans les calculs de risques.

2.5. Paramètres d'exposition : schéma conceptuel d'exposition

Les scénarios retenus sont relatifs à l'inhalation de substances volatiles à l'intérieur des bâtiments.

La population cible prise en compte correspond aux adultes et aux enfants habitant les logements et fréquentant les établissements sensibles. Les temps et les durées d'exposition sont issus de la bibliographie :

- Méthode de Calculs des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols - INERIS novembre 2001 (durées d'exposition dans les logements et en extérieur) ;
- Synthèse des travaux du département Santé Environnement de l'Institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition - INVS juillet 2012 (temps d'exposition journalier dans les logements) ;
- Projet IREA – traitement des incertitudes en évaluation des risques d'exposition - Rapport BRGM/RP-54099-FR août 2005 (temps d'exposition annuel dans les logements) ;
- Code du travail (durée d'exposition d'un travailleur) ;
- Retour d'expérience suite aux campagnes de diagnostics de sols sur les établissements sensibles menée par le BRGM dans le cadre du 2^{ème} Plan national santé environnement 2009-2013 (durée d'exposition des enfants dans les crèches, écoles et halte garderie).

Les valeurs retenues sont présentées dans le Tableau 7.

Zone concernée	Cibles	Sous-sol	Rez-de-chaussée	Durée d'exposition
Pinard	Adultes et enfants fréquentant la crèche et le parking souterrain (R-1)	1 heures/jour, 5 jours par semaine=220 jours/an Soit : 9,2 jours de 24 h par an	8 heures/jour, 220 jours/an Soit 73,3 jours de 24 heures par an	Adultes : 40 ans Enfants : 4 ans (de 0 à 4 ans)
Lepage	Adultes travaillant dans la halte garderie		8 heures/jour, 220 jours/an Soit 73,3 jours de 24 heures par an	Adultes : 40 ans
	Enfants fréquentant la halte garderie		4 heures/jour, 220 jours/an Soit 36,6 jours de 24 heures par an (*)	Enfants : 4 ans (de 0 à 4 ans)
Robin	Adultes et enfants fréquentant le Groupe Scolaire et le sous-sol (R-1)	1 heures/jour, 5 jours par semaine=220 jours/an Soit : 9,2 jours de 24 h par an	8 heures/jour, 220 jours par an Soit 73,3 jours de 24 heures par an	Adultes : 40 ans Enfants : 8 ans (de 4 à 11 ans)
Oratoire	Adultes et enfants habitant le rez-de-chaussée		16 heures/jour, 350 jours par an Soit 233,3 jours de 24h par an	Adultes : 30 ans Enfants : 6 ans (de 0 à 6 ans)
Lelong	Adultes et enfants habitant le rez-de-chaussée et fréquentant le sous-sol (R-1, R-2)	1 heure par jour, 7 jours par semaine=350 jours par an Soit 14,6 jours de 24 heures par an	16 heures/jour, 350 jours par an Soit 233,3 jours de 24h par an	Adultes : 30 ans Enfants : 6 ans (de 0 à 6 ans)

Tableau 7 : Temps d'exposition des cibles pour chaque zone étudiée

(*) : Pour la halte garderie de Lepage, et dans le cas où cet établissement serait transformé en crèche, une fréquence d'exposition plus élevée des enfants dans la halte garderie a été testée en incertitudes (cf. Annexe 8).

2.6. Autres paramètres de calcul

2.6.1. Paramètres liés à la nature des sols

Les types de sols retenus sont de type sableux pour la zone du bâtiment Lepage et Pinard scenarios A/B, et de type limon sableux pour la zone Pinard scénario C, d'après la nature des terrains rencontrés lors de la réalisation des piézomètres gaz dans le rapport de diagnostic des sols réalisé par Antea Group (Rapport A80530).

Les valeurs bibliographiques proposées par le modèle P. Johnson et R. Ettinger de 1991, pour ces types de sols sont indiquées dans le tableau suivant.

Paramètre	Valeur retenue	Justification
Type de sol	sables	Coupes piézomètres gaz et fiches sols
Masse volumique du sol	1,7 g/cm ³	Valeur bibliographique
Fraction de carbone organique	0,002	Valeur majorante par défaut
Porosité	0,375 cm ³ /cm ³	Valeur bibliographique
Teneur en air du sol	0,321	Porosité moins teneur en eau
Teneur en eau du sol	0,054	Valeur bibliographique
Perméabilité à l'air	9,91.10 ⁻¹² m ²	Valeur bibliographique

Tableau 8 : Paramètres liés à la nature des sols pour les zones Lepage et Pinard scénario A/B

Paramètre	Valeur retenue	Justification
Type de sol	Limon sableux	Coupes piézomètres gaz et fiches sols
Masse volumique du sol	1,7 g/cm ³	Valeur bibliographique
Fraction de carbone organique	0,002	Valeur majorante par défaut
Porosité	0,387 cm ³ /cm ³	Valeur bibliographique
Teneur en air du sol	0,284	Porosité moins teneur en eau
Teneur en eau du sol	0,103	Valeur bibliographique
Perméabilité à l'air	5,34.10 ⁻¹³ m ²	Valeur bibliographique

Tableau 9 : Paramètres liés à la nature des sols pour la zone du bâtiment Pinard scénario C

2.6.2. Paramètres liés aux caractéristiques des aménagements

Les paramètres présentés ci-après ont été retenus sur les zones des bâtiments Pinard et Lepage non conservés et qui ont fait l'objet d'une modélisation.

Zone concernée / projet	Paramètre		Justification
Pinard / crèche avec un niveau de sous-sol	Longueur et largeur de la pièce	8mX8m	Valeur sécuritaire prise par défaut
	Hauteur du RDC	2,5 m	
	Hauteur du R-1	2,5 m	
	Epaisseur de dalle béton sol/R-1	0,2 m	
	Epaisseur de la dalle béton R-1/RDC	0,1 m	
	Taux de renouvellement d'air au RDC	0,5 vol/h	
	Taux de renouvellement d'air au R-1	0,5 vol/h	
Lepage / crèche sans sous-sol	Longueur et largeur de la pièce	8mX8m	Valeur sécuritaire prise par défaut
	Hauteur du RDC	2,5 m	
	Epaisseur de dalle béton RDC/sol	0,2	
	Taux de renouvellement d'air au RDC	0,5 vol/h	

Tableau 10 : Paramètres liés aux aménagements

Des incertitudes existent sur les taux de ventilation des pièces au rez-de-chaussée et au sous-sol, qui seront précisés en phase projet détaillé. Il s'agit ici de valeurs sécuritaires classiquement retenues pour ce type d'aménagement.

2.6.3. Profondeur des sources de pollution

La profondeur de la source de pollution retenue pour les gaz du sol et pour la voie d'exposition par inhalation de vapeurs est considérée comme égale à 0,1 m, ce qui correspond à une source présente directement sous le dallage (approche sécuritaire).

2.7. Relations doses-réponses pour les substances retenues

Les calculs de risque font intervenir un nombre important de paramètres et, notamment, des paramètres relatifs aux caractéristiques physico-chimiques (Cf. **Annexe 4**) et toxicologiques des substances.

Les calculs de risque font intervenir un nombre important de paramètres et, notamment, des paramètres relatifs aux caractéristiques toxicologiques des substances (Cf. **Annexe 4**).

La sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) est effectuée conformément aux prescriptions établies par la Circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014, cosignée par la DGS et la DGPR, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion de sites et sols pollués.

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont recherchées parmi les 8 bases de données nationales et internationales suivantes : Anses^[1], USEPA^[2], ATSDR^[3], OMS^[4], Santé Canada, RIVM^[5], OEHHA^[6] et EFSA^[7].

La méthodologie proposée par cette circulaire et utilisée dans la présente étude pour la sélection des VTR est décrite dans le schéma ci après.

La dernière mise à jour des VTR date du 27 juillet 2015.

^[1] Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

^[2] USEPA : United-States Environmental Protection Agency, base de données des Etats-Unis

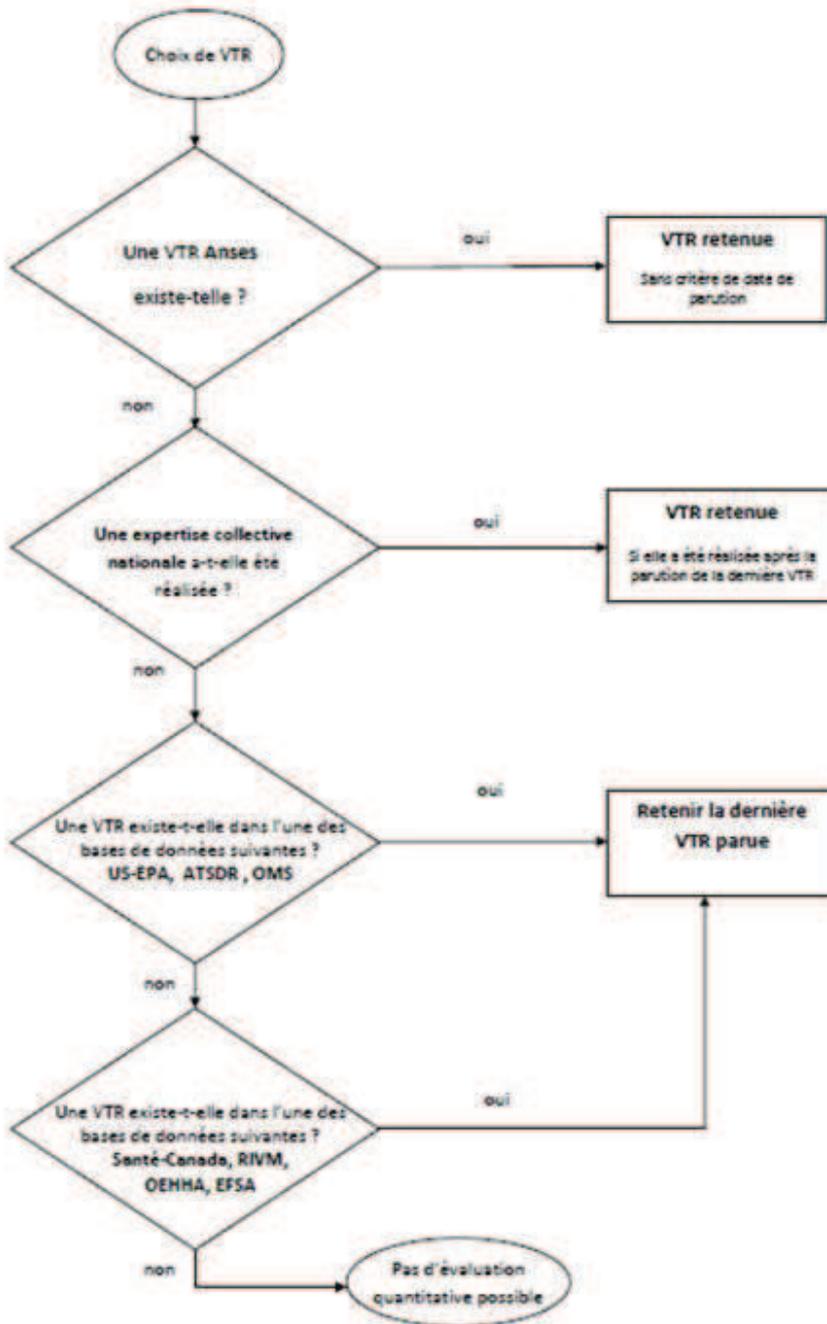
^[3] ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry, base de données des Etats-Unis

^[4] OMS : Organisation Mondiale de la Santé

^[5] RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, base de données des Pays-Bas

^[6] OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment, base de données de l'état de Californie

^[7] EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments



Concernant les HAP, la méthodologie retenue de choix des VTR est présentée dans le rapport final INERIS de novembre 2003 « *Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes : approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique - FET) et approche par mélanges. Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérogènes : valeurs toxicologiques de référence (VTR)* ».

Les VTR retenues pour les substances à effet à seuil et à effet sans seuil étudiées sont données en Annexe 4.

Evaluation des expositions

2.7.1. Préambule

Trois étapes sont nécessaires à l'évaluation des expositions :

- Transfert des polluants de la source vers le point d'exposition ; cette première étape permet de calculer la concentration du polluant au point d'exposition ;
- Evaluation de la concentration moyenne inhalée (CI) ou de la dose journalière d'exposition (DJE) : celle-ci dépend d'une part de la concentration au point d'exposition et d'autre part du régime d'exposition des individus (taux d'ingestion, durée d'exposition, ...) ;
- Calcul des risques (distinction entre les substances cancérigènes et non cancérigènes) : cette évaluation permet alors de comparer les risques calculés aux seuils définis par la Circulaire Ministérielle du 8 février 2007.

Pour chacun des scénarios, les risques calculés pour chaque substance sont additionnés pour évaluer le risque global lié au scénario considéré (prise en compte de l'additivité d'action des substances).

2.7.2. Calcul de la concentration au point d'exposition

Les modèles utilisés pour les différents scénarios sont listés ci-dessous.

Scénario	Modèle de calcul
Inhalation de vapeurs en intérieur	Modèles Johnson et Ettinger et VOLASOIL Ou Calcul direct à partir de la concentration dans l'air ambiant

2.7.2.1. Inhalation de vapeurs en intérieur

Pour modéliser le transfert de polluants du sol vers l'air confiné des bâtiments, SANTEA se base sur le modèle de Johnson et Ettinger (1991/2003). Les équations nécessaires à sa mise en œuvre, dans le cas d'une source infinie, sont présentées en **Annexe 5**.

L'intérêt du modèle de Johnson et Ettinger est qu'il prend en compte conjointement le phénomène de diffusion et le phénomène de convection.

Pour les bâtiments avec au moins des sous-sol, la modélisation de SANTEA du transfert de vapeurs de l'air confiné du sous-sol à l'air confiné du rez-de-chaussée, est basée sur les équations du modèle VOLASOIL, mis en place par le RIVM (National Institute for Health and the Environment) en 1996. Les formules de transfert nécessaires à sa mise en œuvre sont présentées en **Annexe 5**.

2.7.3. Calcul de la dose journalière d'exposition ou de la concentration moyenne inhalée au point d'exposition

Le calcul des doses journalières d'exposition (DJE) ou de la concentration moyenne inhalée (CI) distingue les substances cancérigènes des substances non cancérigènes.

Substances à seuil d'effet (non cancérigènes)

La formule permettant de calculer la DJE_{ij} (exprimée en mg/(kg.j) ou la CI (exprimée en mg/m^3) dans le cas des substances non cancérigènes est la suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{T \cdot Q_{ij} \cdot F}{P \cdot T_m \cdot 365} \cdot C_i \cdot ou \cdot CI = \frac{C_i \cdot t_i \cdot T \cdot F}{T_m \cdot 365}$$

- où :
- Q_{ij} est la quantité de milieu i administrée par la voie j par jour (en kg/j ou m^3/j),
 - t_i est la fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée,
 - F est la fréquence d'exposition (en j/an),
 - T est la durée d'exposition (en an),
 - P est le poids de l'individu (en kg),
 - T_m est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (toute la durée d'exposition T pour les substances à effets non cancérigènes) (en an),
 - C_i est la concentration au point d'exposition (en mg/kg ou mg/m^3),
 - CI concentration moyennée d'exposition (en mg/m^3).

Substances sans seuil d'effet (cancérigènes)

La formule permettant de calculer la DJE_{ij} (exprimée en mg/(kg.j) ou la CI (exprimée en mg/m^3) dans le cas des substances cancérigènes est la suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{T \cdot Q_{ij} \cdot F}{P \cdot T_m \cdot 365} \cdot C_i \cdot ou \cdot CI = \frac{C_i \cdot t_i \cdot T \cdot F}{T_m \cdot 365}$$

- où :
- Q_{ij} est la quantité de milieu i administrée par la voie j par jour (en kg/j ou m^3/j),
 - t_i est la fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée,
 - F est la fréquence d'exposition (en j/an),
 - T est la durée d'exposition (en an),
 - P est le poids de l'individu (en kg),
 - T_m est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (toute la vie de l'individu, soit 70 ans, pour les substances à effet cancérigène),
 - C_i est la concentration au point d'exposition (en mg/kg ou mg/m^3),
 - CI est la concentration moyennée au point d'exposition (en mg/m^3).

2.8. Mode de calcul des risques

Substances à seuil d'effet (non cancérigènes)

Le quotient de danger (QD sans unité) pour les effets non cancérigènes se calcule selon l'équation suivante (cumul pour l'ensemble des substances non cancérigènes de la zone considérée) :

$$QD = \sum_{\text{substances}} [DJE_{nc} \text{ ou } CI / DJT]$$

où : DJT est la dose journalière tolérable de la substance.

Cette approche avec cumul des risques associés aux substances à effet sans seuil est sécuritaire (en théorie, le cumul des risques est justifié pour des substances ayant des effets sur un même organe).

D'après les critères du guide méthodologique définissant les modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués (annexe 2 de la note aux préfets du 8 février 2007), un QD inférieur à 1 signifie que le niveau de risque pour la population est tolérable pour les effets systémiques.

Substances sans seuil d'effet (cancérigènes)

Pour les substances cancérigènes, l'excès de risque individuel se calcule selon l'équation suivante (cumul pour l'ensemble des substances cancérigènes de la zone considérée) :

$$ERI = \sum_{\text{substances}} [DJE_c \text{ ou } CI \times ERU]$$

où : ERU est l'excès de risque unitaire.

L'excès de risque individuel tolérable par personne est compris entre 10^{-6} et 10^{-4} . L'ERI de 10^{-5} a été retenu ici (annexe 2 de la note aux préfets du 8 février 2007).

2.9. Conclusions sur l'acceptabilité des risques résiduels

Les risques sanitaires (effets à seuils et effets sans seuils) pour les voies de transfert considérées sont synthétisés dans les tableaux suivants. Dans un premier temps, la quantification des risques toxiques a été réalisée sans classification des résultats par organes cibles.

Les résultats des calculs de risques sanitaires sont détaillés en **Annexe 6** et en **Annexe 7**.

Les Quotients de Danger et les Excès de Risque Individuel calculés ici sont présentés dans les tableaux suivants.

Les calculs par scénario et par cible ont été réalisés sur chaque zone d'aménagement, puis un cumul des scénarios a été envisagé pour un enfant fréquentant les établissements sensibles, habitant dans les logements et travaillant sur le site une fois adulte.

Une discussion des incertitudes est présentée en **Annexe 8**.

Scénario	QD enfant	QD adultes
Pinard A/B	$8,39.10^{-06}$	$8,39.10^{-06}$
Pinard C	$7,98.10^{-07}$	$7,98.10^{-07}$
Lepage	$1,89.10^{-04}$	$3,77.10^{-04}$
Robin	$2,22.10^{-03}$	$2,22.10^{-03}$
Oratoire	$7,51.10^{-03}$	$7,51.10^{-03}$
Lelong	$4,79.10^{-02}$	$4,79.10^{-02}$

Tableau 11 : Quotients de Danger calculés

Scénario	ERI enfant	ERI adultes
Pinard A/B	-	-
Pinard C	$5,43.10^{-11}$	$5,43.10^{-10}$
Lepage	$6,09.10^{-09}$	$1,21.10^{-07}$
Robin	-	-
Oratoire	$4,95.10^{-08}$	$2,47.10^{-07}$
Lelong	$9,66.10^{-07}$	$4,83.10^{-06}$

- : sans objet (en l'absence de substances cancérigènes)

Tableau 12 : Excès de Risques Individuels calculés

Les valeurs calculées pour les scénarios envisagés sur chaque type d'aménagement sont toutes inférieures aux valeurs seuil considérées, respectivement fixées à 1 pour les Quotients de Danger et 1.10^{-5} pour les Excès de Risque Individuel.

Par ailleurs, le cumul des scénarios prenant en compte l'exposition d'un enfant fréquentant les établissements Lepage (halte garderie) puis Robin (groupe scolaire), habitant dans le bâtiment Lelong, puis travaillant et habitant adulte sur le site (halte garderie Robin et Lelong), conduit également à des niveaux de risques inférieures aux valeurs seuil considérées.

3. Conclusion de l'ARR

Sur la base des usages et aménagements retenus dans cette étude, les valeurs calculées sont systématiquement inférieures aux valeurs seuil considérées, respectivement fixées à 1 pour les Quotients de Danger et 1.10^{-5} pour les Excès de Risque Individuel.

Les aménagements suivants sont donc compatibles avec l'état actuel du site, sur la base des hypothèses retenues dans l'ARR :

Zone concernée	Aménagement retenu pour les calculs de risque
Pinard	Crèche avec un niveau de sous-sol
Lepage	Halte garderie sans sous-sol
Robin	Groupe scolaire avec un niveau de sous-sol
Oratoire	Logements sans sous-sol
Lelong	Logements avec deux niveaux de sous-sol

Sur la base de ces résultats, il n'est donc pas nécessaire de mettre des mesures de gestion autres que celles déjà prévues dans le plan de gestion et évoquées au chapitre 2.3.2 :

- Recouvrement pérenne des sols sur l'ensemble du site (enrobé, revêtement des cours, terre végétale, dalle béton) et remplacement le cas échéant,
- Pas d'usage de la nappe pour la consommation ou l'arrosage,
- Pose des canalisations AEP dans des matériaux sains,
- Plantation d'arbustes fruitiers et des potagers sous certaines conditions (hors sol ou dans des matériaux sains).

Pour les bâtiments existants et conservés dans le cadre de l'aménagement futur, il est également recommandé d'assurer une bonne ventilation des pièces au rez-de-chaussée et au sous-sol et de vérifier l'état de la dalle béton (en procédant à la réfection de la dalle en cas de dégradation ou de fissures).

En complément, nous préconisons la mise en œuvre de mesures de contrôle sur l'air ambiant après travaux, notamment au droit des établissements sensibles. Ce contrôle devra comporter à minima deux campagnes de prélèvements réalisées dans des conditions météorologiques différentes. Les analyses porteront sur les paramètres suivants : hydrocarbures C5-C16, COHV, CAV (BTEX), HAP (naphtalène) et métaux (mercure).

Les calculs de risques présentés ci-avant ne sont valables que pour les seules hypothèses admises. Toute modification de l'usage du site, du projet de réaménagement et des hypothèses constructives entrainera nécessairement une mise à jour des calculs de l'Analyse des Risques Résiduels.

Les calculs de risques réalisés dans le cadre de cette étude sont à caractère sanitaire pour les seules substances recherchées. Les éventuels autres risques liés au projet, notamment géotechnique, ne sont pas étudiés.

Ville de Paris

Analyse des Risques Résiduels dans le cadre du réaménagement du site de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul

72-86, avenue Denfert Rochereau (75014)

Rapport n° A81043/vA

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

**Annexe 1 : Tableau de synthèse des prestations
codifiées selon la norme NF X31-620**

(1 page)

Norme NF X31-620 - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués

Codification des prestations :

Domaine A : Etudes, assistance et Contrôles - Domaine B : Ingénierie des Travaux de Réhabilitation

v1-19/12/11 DR

Code	Prestation	Prestation(s) Antea Group	Code	Prestation	Prestation(s) Antea Group
DOMAINE A			Evaluation des impacts sur les enjeux à protéger		
Offres globales prestations			A300	Analyses des enjeux sur les ressources en eaux	
AMO	Assistance à Maîtrise d’Ouvrage		A310	Analyses des enjeux sur les ressources environnementales	
LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthode		A320	Analyses des enjeux sanitaires	X
Eval	Audit environnemental sols et eaux lors vente/acquisition		A330	Réalisation du bilan coûts/avantages, identification des différentes options possibles	
CPIS	Conception programme investigations et surveillance, suivi, interprétation, schéma conceptuel, bilan quadriennal		Autres compétences		
PG	Plan de Gestion		A400	Dossiers de restriction d’usage, servitudes	
IEM	Interprétation de l’Etat des Milieux		DOMAINE B		
CONT	Contrôles mise en œuvre investigations, surveillance ou mesures de gestion		Prestations élémentaires		
XPER	Expertise domaine SSP		B001	AMO – Assistance à maîtrise d’ouvrage dans la phase des travaux	
Diagnostic de l’état des milieux			B100	Etudes de conception	
A100	Visite de site		B110	Etudes de faisabilité technique et financière	
A110	Etudes historiques, documentaires et mémorielles		B111	Essais de laboratoire	
A120	Etude de vulnérabilité des milieux		B112	Essais pilote	
A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols		B120	AP – Etudes d’avant-projet	
A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines		B130	PRO – Etudes de projet	
A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments		B200	Etablissement des dossiers administratifs	
A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz des sols		B300	Maîtrise d’œuvre en phase Travaux	
A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires		B310	ACT – Assistance aux Contrats de Travaux	
A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées		B320	DET – Direction de l’Exécution des Travaux	
A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l’air ambiant et les poussières atmosphériques		B330	AOR – Assistance aux Opérations de Réception	

Annexe 2 : Localisation des investigations réalisées par Antea Group en mai-juin 2015

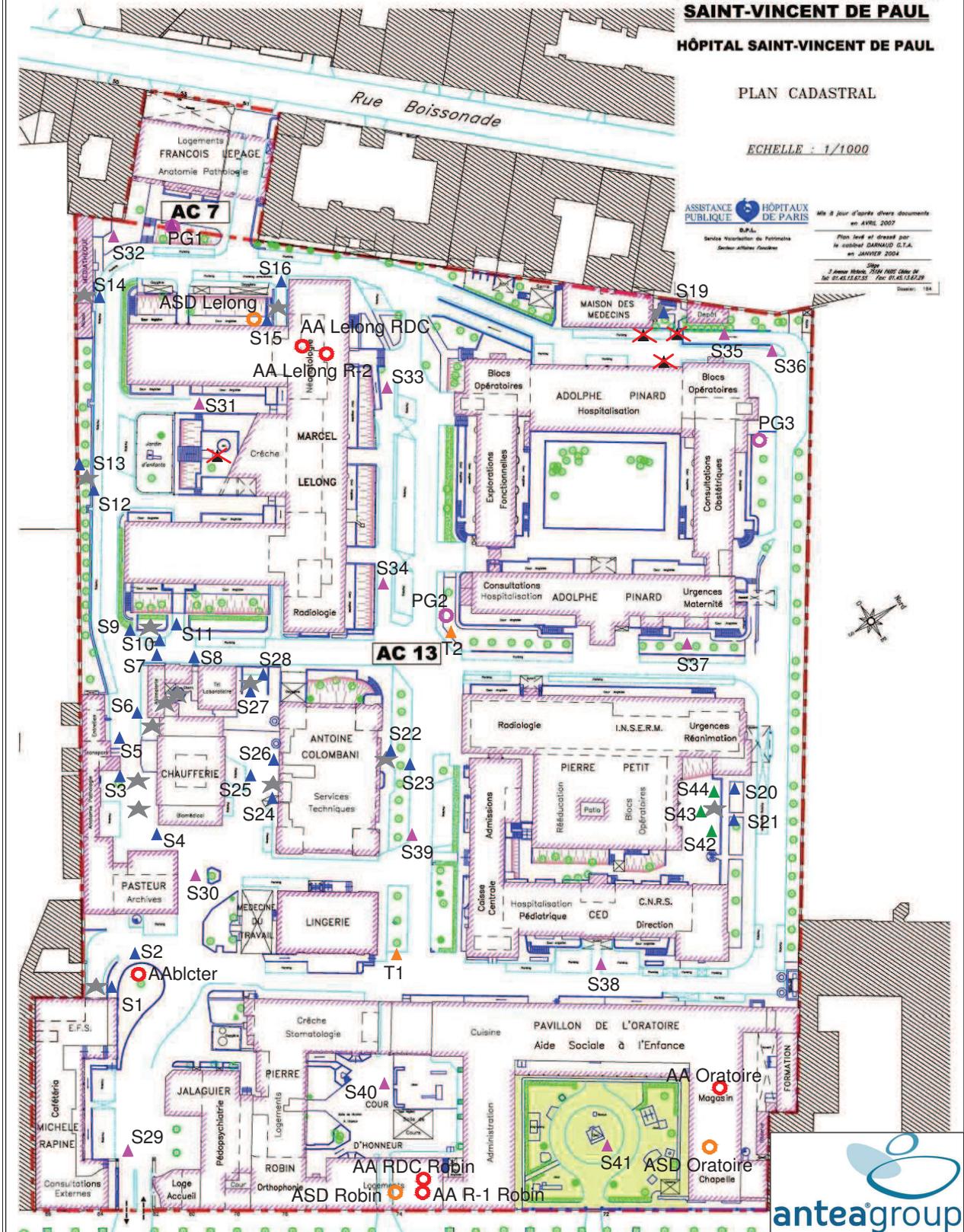
(1 page)

