



Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie - 40 rue du Ruisseau
BP 50705 - 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 - Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr - www.wessling.fr

Laboratoire WESSLING, 40 rue du Ruisseau, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex

ANTEA GROUP
AGENCE DE BIHOREL
Monsieur Eric BELHANAFI
Horizon 2000 Mach 5 Avenue des Hauts Grigneux
76420 BIHOREL

Rapport d'essai n°.: ULY14-013101-1
Commande n°.: ULY-08242-14
Interlocuteur: Y. Lafond
Téléphone: 33 474 990 554
eMail: y.lafond@wessling.fr
Date: 22.12.2014

Rapport d'essai

**NIEP14309
ROU/140211**

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai, sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling), du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses et du temps imparié entre le prélèvement et l'analyse préconisé dans les normes suivies.

Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes.

Les résultats obtenus par ces méthodes sont accrédités sauf avis contraire en remarque.

La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais est disponible sur www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par les laboratoires Wessling de Lyon.

Les essais effectués par les laboratoires allemands sont accrédités par le DAKKS sous le numéro D-PL-14162-01-00 (www.as.dakks.de). Ce rapport d'essai ne peut-être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).

St Quentin Fallavier, le 22.12.2014

N° d'échantillon Désignation d'échantillon	Unité	14-176728-01 PG1	14-176728-02 PG2	14-176728-03 PG3
Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)				
Benzène	µg G	<0,5	<0,5	<0,5
Toluène	µg G	3,4	<0,5	<0,5
Ethylbenzène	µg G	<0,6	<0,5	<0,5
m-, p-Xylène	µg G	1,1	<0,5	<0,5
o-Xylène	µg G	<0,5	<0,5	<0,5
Cumène	µg G	<0,5	<0,5	<0,5
Naphthalène	µg G	<0,5	<0,5	<0,5
Somme des CAV	µg G	4,5	/	/
TPH C6-C40 : spéciation aromatiques / alphatiques				
Hydrocarbures alphatiques C5-C6	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C6-C7	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C7-C8	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C8-C9	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C9-C10	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C10-C11	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C11-C12	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C12-C13	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C13-C14	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C14-C15	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures alphatiques C15-C16	µg/ech. G	<5	<5	<5
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	µg/ech. G	<2	<2	<2
Hydrocarbures aromatiques C8-C9	µg/ech. G	<2	5	<2
Hydrocarbures aromatiques C9-C10	µg/ech. G	<2	<3	3
Hydrocarbures aromatiques C10-C11	µg/ech. G	3	3	3
Hydrocarbures aromatiques C11-C12	µg/ech. G	<2	<2	<2
Hydrocarbures aromatiques C12-C13	µg/ech. G	<2	<2	<2
Hydrocarbures aromatiques C13-C14	µg/ech. G	<2	<2	<2
Hydrocarbures aromatiques C14-C15	µg/ech. G	<2	<2	<2
Hydrocarbures aromatiques C15-C16	µg/ech. G	<2	<2	<2



Rapport d'essai n°.: ULY14-013101-1
Projet : NIEP14309
ROU/140211

Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 · Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr - www.wessling.fr

St Quentin Fallavier, le 22.12.2014

N° d'échantillon Désignation d'échantillon	Unité	14-176728-04 PG4
Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)		
Benzène	µg G	<0.5
Toluène	µg G	<0.5
Ethylbenzène	µg G	<0.5
m, p-Xylène	µg G	<0.5
o-Xylène	µg G	<0.5
Guménè	µg G	<0.5
Naphthalène	µg G	<0.5
Somme totale CAV	µg G	<5
TPH C6-C40 : spéciation aromatiques / aliphatiques		
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C6-C7	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C7-C8	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C8-C9	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C9-C10	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C10-C11	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C11-C12	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C12-C13	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C13-C14	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C14-C15	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C15-C16	µg/ech. G	<5
Hydrocarbures aliphatiques C7-C8	µg/ech. G	<2
Hydrocarbures aromatiques C8-C9	µg/ech. G	<2
Hydrocarbures aromatiques C9-C10	µg/ech. G	<2
Hydrocarbures aromatiques C10-C11	µg/ech. G	<2
Hydrocarbures aromatiques C11-C12	µg/ech. G	<2
Hydrocarbures aromatiques C12-C13	µg/ech. G	<2
Hydrocarbures aromatiques C13-C14	µg/ech. G	<2
Hydrocarbures aromatiques C14-C15	µg/ech. G	<2
Hydrocarbures aromatiques C15-C16	µg/ech. G	<2



Rapport d'essai n°.: ULY14-013101-1
Projet : NIEP14309
ROU/140211

laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie - 40 rue du Ruisseau
BP 50705 - 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 - Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr - www.wessling.fr