Groupe Hospitalier COCHIN
SAINT-VINCENT DE PAUL
HÔPITAL SAINT-VINCENT DE PAUL

PLAN CADASTRAL

ECHELLE : 1/1000

ASSISTANCE PUBLIQUE HÔPITAUX DE PARIS
 M à J de jour d'après divers documents en AVRIL 2007
 R.P.L.
 Service Maintenance de Patrimoine
 Service Affaires Foncières
 Plan basé et dressé par le cabinet DARNAUD G.T.A. en JANVIER 2004
 Date : 2. Année Révisé : 2004 P102 Clé de Site 01.45.13.67.35 Fax 01.45.13.67.29
 Dessiné : 154



Légende :

Investigations par Antea Group du 26/05/2015 au 29/05/2015:

- ▲ Sondage pour caract. des sources potentielles de pollution
- ▲ Sondage pour caract. des remblais
- ▲ Sondage témoins
- ✗ Sondages non réalisés (contraintes techniques)
- ★ Source potentielle de pollution

Investigations par Antea Group du 25/06/2015 au 30/06/2015:

- ▲ Sondage pour caract. des sources potentielles de pollution
- ▲ Sondage pour caract. des remblais
- Piézomètre gaz
- Prélèvement d'air sous dalle
- Prélèvement d'air ambiant



**Annexe 3 : Résultats d'analyses sur les sols, les gaz
du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant**

(7 pages)

INDICATEUR	INDICATEUR	INDICATEUR	Seule	V1 - Cibles	V2 - Cibles	LQ	LQ																
							S28 (R-A-1-0)	S29 (R-D-1-0)	S30 (R-2-3)	S30 (R-3-1)	S31 (R-D-1-0)	S31 (R-1-1)	S32 (R-2-3)	S33 (R-3-1)	S33 (R-1-1)	S34 (R-D-1-0)	S34 (R-1-1)	S35 (R-3-1)	S35 (R-1-1)	S36 (R-1-1)	S37 (R-1-0)		
matière sèche % matière							87,4	90,2	87,5	88,8	89,7	89,2	90,5	91,3	86,6	90,7	84,4	84,5	91,3	90,6	92,2		
COT mg/kg MS			3000																				
température pour °C																							
pH (20°C)																							
arsenic mg/kg MS	1 - 20*						-4	10	-4	-4	0,3	0,3	0,0	14	-4	11	-4	10	0,8	7,9	7,6	7,3	
cadmium mg/kg MS	0,51	1,0275	0,36				-0,2	0,36	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,4	-0,2	0,4	-0,2	0,30	-0,2	0,30	-0,2	0,2	0,2	
chrome mg/kg MS	0,2	111,875	131,875				-10	24	-10	-10	-10	15	20	31	11	22	13	40	14	14	13	21	
cuivre mg/kg MS	20	67,500	25,500				-5	82	32	33	87	7,3	12	76	-5	21	2,1	14	7,3	-5	14	10	
mercure mg/kg MS	0,20						-0,05	0,78	0,17	0,42	1,6	0,46	0,34	1,7	-0,05	0,85	0,46	0,12	-0,05	0,41	0,17	0,17	
plomb mg/kg MS	10,0	131,250	50,000				-10	170	14	76	100	17	36	170	14	40	20	14	10	-10	41	33	
nickel mg/kg MS	10,0	10,0	10,0				-3	18	3,2	3,7	8,8	5,6	11	8	2,6	14	4,3	18	4,2	4,7	5,4	10	
zinc mg/kg MS	80	165,000	164,000				-20	200	35	36	33	50	29	500	28	72	55	53	-20	-20	35	65	
benzène mg/kg MS				0,05	0,3	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	0,07	
toluène mg/kg MS				2,5	6	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	
éthylbenzène mg/kg MS				2,5	6	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	
ortho-xylène mg/kg MS				2,5	6	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	
para- et meta-xylène mg/kg MS				2,5	6	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	
styrène mg/kg MS				2,5	6	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	
STEX total mg/kg MS				6		-0,2	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	
naphthalène mg/kg MS				0,05	1,5	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,00	-0,02	-0,02	0,04	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
acénaphtylène mg/kg MS						-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,07	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
fluoranthène mg/kg MS						-0,02	0,04	-0,02	0,00	0,01	0,04	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
fluorène mg/kg MS						-0,02	0,02	-0,02	0,00	0,00	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
phénanthrène mg/kg MS						-0,02	0,03	-0,02	1,1	0,3	0,36	-0,02	0,16	0,19	-0,02	0,28	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,07	
anthracène mg/kg MS						-0,02	0,08	-0,02	0,19	1,5	0,08	-0,02	0,04	0,04	-0,02	0,07	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
fluoranthène mg/kg MS						-0,02	1,8	-0,02	1,7	6,1	0,36	-0,02	0,35	0,42	-0,02	0,79	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,14	
pyrène mg/kg MS						-0,02	1,4	-0,02	2,3	6,6	0,30	-0,02	0,28	0,34	-0,02	0,84	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,11	
benz[a]anthracène mg/kg MS						-0,02	0,77	-0,02	0,66	2,9	0,13	-0,02	0,20	0,25	-0,02	0,33	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,06	
chrysenes mg/kg MS						-0,02	0,82	-0,02	0,83	2,3	0,11	-0,02	0,18	0,20	-0,02	0,30	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,06	
benz[e]fluoranthène mg/kg MS						-0,02	1,4	-0,02	0,0	0,6	0,16	-0,02	0,24	0,27	-0,02	0,32	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,10	
benz[k]fluoranthène mg/kg MS						-0,02	0,80	-0,02	0,36	1,1	0,07	-0,02	0,15	0,12	-0,02	0,14	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,04	
benz[a]pyrène mg/kg MS						-0,02	1,7	-0,02	0,80	2,3	0,14	-0,02	0,24	0,21	-0,02	0,24	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,08	
benz[ghi]perylene mg/kg MS						-0,02	0,17	-0,02	0,10	0,38	0,03	-0,02	0,05	0,03	-0,02	0,04	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
benz[ghi]perylene mg/kg MS						-0,02	0,75	-0,02	0,38	1,1	0,11	-0,02	0,20	0,15	-0,02	0,14	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,06	
indol[1,2,3-cd]pyrène mg/kg MS						-0,02	0,80	-0,02	0,43	1,1	0,11	-0,02	0,21	0,15	-0,02	0,16	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,06	
Somme des HAP mg/kg MS						-0,2	7,8	-0,20	6,1	24	1,7	-0,20	1,8	1,7	-0,20	2,4	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,37	
Somme des HAP mg/kg MS						-0,30	10	-0,30	8,3	33	2,4	-0,30	2,4	2,3	-0,30	3,5	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	0,70	
1,4-dichlorobenzène mg/kg MS				0,3	2	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	
1,2-dichlorobenzène mg/kg MS						-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	
trichlorobenzène mg/kg MS						-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
1,2-dichloroéthane mg/kg MS						-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	
1,1-dichloroéthane mg/kg MS						-0,1	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	
1,1,1-trichloroéthane mg/kg MS				0,2	1	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
1,1,1-trichloroéthane mg/kg MS						-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
1,1,1-trichloroéthane mg/kg MS				0,9	5	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,06	
chlorobenzène mg/kg MS						-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
chlorure de vinyle mg/kg MS				0,3	1,5	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	
hexachlorocyclopentadiène mg/kg MS						-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	
transformation mg/kg MS						-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	
PCB 28 mg/kg MS						-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
PCB 52 mg/kg MS						-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
PCB 101 mg/kg MS						-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
PCB 118 mg/kg MS						-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
PCB 128 mg/kg MS						-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
PCB 153 mg/kg MS						-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
PCB 180 mg/kg MS						-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
PCB toxics (7) mg/kg MS				1000		-7	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	
hexacon C6-C8 mg/kg MS						-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	
hexacon C6-C8 mg/kg MS						-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	
hexacon C8-C10 mg/kg MS						-10	-10	-10	-														

	Indicateur régional pour les métaux lourds (Source ARS/PCET RWV)	INDICIAEL (IS 56) 2008	INDICIAEL (IS 56) 2008	Seule (abaissement IS2 Année de 12/2015)	V1 - Cibles (à partir de 2012) (Référation sous couvert)	V2 - Cibles (à partir de 2012) (Référation sous couvert)	LQ	S37 (R-1)	S38 (R-0.5)	S39 (R-0.5)	S39 (R-1.5)	S40 (R-0.5-0.6)	S40 (R-1.4)	S41 (R-0.5-0.5)	S41 (R-1.2)	S42 (R-2)	S42 (R-2.5)	S43 (R-1.4)	S43 (R-2)	S44 (R-3)	S44 (R-2)	PGI (R-1)
								2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
metall. sélén. % manganèse								82.6	82.4	87.0	88.1	82.1	86.8	91.2	88.1	91.7	89.3	91.8	84.6	92.2	92.4	88.6
COI	mg/kg MS			3600				-2000	-800	2000												
température pour °C								-1	21.5	20.9												23.4
pH (SC)								-1	7.8	8.1												7.4
arsenic	mg/kg MS	1 - 20*						-1	0.7	-1	14	11	-1	7.6	0.8	0						
cadmium	mg/kg MS	0.51	1,0275	0.36				-0.2	-0.2	-0.2	0.21	-0.2	-0.2	0.46	-0.2							
chrome	mg/kg MS	0.2	111,875	131,8275				-10	16	11	14	14	15	16	17	15						
cuivre	mg/kg MS	20	67,500	25,3275				-5	15	8.3	27	26	6.8	12	22	22						
mercure	mg/kg MS	0.20						-0.05	0.28	0.14	0.15	0.43	0.10	0.31	1.4	0.88						
plomb	mg/kg MS	10.0						-10	50	100	36	82	35	30	140	110						
nickel	mg/kg MS	10.0						-1	11	5.9	11	8.4	5.5	12	9	8						
zinc	mg/kg MS	100	165,625	164,38				-20	38	44	44	57	-20	30	180	27						
benzène	mg/kg MS				0.05	0.3	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
toluène	mg/kg MS							-0.05	-0.05	-0.05	0.20	-0.05	-0.05	0.06	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
o-xylolène	mg/kg MS							-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
m-xylolène	mg/kg MS				2.5	5		-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
p-xylolène	mg/kg MS							-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
styrène	mg/kg MS							-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
BTEX tot	mg/kg MS				6			-0.2	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20
naphthalène	mg/kg MS				0.05	1.5	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
acétylnaphtalène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	
fluoranthène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	
benzofluoranthène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	
anthracène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	
fluoranthène	mg/kg MS							-0.02	0.16	0.04	0.23	0.16	0.36	-0.02	0.31	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.06
pyrène	mg/kg MS							-0.02	0.13	0.03	0.18	0.13	0.30	-0.02	0.24	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.03
benz[a]anthracène	mg/kg MS							-0.02	0.07	0.02	0.13	0.06	0.19	-0.02	0.17	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.03
chrysenes	mg/kg MS							-0.02	0.06	0.02	0.11	0.08	0.17	-0.02	0.17	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.03
benz[ghi]perylene	mg/kg MS							-0.02	0.07	0.04	0.16	0.12	0.22	-0.02	0.3	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.06
benz[flu]anthracène	mg/kg MS							-0.02	0.03	-0.02	0.06	0.05	0.10	-0.02	0.13	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.03
benz[ghi]perylene	mg/kg MS							-0.02	0.06	0.03	0.12	0.10	0.17	-0.02	0.23	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.04
benz[de]fluoranthène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	
benz[ghi]perylene	mg/kg MS							-0.02	0.04	0.03	0.07	0.06	0.10	-0.02	0.19	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.03
Indice 1,2,4-trinitrophenol	mg/kg MS							-0.02	0.04	0.03	0.06	0.07	0.11	-0.02	0.18	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.04
Somme des HAP	mg/kg MS							-0.2	0.60	-0.20	0.90	0.67	1.5	-0.20	1.5	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	0.20
Somme des HAP	mg/kg MS				50			-0.30	0.82	-0.32	1.3	0.99	2.1	-0.32	2.1	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	-0.32	0.4
1,2-dichlorobenzène	mg/kg MS				0.3	2	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
1,4-dichlorobenzène	mg/kg MS							-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
1,2-dichlorobenzène	mg/kg MS							-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
1,3-dichlorobenzène	mg/kg MS							-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
1,4-dichlorobenzène	mg/kg MS				0.2	1	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,2-dichlorobenzène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,1-trichlorobenzène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,2-trichlorobenzène	mg/kg MS				0.9	5	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,1-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,2-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,1-trichloroéthylène	mg/kg MS				0.3	1.5	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,2-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,1-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,2-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,1-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,2-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,1-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,2-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,1-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,2-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,1-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,2-trichloroéthylène	mg/kg MS							-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
1,1,1-trichloroéthylène	mg/kg MS</																					

Description échantillon	Air ambiant intérieur	Valeur de gestion et intérieur HCSP		Valeur guide qualité air intérieur AFSSET (VGA) chronique			AA BATER TCA		AA BATER Hg mes		AA BATER Hg cont		ASD Robin TCA		ASD Robin Hg mes		ASD Robin Hg cont		AA Robin SS TCA		AA Robin SS Hg mes		AA Robin SS Hg cont		AA Robin RDC TCA		AA Robin RDC Hg mes		AA Robin RDC Hg cont		ASD Lelong TCA		ASD Lelong Hg mes		ASD Lelong Hg cont		AA Lelong R-2 TCA		AA Lelong R-2 Hg mes		AA Lelong R-2 Hg cont		AA3 TCA LEZARD RDC	
		OMI 25ans percute	Valeur repère	Valeur cible	Long terme	Long terme à seuil	Long terme sans seuil	241	241	241	66.5	67	67	234	234	234	239	239.5	239.5	62	62	62	241.5	241.2	241.2	241.5	241.5	241.5	241.5	62	62	62	241.5	241.2	241.2	241.5	241.2	241.2	241.5	241.2	241.2			
		mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³	mg m ⁻³		
METALUX																																												
benzène	mg m ⁻³	0.002	0.005	0.002	0.01	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001			
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS																																												
benzène	mg m ⁻³	0.002	0.005	0.002	0.01	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001			
toluène	mg m ⁻³	0.028					0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004			
éthylbenzène	mg m ⁻³	0.05					0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005			
ortho-xylène	mg m ⁻³	0.0146					0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003			
para-et m-xylène	mg m ⁻³	0.007					0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002			
styrène	mg m ⁻³	0.0012					0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002			
BTEX total	mg m ⁻³		0.01		0.01		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003			
naphtalène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS ZONE DE CONTROLE																																												
benzène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
toluène	mg m ⁻³						0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004			
éthylbenzène	mg m ⁻³						0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005		0.005			
ortho-xylène	mg m ⁻³						0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003			
para-et m-xylène	mg m ⁻³						0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002		0.002			
styrène	mg m ⁻³						0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002		0.0002			
BTEX total	mg m ⁻³						0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003		0.003			
naphtalène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS																																												
1,2-dichloroéthane	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1-dichloroéthane	mg m ⁻³						0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004			
1,2-dichlorobenzène	mg m ⁻³						0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004		0.004			
1,1,1-trichloroéthane	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,2-trichloroéthane	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,1-trichlorobenzène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,2-trichlorobenzène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,1-trichloroéthylène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,2-trichloroéthylène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,1-trichloroéthylène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,2-trichloroéthylène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,1-trichloroéthylène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,2-trichloroéthylène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001		0.001			
1,1,1-trichloroéthylène	mg m ⁻³						0.001		0.001		0.001		0.001																															

Annexe 4 : Paramètres toxicologiques et physico-chimiques

(4 pages)

Valeurs toxicologiques

Numéro CAS	Dénomination	Paramètre	Valeur adultes	Valeur Enfants	Organe cible	Année	Commentaire	Transposition	Nom source d'info	Valeur retenue
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	ERU Inhalation ((mg/m ³)-1)	0.023	0.023		2001		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	oui
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]		0.0053	0.0053		2004		non	OEHHA	
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]		0.00034	0.00034		1999		non	Health Canada	
91-20-3	Naphtalène		0.0056	0.0056		2013		non	ANSES	oui
91-20-3	Naphtalène		0.0011	0.0011		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	
91-20-3	Naphtalène		0.034	0.034		2005		non	OEHHA	
100-41-4	Ethylbenzène		0.0025	0.0025		2008		non	OEHHA	oui
127-18-4	Tétrachloroéthène		0.00026	0.00026		2011		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	oui
127-18-4	Tétrachloroéthène		0.0059	0.0059		2004		non	OEHHA	
127-18-4	Tétrachloroéthène						ERU non pertinent VTR couvre les effets cancérogène		ANSES	

Valeurs cancérigènes

Numéro CAS	Dénomination	Paramètre	Valeur adultes	Valeur Enfants	Facteur d'incertitude	Organe cible	Année	Transposition	Nom source d'info	Valeur par défaut	Valeur retenue
Aliph-13-16	Aliphatique C>12-C16	DJT Inhalation (mg/m3)	1	1		Modifications hépatiques et hématologiques	1999	non	RIVM*	VRAI	oui
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	DJT Inhalation (mg/m3)	0.063	0.063		Néphrotoxicité	2008	non	ANSES	VRAI	oui
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	DJT Inhalation (mg/m3)	0.0976	0.0976	100	Hépatotoxicité (homme)	1997	non	ATSDR	FAUX	
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	DJT Inhalation (mg/m3)	9.8	9.8		Hépatotoxicité (chien)	1999	non	Health Canada	FAUX	
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	DJT Inhalation (mg/m3)	0.1	0.1	1000	Hépatotoxicité (rat)	2000	non	RIVM*	FAUX	
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	DJT Inhalation (mg/m3)	0.3	0.3	300	Hépatotoxicité, néphrotoxicité (rat)	2003	non	OEHHA	FAUX	
91-20-3	Naphthalène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.037	0.037		Epithélium respiratoire et olfactif	2013	non	ANSES	VRAI	oui
91-20-3	Naphthalène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.003	0.003	3000	Toxicité appareil respiratoire supérieur (souris)	1998	non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	FAUX	
91-20-3	Naphthalène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.00366	0.00366	300	Toxicité appareil respiratoire sup (rat, souris)	2003	non	ATSDR	FAUX	
91-20-3	Naphthalène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.009	0.009	1000	Toxicité respiratoire (souris)	2003	non	OEHHA	FAUX	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	3	3		Neurotoxicité	2010	non	ANSES	VRAI	oui
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	5	5	10	Neurotoxicité (homme)	2005	non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	FAUX	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.3	0.3	100	Perte d'acuité visuelle (homme)	2000	non	ATSDR	FAUX	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	3.8	3.8	10	Neurotoxicité centrale (homme)	1991	non	Health Canada	FAUX	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.4	0.4	300	Neurotoxicité centrale (homme)	1999	non	RIVM*	FAUX	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.3	0.3	300	Neurotoxicité (rat)	2003	non	OEHHA	FAUX	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.1	0.1	300	Perte de la coordination motrice (rat)	2003	non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	FAUX	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.217	0.217	300	Neurotoxicité, pneumotoxicité (homme)	2007	non	ATSDR	VRAI	oui
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.18	0.18	1000	Foetotoxique (rat)	1991	non	Health Canada	FAUX	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.87	0.87	1000	Atteintes du développement (rat)	1999	non	RIVM*	FAUX	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.7	0.7	10	Toxicité respiratoire (homme)	2003	non	OEHHA	FAUX	
100-41-4	Ethylbenzène	DJT Inhalation (mg/m3)	1	1	300	Atteintes du développement (rat, lapin)	1991	non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	FAUX	

Numéro CAS	Dénomination	Paramètre	Valeur adultes	Valeur Enfants	Facteur d'incertitude	Organe cible	Année	Transposition	Nom source d'info	Valeur par défaut	Valeur retenue
100-41-4	Ethylbenzène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.26	0.26	300	Néphrotoxicité	2006	non	ATSDR	VRAI	oui
100-41-4	Ethylbenzène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.77	0.77	100	Hépatotoxicité et néphrotoxicité (rat, souris)	2000	non	RIVM*	FAUX	
100-41-4	Ethylbenzène	DJT Inhalation (mg/m3)	2	2	30	Hépatotoxicité, néphrotoxicité (rat, souris)	2003	non	OEHHA	FAUX	
127-18-4	Tétrachloroéthène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.04	0.04	1000	Neurotoxicité (homme)	2011	non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	FAUX	
127-18-4	Tétrachloroéthène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.27	0.27	100	Neurotoxicité (rat)	1997	non	ATSDR	FAUX	
127-18-4	Tétrachloroéthène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.36	0.36	1000	Multiple (souris)	1992	non	Health Canada	FAUX	
127-18-4	Tétrachloroéthène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.25	0.25	100	Néphrotoxicité (travailleurs)	1999	non	RIVM*	FAUX	
127-18-4	Tétrachloroéthène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.035	0.035		Néphrotoxicité et hépatotoxicité (rat)	2003	non	OEHHA	FAUX	
127-18-4	Tétrachloroéthène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.2	0.2			2006	non	Organisation Mondiale de la Santé (OMS)	VRAI	oui
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	3	3		Neurotoxicité	2010	non	ANSES	VRAI	oui
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	5	5	10	Neurotoxicité (homme)	2005	non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	FAUX	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.3	0.3	100	Perte d'acuité visuelle (homme)	2000	non	ATSDR	FAUX	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	3.8	3.8	10	Neurotoxicité centrale (homme)	1991	non	Health Canada	FAUX	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.4	0.4	300	Neurotoxicité centrale (homme)	1999	non	RIVM*	FAUX	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.3	0.3	300	Neurotoxicité(rat)	2003	non	OEHHA	FAUX	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.1	0.1	300	Perte de la coordination motrice (rat)	2003	non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	FAUX	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.217	0.217	300	Neurotoxicité, pneumotoxicité (homme)	2007	non	ATSDR	VRAI	oui
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.18	0.18	1000	Foetotoxique (rat)	1991	non	Health Canada	FAUX	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.87	0.87	1000	Atteintes du développement (rat)	1999	non	RIVM*	FAUX	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.7	0.7	10	Toxicité respiratoire (homme)	2003	non	OEHHA	FAUX	

* Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM; National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands)

Paramètres physico-chimiques

Numéro Cas	Dénomination	Coefficient de partition carbone organique (Koc) (l/kg)	Constante de Henry (l)	Diffusion dans l'air (cm ² /s)	Diffusion dans l'eau (cm ² /s)	Solubilité (mg/l)
Aliph-13-16	Aliphatique C>12-C16	5011873 (6)	520 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	0.0007 (6)
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	60 (1)	0.074 (5)	0.104 (1)	0.00001 (1)	8200 (1)
91-20-3	Naphthalène	1250 (1)	0.0208 (1)	0.054 (1)	0.0000072 (1)	31.8 (1)
108-88-3	Toluène	100 (1)	0.16397 (5)	0.087 (1)	0.0000086 (1)	515 (1)
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	240 (6)	0.29 (9)	0.0722 (8)	8.87E-06 (8)	175 (1)

Annexe 5 : Equations des expositions aux risques

(7 pages)

SCENARIO INHALATION DE VAPEURS EN INTERIEUR SANS SOUS SOL

Les formules exposées ici sont essentiellement tirées de : « User's guide for the **Johnson and Ettinger** (1991/2003) model for subsurface vapor intrusion into buildings », préparé par Environmental Quality Management, Inc., pour E.H. Pechan & Associates, Inc. (U.S. Environmental Protection Agency), septembre 1997. Elles proviennent principalement du chapitre 2-5 : « The infinite source solution to convective and diffusive transport ».

➤ Le transport de pollution de l'air du sol vers l'air confiné dans un bâtiment est donné par la formule suivante :

$$C_{\text{air confiné}} = \alpha \cdot C_{\text{air sol}}$$

où : $C_{\text{air confiné}}$ est la concentration dans l'air des bâtiments, pour la substance considérée (mg/m³) ;

c' est la **concentration au point d'exposition C_PE** : $C_{\text{air confiné}} = C_{\text{PE}}$

$C_{\text{air sol}}$ est la concentration dans l'air du sol, pour la substance considérée (mg/m³) ;

α est le coefficient d'atténuation (sans dimension).

Sous l'hypothèse que le transport de masse est permanent (source infinie, transport convectif et diffusif), Johnson et Ettinger (1991/2003) donnent la formule suivante pour le coefficient d'atténuation α :

$$\alpha = \frac{\left(\frac{Deff_{-sol} \times A_b}{Q_{bat} \times L_s} \right) \cdot \exp\left(\frac{Q_{sol} \times ep - F}{Deff_{-sol} \times A_{crack}} \right)}{\exp\left(\frac{Q_{sol} \times ep - F}{Deff_{-sol} \times A_{crack}} \right) + \left(\frac{Deff_{-sol} \times A_b}{Q_{bat} \times L_s} \right) + \left(\frac{Deff_{-sol} \times A_b}{Q_{sol} \times L_s} \right) \cdot \left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times ep - F}{Deff_{-sol} \times A_{crack}} \right) - 1 \right]}$$

[Equation 13 du User's guide Johnson & Ettinger]

où : $Deff_{-sol}$ est le coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m²/s) (calcul présenté ci-après) ;

A_b est la surface de l'espace fermé (m²) (calcul présenté ci-après) ;

Q_{bat} est le taux de ventilation du bâtiment (m³/s) (calcul présenté ci-après) ;

L_s est la profondeur qui sépare le bâtiment de la source (m) ;

Q_{sol} est le flux de gaz du sol pénétrant dans le bâtiment (m^3/s) (calcul présenté

ci-après);

ep_F est l'épaisseur des fondations (m) ;

A_{crack} est la surface des fissures totales (m^2) (calcul présenté ci-après) ;

$Deff_F$ est le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m^2/s) (supposé être équivalent au coefficient effectif de la couche du sol en contact avec le bâtiment) (calcul présenté ci-après).

Les étapes intermédiaires de calcul, nécessaires à la mise en œuvre de cette formule, sont détaillées ci-dessous :

Les expressions pour les deux termes Q_{bat} et Q_{sol} sont les suivantes :

$$Q_{bat} = long_b \times larg_b \times haut_b \times tra_b$$

[Equation 14 du User's guide Johnson & Ettinger]

$$Q_{sol} = \frac{2 \times \pi \times delta_P \times k_v \times X_F}{\mu \times \ln\left(\frac{2 \times prof_F}{r_{crack}}\right)}$$

[Equation 15 du User's guide Johnson & Ettinger]

où : $long_b$, $larg_b$ et $haut_b$ sont respectivement les longueur, largeur et hauteur du bâtiment (m) ;

tra_b est le taux de renouvellement de l'air dans le bâtiment (s^{-1}) ;

$delta_P$ est le gradient de pression entre la surface du sol et l'espace clos ($g/cm-s^2$) ;

k_v est la perméabilité du sol au flux de vapeur, spécifique du sol (m^2) ;

X_F est le périmètre de jonction sol-mur, c'est-à-dire le périmètre intérieur du bâtiment (m) ;

μ est la viscosité de l'air ($g/cm-s$) ;

$prof_F$ est la profondeur des fissures sous le rez-de-chaussée (m) ;

r_{crack} est le rayon équivalent des fissures (m).

Avec :

$$A_b = long_b \times larg_b$$

$$X_F = 2 \times (larg_b + long_b)$$

$$A_{crack} = r_{crack} \times X_F$$

[Equation 16 du User's guide Johnson & Ettinger]

Ceci permet de définir η :

η est la fraction de surface occupée par les fissures dans le dallage (sans dimension).

- Notons que nous avons retenu, pour la mise en œuvre du modèle, une seule couche de sol.

$$Deff_sol = D_{air} \cdot \frac{\theta_{a,i}^{3,33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \cdot \frac{\theta_{e,s}^{3,33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2}$$

[1^{ère} équation A13 du Tier 2 de RBCA ou Equation 11 du User's Guide Johnson & Ettinger]

$$Deff_F = D_{air} \cdot \frac{\theta_{a,F}^{3,33}}{(\theta_{a,F} + \theta_{e,F})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \times \frac{\theta_{e,F}^{3,33}}{(\theta_{a,F} + \theta_{e,F})^2}$$

[4^{ème} équation A13 du Tier 2 de RBCA ou Equation 6 du User's Guide Johnson & Ettinger]

- où :
- $Deff_sol$ est le coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m²/s) ;
 - $Deff_F$ est le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m²/s) ;
 - D_{air} est la diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s) ;
 - $\theta_{a,s}$ est la teneur en air de la couche de sol (sans dimension) ;
 - $\theta_{e,s}$ est la teneur en eau de la couche de sol (sans dimension) ;
 - $\theta_{a,F}$ est la teneur en air des fissures (sans dimension) ;
 - $\theta_{e,F}$ est la teneur en eau des fissures (sans dimension) ;
 - D_{eau} est la diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s) ;
 - H est la constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension) ;

- Enfin, la concentration dans l'air du sol est estimée par la formule suivante :

Pour le sol :

$$C_{air\ sol} = Min \left[\frac{H \times d_{sol} \times 1000}{\theta_{e,s} + K_{oc} \times foc \times d_{sol} + H \times \theta_{a,s}} \cdot C_{sol}; H \times S \times 1000 \right]$$

[1^{ère} partie de l'équation CM-3a de RBCA]

- où :
- $C_{air\ sol}$ est la concentration dans l'air du sol (en mg/m³) ;
 - C_{sol} est la concentration dans le sol (en mg/kg) ;
 - S est la solubilité (en mg/l) ;
 - d_{sol} est la densité du sol (en g/cm³) ;
 - K_{oc} est le coefficient de partage du carbone organique, spécifique du sol (cm³/g) ;
 - foc est la fraction de carbone organique dans le sol (sans dimension) ;
 - H est la constante de Henry (sans dimension).

N.B. : Le terme $H \times S \times 1000$ correspond à la saturation de l'air du sol, pour la substance considérée (1000 étant un coefficient servant à harmoniser les unités).

Pour la nappe :

$$C_{air\ sol} = H \times C_{nappe} \times 1000$$

[Equation 15 du User's guide Johnson & Ettinger]

- où :
- $C_{air\ sol}$ est la concentration dans l'air du sol (mg/m³) ;
 - C_{nappe} est la concentration dans la nappe (mg/l) ;
 - H est la constante de Henry (sans dimension).

SCENARIO INHALATION DE VAPEURS EN INTERIEUR AVEC SOUS SOL

Deux transferts ont été modélisés : transfert du sol au sous-sol et transfert du sous-sol au rez-de-chaussée. Nous avons donc réparti le gradient de pression qui existe entre la surface du sol et l'espace clos entre ces deux transferts (moitié du gradient de pression pour chaque transfert).

➤ Le transfert de pollution de l'air du sol vers l'air confiné du sous-sol est donné par le modèle de Johnson et Ettinger (cf. Scénario inhalation de vapeurs en intérieur sans sous-sol).

Il permet de calculer C_{air_ssol} , qui est la concentration dans l'air au sous-sol, c'est-à-dire la **concentration au point d'exposition dans le sous-sol**.

➤ Le transport de pollution de l'air confiné du sous-sol vers l'air du rez-de-chaussée est donné par la formule suivante :

$$C_{air_rdc} = FA_{ssol-rdc} \cdot C_{air_ssol}$$

où : $FA_{ssol-rdc}$ est le facteur d'atténuation de la concentration entre l'air du sous-sol et l'air au rez-de-chaussée (sans dimension) (calcul présenté ci-après) ;

C_{air_rdc} est la concentration dans l'air au rez-de-chaussée (mg/m^3) ;

c'est la **concentration au point d'exposition au rez-de-chaussée** C_{PE} : $C_{air_rdc} = C_{PE}$

C_{air_ssol} est la concentration dans l'air au sous-sol (mg/m^3).

La formule d'obtention du facteur d'atténuation $FA_{ssol-rdc}$ précisée ci-dessous est une adaptation de l'équation (2) (en supposant que la concentration dans la cave est partout identique) :

$$FA_{ssol-rdc} = \frac{\exp\left(\frac{Q_{ssol_rdc} \times ep_F_2}{Deff_F \times A_{crack_2}}\right)}{1 + \frac{Q_{rdc}}{Q_{ssol_rdc}} \cdot \left[\exp\left(\frac{Q_{ssol_rdc} \times ep_F_2}{Deff_F \times A_{crack_2}}\right) - 1 \right]}$$

[Equations 73 et 78 du guide VOLASOIL]

où : Q_{ssol_rdc} est le débit volumétrique de gaz du sous-sol (m^3/s) (calcul présenté ci-après) ;

ep_F_2 est l'épaisseur du plancher entre le sous-sol et le sol (m) ;

A_{crack_2} est la surface des fissures totales de l'appartement (m^2) (calcul présenté ci-après) ;

D_{eff_F} est le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m²/s) (calcul présenté ci-après) ;

Q_{rdc} est le débit de ventilation dans l'appartement (m³/s) (calcul présenté ci-après).

Les expressions pour les deux termes Q_{rdc} et Q_{ssol} sont les suivantes :

$$Q_{rdc} = long_b \times larg_b \times haut_b \times tra_b$$

$$Q_{ssol} = long_b \times larg_b \times haut_ssol \times tra_ssol$$

[Equation 14 du User's guide Johnson & Ettinger]

où : $long_b$, $larg_b$ et $haut_b$ sont respectivement les longueur, largeur et hauteur du bâtiment (m) ;

$haut_ssol$ est la hauteur du sous-sol (m) ;

tra_b est le taux de renouvellement de l'air au rez-de-chaussée (s⁻¹) ;

tra_ssol est le taux de renouvellement de l'air au sous-sol (s⁻¹).

➤ La relation permettant de définir le taux volumétrique de gaz entrant au rez-de-chaussée, est issue du modèle VOLASOIL : the VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds (M.F.W. Waitz, J.I. Freijer, P. Kreule, F.A. Swartjes), du RIVM (National Institute for Health and the Environment), 1996, report n°715810014. Le schéma retenu est : tubes tortueux de rayon uniforme.

$$Q_{ssol-rdc} = long_b \times larg_b \times \frac{dens_F \times \pi \times r_{eq}^4}{8 \times \mu \times tau \times ep_F _2} \times delta_P2$$

[Equation 71 du guide VOLASOIL]

Avec : $delta_P2$ est le gradient de pression entre le sous_sol et le rez-de-chaussée (g/cm-s²) (i.e. la moitié du gradient de pression entre la surface du sol et l'espace clos) ;

$dens_F$ est la densité de fissures (m⁻²) ;

μ est la viscosité de l'air (g/cm.s) ;

tau est la tortuosité (-) ;

r_{eq} est le rayon équivalent des fissures (m) (calcul présenté ci-après).

Ce dernier se calcule de la manière suivante :

$$r_{eq} = \sqrt{\frac{fof}{dens_F \times \pi}}$$

[Equation 69 du guide VOLASOIL]

où : θ_{fof} est la fraction de surface occupée par les fissures entre le sous-sol et le rez-de-chaussée (sans dimension).

Et :

$$A_{crack} - 2 = A_b$$

[Equation 68 du guide VOLASOIL]

➤ Enfin, le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures se calcule à partir de la relation suivante :

$$D_{eff_F} = D_{air} \cdot \frac{\theta_{a,F}^{3.33}}{(\theta_{a,F} + \theta_{e,F})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \times \frac{\theta_{e,F}^{3.33}}{(\theta_{a,F} + \theta_{e,F})^2}$$

[4^{ème} équation A13 du Tier 2 de RBCA ou Equation 6 du User's Guide Johnson & Ettinger]

où : D_{eff_F} est le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m²/s) ;
 D_{air} est la diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s) ;
 $\theta_{a,F}$ est la teneur en air des fissures (sans dimension) ;
 $\theta_{e,F}$ est la teneur en eau des fissures (sans dimension) ;
 D_{eau} est la diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s) ;
H est la constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension) ;

Annexe 6 : Feuilles des calculs au point d'exposition

(4 pages)

Zone du bâtiment Pinard scénario A/B

Paramètres de calcul	Valeur	Unités	Justification
Masse volumique du sol	1.7	g/cm3	BP RISC
Différentiel de pression entre sol et ss-sol / vs	20	g/cm.s2	Valeur du modèle JOHNSON ET ETTINGER
Différentiel de pression entre ss-sol/vs et rdc	20	g/cm.s2	Valeur du modèle JOHNSON ET ETTINGER
Densité de fissures	0.2	m-2	Hypothèse du modèle VOLASOIL
Épaisseur des fissures de la dalle	0.1	m	
Épaisseur de la dalle entre le ss-sol/vs et le sol	0.2	m	
Fraction de carbone organique	0.002	-	
Frac.de surf. occ. par fiss. entre ss-sol et rdc	1E-05	-	
Hauteur du bâtiment	2.5	m	
Hauteur du sous-sol	2.5	m	
Perméabilité à l'air	9.91E-12	m2	
Largeur du bâtiment	8	m	
Longueur du bâtiment	8	m	
Profondeur des fissures	2.7	m	
Rayon équivalent des fissures	0.001	m	Méthode de calcul Johnson-Ettinger
Tortuosité	1	-	Hypothèse du modèle VOLASOIL
Teneur en air des fissures	0.321		Valeur bibliographique
Teneur en air du sol	0.321		
Teneur en eau des fissures	0.054		Valeur bibliographique
Teneur en eau du sol	0.054		
Taux de renouvellement d'air du rez-de-chaussée	0.000138	/s	Valeur du modèle RBCA
Taux de renouvellement d'air du sous-sol	0.000138	/s	Valeur du modèle RBCA

Paramètres d'exposition	Valeur	Unités	Justification
Durée d'exposition (adultes)	40	ans	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Durée d'exposition (enfants)	4	ans	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition (adultes)	73	j/an	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition (enfants)	73	j/an	
Fréquence d'exposition dans le sous-sol adultes	9	j/an	
Fréquence d'exposition dans le sous-sol (enfants)	9	j/an	

Liste des substances	Dénomination	Type	Effet	Milieu	Concentration de la source	Unité	Profondeur de la source (m)	Concentration au point d'exposition
Aliph-13-16	Aliphatique C>12-C16	Aliphatiques	Toxique	Air	0.1017	mg/m3	0.1	1.1900E-04
108-88-3	Toluène	BTEX ou CAV	Toxique	Air	0.0128	mg/m3	0.1	1.4921E-05
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	BTEX ou CAV	Toxique	Air	0.0183	mg/m3	0.1	2.1208E-05

Id Produit	Nom produit	Milieu	C air du sol (mg/m3)	C PE	C PE2	QD Ad	QD Enf	ERI Ad	ERI Enf	ERI total
Aliph-13-16	Aliphatique C>12-C16	Air	0.1017	1.1900E-04	7.8421E-06	4.5026E-06	4.5026E-06			
108-88-3	Toluène	Air	0.0128	1.4921E-05	9.8335E-07	1.8820E-07	1.8820E-07			
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Air	0.0183	2.1208E-05	1.3977E-06	3.6981E-06	3.6981E-06			

Zone du bâtiment Pinard scénario C

Paramètres de calcul	Valeur	Unités	Justification
Masse volumique du sol	1.7	g/cm3	BP RISC
Différentiel de pression entre sol et ss-sol / vs	20	g/cm.s2	Valeur du modèle JOHNSON ET ETTINGER
Différentiel de pression entre ss-sol/vs et rdc	20	g/cm.s2	Valeur du modèle JOHNSON ET ETTINGER
Densité de fissures	0.2	m-2	Hypothèse du modèle VOLASOIL
Epaisseur des fissures de la dalle	0.1	m	
Epaisseur de la dalle entre le ss-sol/vs et le sol	0.2	m	
Fraction de carbone organique	0.002	-	
Frac.de surf. occ. par fiss. entre ss-sol et rdc	1E-05	-	
Hauteur du bâtiment	2.5	m	
Hauteur du sous-sol	2.5	m	
Perméabilité à l'air	5.34E-13	m2	
Largeur du bâtiment	8	m	
Longueur du bâtiment	8	m	
Profondeur des fissures	2.7	m	
Rayon équivalent des fissures	0.001	m	Méthode de calcul Johnson-Ettinger
Tortuosité	1	-	Hypothèse du modèle VOLASOIL
Teneur en air des fissures	0.284		Valeur bibliographique
Teneur en air du sol	0.284		
Teneur en eau des fissures	0.103		Valeur bibliographique
Teneur en eau du sol	0.103		
Taux de renouvellement d'air du rez-de-chaussée	0.000138	/s	Valeur du modèle RBCA
Taux de renouvellement d'air du sous-sol	0.000138	/s	Valeur du modèle RBCA

Paramètres d'exposition	Valeur	Unités	Justification
Durée d'exposition (adultes)	40	ans	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Durée d'exposition (enfants)	4	ans	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition (adultes)	73	j/an	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition (enfants)	73	j/an	
Fréquence d'exposition dans le sous-sol adultes	9	j/an	
Fréquence d'exposition dans le sous-sol (enfants)	9	j/an	

Liste des substances	Dénomination	Type	Effet	Milieu	Concentration de la source	Unité	Profondeur de la source (m)	Concentration au point d'exposition
108-88-3	Toluène	BTEX ou CAV	Toxique	Air	0.0072	mg/m3	0.1	4.6442E-07
79-01-6	Trichloroéthène	COHV	Toxique et cancérigène	Air	0.1947	mg/m3	0.1	1.2555E-05

Id Produit	Nom produit	Milieu	C air du sol (mg/m3)	C PE	C PE2	QD_Ad	QD_Enf	ERI_Ad	ERI_Enf	ERI total
108-88-3	Toluène	Air	0.0072	4.6442E-07	3.0606E-08	5.8576E-09	5.8576E-09			
79-01-6	Trichloroéthène	Air	0.1947	1.2555E-05	8.2741E-07	7.9177E-07	7.9177E-07	5.4293E-10	5.4293E-11	5.9722E-10

Zone du bâtiment Lepage

Paramètres de calcul	Valeur	Unités	Justification
Masse volumique du sol	1.7	g/cm3	BP RISC
Différentiel de pression	40	g/cm.s2	Valeur du modèle JOHNSON ET ETTINGER
Epaisseur des fissures de la dalle	0.2	m	
Fraction de carbone organique	0.002	-	
Hauteur du bâtiment	2.5	m	
Perméabilité à l'air	9.91E-12	m2	
Largeur du bâtiment	8	m	
Longueur du bâtiment	8	m	
Profondeur des fissures	0.2	m	
Rayon équivalent des fissures	0.001	m	Méthode de calcul Johnson-Ettinger
Teneur en air des fissures	0.32		Valeur bibliographique
Teneur en air du sol	0.32		
Teneur en eau des fissures	0.05		Valeur bibliographique
Teneur en eau du sol	0.05		
Taux de renouvellement d'air du bâtiment	0.000138	/s	Valeur du modèle RBCA

Paramètres d'exposition	Valeur	Unités	Justification
Durée d'exposition (adultes)	40	ans	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Durée d'exposition (enfants)	4	ans	
Fréquence d'exposition (adultes)	73	j/an	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition (enfants)	36.6	j/an	

Liste des substances	Dénomination	Type	Effet	Milieu	Concentration de la source	Unité	Profondeur de la source (m)	Concentration au point d'exposition
Aliph-13-16	Aliphatique C>12-C16	Aliphatiques	Toxique	Air	0.2	mg/m3	0.1	6.4237E-04
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	COHV	Toxique et cancérigène	Air	0.0134	mg/m3	0.1	4.3088E-05
91-20-3	Naphthalène	HAP	Toxique et cancérigène	Air	0.0042	mg/m3	0.1	1.2728E-05
108-88-3	Toluène	BTEX ou CAV	Toxique	Air	0.0102	mg/m3	0.1	3.2381E-05
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	BTEX ou CAV	Toxique	Air	0.014	mg/m3	0.1	4.3746E-05

Id_Produit	Nom_produit	Milieu	C air du sol (mg/m3)	C_PE	C_PE2	QD_Ad	Qd_Enf	ERI_Ad	ERI_Enf	ERI total
Aliph-13-16	Aliphatique C>12-C16	Air	0.2	6.4237E-04		1.2847E-04	6.4413E-05			
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	Air	0.0134	4.3088E-05		1.3679E-04	6.8580E-05	1.1326E-07	5.6785E-09	1.1894E-07
91-20-3	Naphthalène	Air	0.0042	1.2728E-05		6.8797E-05	3.4493E-05	8.1456E-09	4.0840E-10	8.5540E-09
108-88-3	Toluène	Air	0.0102	3.2381E-05		2.1587E-06	1.0823E-06			
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Air	0.014	4.3746E-05		4.0319E-05	2.0215E-05			

Zone du bâtiment Robin

Paramètres d'exposition	Valeur	Unités	Justification
Durée d'exposition (adultes)	40	ans	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Durée d'exposition (enfants)	8	ans	
Fréquence d'exposition (adultes)	73	j/an	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition (enfants)	73	j/an	
Fréquence d'exposition dans le sous-sol adultes	9	j/an	
Fréquence d'exposition dans le sous-sol (enfants)	9	j/an	

Liste des substances	Dénomination	Type	Effet	Milieu	Concentration de la source	Unité	Profondeur de la source (m)	Concentration au point d'exposition
108-88-3	Toluène	BTEX ou CAV	Toxique	Sous-sol	0.0018	mg/m3		0.0018
108-88-3	Toluène	BTEX ou CAV	Toxique	RDC	0.0026	mg/m3	0.1	0.0026
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	BTEX ou CAV	Toxique	Sous-sol	0.0017	mg/m3		0.0017
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	BTEX ou CAV	Toxique	RDC	0.002	mg/m3	0.1	0.002

Id_Produit	Nom_produit	Milieu	air du sol (mg/m3)	C_PE	C_PE2	QD_Ad	Qd_Enf	ERI_Ad	ERI_Enf	ERI total
108-88-3	Toluène	Sous-sol		0.0018		1.4795E-05	1.4795E-05			
108-88-3	Toluène	RDC		0.0026		1.7333E-04	1.7333E-04			
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Sous-sol		0.0017		1.9317E-04	1.9317E-04			
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	RDC		0.002		1.8433E-03	1.8433E-03			

Zone du bâtiment Oratoire

Paramètres	Valeur	Unités	Justification
Durée	30	ans	INERIS - Méthode de
Durée	6	ans	INERIS - Méthode de
Fréquence d'exposition	233	j/an	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition	233	j/an	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001

Liste des substances	Dénomination	Type	Effet	Milieu	Concentration de la source	Unité	Profondeur de la source (m)	Concentration au point d'exposition
127-18-4	Tétrachloroéthène	COHV	Toxique et cancérigène	Air	0.0004	mg/m3	0.1	0.0004
108-88-3	Toluène	BTEX ou CAV	Toxique	Air	0.0024	mg/m3	0.1	0.0024
79-01-6	Trichloroéthène	COHV	Toxique et cancérigène	Air	0.0004	mg/m3	0.1	0.0004
1330-20-7	Xylène (mixture d'isomères)	BTEX ou CAV	Toxique	Air	0.0018	mg/m3	0.1	0.0018

Id Produit	Nom produit	Milieu	C air du sol (mg/m3)	C_PE	C_PE2	QD_Ad	QD_Enf	ERI_Ad	ERI_Enf	ERI total
127-18-4	Tétrachloroéthène	Air		0.0004		1.2767E-03	1.2767E-03	2.8452E-08	5.6905E-09	3.4143E-08
108-88-3	Toluène	Air		0.0024		5.1068E-04	5.1068E-04			
79-01-6	Trichloroéthène	Air		0.0004		4.2557E-04	4.2557E-04	2.1886E-07	4.3773E-08	2.6264E-07
1330-20-7	Xylène (mixture d'isomères)	Air		0.0018		5.2951E-03	5.2951E-03			

Zone du bâtiment Lelong

Paramètres d'exposition	Valeur	Unités	Justification
Durée d'exposition (adultes)	30	ans	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Durée d'exposition (enfants)	6	ans	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition (adultes)	233	j/an	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition (enfants)	233	j/an	INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001
Fréquence d'exposition dans le sous-sol adultes	15	j/an	
Fréquence d'exposition dans le sous-sol (enfants)	15	j/an	

Dénomination	Type	Effet	Milieu	Concentration de la source	Unité	Profondeur de la source (m)	Concentration au point d'exposition
Chloroforme [Trichlorométhane]	COHV	Toxique et cancérigène	Sous-sol	0.0004	mg/m3		0.0004
Chloroforme [Trichlorométhane]	COHV	Toxique et cancérigène	RDC	0.0004	mg/m3		0.0004
Ethylbenzène	BTEX ou CAV	Toxique et cancérigène	Sous-sol	0.0364	mg/m3		0.0364
Ethylbenzène	BTEX ou CAV	Toxique et cancérigène	RDC	0.0008	mg/m3		0.0008
Tétrachloroéthène	COHV	Toxique et cancérigène	Sous-sol	0.0004	mg/m3		0.0004
Toluène	BTEX ou CAV	Toxique	Sous-sol	0.0027	mg/m3		0.0027
Toluène	BTEX ou CAV	Toxique	RDC	0.0004	mg/m3		0.0004
Xylène (mixture d'isomères)	BTEX ou CAV	Toxique	Sous-sol	0.1698	mg/m3		0.1698
Xylène (mixture d'isomères)	BTEX ou CAV	Toxique	RDC	0.0012	mg/m3		0.0012

Nom produit	Milieu	C air du sol (mg/m3)	C_PE	C_PE2	QD_Ad	QD_Enf	ERI_Ad	ERI_Enf	ERI total
Chloroforme [Trichlorométhane]	Sous-sol		0.0004		2.6093E-04	2.6093E-04	1.6204E-07	3.2407E-08	1.9444E-07
Chloroforme [Trichlorométhane]	RDC		0.0004		4.0531E-03	4.0531E-03	2.5169E-06	5.0339E-07	3.0203E-06
Ethylbenzène	Sous-sol	0.0364			5.7534E-03	5.7534E-03	1.6027E-06	3.2055E-07	1.9233E-06
Ethylbenzène	RDC		0.0008		1.9642E-03	1.9642E-03	5.4716E-07	1.0943E-07	6.5659E-07
Tétrachloroéthène	Sous-sol		0.0004		8.2192E-05	8.2192E-05	1.8317E-09	3.6634E-10	2.1980E-09
Toluène	Sous-sol		0.0027		3.6986E-05	3.6986E-05			
Toluène	RDC		0.0004		8.5114E-05	8.5114E-05			
Xylène (mixture d'isomères)	Sous-sol		0.1698		3.2157E-02	3.2157E-02			
Xylène (mixture d'isomères)	RDC		0.0012		3.5301E-03	3.5301E-03			

Annexe 7 : Résultats des calculs des expositions aux risques

(4 pages)

Zone du bâtiment Pinard scénario A/B

Substances QD Adultes	Inhalation crèche avec sous-sol
Aliphatique C>12-C16 (Air)	4.50E-06
Toluène (Air)	1.88E-07
Xylene (mixture d'isomères) (Air)	3.70E-06
Somme	8.39E-06
Substances QD Enfants	Inhalation crèche avec sous-sol
Aliphatique C>12-C16 (Air)	4.50E-06
Toluène (Air)	1.88E-07
Xylene (mixture d'isomères) (Air)	3.70E-06
Somme	8.39E-06

Zone du bâtiment Pinard scénario C

Substances ERI Adultes	Inhalation crèche avec sous-sol
Trichloroéthène (Air)	5.43E-10

Substances ERI Enfants	Inhalation crèche avec sous-sol
Trichloroéthène (Air)	5.43E-11

Substances QD Adultes	Inhalation crèche avec sous-sol
Toluène (Air)	5.86E-09
Trichloroéthène (Air)	7.92E-07
Somme	7.98E-07

Substances QD Enfants	Inhalation crèche avec sous-sol
Toluène (Air)	5.86E-09
Trichloroéthène (Air)	7.92E-07
Somme	7.98E-07

Zone du bâtiment Lepage

Substances ERI Adultes	Inhalation halte garderie sans sous-sol
Chloroforme [Trichlorométhane] (Air)	1.13E-07
Naphthalène (Air)	8.15E-09
Somme	1.21E-07

Substances ERI Enfants	Inhalation halte garderie sans sous-sol
Chloroforme [Trichlorométhane] (Air)	5.68E-09
Naphthalène (Air)	4.08E-10
Somme	6.09E-09

Substances QD Adultes	Inhalation halte garderie sans sous-sol
Aliphatique C>12-C16 (Air)	1.28E-04
Chloroforme [Trichlorométhane] (Air)	1.37E-04
Naphthalène (Air)	6.88E-05
Toluène (Air)	2.16E-06
Xylene (mixture d'isomères) (Air)	4.03E-05
Somme	3.77E-04

Substances QD Enfants	Inhalation halte garderie sans sous-sol
Aliphatique C>12-C16 (Air)	6.44E-05
Chloroforme [Trichlorométhane] (Air)	6.86E-05
Naphthalène (Air)	3.45E-05
Toluène (Air)	1.08E-06
Xylene (mixture d'isomères) (Air)	2.02E-05
Somme	1.89E-04

Zone bâtiment Robin

Substances QD Adultes	Inhalation groupe scolaire avec sous- sol
Toluène (RDC)	1.73E-04
Toluène (Sous-sol)	1.48E-05
Xylene (mixture d'isomères) (RDC)	1.84E-03
Xylene (mixture d'isomères) (Sous-sol)	1.93E-04
Somme	2.22E-03

Substances QD Enfants	Inhalation groupe scolaire avec sous- sol
Toluène (RDC)	1.73E-04
Toluène (Sous-sol)	1.48E-05
Xylene (mixture d'isomères) (RDC)	1.84E-03
Xylene (mixture d'isomères) (Sous-sol)	1.93E-04
Somme	2.22E-03

Zone bâtiment Oratoire

Substances ERI Adultes	Inhalation résidentiel sans sous-sol
Tétrachloroéthène (Air)	2.85E-08
Trichloroéthène (Air)	2.19E-07
Somme	2.47E-07

Substances ERI Enfants	Inhalation Résidentiel sans sous-sol
Tétrachloroéthène (Air)	5.69E-09
Trichloroéthène (Air)	4.38E-08
Somme	4.95E-08

Substances QD Adultes	Inhalation Résidentiel sans sous-sol
Tétrachloroéthène (Air)	1.28E-03
Toluène (Air)	5.11E-04
Trichloroéthène (Air)	4.26E-04
Xylene (mixture d'isomères) (Air)	5.30E-03
Somme	7.51E-03

Substances QD Enfants	Inhalation Résidentiel sans sous-sol
Tétrachloroéthène (Air)	1.28E-03
Toluène (Air)	5.11E-04
Trichloroéthène (Air)	4.26E-04
Xylene (mixture d'isomères) (Air)	5.30E-03
Somme	7.51E-03

Zone bâtiment Lelong

Substances ERI Adultes	Inhalation résidentiel avec sous-sol
Chloroforme [Trichlorométhane] (RDC)	2.52E-06
Chloroforme [Trichlorométhane] (Sous-sol)	1.62E-07
Ethylbenzène (RDC)	5.47E-07
Ethylbenzène (Sous-sol)	1.60E-06
Tétrachloroéthène (Sous-sol)	1.83E-09
Somme	4.83E-06

Substances ERI Enfants	Inhalation résidentiel avec sous-sol
Chloroforme [Trichlorométhane] (RDC)	5.03E-07
Chloroforme [Trichlorométhane] (Sous-sol)	3.24E-08
Ethylbenzène (RDC)	1.09E-07
Ethylbenzène (Sous-sol)	3.21E-07
Tétrachloroéthène (Sous-sol)	3.66E-10
Somme	9.66E-07

Substances QD Adultes	Inhalation Résidentiel avec sous-sol
Chloroforme [Trichlorométhane] (RDC)	4.05E-03
Chloroforme [Trichlorométhane] (Sous-sol)	2.61E-04
Ethylbenzène (RDC)	1.96E-03
Ethylbenzène (Sous-sol)	5.75E-03
Tétrachloroéthène (Sous-sol)	8.22E-05
Toluène (RDC)	8.51E-05
Toluène (Sous-sol)	3.70E-05
Xylène (mixture d'isomères) (RDC)	3.53E-03
Xylène (mixture d'isomères) (Sous-sol)	3.22E-02
Somme	4.79E-02

Substances QD Enfants	Inhalation résidentiel avec sous- sol
Chloroforme [Trichlorométhane] (RDC)	4.05E-03
Chloroforme [Trichlorométhane] (Sous-sol)	2.61E-04
Ethylbenzène (RDC)	1.96E-03
Ethylbenzène (Sous-sol)	5.75E-03
Tétrachloroéthène (Sous-sol)	8.22E-05
Toluène (RDC)	8.51E-05
Toluène (Sous-sol)	3.70E-05
Xylène (mixture d'isomères) (RDC)	3.53E-03
Xylène (mixture d'isomères) (Sous-sol)	3.22E-02
Somme	4.79E-02

Annexe 8 : Discussion des incertitudes de l'ARR

(4 pages)

Discussion des incertitudes de l'ARR

L'approche de l'incertitude sert à vérifier l'éventualité de **la sur- ou sous-estimation** du risque. Effectivement, il est recommandé par le guide méthodologique de se placer plutôt dans une approche sécuritaire des calculs, sans toutefois être systématiquement pénalisant.