St Quentin Fallavier, le 22.12.2014

Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	14-176728-01	14-176728-02	14-176728-03	14-176728-04
Date de réception:	05.12.2014	05.12.2014	05.12.2014	05.12.2014
Désignation	PG1	PG2	PG3	PG4
Type d'échantillons:	Gaz	Gaz	Gaz	Gaz
Prélèvement:	04.12.2014	04.12.2014	04.12.2014	04.12.2014
Réciipient:	2CA	2CA	2CA	2CA
Nombre de réciipients:	2	2	2	2
Début des analyses:	08.12.2014	08.12.2014	08.12.2014	08.12.2014
Fin des analyses:	22.12.2014	22.12.2014	22.12.2014	22.12.2014



Rapport d'essai n°.: ULY14-013101-1
Projet : NIEP14309
ROU/140211

Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie - 40 rue du Ruisseau
BP 50705 - 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 - Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr - www.wessling.fr

St Quentin Fallavier, le 22.12.2014

Informations sur les méthodes d'analyses

Paramètre	Norme	Laboratoire
Benzene et aromatiques	Méth. Interne CB-CA V8 selon VDI 2100 Bi.2(A)	Wessling Lyon (F)
Hydrocarbures volatils C5-C16	WBSE-26(A)	Wessling Budapest (HU)

14-176728-01

Commentaires des résultats:

BTEX sur CA (abs.), Somme des CAV: L'analyse a été réalisée sur l'ensemble du charbon actif (couche de mesure et couche de contrôle)

Les résultats fournis et les limites de quantification indiquées ne prennent pas en compte le rendement de désorption du support.
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction d'interférences chimiques.

Estelle BOUVET

Responsable Service Clientèle

Sophie DECOT

Responsable Pôle Expertises Techniques

SARL IMMODEL

*Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de
l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A*

Annexe 4

Procédures de choix des VTR et paramètres toxicologiques et physico-chimiques

(6 pages)

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.

^[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

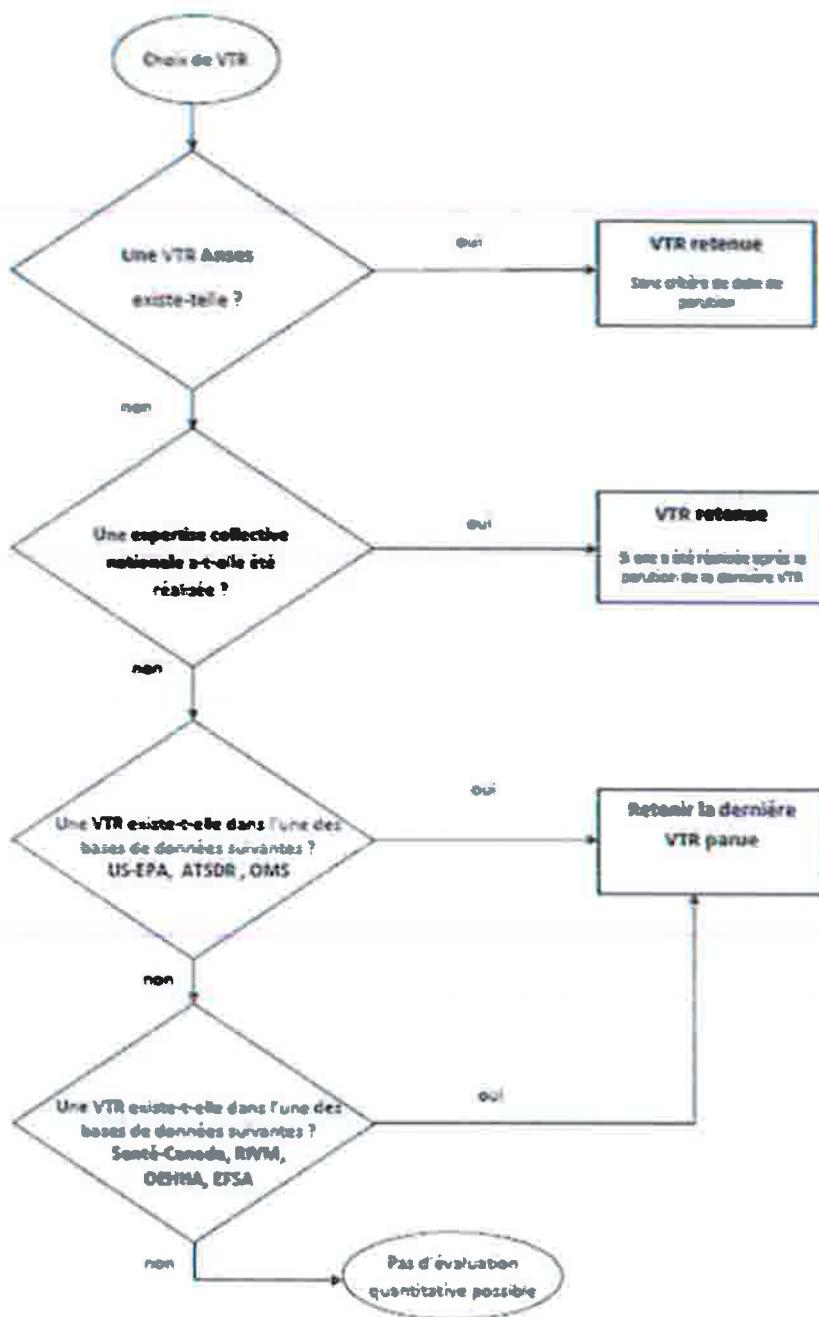
^[3] ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry, base de données des Etats-Unis