A - Incertitudes portant sur les concentrations utilisées

- **Choix des substances**

Les substances retenues sont les substances volatiles mesurées dans les gaz du sol et l'air ambiant à des concentrations supérieures aux limites de quantification du laboratoire (et dans certains cas la valeur de la LQ) pour chaque point de mesure et qui disposent d'une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) pour la voie d'exposition retenue.

- **Concentrations prises en compte**

Les concentrations prises en compte sont les concentrations maximales mesurées dans les gaz du sol (piézomètre gaz), ou l'air ambiant (sous-sol et rez-de-chaussée).

De plus, la limite de quantification dans le milieu pris en compte a été retenue lorsque le composé a été quantifié dans le milieu précédent.

Un calcul d'incertitude a été réalisé pour la zone du bâtiment Oratoire avec une modélisation des concentrations à partir de celles mesurées dans l'air sous dalle.

Ainsi, les concentrations retenues pour ces calculs d'incertitudes sont :

Paramètre	Concentration ASD Oratoire en mg/m ³
toluène	0,0037
xylènes	0,004
tétrachloroéthylène	0,0155
trichloroéthylène	0,006

D'après les sondages S34 et S41 réalisés à proximité de la zone du bâtiment Oratoire, les sols sont de type sablo-limoneux à sableux. Dans une approche sécuritaire, le type de sol le plus perméable, soit un sol de type sableux a été retenu pour ces calculs de risque.

Les résultats des calculs de risques sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Scénario	QD enfant	QD adultes	QD enfant	QD adultes
Oratoire	Résultats des calculs initiaux		Résultats des calculs d'incertitude	
	$7,51 \cdot 10^{-03}$	$7,51 \cdot 10^{-03}$	$2,12 \cdot 10^{-04}$	$2,12 \cdot 10^{-04}$

Quotients de Danger calculés

Scénario	ERI enfant	ERI adultes	ERI enfant	ERI adultes
Oratoire	Résultats des calculs initiaux		Résultats des calculs d'incertitude	
	$4,95 \cdot 10^{-08}$	$2,47 \cdot 10^{-07}$	$2,47 \cdot 10^{-09}$	$1,37 \cdot 10^{-08}$

Excès de Risques Individuels calculés

Les résultats montrent que les calculs réalisés avec les mesures d'air ambiant conduisent à des valeurs de risques plus élevées que celles modélisées à partir de l'air sous dalle.

- **Choix des teneurs au point d'exposition**

Incertitude sur l'échantillonnage et le prélèvement

Le plan d'échantillonnage ne garantit pas l'absence de substances potentiellement dangereuses pour la santé humaine qui n'auraient pas été analysées ou l'existence de concentrations plus élevées que celles quantifiées dans les échantillons prélevés. Le plan de reconnaissance permet toutefois de disposer d'une bonne représentativité de la qualité des milieux investigués au droit du site.

Incertitude sur l'analyse

Les incertitudes relatives à l'analyse des composés organiques peuvent atteindre quelques dizaines de %. Ainsi, un calcul d'incertitude pour le scénario le plus pénalisant (logements Lelong) en considérant des concentrations 20% plus élevées que celles mesurées ont été réalisés.

Pour ce calcul, les concentrations suivantes ont été retenues :

Zone concernée	Substance	Concentration initiales retenue mg/m ³	Concentrations testées mg/m ³
Lelong RDC	COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
	toluène	0.0004	0.00048
	éthylbenzène	0.0008	0.00096
	xylènes	0.0012	0.00144
	COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS		
	chloroforme	0.0004	0.00048
Lelong sous-sol	COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
	toluène	0.0027	0.0032
	éthylbenzène	0.0364	0.0437
	xylènes	0.1698	0.2038
	COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS		
	tétrachloroéthylène	0.0004	0.00048
	chloroforme	0.0004	0.00048

Tableau des concentrations testées sur Lelong

Les résultats des calculs d'incertitude sont donnés dans les tableaux suivants :

Scénario	QD enfant	QD adultes	QD enfant	QD adultes
Lelong	Résultats des calculs initiaux		Résultats des calculs d'incertitude	
	4,79.10 ⁻⁰²	4,79.10 ⁻⁰²	5,75.10 ⁻⁰²	5,75.10 ⁻⁰²

Quotients de Danger calculés

Scénario	ERI enfant	ERI adultes	ERI enfant	ERI adultes
Lelong	Résultats des calculs initiaux		Résultats des calculs d'incertitude	
	9,66.10 ⁻⁰⁷	4,83.10 ⁻⁰⁶	1,16.10 ⁻⁰⁷	5,80.10 ⁻⁰⁶

Excès de Risques Individuels calculés

Au regard des résultats, une incertitude analytique de 20 % n'est pas de nature à générer des valeurs de risques supérieures aux critères recommandés.

B - Incertitudes portant sur les caractéristiques des sols

- **Type de sols**

Les types de sols retenus ont été choisis d'après la nature des terrains rencontrés lors de la réalisation des piézomètres gaz et des sondages de sol dans le rapport de diagnostic des sols réalisé par Antea Group (Rapport A80530).

C - Incertitudes portant sur les caractéristiques des aménagements

- **Taux de renouvellement d'air**

Le taux de renouvellement d'air considéré dans les calculs de risques est de 0,5 vol/h et correspond à une valeur sécuritaire.

- **Présence de sous-sol**

Des calculs d'incertitudes ont été réalisés en considérant la présence d'un sous-sol dans la zone du bâtiment Oratoire.

Les concentrations inhalées au point d'exposition ont été modélisée à partir des concentrations maximales mesurées dans l'air sous dalle ASD Oratoire de l'oratoire. Ces concentrations sont présentées ci-dessous :

Paramètre	Concentration en mg/m ³
Toluène	0,0037
xylènes	0,004
tétrachloroéthylène	0,0155
trichloroéthylène	0,006

Lors des investigations, les sondages réalisés à proximité de l'oratoire (S38 et S41) mettent en évidence un sol de type sablo-limoneux à sableux. Dans une approche sécuritaire, c'est le sol le plus perméable, soit un sol sableux, qui a été retenu pour les calculs d'incertitudes.

Les paramètres d'aménagements retenus pour ce calcul sont les suivants :

Zone concernée / projet	Paramètre		Justification
Oratoire avec sous-sol	Longueur et largeur de la pièce	8mX8m	Valeur sécuritaire prise par défaut
	Hauteur du RDC	2,5 m	
	Hauteur du R-1	2,5 m	
	Epaisseur de dalle béton sol/R-1	0,2 m	
	Epaisseur de la dalle béton R-1/RDC	0,1 m	
	Taux de renouvellement d'air au RDC	0,5 vol/h	
	Taux de renouvellement d'air au R-1	0,5 vol/h	

Les résultats des calculs d'incertitudes sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Scénario	QD enfant	QD adultes	QD enfant	QD adultes
Oratoire	Résultats des calculs initiaux		Résultats des calculs d'incertitude	
	$7,51.10^{-03}$	$7,51.10^{-03}$	$5,68.10^{-06}$	$5,68.10^{-06}$

Quotients de Danger calculés

Scénario	ERI enfant	ERI adultes	ERI enfant	ERI adultes
Oratoire	Résultats des calculs initiaux		Résultats des calculs d'incertitude	
	$4,95.10^{-08}$	$2,47.10^{-07}$	$7,29.10^{-11}$	$3,65.10^{-10}$

Excès de Risques Individuels calculés

Au regard des résultats, la présence d'un sous-sol diminue les valeurs de risque d'un facteur 1000 qui restent bien inférieurs aux critères recommandés.

D – Incertitudes liées aux caractéristiques physico-chimiques

Les caractéristiques physico-chimiques sont présentées en **Annexe 4**, avec les plages d'incertitudes fournies dans la littérature consultée.

E – Incertitudes liées aux expositions

Pour la halte garderie de Lepage, et dans le cas où cet établissement serait transformé en crèche, une fréquence d'exposition plus élevée des enfants dans la halte garderie a été testée en incertitudes.

La fréquence d'exposition testée correspond à un temps de présence de 5 journées par semaine (au lieu de 5 demi-journées par semaine).

Cette augmentation de la fréquence d'exposition revient à multiplier par deux les niveaux de risques calculés initialement. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants.

Scénario	QD enfant	QD adultes	QD enfant	QD adultes
Lepage	Résultats des calculs initiaux		Résultats des calculs d'incertitude	
	$1,89.10^{-04}$	$3,77.10^{-04}$	$3,78.10^{-04}$	$7,54.10^{-04}$

Quotients de Danger calculés

Scénario	ERI enfant	ERI adultes	ERI enfant	ERI adultes
Lepage	Résultats des calculs initiaux		Résultats des calculs d'incertitude	
	$6,09.10^{-09}$	$1,21.10^{-07}$	$1,22.10^{-08}$	$2,42.10^{-07}$

Excès de Risques Individuels calculés

F - Conclusion du chapitre discussions et incertitudes

Les résultats présentés dans l'analyse des incertitudes montrent que les calculs de risques ont été effectués selon une démarche sécuritaire pour ce qui concerne la source, les aménagements et les cibles.

Les résultats de l'étude de sensibilité ne sont pas de nature à modifier les conclusions de l'ARR.



Fiche signalétique

Rapport

Titre: Analyse des Risques Résiduels dans le cadre du réaménagement du site de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul 72-86, avenue Denfert Rochereau (75014)

Numéro et indice de version : A81043/vB

Date d'envoi : 31/08/2014

Nombre de pages : 27

Diffusion (nombre et destinataires) :

2 ex. Client

1 ex. Agence

Nombre d'annexes dans le texte : 8

Nombre d'annexes en volume séparé :

Client

Coordonnées complètes:

Ville de Paris

Direction de l'urbanisme

121 avenue de France

75013 Paris

Nom et fonction de l'interlocuteur : Madame Pascale LEBEAU

Antea Group

Unité réalisatrice : Pôle Environnement, équipe Valorisation des Sites Pollués

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Interlocuteur commercial : Philippe GUEX-JORIS

Responsable de projet : Sophie FAVEREAUX

Auteur : Suzanne LE RALLE

Secrétariat : Leila MOUDKHIL

Qualité

Contrôlé par : *Sophie FAVEREAUX*

Date : 31/08/2014 - *Version B*

N° du projet : IDFP140685

Références et date de la commande : Lettre de consultation du 15/10/2014 Réf. 2014V36015730 82

Mots clés : Analyse des Risques Résiduels

Commune : Paris (XIV)

Codification NF X31-620 : A320

Diagnostic de la qualité des milieux au droit de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul (75) dans le cadre du réaménagement du site

72-86, avenue Denfert Rochereau – 75014 Paris

Juillet 2015

Rapport n° A80530/vA



Préparé pour :

MAIRIE DE PARIS 

Mairie de Paris
Direction de la Mairie de Paris
Direction de l'urbanisme BBMCG Marchés
Bureau 4.58.RF
121, avenue de France
75639 Paris Cedex 13

Contact : Pascale LEBEAU

Préparé par :


anteagroup

Direction Régionale Paris Centre Normandie
Implantation d'Arcueil
29 avenue Aristide Briand
94117 Arcueil cedex
Tél. : 01 57 63 14 00

Abréviations

AA :	Air Ambiant
AEI :	Alimentation en Eau Industrielle
AEP :	Alimentation en Eau Potable
AFSSET :	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
ASD	Air Sous Dalle
BASIAS :	Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services
BASOL :	Base de données sur les sites et Sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
B(D)SS :	Banque de Données du Sous-sol
BRGM :	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BTEX :	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
CAV :	Composés Aromatiques Volatils
CO :	Composés Organiques
COT :	Composés Organiques Totaux
COFRAC :	Comité Français d'Accréditation
COHV :	Composés Organo Halogénés Volatils
ETM :	Eléments Traces Métalliques
GIS Sol :	Groupement d'Intérêt Scientifique Sol
HAP :	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT:	Hydrocarbures Totaux
HCSP :	Haut Conseil de la Santé Publique
ICPE :	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
IGC :	Inspection Générale des Carrières
IGN :	Institut Géographique National
INDIQUASOL :	Base de données INDicateurs de la QUALité des SOLs
INRA :	Institut National de Recherche Agronomique
ISDI :	Installation de Stockage des Déchets Inertes
ISDND :	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
LQ :	Limite de Quantification
MEDDTL :	Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement
MS :	Matière Sèche
NGF :	Nivellement Général de la France
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
OQAI :	Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
PCB :	Polychlorobiphényles
POS / PLU :	Plan d'Occupation des Sols / Plan Local d'Urbanisme

PPRI :	Plan de Prévention du Risque Inondation
PG :	Piézomètre Gaz
RMQS :	Réseau de Mesure de la Qualité des Sols
S :	Sondage
TEQ :	Quantité Equivalente Toxique
TN :	Terrain Naturel
US EPA :	United States Environmental Protection Agency
VGAI :	Valeurs Guides Air Intérieur

Sommaire

	Pages
1. INTRODUCTION.....	7
1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	7
1.2. METHODOLOGIE NATIONALE	8
1.3. SOURCES D'INFORMATIONS.....	8
2. CARACTERISTIQUES DU SITE.....	10
2.1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU SITE.....	10
2.2. OCCUPATION ACTUELLE	13
2.3. PLAN LOCAL D'URBANISME (PLU) ET PLAN DE PREVENTION DU RISQUE INONDATION (PPRI)	15
2.4. INSPECTION GENERALE DES CARRIERES (IGC)	15
3. SYNTHESE DE L'ETUDE HISTORIQUE, DOCUMENTAIRE ET MEMORIELLE REALISEE EN 2014.....	16
3.1. SYNTHESE DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....	16
3.2. SYNTHESE DES DONNEES HISTORIQUES.....	19
3.3. SYNTHESE DES ACTIVITES POTENTIELLEMENT POLLUANTES RECENSEES SUR LE SITE.....	21
3.4. SYNTHESE DES RECOMMANDATIONS FAITES PAR TAUW	23
4. USAGE FUTUR DU SITE	24
5. INVESTIGATIONS REALISEES	25
5.1. PREAMBULE	25
5.2. DESCRIPTION DES INVESTIGATIONS.....	25
5.3. PRELEVEMENTS DES SOLS ET DES GAZ DU SOL	27
5.4. PROGRAMME ANALYTIQUE POUR LES SOLS.....	34
5.5. PROGRAMME ANALYTIQUE POUR LES GAZ DU SOL, L'AIR SOUS DALLE ET L'AIR AMBIANT	35
5.6. SYNTHESE DES INVESTIGATIONS REALISEES	36
6. RESULTATS D'ANALYSES.....	39
6.1. REFERENTIELS RETENUS POUR L'INTERPRETATION DES RESULTATS.....	39
6.2. RESULTATS D'ANALYSES DES SOLS	43
6.3. RESULTATS D'ANALYSES DES GAZ DU SOL	47
6.4. RESULTATS D'ANALYSES D'AIR AMBIANT ET D'AIR SOUS DALLE	48
6.5. SYNTHESE ET INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES.....	52
7. SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION	55
7.1. LES SOURCES DE POLLUTION POTENTIELLES	55
7.2. LES VECTEURS DE TRANSFERT POSSIBLES	55
8. RESUME NON TECHNIQUE, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	59
8.1. CONCLUSIONS	59
8.2. RECOMMANDATIONS	60

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond IGN (source Géoportail)	11
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude sur photographie aérienne (source Géoportail)	12
Figure 3 : Plan du site dans sa configuration actuelle (source Ville de Paris) (sans échelle)	14
Figure 4 : Plan de la chronologie d'apparition des bâtiments (Source TAUW) (sans échelle)....	20
Figure 5 : Localisation des sources potentiellement polluantes identifiées par TAUW en 2014	22
Figure 6 : Localisation en coupe des sondages au niveau de la cuve de fioul enterrée du jardin P. Petit	26
Figure 7 : Plan de localisation des investigations réalisées (sans échelle).....	32
Figure 8 : Schéma conceptuel d'exposition	58

Liste des tableaux

Tableau 1: Usage actuel de chacun des bâtiments du site	13
Tableau 2: Synthèse des sites BASIAS situés en amont hydraulique du site et dans un rayon de 500 m	18
Tableau 3 : Sources potentielles de pollution identifiées par TAUW en 2014	21
Tableau 4: Usage futur de chacun des bâtiments du site	24
Tableau 5 : Mesures <i>in situ</i> lors des prélèvements de gaz	29
Tableau 6 : Indices organoleptiques observés lors des investigations	33
Tableau 7 : Synthèse des investigations réalisées sur les sols en juin 2015	37
Tableau 8 : Synthèse des investigations réalisées sur les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant (juin 2015)	38
Tableau 9: Valeurs de référence retenues pour les métaux lourds.....	40
Tableau 10 : Seuils d'admission en ISDI selon l'Arrêté du 12 décembre 2014	41
Tableau 11 : Valeurs seuils (en mg/kg sur brut) de réutilisation hors site des terres excavées.	42
Tableau 12 : Résultats d'air sous-dalle et d'air ambiant au droit du bâtiment Robin	49
Tableau 13 : Résultats d'air sous-dalle et d'air ambiant au droit du bâtiment Lelong	50
Tableau 14 : Résultats d'air sous-dalle et d'air ambiant au droit du bâtiment Oratoire.....	51
Tableau 15 : Scénarios d'expositions potentielles pertinents (analyse des scénarios)	57

Liste des annexes

Annexe 1 : Tableau de synthèse des prestations codifiées selon la norme NF X31-620
Annexe 2 : Plan Local d'Urbanisme
Annexe 3 : Plan de localisation zones investigations préconisées par TAUW en 2014
Annexe 4 : Scénarios d'aménagement
Annexe 5 : Coordonnées GPS (X, Y) des sondages et piézaires
Annexe 6 : Coupes techniques des piézaires
Annexe 7 : Fiches de prélèvements des sols
Annexe 8 : Données Météo et Fiches de prélèvement des piézomètres gaz
Annexe 9 : Fiches de prélèvement d'air sous-dalle et d'air ambiant
Annexe 10 : Bordereaux d'analyses des sols
Annexe 11 : Tableau de synthèse des résultats d'analyses des sols
Annexe 12 : Cartographie des résultats d'analyses sur les sols
Annexe 13 : Bordereaux d'analyses des gaz du sol, air sous dalle et air ambiant

Ville de Paris

Diagnostic de la qualité des milieux au droit de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul

72-86, avenue Denfert Rochereau – Paris XIV

Rapport n° A80530/vA

Annexe 14 : Tableau de synthèse des résultats d'analyses de gaz du sol, d'air sous-dalle et d'air ambiant

Annexe 15 : Cartographie des résultats d'analyses des gaz du sol et de l'air ambiant

1. Introduction

1.1. Contexte et objectifs

La ville de Paris projette le réaménagement de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul situé à Paris dans le XIV^{ème} arrondissement. Les parcelles concernées, d'une emprise de 3,4 hectares, sont cadastrées AC7 et AC13. Elles sont situées au 72-86, avenue Denfert Rochereau à Paris (75).

Le site de l'ancien Hôpital Saint-Vincent de Paul est occupé depuis 1638 et comprend 16 bâtiments construits entre 1655 et 1996 dont certains font parti du patrimoine architectural, comme l'Oratoire. Il a connu successivement trois affectations principales :

- Un établissement destiné à l'instruction des prêtres de l'église catholique (1650-1795),
- Une maternité et un orphelinat (1795-1930),
- Un hôpital spécialisé dans les naissances, et le traitement et la prise en charges des maladies infantiles (1930-2012).

Depuis 2012, seul le bâtiment Michèle Rapine, reste en activité, occupé par une école de sages-femmes. A ce jour, le site est géré par l'association Aurore qui utilise une partie des bâtiments pour des activités provisoires, telles que l'hébergement de personnes en situation de précarité.

Une étude documentaire et historique a été menée sur le site en 2014 par TAUW. Cette étude a permis de mettre en évidence plusieurs sources potentielles de pollution en lien avec les activités passées du site.

Le projet de réaménagement envisagé à ce stade prévoit la réalisation d'un jardin habité avec la création d'une crèche, d'une halte-garderie, de logements, d'une salle de sport et de commerces, entourés d'espaces verts. Certains bâtiments patrimoniaux seront conservés et abriteront notamment un groupe scolaire.

Dans ce contexte, la Ville de Paris a confié à Antea Group la réalisation d'un diagnostic de la qualité des milieux afin de définir les stratégies de réhabilitation du site et de valider les mesures de gestion proposées par une analyse des risques résiduels (ARR).

Ce rapport présente les résultats du diagnostic de la qualité des milieux.

La présente étude se place dans le cadre du marché subséquent de pollution des sols selon l'accord cadre Traitement de la pollution des sols pour le lot 1 – Missions 1 à 5 (Lettre de consultation du 15/10/2014 Réf. 2014V36015730 82).

Les prestations réalisées par Antea Group sont conformes aux préconisations de la norme AFNOR NF X 31-620 de septembre 2003 (Prestations de services relatives aux sites et sols pollués) selon le référentiel de certification du métier sites et sols pollués (cf. Annexe 1).

1.2. Méthodologie nationale

La méthodologie pour la gestion des sites et sols pollués a été mise à jour le 8 février 2007.

La politique nationale, tirée du retour d'expérience depuis une dizaine d'années, est fondée sur une gestion des sites selon les risques sanitaires et environnementaux mis en évidence.

De manière générale, les textes font clairement apparaître des préférences pour les approches pragmatiques et de « bon sens » en privilégiant par exemple des mesures directes aux points d'exposition. Cette démarche, basée sur 4 circulaires et plus de 20 outils méthodologiques a pour but d'être progressive et évolutive.

La démarche de gestion des sites et sols pollués a pour objectifs d'identifier :

- les sources d'impact des milieux,
- les différents milieux de transfert et leurs caractéristiques,
- les enjeux à protéger (populations riveraines, ressources naturelles, usages des milieux et de l'environnement, milieux d'exposition).

Les outils permettant d'identifier ces différents points sont notamment : une visite de site, l'étude historique et documentaire, le diagnostic sur site du milieu souterrain et les campagnes de mesures.

1.3. Sources d'informations

Le présent document a été élaboré par Antea Group sur la base :

- des documents fournis par la Ville de Paris :
 - Secteur de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul - Etude de conception urbaine en vue d'une évaluation du PLU, réalisé par Atelier Xavier Lauzeral architectes urbanistes / SLH Ingénierie / SAVILLE / Ville ouverte en décembre 2014,
 - Secteur de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul - Etude de faisabilité patrimoniale et urbaine, réalisé par Atelier Xavier Lauzeral architectes urbanistes / SLH Ingénierie / SAVILLE / Ville ouverte en avril 2014,
 - Rapport global des mesures de la qualité de l'air – Secteur Saint-Vincent de Paul, 75014 PARIS – Campagne de mesures du 26 mars au 9 avril 2013, n°2013054 – 1317 – 1 du 14 mai 2013,
 - Schémas de réseaux, référencés A-05-1b à A-05-4b et A-05-5-b1 à A-05-5-b2, APHP, 2002,
 - Extrait du plan cadastral, APHP, 2007,
 - Ancien hôpital Saint-Vincent de Paul, 82 avenue Denfert Rochereau Paris 14^{ème} – Etude historique, documentaire et mémorielle, référencée 6086312-01, réalisée par TAUW en janvier 2014.
- d'autres sources d'informations :

Ville de Paris

Diagnostic de la qualité des milieux au droit de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul

72-86, avenue Denfert Rochereau – Paris XIV

Rapport n° A80530/vA

- Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service (BASIAS) du BRGM (<http://basias.brgm.fr>),
- Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif (BASOL) du Ministère de l'Énergie, de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (<http://basol.environnement.gouv.fr>),
- Banque de données du Sous-sol du BRGM (<http://infoterre.brgm.fr>),
- Géoportail (<http://www.geoportail.gouv.fr>),
- Portail de la prévention des risques majeurs (www.prim.net),
- Portail inondations par remontées de nappe (<http://www.inondationsnappes.fr>)
- Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la Ville de Paris (<http://pluenligne.paris.fr>).

2. Caractéristiques du site

2.1. Localisation géographique du site

Le site étudié est situé au 72-86 avenue Denfert-Rochereau à Paris (75) au droit de l'ancien Hôpital Saint-Vincent de Paul. Les parcelles concernées sont cadastrées AC7 (858 m²) et AC13 (33 442 m²) (cf. Figure 1 et Figure 2).

La zone d'étude est bordée :

- Au Nord-ouest, par la rue Boissonade et une zone d'habitations,
- Au Nord-est par le Couvent de la Visitation,
- Au Sud, par l'avenue Denfert-Rochereau puis la place Denfert Rochereau. Au sud-est se trouve l'Observatoire de Paris,
- Au Sud-ouest, par le Boulevard Raspail puis par le Cimetière du Montparnasse.

Le site d'étude se trouve en zone résidentielle, fortement urbanisée.

Le site de l'ancien Hôpital Saint-Vincent de Paul présente une cote altimétrique moyenne de +59 m NGF.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond IGN (source Géoportail)

Ville de Paris
Diagnostic de la qualité des milieux au droit de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul
72-86, avenue Denfert Rochereau – Paris XIV
Rapport n° A80530/vA



Figure 2 : Localisation de la zone d'étude sur photographie aérienne (source Géoportail)

2.2. Occupation actuelle

L'usage actuel des bâtiments du site est présenté dans le Tableau 1.

Bâtiments	Configuration	Usage actuel
Marcel Lelong	R+6, R-2	Inoccupé
Adolphe Pinard	R+4, R-2	Logements pour jeunes
Pierre Petit	R+7, R-2	Association Aurore : accueil de personnes en situation de précarité
Michèle Rapine	R+4, R-2	Ecole de sages-femmes
Lingerie	R+2, R-1	Inoccupé
Chaufferie	R+1, R-1	Inoccupé
Maison des Médecins	R+2	Inoccupé
Antoine Colombani	R+3, R-1	Inoccupé
Jalaguiet + Loge gardien	R+1	Loge d'accueil avec gardien Reste du bâtiment inoccupé
François Lepage	R+6, R-2	Inoccupé
Pavillon de l'Oratoire	R+5, R-1	Inoccupé
Pierre Robin	R+4, R-1	Inoccupé
CED et têtes de divisions (ancien internat)	R+5, R-2	Inoccupé

Tableau 1: Usage actuel de chacun des bâtiments du site

La Figure 3 présente le terrain dans sa configuration actuelle.

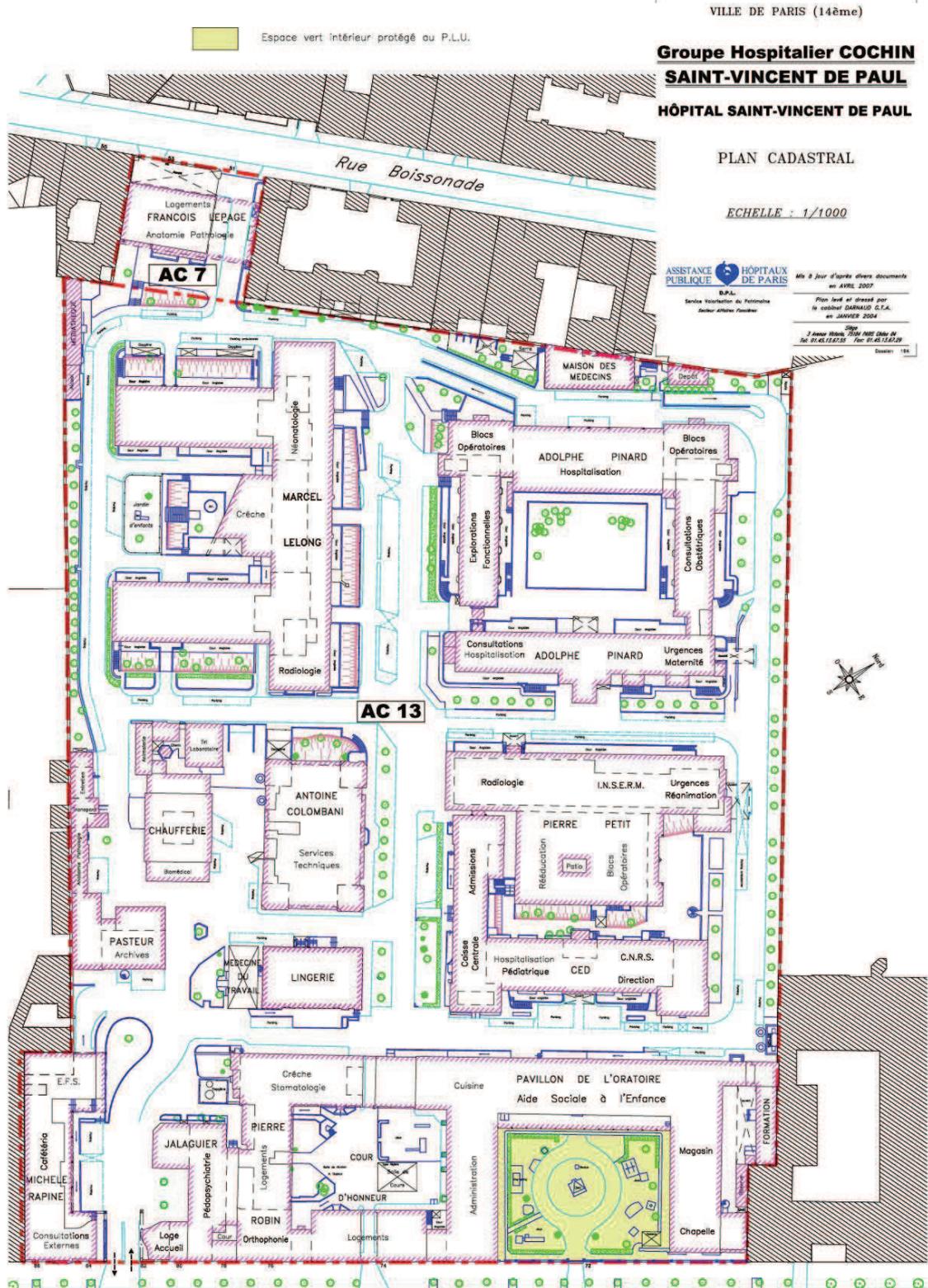


Figure 3 : Plan du site dans sa configuration actuelle (source Ville de Paris) (sans échelle)

2.3. Plan Local d'Urbanisme (PLU) et Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI)

Dans le cas d'un réaménagement programmé, l'usage retenu pour le sol est fixé par les documents d'urbanisme tel que le Plan local d'urbanisme (PLU). Le PLU est un document d'urbanisme réglementaire qui exprime un véritable projet urbain couvrant l'intégralité du territoire de la commune. Quant au Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI), il caractérise les activités et constructions autorisées selon les risques d'inondation, basé généralement sur des crues de référence.

D'après les documents consultés en ligne sur le site de la Ville de Paris, la zone d'étude est répertoriée sur la feuille G-10 du PLU (feuille au 1/2 000, voir en Annexe 2). La zone d'étude correspond à une zone urbaine de grands services urbains.

On notera également la présence d'une zone protégée au niveau de l'Oratoire : l'espace vert (EVP) et le bâti (patrimoine architectural).

D'après le PPRI de Paris, le site d'étude n'est pas situé en zone inondable.

Cependant, d'après l'étude documentaire réalisée par TAUW en 2014, le site est concerné par un risque d'inondation des sédiments par résurgence de la nappe avec un risque moyen.

2.4. Inspection Générale des Carrières (IGC)

Sur Paris, il existe un risque associé à la présence d'anciennes carrières souterraines. D'après l'Inspection générale des carrières (IGC), d'anciennes carrières étaient présentes au droit du site. Ce dernier est donc soumis à plusieurs prescriptions du règlement du PLU suivant l'annexe de « servitudes d'utilité publique » pour des travaux au droit d'une ancienne carrière.

Les prescriptions sont décrites dans l'arrêté inter-préfectoral du 26 janvier 1966 relatif aux zones d'anciennes carrières de Paris et du département de la Seine – permis de construire – mesure de sécurité.

Pour exemple, en cas de travaux sur une zone d'anciennes carrières, les demandes de permis de construire sont transmises pour examen et avis par la Direction de l'Urbanisme à la Direction générale des Services techniques (Inspection générale des carrières).

Aussi, le maître de l'œuvre est tenu, préalablement à l'édification de la construction faisant l'objet du permis de construire, de se conformer aux conditions particulières de sécurité qui lui ont été prescrites en application de l'art. 1er de l'arrêté. Les autres prescriptions sont décrites dans l'arrêté en annexe.

D'après l'étude documentaire réalisée par TAUW en 2014 et les données de l'Inspection Générale des Carrières (IGC), la zone d'étude se trouve en partie en zone d'anciennes carrières souterraines du Calcaire grossier. Selon les informations recueillies, des consolidations souterraines en carrières par piliers ont été mis en place pour assurer la stabilité du bâti.

3. Synthèse de l'étude historique, documentaire et mémorielle réalisée en 2014

Une étude historique, documentaire et mémorielle a été réalisée au droit du site par TAUW en 2014 (étude référencée 6086312-V01 et datée du 29 janvier 2014). Cette étude avait pour objectifs la définition du contexte environnemental du site, l'identification des sources potentielles de pollution ainsi que la proposition d'un programme d'investigations.

La synthèse de cette étude est présentée ci-dessous. Les informations existantes ont été complétées par Antea Group.

3.1. Synthèse du contexte environnemental

3.1.1. Contexte géologique

La zone d'étude est localisée sur la carte géologique au 1/50 000 n°183 de Paris.

Les horizons géologiques successifs rencontrés au droit de la zone d'étude sont les suivants (de haut en bas) :

- Des remblais (Quaternaire) sur 5 m d'épaisseur,
- Des marnes (Auversien) sur 2,4 m d'épaisseur,
- Une alternance de marnes et calcaire fissuré (Lutétien Supérieur) sur 16,6 m d'épaisseur,
- Une alternance de marnes et calcaire et sablons blancs (Lutétien Supérieur) sur 1 m d'épaisseur,
- Les calcaires et la fin de la crème fossilifère (Lutétien inférieur) sur 1,5 m d'épaisseur,
- Un remblayage blanc du Lutétien inférieur, sur 1,5 m d'épaisseur.

Les bâtiments en limite Est et Ouest du site (M. Lelong, F. Lepage, M. Rapine, Pasteur, P. Robin, la chaufferie et la lingerie) se situent à l'aplomb d'anciennes carrières souterraines qui exploitaient le Calcaire Grossier. Les carrières sous le site ont été remblayées sur une épaisseur de 20 à 25 m.

3.1.2. Contexte hydrologique

La Seine se situe à 1,9 km au Nord-est du site et la Bièvre à 900 m au Nord. De par ces distances, ces cours d'eau sont très peu vulnérables à d'éventuelles pollutions provenant du site.

3.1.3. Contexte Hydrogéologique

Au droit du site, le niveau des eaux souterraines est établi à environ 25 m de profondeur dans la formation du Calcaire Grossier du Lutétien. L'écoulement est dirigé vers le Nord/Nord-est en direction de la Seine.

La formation semi-perméable des Marnes et Caillasses sur une épaisseur d'environ 25 m protège cette nappe des infiltrations provenant de la surface.

Trois captages d'eau industrielle sont référencés entre 615 m et 847 m au Nord-Ouest du site. Le risque de contamination de ces captages par les activités du site est limité au vu de leur distance et de leur position hydraulique (latérale) par rapport à la zone d'étude.

De plus, le site n'est localisé dans aucun périmètre de protection de captage d'eau potable.

Le site est concerné par un risque moyen d'inondation des sédiments par résurgence de nappe.

3.1.4. Espaces naturels protégés

Aucune zone d'intérêt écologique n'est localisée dans un rayon de 2 km autour de la zone d'étude.

Cependant, des espaces verts se trouvent à proximité du site, comme les jardins de l'Observatoire (à 100 m), le square Jacques Antoine (à 400 m) et le square Claude Nicolas Ledoux (à 430 m).

3.1.5. Bases de données BASIAS et BASOL

BASIAS (Base de données du Ministère en charge de l'Environnement) établit un inventaire des sites industriels et activités de service susceptibles d'avoir impacté les milieux.

Le site de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul est recensé dans la base de données BASIAS (n°IDF7503560) pour :

- les dépôts et stockages de gaz,
- l'utilisation de sources radioactives et le stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses),
- le traitement et revêtement des métaux (traitement de surface).

Deux sites recensés dans la base de données sont présents à proximité immédiate en limite Ouest de la zone d'étude (moins de 160 m). Ces sites sont en position latérale amont hydraulique par rapport au site d'étude. Les activités exercées sur ces 2 sites sont une imprimerie / typographie (IDF7509135) et une station-service (IDF7504522).

De plus, dans un rayon de 500 m autour du site, 20 sites sont recensés dans la base de données BASIAS. Parmi ces sites, 5 sont situés en amont hydraulique de la zone d'étude.

Les 5 sites situés en amont hydraulique, ainsi que les 2 Basias situés en latéral amont hydraulique du site, sont présentés dans le Tableau 2.

N° BASIAS	Nom du site	Activités	Distance /site
IDF7509135	Laffray	Imprimerie, typographie	131 m à l'Ouest
IDF7504522	Station service Raspail-GES Asnières	Station service	160 m à l'Ouest
IDF7509126	Mazerand	Imprimerie, typographie	273 m au Sud-ouest
IDF7503950	Boom, ex-pressing Ballarin	Pressing	305 m au Sud
IDF7509115	Bouffilh	Imprimerie, typographie	447 m au Sud-ouest
IDF7502232	Martigoni, ex-Hermann-Lachapelle	fabrique de matériel pour l'industrie, machines à vapeurs, pompes	454 m au Sud-ouest
IDF7504717	Garage du Lion de Belfort	Garage	456 m au Sud-ouest

Tableau 2: Synthèse des sites BASIAS situés en amont hydraulique du site et dans un rayon de 500 m

Il est peu probable qu'une éventuelle pollution provenant de ces sites impacte la zone d'étude, compte tenu de la lithologie du sous-sol, de la profondeur de la nappe phréatique ainsi que de la présence de d'anciennes carrières.

BASOL (Base de données du Ministère en charge de l'Environnement) identifie les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif.

L'Hôpital Saint-Vincent de Paul n'est pas recensé dans la base de données BASOL.

Il n'y a pas de site BASOL dans un rayon de 2 km autour de la zone d'étude.

3.1.6. Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

La station de desserte de carburant Total Relais du Maréchal, située à 2,5 km en amont hydraulique du site, est une installation classée pour la protection de l'environnement. En revanche au vu de la distance séparant les deux sites, le risque de contamination est jugé faible.

3.2. Synthèse des données historiques

Comme évoqué précédemment, le site est occupé depuis 1638.

Entre 1650 et 1795, le « Noviciat de l'institution de l'Oratoire », établissement d'instruction des prêtres de l'église catholique, s'est installé le long de l'avenue Denfert-Rochereau. C'est à cette époque que sont bâti l'Oratoire et la Chapelle. A l'arrière du bâtiment s'étendaient un jardin d'agrément et un jardin potager.

Entre 1795 et 1930, l'institution devient une maternité puis fût dévolue au « Service des Enfants trouvés ». L'Eglise est alors réaffectée en maternité, amphithéâtre et réfectoire. C'est à cette époque que sont notamment construits les bâtiments Jalaguier, Pasteur, Robin, la lingerie, Maison des Médecins, ainsi que les pavillons de têtes des « divisions ».

Entre 1930 et 2012, le site sert d'hôpital spécialisé dans les naissances, les accouchements, le traitement et la prise en charge des maladies infantiles. C'est à cette époque que sont construits les bâtiments M. Rapine, Pasteur, A. Colombani, la chaufferie, M. Lelong, le CED, P. Petit, A. Pinard et F. Lepage.

Les activités hospitalières ont cessés en 2012. A ce jour, le site est géré par l'Association Aurore qui vient en aide aux sans-abris. Une école de sage-femme est également toujours en activité au sein du bâtiment M. Rapine.

La Figure 4 présente un plan de la chronologie d'apparition des bâtiments sur le site.

3.3. Synthèse des activités potentiellement polluantes recensées sur le site

L'étude réalisée par TAUW a permis de mettre en évidence plusieurs sources potentiellement polluantes. Celles-ci sont listées dans le Tableau 3.

Sources potentielles de pollution mentionnées dans le rapport de TAUW	N° sur plan
Réserve laboratoire : alcool (500L), éther (100L), benzène (20L)	1
Cuve aérienne de fuel, 600 L + cuve enterrée de mazout domestique, 500 L	2
Cuve de l'ancienne chaudière, (murée?)	3
Dépôt d'essence en fûts, 400 L + liquide inflammable de 1ère catégorie	4
Cuve de 5000 L en fosse	5
Incinérateur	6
Stockage de déchets	7
Rejet en égouts d'eaux usées non domestiques du bloc opératoire, des activités radiologiques, du laboratoire, du cabinet dentaire, du service de restauration et du parc de stationnement	8
2 cuves de mazout domestique enterrées en fosse, 35 000 L chacune	9
Stockage d'huile	10
Cuve de carburant double enveloppe, 8000 L	11
Cuve, simple enveloppe, enterrée de 6000 L de mazout domestique en fosse	12
Emplacement présumé de l'ancien stockage de charbon	13
Cuve enterrée de 9000 L au Sud-ouest de la chaufferie*	14
Deux transformateurs au PCB de 30 L chacun, démantelés	Non localisé
Stockage de déchets radioactifs	Non localisé

(*) Installation identifiée par TAUW et repéré sur le site par Antea Group

Tableau 3 : Sources potentielles de pollution identifiées par TAUW en 2014

Une fosse maçonnée pouvant correspondre à la cuve enterrée de 9 000 L mentionnée dans le rapport de TAUW a été repérée par Antea Group sur le site lors de la campagne de sondages de sol.

Les sources pour lesquelles les descriptions de localisation sont suffisantes sont localisées dans la Figure 5.

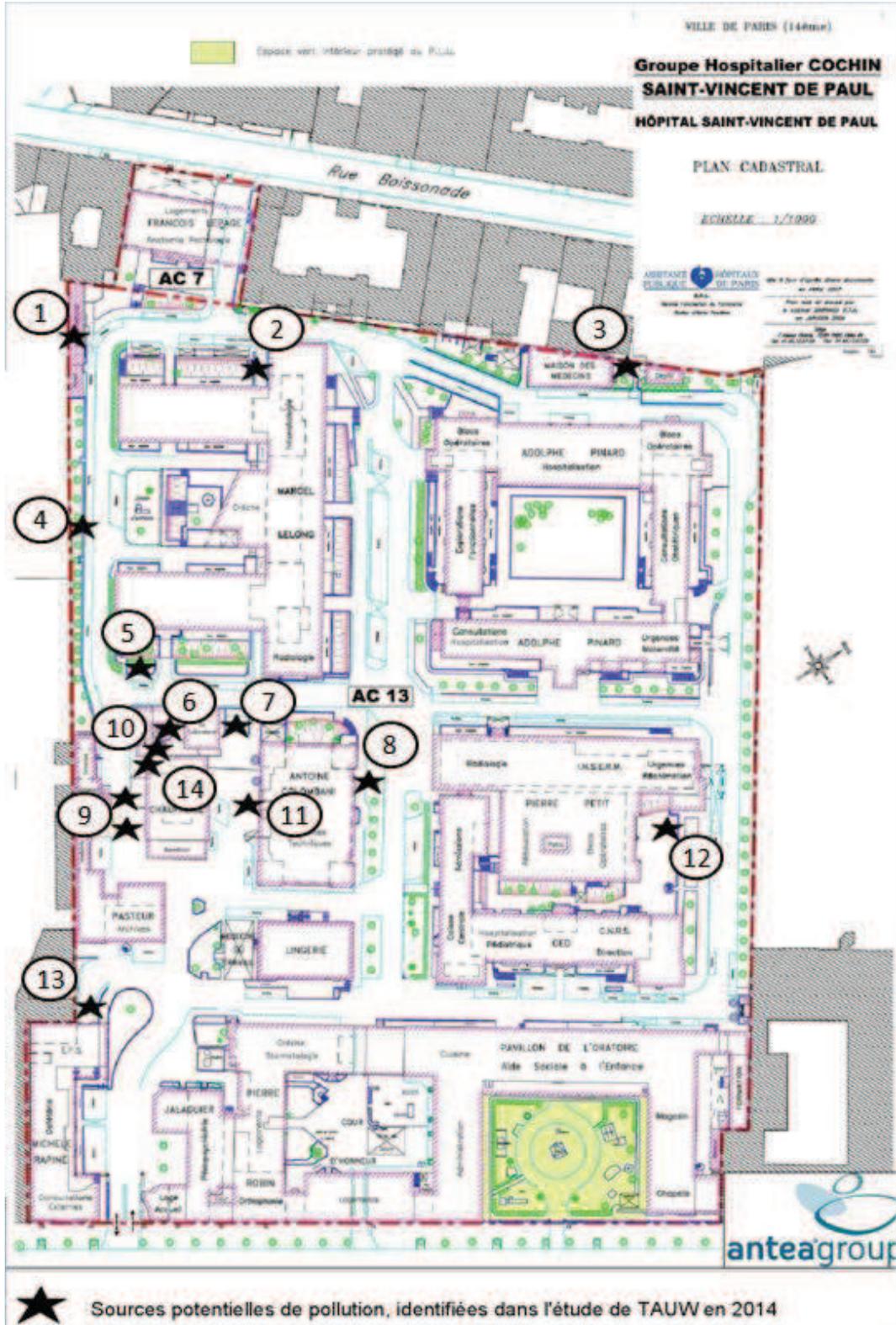


Figure 5 : Localisation des sources potentiellement polluantes identifiées par TAUW en 2014

3.4. Synthèse des recommandations faites par TAUW

A l'issue de l'étude documentaire et historique, TAUW recommandait le contrôle de la qualité des sols par la réalisation de sondages de sol.

La recherche des composés suivants a été préconisée par TAUW: hydrocarbures totaux, métaux lourds, HAP, COHV, BTEX et dioxines. La réalisation de packs « ISDI¹ » était également préconisé (terrassement des sols et élimination des terres hors sites).

TAUW indiquait que le contrôle de l'impact éventuel des transformateurs électriques n'est pas nécessaire en raison de leur état satisfaisant, de leur présence en sous-sol sur dalle et du fait qu'ils soient toujours en fonctionnement.

La cuve de fuel aérienne de 600 L du bâtiment Marcel Lelong étant située sur une dalle en bon état au premier niveau de sous-sol, et aucun incident n'ayant été relaté, TAUW indiquait également que le contrôle d'un impact éventuel ne semblait pas nécessaire.

Le plan de localisation des zones d'investigation préconisées par TAUW est présenté en Annexe 3.

1 ISDI : Installation de Stockage de Déchets Inertes

4. Usage futur du site

Au stade de l'étude, le projet d'aménagement du site de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul n'est pas définitif. Trois scénarios d'aménagement sont envisagés, et sont illustrés en Annexe 4.

Le scénario C est à ce jour privilégié.

Dans le cadre de ces scénarios, les bâtiments conservés sont :

- Marcel Lelong,
- La Maison des Médecins,
- Le bâtiment de la chaufferie pour un usage de restaurant,
- Les pavillons de têtes des « divisions »,
- Robin pour un groupe scolaire,
- Le Pavillon de l'Oratoire pour l'utilisation en résidence étudiante.

Les lieux des bâtiments non conservés seront notamment aménagés en crèches, jardin public et salle de sport.

Bâtiments	Configuration	Usage actuel	Projet envisagé (non définitif)
Marcel Lelong	R+6, R-2	Inoccupé	Bâtiment et R-2 conservés, logements
Adolphe Pinard	R+4, R-2	Logements pour jeunes	R-1 conservé, crèche avec jardin sur un niveau de sous-sol
Pierre Petit	R+7, R-2	Associations d'accueil de sans-abris	Jardin public, salle de sport
Michèle Rapine	R+4, R-2	Ecole de sages-femmes	Commerces
Lingerie	R+2, R-1	Inoccupé	Restaurant/ salle de sport
Chaufferie	R+1, R-1	Inoccupé	Bâtiment conservé, restaurant
Maison des Médecins	R+2	Inoccupé	Bâtiment conservé, projet non défini
Antoine Colombani	R+3, R-1	Inoccupé	Salle de sport / restaurant, jardin public
Jalaguier + Loge gardien	R+1	Loge d'accueil avec gardien/ inoccupé	Entrée du site, voirie
François Lepage	R+6, R-2	Inoccupé	R-1 et R-2 remblayés, mini-crèche (halte-garderie) sans sous-sol
Pavillon de l'Oratoire	R+5, R-1	Inoccupé	Bâtiment conservé avec et sans sous-sol, résidence étudiante ou logements
Pierre Robin	R+4, R-1	Inoccupé	Bâtiment et R-1 conservés, groupe scolaire
CED, et têtes de divisions	R+5, R-2	Inoccupé	Têtes conservées, jardin public, salle de sport

*Bâtiments conservés

Tableau 4: Usage futur de chacun des bâtiments du site

5. Investigations réalisées

5.1. Préambule

La phase d'investigations fait suite à une réunion de lancement et de présentation la stratégie d'investigations réalisée par Sophie FAVEREAUX (Antea Group) en présence des représentants de la Ville de Paris Madame LEBEAU, Madame ROUVIE, Madame GIAUFERMI, le jeudi 23 avril 2014. Suite à cette réunion la stratégie d'investigations a été discutée et validée par les parties présentes.

Le plan d'investigation retenu permet de prendre en compte l'ensemble des données de l'étude historique et les besoins de la Ville de Paris de caractériser l'état de pollution des sols à ce stade de l'étude, de l'aménagement du site et des ressources d'investigations disponibles.

5.2. Description des investigations

La stratégie d'investigations a été menée conformément au Guide méthodologique « Diagnostics du site » paru le 08/02/2007 et listé dans l'annexe 3 de la note ministérielle du 8 février 2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués.

La campagne d'investigations a pour but de caractériser la qualité des sols au droit des foyers potentiels de pollution mis en évidence lors des études précédentes et lors de la visite de site réalisée par Antea Group le 12 mai 2015. Ces investigations également pour objectif d'avoir des informations sur la qualité des terrains laissés en place au droit des futurs aménagements, et de contrôler la qualité des milieux de transfert (gaz du sol et air sous dalle) et d'exposition (air ambiant) au droit des futurs aménagements sensibles.

L'implantation des sondages a été validée par la Ville de Paris sur la base d'un plan prévisionnel transmis le 30/04/2015.

La campagne d'investigation a à ce jour été menée sur les sols, les gaz du sol et l'air ambiant.

Les coordonnées (X,Y,Z) de l'ensemble des points (sondage sol et piézomètre gaz) sont fournies en Annexe 14.

5.2.1. Investigations sur les sols

Les investigations sur les sols ont été réalisées en deux temps. La première phase a été menée du 26 au 29 mai 2015. Les points de sondage ont été répartis sur l'ensemble du site, en tenant compte de l'emprise des futurs aménagements, de l'environnement du site et des foyers potentiels de pollution identifiés.

Dans un premier temps, 41 sondages entre 1 et 10 m de profondeur ont été réalisés par la société Astaruscle Environnement sous la supervision d'Antea Group. Le carottier sous gaine GEOPROB® ou le carottier sous gaine portatif ont été utilisés, selon les contraintes d'accès.

Dans un second temps, suite aux résultats d'analyses obtenus lors de la première phase d'investigations, 3 sondages complémentaires ont été réalisés afin de délimiter l'impact mis en évidence au droit du sondage S21 : les sondages S42, S43 et S44, comme illustrés dans la Figure 6. Un prélèvement de sol a également été réalisé au niveau du piézomètre gaz PG1. Ces sondages ont été réalisés le 25 juin 2015.

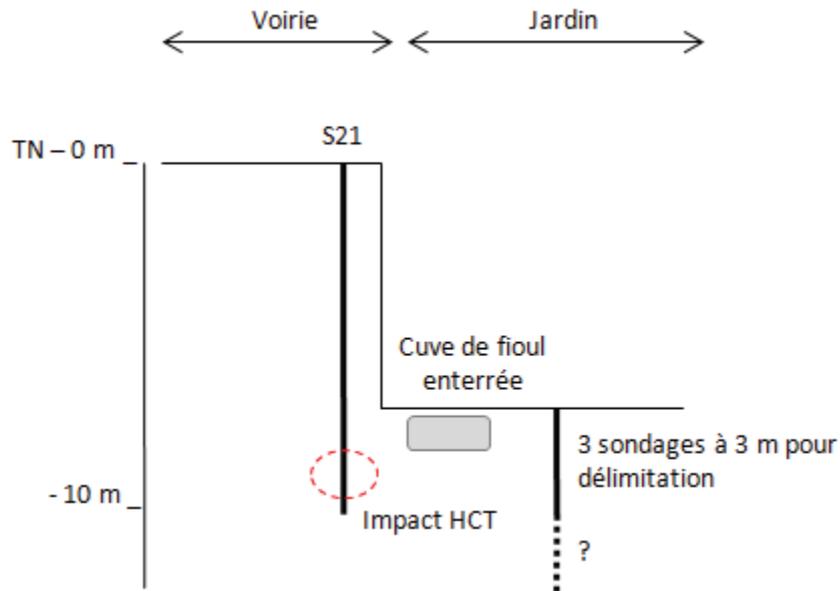


Figure 6 : Localisation en coupe des sondages au niveau de la cuve de fioul enterrée du jardin P. Petit

En cas de découverte d'indice organoleptique de pollution, les sondages ont été poursuivis jusqu'à atteindre un niveau « sain ».

Ainsi, il a été réalisé :

- 26 sondages pour la caractérisation des sources potentielles de pollution et 3 sondages pour cerner un impact en hydrocarbures,
- 13 sondages pour la caractérisation des remblais au niveau des zones de futurs jardins et de démolition des bâtiments,
- 2 sondages témoin au niveau de zones sans activité ou source potentielle de pollution connues.

Le plan de localisation des investigations des sols est présenté en Figure 7.

5.2.2. Investigations sur les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant

La campagne d'investigations sur les gaz du sol et sur l'air ambiant a été menée du 25 au 30 juin 2015 et a consisté en la réalisation de :

- 3 prélèvements d'air sous-dalle (ASD) couplés à des prélèvements d'air ambiant intérieur (AA). Suivant la présence ou non de niveau(x) de sous-sol, 1 à 2 prélèvements d'air ambiant ont été réalisés (R-1 ou R-2 et RDC). Au total, 2 prélèvements d'air ambiant ont été réalisés en sous-sol et 3 en rez-de-chaussée. Ces mesures ont été réalisées au droit des futurs logements du bâtiment Lelong (ASD Lelong, AA Lelong R-2 et AA Lelong RDC), de la future école du bâtiment Robin (ASD Robin, AA Robin R-1 et

AA Robin RDC) et de la future résidence étudiante et/ou logements de l'Oratoire (ASD Oratoire et AA Oratoire).

- 1 prélèvement d'air ambiant extérieur à également été réalisé à proximité du sondage S2, dans une zone sans passage ni activité (AAblcter).
- 1 piézomètre gaz à 1,5 m de profondeur (aménagement sans sous-sol) et 2 piézomètre gaz à 3,5 m de profondeur (aménagement avec 1 niveau de sous-sol) crépinés sur les 50 derniers centimètres, avec prélèvements de gaz du sol, au droit de la future halte-garderie (PG1) et des deux emplacements potentiels de la future crèche (PG2 et PG3). Un prélèvement de sol a également été réalisé au droit de PG1, comme mentionné précédemment.

Le contrôle de la qualité des gaz du sol a été réalisé conformément aux guides méthodologiques proposés par la norme NF ISO 10381-7 (janvier 2006) et conformément à la mission A230 de la norme NF X31-620.

Selon les recommandations émises dans la Norme AFNOR citée ci-dessus, les piézaires ont été réalisés en respectant une étanchéité d'au moins 1 m à partir de la surface pour réduire les interférences avec l'air extérieur. L'ouvrage a ensuite été crépiné sur 50 cm à la base de l'ouvrage pour le prélèvement des gaz du sol. Les coupes des piézaires sont présentées en Annexe 6.

Le plan de localisation des investigations est présenté en Figure 7. Les forages ont été réalisés par la société Astaruscle Environnement pour les piézomètres gaz à l'aide d'un carottier à gouges portatif, sous la supervision d'Antea Group. Les forages pour les prélèvements d'air sous dalle ont été réalisés par un technicien spécialisé d'Antea Group, à la foreuse portative.

5.3. Prélèvements des sols et des gaz du sol

5.3.1. Prélèvements de sol

Les prélèvements de sol ont été réalisés en conformité avec les normes AFNOR NF X31-100 et X 31-008.

Les prélèvements de sol réalisés ont fait l'objet d'une description lithologique par un ingénieur d'Antea Group spécialisé, pour permettre de détailler les différents faciès du sous-sol et de relever d'éventuels indices organoleptiques de pollution (aspect, couleur, odeur, imprégnation des sols, présence de mâchefers).

Les sondages ont fait l'objet de prélèvements de sol en fonction des faciès rencontrés. Ces prélèvements ont été réalisés en conformité avec les normes AFNOR NF X31-100 et X 31-008.

Lors des prélèvements, des mesures à la sonde PID ont été réalisées afin de mesurer de façon quantitative la présence ou non de composés organiques volatils.

Au droit de chaque sondage, un échantillon moyen a été prélevé, par faciès ou par indice organoleptique, sur une hauteur comprise en 10 cm et 2 m. Ainsi, au droit de chaque sondage, 1 à 11 échantillons ont été confectionnés de façon à caractériser l'ensemble des faciès rencontrés.

Les échantillons ont été conditionnés dans du flaconnage adapté puis stockés en glacière avant envoi au laboratoire d'analyses ALcontrol, accrédité par Rva (équivalent du COFRAC), en respectant la chaîne du froid.

Les fiches de prélèvement des sols correspondantes sont présentées en Annexe 7.

5.3.2. Prélèvements des gaz du sol

La campagne de prélèvements de gaz du sol a été réalisée du 25 au 30 juin 2015 par un ingénieur d'Antea Group dans les trois piézomètres gaz (PG1, PG2 et PG3).

Les mesures de gaz du sol ont été réalisées selon les prescriptions émises dans la Norme AFNOR 10381-7 et celui de l'US EPA. Elles répondent donc aux points suivants :

- Le tuyau d'aspiration a été placé dans la zone crépinée (50 cm),
- Les accessoires de prélèvement situés en amont du support ont été systématiquement remplacés ou nettoyés après chaque prélèvement,
- La purge et le prélèvement ont été réalisés à l'aide d'une pompe type Gillian Air,
- La purge du piézomètre a été d'environ 5 fois le volume intérieur à un débit ne dépassant pas 1L/min,
- Le débit de prélèvement a été de l'ordre de 0,5L/min,
- Un support « test » (tube de charbon actif usagé) a été utilisé (vanne inox fermée) pour régler précisément le débit de pompage. Une fois le débit réglé, le support (tube de charbon actif adapté) a été mis en place,
- La vanne inox est ouverte et la pompe déclenchée simultanément. Le débit est contrôlé à plusieurs reprises de manière à connaître avec la plus grande précision le volume de gaz passé sur le support,
- Lors du prélèvement, des mesures à la sonde PID ont été réalisées.

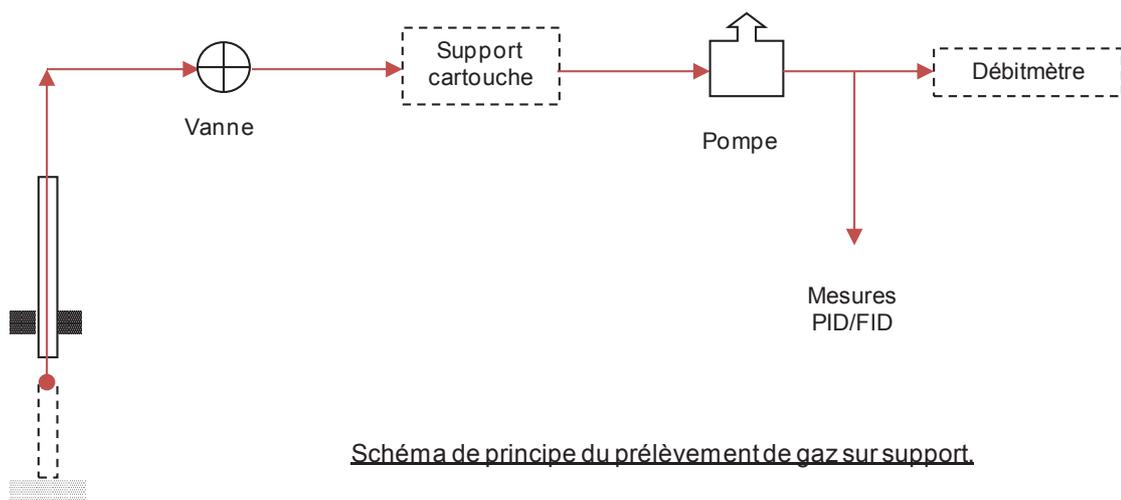


Schéma de principe du prélèvement de gaz sur support.

Préalablement aux prélèvements, des mesures semi-quantitatives ont été réalisées sur site (cf. Tableau 5) :

Piézomètre gaz	CH ₄	CO ₂	O ₂	CO	PID	H ₂ S
(unité)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
PG1	0	0	19,3	4	0	0
PG2	0	0	19,2	5	0	0
PG3	0	0	20	4	0	0

Tableau 5 : Mesures *in situ* lors des prélèvements de gaz

L'air du sol a donc été pompé (méthode active) à l'aide d'une pompe Gillian Air et envoyé sur un support spécifique (charbon actif) adapté à la nature des composés recherchés.

Au cours de chaque prélèvement, une fiche de suivi a été établie par Antea Group. Elle comprend notamment des renseignements sur la profondeur de l'ouvrage, les paramètres recherchés, la durée et le débit de prélèvement (cf. Annexe 8).

Piézomètre gaz	Durée de prélèvement (min)	Débit de prélèvement (L/min)
PG1	120	0,499
PG2	120	0,500
PG3	75 pour le support charbon actif et 120 pour l'hopcalite	0,500

Les trois prélèvements ont une durée de pompage de 75 mn et 120 mn afin d'avoir des limites de quantification suffisamment basses et exploitables.

Sur PG3, la durée de prélèvement de 75 mn est due à l'arrêt de la pompe de prélèvement (problème de batterie).

Les 3 échantillons de gaz du sol ont été prélevés, conditionnés sur des supports adaptés puis stockés en glacière avant envoi au laboratoire d'analyses ALcontrol, accrédité par Rva (équivalent du COFRAC).

Les fiches de prélèvement des gaz du sol correspondantes sont présentées en Annexe 8.

5.3.3. Prélèvements d'air sous dalle et d'air ambiant

La campagne de prélèvements d'air sous dalle et d'air ambiant a été réalisée du 25 au 30 juin 2015 par un ingénieur d'Antea Group (ASD Lelong, ASD Oratoire, ASD Robin, AA Lelong RDC, AA Lelong R-2, AA Robin RDC, AA Robin R-1, AA Oratoire et AAblcter.).

Les prélèvements d'air sous dalle ont été réalisés à l'aide de forages de prélèvement d'air après percement des dallages. La profondeur des forages a été déterminée en fonction de l'épaisseur des dalles (minimum de 25 cm de pénétration dans les sols) et de manière à prélever l'air situé sous la dalle. Les forages sont équipés de tube en PEHD de 8 mm crépinés au niveau de la zone de prélèvement et étanché en tête.

Ainsi les tubes de prélèvements étaient pleins au niveau de la dalle (25 cm de profondeur) puis crépinés sur 25 cm de profondeur. Les prélèvements ont été réalisés à l'aide de pompes Gillian Air, à un débit de l'ordre de 0,5 L/min. Pour atteindre des limites de quantification exploitables, la durée de prélèvement d'air sous dalle a été fixée à environ 2 heures pour chaque support.

Les mesures d'air sous dalle ont été réalisées :

- A l'extérieur Nord-ouest du bâtiment Marcel Lelong, à proximité du sondage S15 (ASD Lelong);
- Au sous-sol du bâtiment Pierre Robin, là où se situerait un futur groupe scolaire (ASD Robin) ;
- Au rez-de-chaussée sans sous-sol du bâtiment de l'Oratoire, au niveau du magasin (ASD Oratoire).

Les mesures d'air ambiant ont été réalisées selon les prescriptions émises dans la Norme AFNOR 10381-7 et celle de l'US EPA.

Pour évaluer les concentrations au point d'exposition, à l'intérieur des bâtiments conservés, des mesures d'air ambiant ont été réalisées:

- Dans le bâtiment Marcel Lelong : au rez-de-chaussée (AA Lelong RDC) et au dernier niveau de sous-sol (R-2) (AA Lelong R-2), à proximité de l'ancienne cuve de fioul aérienne du bâtiment ;
- Dans le bâtiment Pierre Robin : au rez-de-chaussée (AA Robin RDC) et au seul niveau de sous-sol (AA Robin R-1), là où se situerait un futur groupe scolaire ;
- Dans le bâtiment de l'Oratoire au niveau de magasin, au rez-de-chaussée sans sous-sol (AA Oratoire).

Une mesure d'air ambiant a également été réalisée au niveau de l'espace vert entre les bâtiments Michelle Rapine et Pasteur, afin d'obtenir un témoin d'air extérieur (AAblcter).

Les échantillons d'air intérieur ont été réalisés à hauteur de respiration qui se situe entre 50 cm et 1 m au dessus du plancher. Les fiches de prélèvements de la campagne de juin 2015 sont présentées en Annexe 9.

Les émissions de composés volatils dépendent des conditions atmosphériques. De ce fait, la station météorologique d'Antea Group, située à Massy, a été exploitée pour collecter les données de vitesse du vent, de direction, d'humidité de l'air et de pression atmosphérique durant l'échantillonnage (cf. fiche en Annexe 8).

L'air ambiant a été pompé et prélevé sur des supports spécifiques (charbon actif et hopcalite) adapté à la nature des composés recherchés.

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide de pompes Gillian Air, à un débit de l'ordre de 0,5 L/min dans chaque pièce. Pour atteindre des limites de quantification exploitables, la durée de prélèvement d'air ambiant a été fixée à environ 8 heures pour chaque support, en respectant la plage horaire de présence de enfants (8h30-16h30) au niveau du bâtiment Robin, futur groupe scolaire d'après le projet de réaménagement actuel.

Au cours de chaque prélèvement, une fiche de suivi a été établie par Antea Group. Elle comprend notamment des renseignements sur la localisation du point de mesure, les paramètres recherchés, la durée et le débit de prélèvement (cf. Annexe 9).

Les échantillons ont été conditionnés dans un flaconnage spécifique aux analyses à réaliser et stockés dans des conditions optimum de conservation des éléments chimiques recherchés jusqu'à leur réception par le laboratoire.

Les fiches de prélèvement d'air ambiant correspondantes sont présentées en Annexe 9.

Les points de prélèvements sont localisés sur la Figure 7.



Légende :

- Investigations par Antea Group du 26/05/2015 au 29/05/2015:
- ▲ Sondage pour caract. des sources potentielles de pollution
 - ▲ Sondage pour caract. des remblais
 - ▲ Sondage témoins
 - ✘ Sondages non réalisés (contraintes techniques)
 - ★ Source potentielle de pollution

- Investigations par Antea Group du 25/06/2015 au 30/06/2015:
- ▲ Sondage pour caract. des sources potentielles de pollution
 - ▲ Sondage pour caract. des remblais
 - Piézomètre gaz
 - Prélèvement d'air sous dalle
 - Prélèvement d'air ambiant

Figure 7 : Plan de localisation des investigations réalisées (sans échelle)

5.3.4. Nature des terrains et observations

Globalement, sur le site, les terrains rencontrés sont, sous une dalle béton ou une couche de terre végétale :

- Remblais sablo-limoneux beiges à bruns ou ocres avec des cailloux calcaires et silex, d'une épaisseur variant d'environ 1 à 3 m,
- Sables fins beige sur une épaisseur variant de 1 à 2 m,
- Une alternance de couches d'argiles et de sables fins de marnes sableuse et de sables argileux jusqu'à 10 m de profondeur.

Une fosse avec deux regards a été repérée par Antea Group à l'Ouest de la chaufferie. Celle-ci pourrait correspondre à la cuve enterrée de 9000 L au Sud-ouest de la chaufferie évoquée dans le rapport de TAUW mais non localisée.

Une odeur d'hydrocarbures a été rencontrée au niveau du sondage S21 entre 7,2 et 7,6 m de profondeur et des traces grises de 7,6 à 8,7 m de profondeur. On notera que le PID a également mis en évidence la présence de composés volatils dans cet horizon (3,2 à 6,2 ppm).

Au niveau du prélèvement de sol PG1, une légère odeur a été constatée entre 1 et 1,1 m de profondeur, sans valeur détectée sur le PID.

Les observations organoleptiques sont mentionnées dans les fiches de prélèvement en Annexe 7 et synthétisées dans le

Sondage	Profondeur (m)	Observations organoleptiques	PID (ppm)
S21	7,2-7,6	Sable gris odorant	3,8
	7,6-8,7	Traces grises	6,2
PG1	1-1,1	Légère odeur	0

Tableau 6.

Sondage	Profondeur (m)	Observations organoleptiques	PID (ppm)
S21	7,2-7,6	Sable gris odorant	3,8
	7,6-8,7	Traces grises	6,2
PG1	1-1,1	Légère odeur	0

Tableau 6 : Indices organoleptiques observés lors des investigations

5.3.1. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques et plus précisément de pression, de température et d'humidité sur le lieu de prélèvement peuvent interférer sur les résultats d'analyses.

Les prélèvements ont été réalisés du 25 juin et le 30 juin 2015 sont détaillées :

- Le taux d'humidité a varié entre 15,4 et 91 %. On notera que les plus hauts taux d'humidité sont enregistrés le matin et le soir. Pendant la journée, c'est-à-dire

pendant les prélèvements, le taux d'humidité moyen était d'environ 30 %. Les conditions étaient donc favorables au dégazement des composés volatils,

- La température a varié entre 8,9 et 38 °C entre le 24 juin et le 01 juillet 2015. Les conditions étaient donc favorable à un dégazage des sols et pour la réalisation de prélèvements,
- La pression atmosphérique a varié entre 1002 et 1013 entre le 24 juin et le 01 juillet 2015. Les prélèvements ont donc été réalisés en période de dépression (Pa < 1013 hPa). Les périodes de dépressions sont les plus favorables au dégazage des sols,
- Les précipitations entre le 24 juin et le 01 juillet 2015 étaient nulles ce qui est favorable à un dégazage des sols (source Infoclimat).

Compte tenu des conditions météorologiques mesurées entre le 24 et le 30 juin 2015, les prélèvements de gaz du sol ont été effectués dans des conditions optimales.

5.4. Programme analytique pour les sols

Le programme analytique a été défini suivant les conclusions de l'étude historique et documentaire, la visite de site et les recommandations de la Ville de Paris :

- 8 métaux sur brut (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, plomb, nickel, zinc),
- les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP),
- l'indice hydrocarbures totaux (HCT) en C10-C40, avec séparation des fractions carbonées,
- les hydrocarbures volatils C5-C10, avec séparation des fractions carbonées,
- les Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV),
- les composés aromatiques volatils (CAV), dont le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes,
- les Dioxines-furannes,
- le pH.

Compte tenu du réaménagement du site, la problématique liée à la gestion des terres excavées et à leur possible évacuation hors site n'est pas à exclure. Dans ce cadre, le programme analytique proposé comprend les paramètres de l'arrêté ministériel (AM) du 12/12/2014 qui fixe les conditions d'admission en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI).

Ainsi, sur la matière brute de 6 échantillons prélevés entre 0 et 1 m, les paramètres suivants seront recherchés :

- l'indice hydrocarbures totaux (HCT) en C10-C40, avec séparation des fractions carbonées,
- les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP),
- les composés aromatiques volatils (CAV), dont le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes,

- les polychlorobiphényles (PCB),
- le carbone organique total (COT).

Sur la partie éluat de ces échantillons, les paramètres suivants ont également été recherchés :

- les 12 métaux (antimoine, arsenic, baryum, cadmium, chrome, cuivre, mercure, plomb molybdène, nickel, sélénium, zinc),
- le carbone organique total (COT),
- la fraction soluble,
- les chlorures, les sulfates, les fluorures,
- l'indice phénol.

5.5. Programme analytique pour les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant

Le programme analytique réalisé sur les gaz du sol et l'air ambiant est le suivant :

- Composés Aromatiques Volatils (CAV type BTEX),
- Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV),
- Hydrocarbures (HCT) C5-C16 aromatiques et aliphatiques via le Total Petroleum Hydrocarbons-Working Group (TPH-WG) avec la distinction des coupes aromatiques,
- Naphtalène (composé le plus volatil de la famille des HAP),
- Mercure.

5.6. Synthèse des investigations réalisées

Le Tableau 7 et le Tableau 8 font la synthèse de l'ensemble des investigations réalisées sur les sols, les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant par Antea Group en juin 2015.

Source de pollution potentielle	Objectif	Sondages	Profondeur (m)	Programme analytique	Nombre d'échantillons analysés	Commentaires
Lieu présumé de l'ancien stockage de charbon	Caractérisation source	S1, S2	3	HAP, BTEX, HCT C10-C40	2 (1 par sondage)	
2 cuves enterrées de mazout domestique, en fosse, 2 X 35 000 l	Caract. stockage fuel et liquides inflammables	S3, S4, S5	6	HAP, BTEX, HCT C10-C40, HCT C5-C10	6 (2 par sondage)	
Cuve enterrée en fosse de mazout domestique, 5 000 l		S9, S10, S11	6		6 (2 par sondage)	
Dépôt d'essence en fûts, 400 l		S12, S13	3		4 (2 par sondage)	
Cuve enterrée de mazout domestique, 500 l		S15, S16	3 (S15) 6 (S16)		4 (2 par sondage)	
Cuve de l'ancienne chaudière (murée?)		S17, S18, S19	2		2	S17 et S18 non réalisés car présence de sous-sol
Cuve enterrée en fosse de mazout domestique, simple enveloppe, 5 000 l		S20, S21, S42, S43, S44	10 (S20 et S21) 3 (S42, S43 et S44)		10 (2 par sondage)	S20 et S21 ont été réalisés en hauteur par rapport à la zone de cuve, S42, S43 et S44 ont été réalisés au même niveau que la zone de cuve
Cuve de carburant, double enveloppe, 8 000 l		S24, S25, S26	6		6 (2 par sondage)	Refus : 2,5 m pour S42 ; 2,6 m pour S43 ; 2 m pour S44

Source de pollution potentielle	Objectif	Sondages	Profondeur (m)	Programme analytique	Nombre d'échantillons analysés	Commentaires
Stockage d'huiles	Caractérisation source	S6	3,6	HAP, BTEX, HCT C10-C40, métaux	2	
Incinérateur	Caractérisation sols superficiels (retombées)	S7, S8	1,2	Dioxines-furannes, métaux	2 (1 par sondage)	
Stockage d'acide	Caractérisation source	S14	3,6	Métaux, HAP, BTEX, COHV, HCT C10-C40, HCT C5-C10 + Ph	1	
Fuite du réseau d'eaux usées		S22, S23	1	Métaux, HAP, BTEX, COHV, HCT C10-C40, HCT C5-C10	2 (1 par sondage)	
Zone de stockage des déchets		S27, S28	3		2 (1 par sondage)	Refus à 2,4 m pour S27
Qualité des remblais	Caract. qualité des remblais de surface (terrassement possible)	S29, S38, PG1	2	ISDI + 8 Métaux + COHV	3 (1 par sondage)	S31 décalé car emplacement initial inaccessible S32 et S36 et S37 initialement destinés à caract. pour évacuation des sols mais matière insuffisante
	Caract. qualité des remblais de surface	S30, S31, S32, S33, S34, S35, S36, S37, S39, S40, S41	2	Métaux, HAP, BTEX, COHV, HCT C10-C40	20 (1 par sondage pour S32 et S36, 2 par sondage pour les 9 autres)	S35 décalé car présence de sous-sol
-	Blanc de terrain	T1, T2	2		2 (1 par sondage)	

Tableau 7 : Synthèse des investigations réalisées sur les sols en juin 2015

Objectif	Aménagement envisagé et configuration	Bâtiment et configuration	Type de prélèvement	Désignation du point	Profondeur (m)	Programme analytique	Types de support
Caractérisation des émissions de vapeurs au droit des futurs aménagements (notamment les établissements sensibles)	Halte garderie, sans sous-sol	Lepage, R-2	Piézomètre gaz	PG1	1,5	Mercure volatil, naphtalène, BTEX, HCT C5-C16, COHV	-tube de charbon actif -tube d'hopcalite pour la mesure -tube d'hopcalite pour le contrôle
	Crèche, R-2	Pinard, R-3		PG2	3,5		
	-	Espace vert		PG3	3,5		
	Logements, R-2	Lelong, R-2	Air ambiant	AAbtcr	-		
	Groupe scolaire, R-1	Robin, R-1		AA Lelong RDC			
				AA Lelong R-2			
				AA Robin RDC			
	Résidence étudiante, sans sous-sol au droit du prélèvement	Oratoire, pas de sous-sol au droit du prélèvement	AA Robin R-1	AA Oratoire			
	Logements, R-2	Robin, R-1	Air sous dalle	ASD Lelong	0,5		
	Groupe scolaire, R-1	Robin, R-1		ASD Robin	0,5		
Résidence étudiante, sans sous-sol au droit du prélèvement	Oratoire, RDC	ASD Oratoire		0,5			

Tableau 8 : Synthèse des investigations réalisées sur les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant (juin 2015)

6. Résultats d'analyses

6.1. Référentiels retenus pour l'interprétation des résultats

La circulaire ministérielle du 8 février 2007 et ses annexes définit une nouvelle approche de la problématique des sites et sols pollués en interprétant l'état des milieux par rapport au bruit de fond géochimique local et aux valeurs réglementaires existantes afin de s'assurer de la compatibilité des milieux avec leurs usages futurs.

6.1.1. Référentiels d'interprétation retenus pour les sols

Pour apprécier les niveaux de pollution éventuellement présents dans les sols, les valeurs de concentration mesurées pour les métaux ont été comparées avec une gamme de valeurs issue des recherches INRA^[1].

Cette gamme de valeurs correspond aux seuils de référence franciliens (95ème percentile de la distribution des concentrations mesurées), pour tous les métaux sauf l'arsenic. Pour ce composé, nous avons retenu la gamme de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires, selon les recherches de l'INRA.

Nota : la gamme de valeur de l'INRA a été utilisée pour interpréter les résultats d'analyse dans les échantillons prélevés à plus d'un mètre de profondeur (qui ne sont plus représentatifs à priori d'un sol). Par manque d'autres critères spécifiques (notamment pour l'arsenic), ce référentiel sert d'outil de comparaison. Cependant, une analyse critique des interprétations permet d'éviter les éventuels biais que pourrait entraîner l'utilisation de cette gamme pour des terres qui ne sont pas des sols.

A l'échelle locale, les cartes des teneurs en Eléments Traces Métalliques (ETM) des sols, de la base de donnée INDicateurs de la QUALité des SOLs (INDIQUASOL), peuvent également être utilisées. Elles sont réalisées par le Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol), à partir d'échantillons d'horizons superficiels (0-30 cm et 30-50 cm) issus de 2200 sites, uniformément répartis sur le territoire français (mailles carrée de 16 km de côté) entre 2001 et 2008 par le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS). Ces cartes donnent la tendance régionale en **prenant en compte à la fois le bruit de fond géochimique et les apports d'origine anthropique**. Les concentrations en ETM correspondent aux teneurs limites au-delà desquelles une valeur peut être considérée comme anormale au niveau local.

Paramètres	unité	Référentiel régional pour les sols d'Ile de France (Source ASPITET-INRA*)	INDIQUASOL GIS Sol (2008) maille de 16 km sur la ville de Paris (vibrisse supérieure dans l'horizon 0-30 cm)	INDIQUASOL GIS Sol (2008) maille de 16 km sur la ville de Paris (vibrisse supérieure dans l'horizon 30-50 cm)
arsenic	mg/kg MS	1 – 25*	-	-
cadmium	mg/kg MS	0,51	1,05275	0,56
chrome	mg/kg MS	65,2	111,875	131,8275
cuiivre	mg/kg MS	28	67,65	35,5375
mercure	mg/kg MS	0,32	-	-
plomb	mg/kg MS	53,7	121,2525	55,405
nickel	mg/kg MS	31,2	62,605	74,2725
zinc	mg/kg MS	88	165,63	164,98

* ASPITET (INRA – 2004) Gamme de valeurs couramment observées dans les « sols ordinaires »

Tableau 9: Valeurs de référence retenues pour les métaux lourds

Pour les autres substances, un constat de présence ou de non présence (teneurs inférieures aux limites du laboratoire) est précisé en l'absence de valeurs de référence.

En cas de pollution avérée et dans le cas d'une problématique d'évacuation des terres excavées, les résultats d'analyses sont comparés aux seuils de l'arrêté du 12 décembre 2014 fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans les installations de stockage de déchets inertes (ISDI) et les conditions d'exploitation de ces installations. Les valeurs seuils sont présentées dans le Tableau 10.

	Seuil d'admission en ISDI selon l'Arrêté du 12/12/2014 (mg/kg MS)
Paramètres sur brut	
Carbone organique total (COT)	30 000 (ou 3%) ²
Hydrocarbures totaux (Indice hydrocarbures C10-C40)*	500
Composés aromatiques volatils (Somme des BTEX)	6
Polychlorobiphényles (Somme des 7 PCB)	1
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (Somme des HAP)	50
Paramètres sur éluât	
Antimoine (Sb)	0,06
Arsenic (As)	0,5
Baryum (Ba)	20
Plomb (Pb)	0,5
Cadmium (Cd)	0,04
Chrome (Cr)	0,5
Cuivre (Cu)	2
Molybdène (Mo)	0,5
Nickel (Ni)	0,4
Sélénium (Se)	0,1
Zinc (Zn)	4
Mercuré (Hg)	0,01
Carbone organique total (COT) sur éluât	500
Sulfates (SO ₄)	1000 ³
Chlorures (Cl)	800
Fluorures (F)*	10
Fraction soluble	4000
Phénol (indice) sans distillation	1

Tableau 10 : Seuils d'admission en ISDI selon l'Arrêté du 12 décembre 2014

Dans une logique de développement durable et de réutilisation des ressources, les terres susceptibles d'être excavées pour les besoins de l'aménagement ont été caractérisées au regard des critères définis par le Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement (rapport final du BRGM/RP-60013-FR de février 2012). Les valeurs seuils sont présentées dans le Tableau 11.

² Pour les sols, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluât

³ Si le déchet ne respecte pas cette valeur pour le sulfate, il peut être encore jugé conforme aux critères d'admission si la lixiviation ne dépasse pas les valeurs suivantes : 1 500 mg/l à un ratio L/S = 0,1 l/kg et 6 000 mg/kg de matière sèche à un ratio L/S = 10 l/kg. Il est nécessaire d'utiliser l'essai de percolation NFCEN/TS 14405 pour déterminer la valeur lorsque L/S = 0,1 l/kg dans les conditions d'équilibre initial ; la valeur correspondant à L/S = 10 l/kg peut être déterminée par un essai de lixiviation NF EN 12457-2 ou par un essai de percolation NF CEN/TS 14405 dans des conditions approchant l'équilibre local.

	VS1 : Valeurs seuils sous bâtiment (bureau, industriel, commercial)	VS2 : Valeurs seuils pour réutilisation sous couverture*
Hydrocarbures C ₅ -C ₁₀	40**	400**
Hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀	50**	500**
Benzène	0,05	0,3
Somme TEX (Toluène, Ethylbenzène, Xylènes)	2,5**	6**
Naphtalène	0,05	1,5
Tétrachloroéthène	0,2	1
Trichloroéthène	0,9	5
cis-Dichloroéthène	0,3	2
Chlorure de vinyle	0,3	1,5
PCB (7)	0,1**	0,1**
Phénols et crésols (indice phénol)	8**	20**

* la réutilisation sous couverture peut être réalisée sous revêtement bitumineux, béton ou sous couverture de terres végétales ou remblais non pollués de 30 cm mesurée après compactage.
** Ces valeurs sont issues d'une décision du groupe de travail sur les terres excavées.

Tableau 11 : Valeurs seuils (en mg/kg sur brut) de réutilisation hors site des terres excavées

6.1.2. Référentiels d'interprétation pour les résultats d'analyse dans les gaz du sol, l'air sous dalle et l'air ambiant

Pour les gaz du sol et l'air sous dalle, en l'absence de valeurs réglementaires, un constat de présence ou d'absence est d'abord effectué. Un composé est détecté chaque fois que sa concentration apparaît supérieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire.

Pour l'air ambiant, l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) a proposé des premières valeurs guides air intérieur (VGAI), fondées exclusivement sur des critères sanitaires, pour le formaldéhyde et le monoxyde de carbone (publiées en juillet 2007) ainsi que pour le benzène, le trichloroéthylène, le naphtalène et le tétrachloroéthylène. Mais elles n'ont actuellement pas de statut réglementaire.

Par ailleurs, le HCSP propose des valeurs repère d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos ouverts au public (cf. Suite au Grenelle de l'Environnement, le principe de surveillance de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les lieux clos ouverts au public a été décidé (engagement n°152)).

Le décret 2011-1727 du 02/12/2011 propose, pour le benzène mesuré dans les Etablissements Recevant du Public, une valeur guide de 5 µg/m³ à partir de janvier 2013.

La valeur guide du naphtalène recommandée par l'AFSSET en 2009 est de 10 µg/m³ (air des espaces clos).

L'interprétation des résultats des mesures d'air ambiant à l'intérieur des locaux s'appuie en premier lieu sur les Valeurs de Gestion de l'Air intérieur proposées par le HCSP (Haut Comité de Santé Publique) ou les valeurs guide de qualité d'air intérieur (VGAI chroniques) proposées par l'AFSSET.

Les valeurs sont également comparées aux données issues de la campagne de mesures de l'état de la qualité de l'air dans les logements réalisée par l'OQAI (95^{ème} percentile du rapport final de mai 2007).

6.2. Résultats d'analyses des sols

Les bordereaux d'analyses de sols correspondants sont joints Annexe 10. Les tableaux de synthèse de l'ensemble des résultats sols sont présentés Annexe 11.

Une cartographie des résultats de sol est présentée en Annexe 12.

6.2.1. Métaux sur brut

Les 8 métaux (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, plomb, nickel et zinc) ont été recherchés sur 33 échantillons. La présence de métaux a été détectée sur l'ensemble des échantillons analysés.

Les teneurs mesurées en arsenic, chrome et nickel ne dépassent pas la concentration du bruit de fond régional sur l'ensemble des échantillons analysés.

Le cadmium est détecté sur l'échantillon S32 (0-0,3) à une concentration de 1,4 mg/kg MS, qui dépasse la valeur seuil INDIQUASOL (0-30 cm) qui est de 1,05 mg/kg MS pour la ville de Paris.

La concentration en cuivre dépasse le seuil INDIQUASOL (0-30 cm) qui est de 67,66 mg/kg MS, pour l'échantillon S32 (0-0,3) avec une valeur de 76 mg/kg MS. Elle dépasse le seuil INDIQUASOL (30-50 cm), qui est de 35,54 mg/kg MS, pour les échantillons S28 (0,4-1,4), S30 (0,3-1) et S41 (0,05-0,5) avec respectivement des valeurs de 42 mg/kg MS, 47 mg/kg MS et 52 mg/kg MS. La valeur de bruit de fond régional (28 mg/kg MS) est dépassée pour les échantillons T1 (0-0,4), S6 (0,05-1,3), S23 (0,05-1) et S41 (0,5-1,2) avec des valeurs comprises entre 28 mg/kg MS et 56 mg/kg MS.

Le mercure est présent à des teneurs supérieures à la concentration du bruit de fond régional (0,32 mg/kg MS) sur les échantillons T1 (0-0,4), S6 (0,05-1,3), S27 (0,4-1,2), S28 (0,4-1,4), S30 (0-0,3), S30 (0,3-1), S31 (0,65-1), S32 (0-0,3), S33 (0,5-1,3), S36 (0,4-1), S37 (0,4-1), S39 (0,5-1,4), S41 (0,05-0,5) et S41 (0,5-1,2) avec des valeurs comprises entre 0,34 mg/kg MS et 1,7 mg/kg MS.

La concentration en plomb dépasse le seuil INDIQUASOL (0-30 cm), qui est de 121,25 mg/kg MS, pour les échantillons S6 (0,05-1,3), S23 (0,05-1), S32 (0-0,3) et S41 (0,05-0,5) avec des valeurs comprises entre 140 et 170 mg/kg MS. Le seuil INDIQUASOL (30-50 cm), qui est de 55,405 mg/kg MS est dépassé pour les échantillons S28 (0,4-1,4) et S30 (0,3-1) avec des concentrations respectives en plomb de 170 mg/kg MS et 150 mg/kg MS. La valeur de bruit de fond régional (53,7 mg/kg MS) est dépassée au niveau des échantillons S30 (0-0,3), S39 (0,5-1,4) et S41 (0,5-1,2).

La teneur en zinc est supérieure au seuil INDIQUASOL (30-50 cm), qui est de 165,64 mg/kg MS, pour les échantillons S28 (0,4-1,4) et S41 (0,05-0,5) avec des valeurs respectives de 220 mg/kg MS et 180 mg/kg MS. Les concentrations en zinc sont également supérieures aux valeurs de

bruit de fond régional (88 mg/kg MS) pour les échantillons S6 (0,05-1,3) et S7 (0,05-0,5) avec des valeurs respectives de 130 mg/kg MS et 92 mg/kg MS.

Ainsi, le mercure est présent sur l'ensemble du site, principalement en surface, en concentration supérieure à celle du bruit de fond régional d'Ile-de-France. Ceci peut être lié à la qualité des remblais.

Des anomalies ponctuelles en cadmium, cuivre, plomb et zinc sont également retrouvées en surface dans les remblais.

Des précautions particulières seront ainsi à prendre en cas de conservation des terres sur site en fonction des aménagements (recouvrement), et en cas d'excavation en fonction de la lixiviation des métaux.

6.2.2. Benzène, toluène, ethylbenzène et xylènes (BTEX)

Les BTEX totaux ont été quantifiés sur 8 des 72 échantillons analysés.

Sur les échantillons T1 (0-0,4), S24 (1,2-2), S26 (0,05-1), S27 (0,4-1,2) et S37 (0-0,4), la concentration en benzène dépasse la valeur seuil du BRGM pour la réutilisation des terres excavées sous bâtiment (0,05 mg/kg MS) avec des valeurs comprises entre 0,05 et 0,14 mg/kg MS.

La présence de toluène est notée au niveau des échantillons T1 (0-0,4), S39 (0,05-0,5) et S40 (0,4-1,4) avec des teneurs comprises entre 0,05 et 0,20 mg/kg MS, inférieure aux seuils du BRGM qui sont de 2,5 mg/kg MS pour la réutilisation des terres sous bâtiment et 6 mg/kg MS pour la réutilisation des terres sous couverture.

La présence de xylène est détectée au niveau de l'échantillon S21 (7,6-8,4) avec une teneur de 0,27 mg/kg MS, inférieure aux seuils du BRGM.

Le seuil du BRGM pour la réutilisation hors site des terres sous bâtiments est donc dépassé pour le benzène sur cinq sondages autour de la chaufferie et du bâtiment A. Colombani. Néanmoins, ces concentrations n'empêche pas d'envisager, en cas d'excavation, la réutilisation des terres sous couverture le stockage en ISDI.

6.2.3. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP totaux ont été quantifiés sur 27 des 72 échantillons analysés.

Les teneurs sont comprises, pour la somme des composés, entre 0,33 mg/kg MS pour S12 (0,05-0,7) et 33 mg/kg MS pour S30 (0,3-1).

Les échantillons S21 (7,6-8,4) et S21 (9-10) présentent des valeurs en naphthalène supérieures au seuil du BRGM pour la réutilisation des terres sous bâtiment (0,05 mg/kg MS) avec des concentrations respectives de 0,27 et 1,4 mg/kg MS.

La teneur en naphthalène ne permet donc pas la réutilisation des terres sous bâtiments dans le cas d'une excavation hors site au droit du sondage S21, à partir de 7,6 m de profondeur, au niveau de la cuve enterrée en fosse de 5 000 L de mazout.

6.2.4. Composés Organo-halogénés volatils (COHV)

Les COHV ont été analysés sur 30 échantillons.

La présence de trichloréthylène a été détectée sur l'échantillon S36 (0,4-1), avec une teneur de 0,06 mg/kg MS, inférieure aux valeurs seuil du BRGM (0,9 mg/kg MS pour la réutilisation des terres sous bâtiment et 5 mg/kg MS pour la réutilisation sous couverture).

Les autres concentrations mesurées sont inférieures aux limites de quantification du laboratoire (0,02 à 0,1 mg/kg de MS).

Il est donc noté un impact ponctuel en trichloréthylène au niveau de l'échantillon S36, à faible profondeur. La teneur mesurée en trichloréthylène permet néanmoins, en cas d'excavation des terres, leur réutilisation hors site sous couverture ou sous bâtiment ou le stockage en ISDI.

6.2.5. Polychlorobiphényles (PCB)

Les PCB (somme des 7), ont été quantifiés sur 1 des 6 échantillons analysés, S32 (0-0,3), avec une concentration en PCB totale de 170 µg/kg MS.

Cette concentration est inférieure au seuil d'admission en ISDI de 1 000 µg/kg de MS.

Il est donc noté la présence de PCB au niveau du sondage S32, avec une concentration permettant la réutilisation hors site des terres sous bâtiments ou sous couverture ou le stockage en ISDI dans le cas de leur excavation.

6.2.6. Hydrocarbures totaux (HCT C5-C40)

La somme des hydrocarbures volatils (HCT C5-C10), a été quantifiée sur un des 43 échantillons analysés: S21 (7,6-8,4).

Pour l'échantillon S21 (7,6-8,4), caractérisant la cuve enterrée en fosse de 5 000 L de mazout domestique au Nord-est du bâtiment P. Petit, la fraction C8-C10 a été détectée avec une concentration de 25 mg/kg MS. Cette concentration ne dépasse ni les seuils du BRGM pour la réutilisation des terres excavées, ni le seuil pour le stockage des terres en ISDI.

La somme des hydrocarbures semi-volatils à lourds (HCT C10-C40) a été quantifiée sur 25 des 64 échantillons analysés, avec des concentrations comprises entre 20 et 3 100 mg/kg MS.

Cette somme dépasse le seuil de l'arrêté ministériel du 12/12/2014 pour les terres inertes (500 mg/kg MS), au niveau des échantillons S15 (0,2-0,5), S21 (7,6-8,4), S21 (9-10) et S31 (0,05-0,6) avec des concentrations respectives de 1 300 mg/kg MS, 720 mg/kg MS, 3 100 mg/kg MS et 770 mg/kg MS.

La valeur seuil du BRGM pour la réutilisation sous bâtiment des terres excavées (50 mg/kg MS) est également dépassée pour les hydrocarbures C10-C40 au niveau des échantillons S1 (0,05-1), S10 (0,05-1), S14 (0,05-1), S26 (0,05-1), S33 (0-0,5), S34 (0,05-0,4), S39 (0,05-0,5) et S39 (0,5-1,4), avec des concentrations comprises entre 65 mg/kg MS et 340 mg/kg MS.

La présence de HCT est donc notée sur plusieurs sondages au niveau de la moitié Sud-ouest du site en quantité modérée. Sur cette moitié Sud-ouest, le dépassement du seuil du BRGM ne permet pas la réutilisation hors site des terres excavées sous bâtiment.

Il est également noté un impact plus important et plus ponctuel en hydrocarbures lourds peu volatils au niveau des sondages S21, S15 et S31, qui ne permet pas l'envoi des terres en ISDI.

6.2.7. Dioxines - furannes

Les dioxines et furannes ont été analysés sur deux échantillons qui caractérisent la zone de retombées de l'incinérateur : S7 (0,05-0,5) et S8 (0,05-0,15).

L'octachloro-dibenzo-dioxine (OCDD) a été quantifiée sur l'échantillon S8 (0,05-0,15) avec une concentration de 14 ng/kg MS.

Les polychloro-dibenzo-dioxines et furannes (PCDD/F) ont été quantifiés sur les deux échantillons. Sur la base du référentiel de l'OMS (2005), les deux échantillons présentent une concentration de 6,4 ng WHO-PCDD/F-TEQ Upper Bound (équivalent OMS-TEQ/kg MS en limite haute). Sur la base du référentiel de l'OTAN (1989), les deux échantillons présentent une concentration de 5,9 ng I-PCDD/F-TEQ Upper Bound (équivalent OTAN-TEQ/kg MS en limite haute).

Les valeurs mesurées sont dans la gamme des données de sols urbains selon le rapport édité par le BRGM « Dioxines/furannes dans les sols français : troisième état des lieux – analyses 1998-2012 » référencé BRGM/RP-63111-RF de décembre 2013.

6.2.8. COT sur brut et éluât

Le COT sur brut a été analysé sur les échantillons S29 (0,05-0,8), S37 (0,4-1) et S38 (0,05-0,5). Il a été quantifié sur les échantillons S37 (0,4-1) et S38 (0,05-0,5), avec des concentrations respectives de 4800 mg/kg MS et 3 900 mg/kg MS, inférieures à la valeur seuil de l'arrêté ministériel du 12/12/2014 pour l'admission en ISDI (30 000 mg/kg MS).

Les analyses sur éluât ont porté sur les échantillons S29 (0,05-0,8), S38 (0,05-0,5) et PG1 (0-1).

Le COT sur éluât a été quantifié sur les échantillons S29 (0,05-0,8), S38 (0,05-0,5) et PG1 (0-1) avec des concentrations respectives de 9,3 mg/kg MS, 11 mg/kg MS et 22 mg/kg MS inférieures au seuil d'acceptation en ISDI (500 mg/kg MS).

Les composés organiques totaux sont donc présents de manière diffuse sur le site, dans des concentrations qui permettent la réutilisation des terres excavées sous bâtiment et sous couverture et le stockage en ISDI.

6.2.9. Métaux sur éluât

Parmi les métaux sur éluât, seul le baryum est présent avec une teneur supérieure à la limite de quantification du laboratoire, sur l'échantillon S29 (0,05-0,8) avec une concentration de 0,37 mg/kg MS, inférieure au seuil de l'arrêté ministériel du 12/12/2014 (20 mg/kg MS).

6.2.10. Composés inorganiques sur éluât

Les composés inorganiques sur éluât sont : les fluorures, la fraction soluble, les chlorures, les sulfates et l'indice phénol. Ces composés ont été analysés sur 3 échantillons : S29 (0,05-0,8), S38 (0,05-0,5) et PG1 (0-1).

Les fluorures ont été quantifiés sur les trois échantillons avec des concentrations de 2,1 mg/kg MS pour S29 (0,05-0,8), 4,9 mg/kg MS pour S38 (0,05-0,5), et 5,6 mg/kg MS pour PG1 (0-1) inférieure au seuil d'admission en ISDI (10 mg/kg MS).

La fraction soluble a été quantifiée sur l'échantillon S29 (0,05-0,8) avec une concentration de 10 000 mg/kg MS, et sur l'échantillon PG1 (0-1) avec une concentration de 23600 mg/kg MS, supérieures au seuil d'admission en ISDI (4 000 mg/kg MS).

Les chlorures ont été quantifiés sur l'échantillon S29 (0,05-0,8) avec une concentration de 35 mg/kg MS et sur PG1 (0-1) avec une concentration de 21 mg/kg MS, inférieures au seuil d'admission en ISDI de 800 mg/kg MS.

Les sulfates ont été quantifiés sur les trois échantillons avec des concentrations de 53,3 mg/kg MS pour l'échantillon S38 (0,05-0,5), 5 890 mg/kg MS pour l'échantillon S29 (0,05-0,8) et 15100 mg/kg MS pour l'échantillon PG1 (0-1). Les teneurs en sulfate des échantillons S29 (0,05-0,8) et PG1 (0-1) sont supérieures au seuil d'admission en ISDI (1 000 mg/kg MS).

L'indice phénol n'a été quantifié sur aucun des trois échantillons, la limite de quantification du laboratoire étant de 0,1 mg/kg MS.

La présence de fraction soluble et de sulfate au niveau des sondages S29 et PG1, pouvant être liée à la nature des sols (marnes), ne permet pas l'évacuation des terres en ISDI.

6.3. Résultats d'analyses des gaz du sol

Les bordereaux d'analyses correspondants sont joints Annexe 13. Les tableaux de synthèse de l'ensemble des résultats obtenus sont présentés Annexe 14.

Une cartographie des résultats de gaz du sol est présentée en Annexe 15.

Un composé est détecté chaque fois que sa concentration apparaît supérieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire.

Les valeurs en gras sont celles dépassant la limite de quantification du laboratoire.

6.3.1. BTEX et naphthalène

Des BTEX ont été quantifiés au droit des piézaires PG1 (1,5 m de profondeur), PG2 (3,5 m de profondeur) et PG3 (3,5 m de profondeur) :

- Sur l'échantillon PG1 (future Halte-garderie, sans sous-sol), les BTEX ont été mesurés à une concentration totale de 0,0250 mg/m³, avec une concentration en toluène de 0,0102 mg/m³, en ortho-xylène de 0,0035 mg/m³, en para et méta-xylènes de 0,0105 mg/m³ et en somme des xylènes de 0,0140 mg/m³,
- Sur l'échantillon PG2 (future crèche avec sous sol), les BTEX ont été mesurés à une concentration totale de 0,0317 mg/m³, avec une concentration en toluène de 0,0128 mg/m³, en orthoxylène de 0,0047 mg/m³, en para et métaxylènes de 0,0142 mg/m³ et en xylènes de 0,0183 mg/m³,
- Sur l'échantillon PG3 (future crèche avec sous sol), une concentration en toluène de 0,0072 mg/m³ a été mesurée.

Le benzène et l'éthylbenzène présentent des concentrations inférieures aux limites de quantification du laboratoire (variables selon les composés et comprises entre 0,0017 et 0,0023 mg/m³).

Le Naphtalène n'a pas été quantifié sur les échantillons analysés. Les concentrations mesurées sont toutes inférieures aux limites de quantification du laboratoire (variables selon les composés et comprises entre 0,0042 et 0,0067 mg/m³).

6.3.2. Mercure

Le mercure n'a été détecté sur aucun des points de prélèvements (PG1, PG2 et PG3). Les concentrations mesurées sont toutes inférieures aux limites de quantification du laboratoire (0,0017 mg/m³).

6.3.3. Hydrocarbures

Les hydrocarbures ont été analysés sur les trois échantillons (PG1, PG2 et PG3).

Seuls les fractions aliphatiques C12-C16 ont été détectées sur les ouvrages PG1 (0,2 mg/m³) et PG2 (0,1 mg/m³). Ces composés ne sont pas détectés sur la couche de contrôle.

Les concentrations mesurées sur les autres fractions sont inférieures aux limites de quantification du laboratoire (entre 0,0835 et 0,2667 mg/m³ pour chaque composé).

6.3.4. Composés Organo-Halogénés Volatils

Les COHV ont été quantifiés au droit de PG1 et PG3 avec :

- PG1 (future Halte-garderie, sans sous-sol) : le chloroforme avec une concentration de 0,0134 mg/m³,
- PG3 (future crèche, avec sous sol) : le trichloroéthylène avec une concentration de 0,1947 mg/m³.

Les autres composés analysés présentent des concentrations inférieures aux limites de quantification du laboratoire (variables selon les composés et comprises entre 0,0017 et 0,0133 mg/m³).

6.4. Résultats d'analyses d'air ambiant et d'air sous dalle

Les bordereaux d'analyses correspondants sont joints en Annexe 16. Le tableau de synthèse des résultats est présenté en Annexe 14.

Une cartographie des résultats d'air ambiant et d'air sous dalle est présentée en Annexe 15.

Un composé est détecté chaque fois que sa concentration apparaît supérieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire.

Les valeurs en gras sont celles dépassant la limite de quantification du laboratoire.

Les valeurs en couleur signalent un dépassement d'au moins une des valeurs de référence.

6.4.1. Bâtiment Robin – Futur école

Les investigations menées sur l'emprise supposée de la future école ont compris la réalisation d'un prélèvement d'air sous dalle couplé avec deux prélèvements d'air ambiant en sous-sol et en rez-de-chaussée.

Les résultats d'analyse sont présentés dans le tableau suivant.

Bâtiment Robin (futur école avec sous-sol)				
Description échantillon		ASD Robin	AA Robin SS	AA Robin RDC
Unité		(mg/m ³)		
Localisation		R-1	R-1	RDC
BTEX	Somme BTEX	<LQ	0,0035	0,0046
	Toluène	0,0045	0,0018	0,0026
	Ortho-xylène	<LQ	0,0006	0,0005
	Para- et méta-xylènes	<LQ	0,0011	0,0015
	Somme xylènes	<LQ	0,0017	0,0020
Hydrocarbures aromatiques	Somme	<LQ	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aliphatiques	Somme	<LQ	<LQ	<LQ
COHV	Somme	<LQ	<LQ	<LQ
HAP	Naphtalène	<LQ	<LQ	<LQ
Métaux	Mercure	<LQ	<LQ	<LQ

- : Non détecté

Tableau 12 : Résultats d'air sous-dalle et d'air ambiant au droit du bâtiment Robin

Les résultats d'analyse dans l'air sous dalle et dans l'air ambiant mettent en évidence :

- La présence de BTEX dans l'air sous-dalle (toluène) et dans l'air ambiant du R-1 et du RDC (toluène et xylènes) ;
- les concentrations mesurées dans l'air ambiant sont du même ordre de grandeur entre le sous-sol (R-1), le RDC et l'échantillon d'air ambiant témoin (toluène et m,p-xylènes) ;
- les teneurs mesurées sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans l'échantillon d'air ambiant témoin (toluène et m,p-xylènes) ;
- L'absence d'hydrocarbures volatils, de COHV, de naphtalène et de mercure sur les 3 échantillons prélevés et analysés.

Ainsi, la présence de BTEX dans l'air ambiant pourrait provenir d'un bruit de fond intérieur (espace vétuste et confiné et nombreux stockages). Une contribution des sols par dégazage et transfert n'est pas exclue, notamment pour le toluène.

Les valeurs mesurées dans l'air ambiant restent inférieures aux valeurs de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI).

Les concentrations mesurées en naphtalène, mercure, hydrocarbures volatils et COHV sont inférieures aux limites de quantification du laboratoire pour les trois échantillons analysés.

6.4.2. Bâtiment Lelong – Futur logements

Les investigations menées au droit des futurs logements (avec sous-sol) du bâtiment Lelong ont compris la réalisation d'un prélèvement d'air sous dalle couplé avec deux airs ambiant en sous-sol et en rez-de-chaussée.

Les résultats d'analyse sont présentés dans le tableau suivant.

Bâtiment Lelong (futur logement avec sous-sol)				
Description échantillon		ASD Lelong	AA Lelong R-2	AA Lelong RdC
unité		(mg/m ³)		
Localisation		R-2	R-2	RDC
BTEX	Somme BTEX	0,0403	0,2070	<LQ
	Toluène	0,0210	0,0027	<LQ
	Ethylbenzène	0,0035	0,0364	<LQ
	Ortho-xylène	0,0040	0,0406	<LQ
	Para- et méta-xylènes	0,0123	0,1264	<LQ
	Somme xylènes	0,0161	0,1698	<LQ
Hydrocarbures aromatiques	C8-C10	<LQ	0,2029	<LQ
Hydrocarbures aliphatiques	Somme	<LQ	<LQ	<LQ
COHV	Tétrachloroéthylène	0,0016	<LQ	<LQ
	Chloroforme	0,0500	0,0004	<LQ
HAP	Naphtalène	<LQ	<LQ	<LQ
Métaux	Mercure	<LQ	<LQ	<LQ

- : Non détecté

0,0500 : Composé également présent dans la couche de contrôle

Tableau 13 : Résultats d'air sous-dalle et d'air ambiant au droit du bâtiment Lelong

Les résultats d'analyse dans l'air sous dalle et dans l'air ambiant mettent en évidence :

- la présence de BTEX dans l'air sous-dalle et dans l'air ambiant au niveau R-2 (toluène, ethylbenzène et xylènes). Dans l'air ambiant du RDC, les teneurs sont inférieures aux limites de quantification du laboratoire. On notera que les teneurs mesurées dans l'air ambiant du R-2 sont 10 à 100 fois plus élevées que celles mesurées dans l'air sous-dalle. De plus, les teneurs mesurées au R-2 (ethylbenzène, o,m,p-xylènes) sont supérieures aux valeurs de l'OQAI air ambiant intérieur.
- la présence de COHV dans l'air sous-dalle (tétrachloroéthylène et chloroforme) et l'air ambiant du R-2 (chloroforme). Les teneurs mesurées dans l'air ambiant sont nettement inférieures à celles mesurées dans l'air sous-dalle. On notera que le chloroforme a été détecté sur la couche de contrôle du prélèvement d'air sous-dalle.
- la présence de traces d'hydrocarbures volatils (fraction aromatiques C8-C10) dans l'air ambiant du R-2. Ce composé n'a pas été détecté sur les autres points de prélèvement.
- l'absence de naphtalène et de mercure sur les 3 échantillons prélevés et analysés.

- l'absence de composés volatils dans l'air ambiant du RDC (teneurs inférieures aux limites de quantification du laboratoire).

La présence de BTEX dans l'air ambiant (R-2) pourrait provenir d'un bruit de fond intérieur (espace vétuste et confiné, et présence de nombreux stockages). Une contribution des sols par dégazage et transfert de vapeurs n'est pas exclue.

6.4.3. Bâtiment Oratoire – Future résidence étudiante

Les investigations menées au droit de la future résidence étudiante et/ou de futurs logements (sans sous-sol) ont compris la réalisation d'un prélèvement d'air sous dalle couplé avec un air ambiant en rez-de-chaussée.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Bâtiment Oratoire (sans sous-sol)			
Description échantillon		ASD Oratoire	AA Oratoire RdC
Unité		(mg/m ³)	
Localisation		RDC	RDC
BTEX	Somme BTEX	<LQ	0,0042
	Toluène	0,0037	0,0024
	Ortho-xylène	<LQ	0,0004
	Para- et méta-xylènes	0,0040	0,0013
	Somme xylènes	<LQ	0,0018
Hydrocarbures aromatiques	Somme	<LQ	<LQ
Hydrocarbures aliphatiques	Somme	<LQ	<LQ
COHV	Tétrachloroéthylène	0,0155	<LQ
	Trichloroéthylène	0,0060	<LQ
HAP	Naphtalène	<LQ	<LQ
Métaux	Mercuré	<LQ	<LQ

- : Non détecté

Tableau 14 : Résultats d'air sous-dalle et d'air ambiant au droit du bâtiment Oratoire

Les résultats d'analyse dans l'air sous dalle et dans l'air ambiant mettent en évidence :

- la présence de BTEX dans l'air sous-dalle (toluène et m,p-xylènes) et dans l'air ambiant RDC (toluène et o,m,p-xylènes). On notera que les teneurs mesurées sont du même ordre de grandeur entre l'air sous-dalle et l'air ambiant, avec des teneurs plus importantes dans l'air sous dalle. On notera également que l'ortho-xylène n'est détecté que dans l'air ambiant du RDC. Les valeurs mesurées dans l'air ambiant du rez-de-chaussée sont inférieures aux valeurs de l'OQAI.
- les teneurs mesurées sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans l'échantillon d'air ambiant témoin (toluène et m,p-xylènes),
- l'ortho-xylène n'est pas détecté dans l'échantillon témoin.
- Les COHV (tétrachloroéthylène et trichloroéthylène) sont détectés dans l'air sous-dalle. Ces composés ne sont pas retrouvés dans l'air ambiant du RDC.

- L'absence d'hydrocarbures volatils, de naphthalène et de mercure sur les 3 échantillons prélevés et analysés.

La présence de BTEX dans l'air ambiant du R-2 pourrait provenir d'un transfert et d'un dégazage depuis les sols, d'un bruit de fond intérieur (espace vétuste et confiné et présence de nombreux stockage) et d'un bruit de fond extérieur lié au trafic routier.

6.5. Synthèse et interprétation des résultats d'analyses

6.5.1. Synthèse et interprétation des résultats d'analyses des sols

Les résultats d'analyses disponibles dans les sols au droit des zones investiguées permettent de mettre en évidence des impacts en composés organiques caractérisés par :

- la présence d'hydrocarbures C10-C40 sur plusieurs sondages (en surface dans les remblais ; 1^{er} mètre) au niveau de la moitié Sud-ouest du site en concentration modérée (65 à 340 mg/kg MS). Les fractions concernées sont des fractions lourdes et peu volatiles.
- un impact plus important en hydrocarbures C10-C40, fractions lourdes et peu volatiles, localisé au niveau de trois sondages :
 - en surface et de manière peu étendue au niveau de S15 (1 300 mg/kg MS entre 0,2 et 0,5 m de profondeur), probablement en lien avec le stockage aérien de fioul du bâtiment Marcel Lelong,
 - également en surface et de manière peu étendue pour le sondage S31 (770 mg/kg MS entre 0,5 et 0,6 m de profondeur), localisé aux abords du bâtiment Lelong, sans lien avec une source connue,
 - un impact plus en profondeur au niveau du S21 (720 à 3 100 mg/kg MS à partir de 7,6 m de profondeur), pouvant être en lien avec la cuve de fioul enterrée en fosse entre les bâtiments Petit et CED.
- La présence de naphthalène, associée à l'impact en hydrocarbures au niveau du sondage S21 (0,27 à 1,4 mg/kg MS à partir de 7,6 m de profondeur).

Dans le cas de futurs travaux de terrassement et d'évacuation hors site, les terres présentes au niveau des sondages S15 (0,2-0,5 m) , S21 (7,6-10 m), S31 (0,05-0,6 m), notamment en raison de leurs teneurs en hydrocarbures, ne pourraient pas être acceptées en ISDI ni réutilisées hors site sous bâtiments ou sous couverture (selon le guide BRGM terres excavées).

Les terres présentes au niveau des sondages S29 (0,05-0,8 m) et PG1 (0-1 m), en raison de leurs teneurs en fraction soluble et sulfates, ne pourraient pas non plus être acceptées en ISDI.

Par contre, ces terres pourraient être réutilisées sur site (sous certaines conditions) ou envoyées en Comblement de Carrières ou ISDND, sous réserve d'un accord préalable de la filière identifiée.

Les terres situées en surface au niveau des sondages bordant le bâtiment Lelong (S1 (0,05-1 m), S10 (0,05-1 m), S14 (0,05-1,2 m), S33 (0-0,5 m), S34 (0,05-0,4 m)) ainsi qu'au niveau des sondages S39 (0,05-1,4 m) et S26 (0,05-1 m) ne pourraient pas être réutilisées hors site sous bâtiment, en raison notamment de leurs teneurs en hydrocarbures.

Les terres situées au niveau du sondage S20 (8,4-9 m), en raison de leur teneur en naphtalène, ainsi qu'au niveau des sondages S24 (1,2-2 m), S 27 (0,4-1,2 m) et S37 (0-0,4 m), en raison de leur teneur en benzène, ne pourraient également pas être réutilisées hors site sous bâtiment.

L'aspect organoleptique peut être également un critère de refus des terres en ISDI. Sur l'ensemble des sondages réalisés, seul le sondage S21 présente des traces noires à partir de 7,6 m de profondeur.

La présence de métaux est également identifiée avec un dépassement du bruit de fond d'Ile-de-France en mercure sur l'ensemble du site, en surface, probablement lié à la qualité des remblais.

Des anomalies ponctuelles en cadmium, cuivre, plomb et zinc sont également retrouvées en surface dans les remblais, au niveau de la moitié Sud du site, avec des dépassements des valeurs de bruit de fond et des seuils INDIQUASOL. Ces anomalies en métaux pourraient représenter un risque sanitaire par contact direct (ingestion de sol et inhalation de poussières). Dans le cas de l'aménagement futur du site et d'un recouvrement des sols, cette voie d'exposition pourra être supprimée.

La présence de composés volatils tels que le mercure et le trichloréthylène (S36 (0,4-1 m)), peut être problématiques d'un point de vue sanitaire (par inhalation de vapeurs).

Cependant, dans le cadre de l'aménagement futur, ces anomalies sont soit au droit d'aménagements extérieurs soit excavées pour la réalisation de sous-sol, ce qui permet de limiter l'exposition des futurs usagers (par inhalation de vapeurs).

La présence de naphtalène et d'hydrocarbures en profondeur, au niveau du sondage S21 (7,6-8,4 m) n'est pas de nature à générer un risque par inhalation de vapeurs pour les futurs usagers, du fait de la profondeur de l'impact, de la teneur mesurée et des caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de ces fractions lourdes et peu volatiles.

On notera que les PCB et les dioxines et furanes sont présents en surface sur des zones d'aménagements extérieurs et ne constituent donc pas un risque pour la santé des futurs usagers (teneurs et toxicité faibles).

6.5.2. Synthèse et interprétation des résultats d'analyses des gaz du sol

Les résultats d'analyses des gaz du sol ont montré la présence de BTEX et de COHV au droit de la future Halte-garderie (PG1) et du premier emplacement envisagé pour la future crèche (PG2) sur laquelle il est envisagé 1 niveau de sous-sol, et dans une moindre mesure au droit du deuxième emplacement envisagé pour la future crèche (PG3) sur laquelle il est également envisagé 1 niveau de sous-sol

La présence de ces composés dans les gaz du sol peut être liée à un dégazage issu des sols. Le risque d'exposition à ces composés (par transfert des gaz vers les futurs bâtiments) n'est pas exclu.

6.5.3. Synthèse et interprétation des résultats d'analyses des mesures d'air sous-dalle et d'air ambiant

Sur le prélèvement d'air ambiant témoin, seuls le toluène et les m,p-xylènes ont été détectés. La présence de ces composés peut être liée au trafic routier dans l'environnement du site.

Au droit de la future école (bâtiment Robin), seuls les BTEX ont été détectés, et ce sur les 3 points de prélèvement (air sous-dalle, air ambiant R-1 et RDC). On notera que les xylènes ont été détectés uniquement dans l'air ambiant du R-1 et du RDC, avec des teneurs du même ordre de grandeur. Ces concentrations ne dépassent pas les valeurs de référence VGAI. La présence de ces composés dans l'air ambiant peut être liée en partie au dégazage et au transfert depuis les sols (toluène). Une contribution liée aux activités et/ou produits utilisés et/ou stockés (bruit de fond intérieur) n'est pas exclue. On notera que ce bâtiment est actuellement inoccupé et condamné (espace confiné).

Au droit du bâtiment Lelong (futur logements), plusieurs composés ont été détectés dans l'air sous-dalle et l'air ambiant du R-2 : BTEX (ethylbenzène, toluène et xylènes), COHV (tétrachloroéthylène et chloroforme), hydrocarbures volatils (aromatiques C8-C10). On notera que dans l'air ambiant du RDC, l'ensemble des teneurs est inférieures aux limites de quantification du laboratoire.

Dans le bâtiment, les teneurs en BTEX dans l'air ambiant du R-2 sont 10 à 100 fois supérieures à celles mesurées dans l'air sous-dalle et sont supérieures aux valeurs de références de l'OQAI pour l'air ambiant intérieur. Les teneurs mesurées dans l'air ambiant peuvent être liée en partie au dégazage et au transfert depuis les sols (toluène). Une contribution liée aux activités et/ou produits utilisés et/ou stockés (bruit de fond intérieur) n'est pas exclue. On notera que ce bâtiment est actuellement inoccupé et condamné (espace confiné).

Concernant les COHV, le chloroforme a été détecté dans la couche de mesure et dans la couche de contrôle. De ce fait, la teneur mesurée peut être sous estimée. La présence de ce composé sur la couche de contrôle est probablement liée à son caractère très volatil.

Au droit du bâtiment Oratoire (future résidence étudiante et/ou logements), les BTEX (toluène et xylènes) ont été détectés dans l'air sous-dalle et l'air ambiant du RDC. On notera toutefois que l'ortho-xylène a été détecté uniquement dans l'air ambiant. Les teneurs mesurées sont du même ordre de grandeur entre l'air sous-dalle et l'air ambiant et restent inférieures aux valeurs de référence. Les autres composés présents dans l'air ambiant peuvent être liés au transfert et au dégazage des sols ou au bruit de fond intérieur. Les COHV (tétrachloroéthylène et chloroforme) sont également et uniquement détectés dans l'air sous-dalle.

7. Schéma conceptuel d'exposition

Le schéma conceptuel consiste à établir, sur la base des résultats du diagnostic, un bilan factuel de l'état environnemental des milieux.

D'après la méthodologie de gestion des sites et sols pollués du MEDDTL, il doit permettre d'appréhender l'état de pollution des milieux et des voies d'exposition au regard du projet d'aménagement. Il a pour objectifs de préciser :

- les **sources de pollution** contenant des substances susceptibles de générer un impact,
- les différents **milieux de transfert** des substances vers un point d'exposition,
- les **cibles** situées au point d'exposition.

7.1. Les sources de pollution potentielles

A l'issue du diagnostic, les sources de pollution identifiées sont les suivantes :

- Les sites BASIAS situés en amont hydraulique du site d'étude, ainsi qu'en aval proche. Les activités exercées par ces sites sont : imprimerie, garage, station-service.
- Des anomalies ponctuelles en métaux dans les remblais (Cd, Cu, Pb, Zn) en surface sur la moitié Sud du site, supérieures aux seuils INDIQUASOL. Ces anomalies ne sont pas attribuables aux anciennes activités connues sur le site,
- Une anomalie plus diffuse en mercure, composé volatil, avec un dépassement du bruit de fond régional d'Île de France, en surface et en profondeur,
- Un impact en hydrocarbures C10-C40 au niveau de 3 sondages : S15, S21 et S31. Les hydrocarbures détectés sont des fractions lourdes peu volatiles,
- La présence d'hydrocarbures C10-C40 sur la moitié Sud-ouest du site, en surface dans les remblais.

7.2. Les vecteurs de transfert possibles

Les vecteurs de transfert (matérialisés par des flèches dans le schéma conceptuel) représentent les voies de migration des substances dans les différents milieux considérés (transfert par envol de poussières, transfert via un dégazage des sols et/ou des eaux souterraines, ...).

Le vecteur de transfert « Transfert et dégazage de composés volatils depuis les sols » a été retenu en raison de la présence en composés volatils mesurés dans les gaz du sol et l'air sous dalle.

Les vecteurs de transfert suivant n'ont pas été considérés :

- « Transfert et dégazage de composés volatils depuis les eaux souterraines » : ce vecteur de transfert n'a pas été considéré compte tenu de la profondeur de la nappe au droit du site (25m),

- « Transfert de composés présents dans les sols vers les végétaux » : ce vecteur de transfert n'a pas été considéré compte tenu de l'absence d'arbre fruitiers ou de jardin potager dans le projet d'aménagement,
- « L'envol de poussières ou le contact direct avec les sols de surface non recouverts » : ce vecteur n'a pas été retenu car dans le projet d'aménagement du site, les terres seront recouvertes par de la terre végétale, de l'enrobé et/ou une dalle béton,
- « Transfert de composés volatils à travers les canalisations d'eau potable » : ce vecteur de transfert n'a pas été retenu car dans le cadre du projet de réaménagement, les canalisations AEP seront mises en place dans des matériaux sains qui permettront d'éviter tout contact direct avec d'éventuels polluants.

7.2.1. Les récepteurs, voies et points d'exposition potentielle

Les personnes concernées par l'exposition potentielle aux polluants sont les futurs habitants des logements (enfants et adultes), ainsi que les futurs usagers des établissements sensibles (jeunes enfants).

La voie d'exposition retenue est l'« Inhalation d'air intérieur » du fait de la présence de composés volatils issus des sols ou des gaz du sol.

Les voies d'exposition non retenues sont :

- « l'inhalation de poussières » en l'absence de grandes surfaces non recouvertes dans le cadre du projet,
- « l'ingestion de sol superficiel » compte-tenu de l'absence de sol non recouvert accessible aux enfants dans les espaces extérieurs,
- « l'ingestion de végétaux » en l'absence d'arbres fruitiers ou de potagers,
- « l'Ingestion d'eau du robinet » compte-tenu de l'aménagement des canalisations AEP,
- « l'Ingestion d'eau contaminée » du fait des restrictions d'usage sur la nappe (consommation et arrosage).

7.2.2. Construction du schéma conceptuel préliminaire

Le schéma conceptuel préliminaire consiste à croiser en un schéma cohérent Source(s) / Vecteur(s) / Récepteur(s) toutes les informations réunies relatives au passif environnemental (nature, comportement des polluants, position, etc.), aux aménagements et aux usages projetés.

Le milieu d'exposition pertinent est donc l'air intérieur respiré dans les sous-sols et au niveau des rez-de-chaussée des bâtiments, au regard :

- des pollutions potentielles et de leur comportement,
- des aménagements projetés,
- des usages futurs envisagés

Le tableau suivant résume les scénarios d'exposition pertinents proposés.

	Modalités d'exposition	Voies d'exposition « enfants » (0-6 ans)	Voies d'exposition « adultes »
Ingestion de sols de surface	Absence de sol nu sur les espaces extérieurs	Non Retenue	Non Retenue
Ingestion indirecte de végétaux aériens et/ou racinaires autoproduits	Pas d'arbres fruitiers ni de jardin potagers	Non Retenue	Non Retenue
Ingestion d'eau du robinet	Matériau sain entourant les canalisations AEP	Non Retenue	Non Retenue
Inhalation de composés volatils issus du sous-sol dans l'air intérieur de bâtiments	Présence de composés volatils dans les gaz du sol au droit des futurs établissements sensibles et des logements	Retenue	Retenue
Inhalation de poussières	Surface nue pouvant émettre des poussières	Non Retenue	Non Retenue

Tableau 15 : Scénarios d'expositions potentielles pertinents (analyse des scénarios)

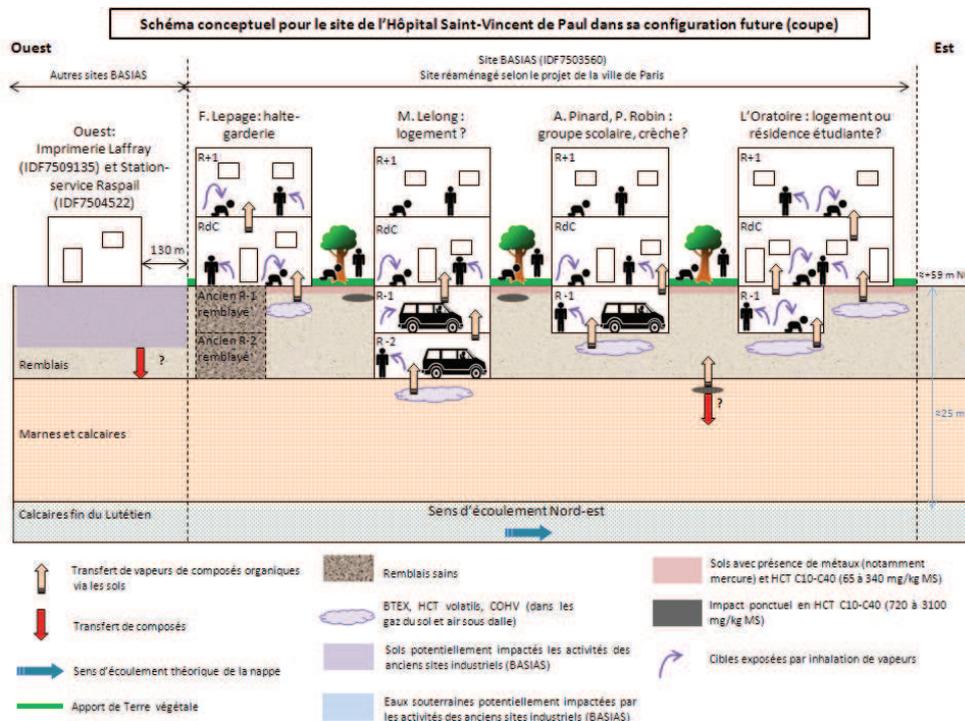


Figure 8 : Schéma conceptuel d'exposition

8. Résumé non technique, conclusions et recommandations

8.1. Conclusions

Le site de l'Hôpital Saint-Vincent de Paul est situé au 72-86 avenue Denfert Rochereau, à Paris (75). La Ville de Paris projette le réaménagement du site en éco-quartier, avec notamment la mise en place de logements, groupe scolaire, crèche, salle de sport et résidence étudiante.

Les études historique et documentaire et les visites menées sur le site ont permis d'identifier plusieurs sources potentielles pollution et de proposer un programme d'investigations adapté.

Historiquement, le site a été occupé par le clergé pour l'instruction des prêtres de l'église catholique de 1650 à 1795. Le site s'est agrandi et a vu sa configuration évoluer avec le temps. Il a ensuite eu un rôle d'orphelinat et de maternité jusque 1930, avant de devenir un hôpital spécialisé dans l'enfance jusqu'en 2012. Le site est recensé dans la base de données BASIAS pour ces activités hospitalières. Différentes sources potentielles de pollution liées aux anciennes activités du site ont également été recensées, telles que des stockages de produits inflammables. Le site abrite aujourd'hui l'association Aurore, hébergeant des personnes sans abris.

Les investigations réalisées entre mai et juin 2015 ont porté sur la réalisation de :

- 44 sondages de sol, entre 1 et 10 m de profondeur, au droit des sources potentielles de pollution identifiées et des futurs aménagements envisagés,
- 3 piézomètres gaz (1,5 ou 3,5 m de profondeur suivant l'aménagement) au droit des futurs établissements sensibles (crèche et halte-garderie),
- 3 prélèvements d'air sous dalle (50 cm de profondeur) couplés à des prélèvements d'air ambiant (sous-sol et/ou RDC) au droit des futurs établissements sensibles (école, résidence étudiante et logements).

Les résultats d'analyses sur les sols ont permis de mettre en évidence :

- Des anomalies ponctuelles en métaux dans les remblais (Cd, Cu, Pb, Zn) en surface sur la moitié Sud du site, supérieures aux valeurs de bruit de fond d'Ile-de-France. Ces anomalies ne sont pas attribuables aux anciennes activités connues sur le site,
- Une anomalie plus diffuse en mercure, composé potentiellement volatil, avec un dépassement du bruit de fond régional d'Ile de France, dans les remblais de surface,
- Un impact en hydrocarbures C10-C40 au niveau de 3 sondages : S15, S21 et S31. Les hydrocarbures détectés sont des fractions lourdes peu volatiles,
- La présence d'hydrocarbures C10-C40 avec des teneurs modérées sur la moitié Sud-ouest du site, en surface dans les remblais,
- La présence de naphtalène en profondeur au niveau du sondage S21, situé à proximité d'une cuve à fioul enterrée,
- La présence de PCB, avec une teneur modérée, en surface au niveau du sondage S32, près du bâtiment Lepage,

- La présence de dioxine furannes au niveau de la zone de l'incinérateur, avec des teneurs comprises dans la gamme des données de sols urbains

Les résultats d'analyses sur les gaz du sol, l'air sous-dalle et l'air ambiant ont permis de mettre en évidence :

- La présence de BTEX (toluène, xylènes et plus ponctuellement ethylbenzène) dans les gaz du sol et l'air ambiant sur l'ensemble des points de prélèvements. On notera que seuls le toluène et les m,p-xylènes ont été détectés dans l'air ambiant extérieur (témoin). En majorité, les teneurs mesurées sont homogènes entre elles. On notera cependant des teneurs plus importantes (dépassement de l'OQAI) dans l'air ambiant du R-2 du bâtiment Lelong. Les composés détectés peuvent provenir du dégazage et du transfert depuis les sols ou du bruit de fond intérieur.
- La présence de COHV (trichloroéthylène, tétrachloroéthylène et chloroforme) dans les gaz du sol (air sous-dalle et piézair). On retrouve ponctuellement du chloroforme dans l'air ambiant du R-2 du bâtiment Lelong.
- La présence ponctuelle d'hydrocarbures volatils (air ambiant R-2 du bâtiment Lelong et piézairs PG1 et PG2).
- L'absence de naphthalène et de mercure sur l'ensemble des échantillons prélevés et analysés.

8.2. Recommandations

A l'issue de ce diagnostic, les recommandations suivantes peuvent être formulées :

- La présence dans les sols d'anomalies en éléments traces métalliques (métaux lourds) et en composés organiques (hydrocarbures lourds) peut présenter un risque sanitaire par contact direct (ingestion et inhalation de poussières). Dans le cadre du réaménagement futur du site, le recouvrement des sols permettra de supprimer ces voies d'exposition.
- La présence de composés volatils (BTEX, COHV, HC volatils), peu présenter un risque par inhalation de vapeurs. Une EQRS doit être réalisée pour s'assurer de la compatibilité du site avec les usages envisagés.

Dans le cadre de l'aménagement futur du site, les recommandations suivantes sont également formulées :

Dans le cas de travaux de terrassement, les terres non inertes présentes sur certaine zone et susceptibles d'être excavées devront faire l'objet d'une gestion spécifique (réutilisation sur site sous certaines conditions, évacuation hors site en filière spécialisée).

Dans le cadre de l'aménagement envisagé et du changement d'usage du site, un plan de gestion du site doit être réalisé afin de s'assurer de la compatibilité du site avec l'usage envisagé (proposition de mesures de gestion validées par une Analyse des Risques Résiduels).

Le plan de gestion s'inscrit dans la nouvelle politique nationale de gestion des sites pollués (circulaires ministérielles et note au préfet du 8 février 2007 et leurs annexes). Il a pour objectif de maîtriser les impacts liés aux sources de pollution et, en premier lieu, de rechercher la suppression de ces sources. En second lieu, et quand la suppression totale des sources de

pollution n'est pas techniquement possible ou économiquement acceptable (après avoir réalisé une démarche coût / avantages), des mesures de gestion des risques sanitaires et environnementaux sont alors recherchées.

Cette garantie de maîtrise des sources de pollution peut inclure des restrictions sur les usages du milieu ou la préconisation de mesures de surveillance des milieux.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.

Conformité avec la norme NFX31-620

Prestations de services relatives aux sites et sols pollués

Antea Group France applique les recommandations de la politique de gestion des sites et sols pollués du Ministère de l'Environnement, initiée en février 2007 et exprimée dans les circulaires de 2007.

Antea Group France réalise ses prestations dans le respect de la norme AFNOR NFX 31-620 et respecte depuis janvier 2012 les termes du référentiel de certification des prestations de services relatives aux sites et sols pollués.

Antea Group a obtenu le 17 décembre 2013 la certification LNE relative aux :

- Norme NF X 31-620 partie 1 (juin 2011) : Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites pollués – Exigences générales.
- Norme NF X 31-620 partie 2 (juin 2011) : Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites pollués – Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle.
- Norme NF X 31-620 partie 3 (juin 2011) : Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites pollués – Exigences dans le domaine des prestations d'ingénierie des travaux de réhabilitation.

La codification des prestations prévues dans l'offre NIEP140128 selon le référentiel de certification du métier des sites et sols pollués, pour les domaines A et B, est présentée en **Annexe 1**.