^[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



Les Valeurs Toxicologiques de Référence retenues pour l'inhalation, sélectionnées selon la méthodologie décrite précédemment sont présentées dans les tableaux suivants.

Les paramètres physico-chimiques des substances retenues sont également présentés ci-après.

Numéro CAS	Dénomination	Paramètre	Valeur adultes	Valeur Enfants	Facteur d'incertitude	Organe cible	Année	Com-men-taire	Trans-posi-tion	Nom source d'info	Valeur retenue
Aliph-11-12	Aliphatique C>10-C12	DJT Inhalation (mg/m3)	1	1		Modifications hépatiques et hématologiques	1999		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	Oui
Aliph-13-16	Aliphatique C>12-C16	DJT Inhalation (mg/m3)	1	1		Modifications hépatiques et hématologiques	1999		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	Oui
Aliph-7-8	Aliphatique C>6-C8	DJT Inhalation (mg/m3)	18.4	18.4		Neurotoxicité	1999		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	Oui
Aliph-9-10	Aliphatique C>8-C10	DJT Inhalation (mg/m3)	1	1		Modifications hépatiques et hématologiques	1997		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	oui
Aroma>10-12	Aromatiques>10-12	DJT Inhalation (mg/m3)	0.2	0.2		Diminution pondérale	1999		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	oui
Aroma>12-16	Aromatiques>12-16	DJT Inhalation (mg/m3)	0.2	0.2		Diminution pondérale	1999		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	oui
Aroma>8-10	Aromatiques>8-10	DJT Inhalation (mg/m3)	0.2	0.2		Diminution pondérale	1999		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	oui
71-43-2	Benzène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.03	0.03	300	Lymphopénie (homme)	2003		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	
71-43-2	Benzène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.00958	0.00958	10	Immunotoxicité (homme)	2007		non	ATSDR	oui
71-43-2	Benzène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.06	0.06	10	Hématoxicité (homme)	2008		non	OEHHA	
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	
100-41-4	Ethylbenzène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.26	0.26	300	Néphrotoxicité	2006		non	ATSDR	oui
100-41-4	Ethylbenzène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.77	0.77	100	Hépatotoxicité et néphrotoxicité (rat, souris)	2000		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	

VTR pour les effets toxiques – Tableau 1/2

SARL IMMODEL

Ensemble immobilier rue Lufayelle à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A

Numéro CAS	Dénomination	Paramètre	Valeur adultes	Valeur Enfants	Facteur d'incertitude	Organe cible	Année	Commen-taire	Trans-posi-tion	Nom source d'info	Valeur retenue
100-41-4	Ethylbenzène	DJT Inhalation (mg/m3)	2	2	30	Hépatotoxicité, néphrotoxicité (rat, souris)	2003		non	OEHHA	
91-20-3	Naphthalène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.037	0.037		Epithélium respiratoire et olfactif	2013		non	ANSES	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	
91-20-3	Naphthalène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.00366	0.00366	300	Toxicité appareil respiratoire sup (rat, souris)	2003		non	ATSDR	
91-20-3	Naphthalène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.009	0.009	1000	Toxicité respiratoire (souris)	2003		non	OEHHA	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	3	3		Neurotoxicité	2010		non	ANSES	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	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.3	0.3	100	Perte d'acuité visuelle (homme)	2000		non	ATSDR	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	3.8	3.8	10	Neurotoxicité centrale (homme)	1991		non	Health Canada	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.4	0.4	300	Neurotoxicité centrale (homme)	1999		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.3	0.3	300	Neurotoxicité(rat)	2003		non	OEHHA	
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	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.217	0.217	300	Neurotoxicité, pneumotoxicité (homme)	2007		non	ATSDR	oui
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.18	0.18	1000	Foetotoxique (rat)	1991		non	Health Canada	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.87	0.87	1000	Atteintes du développement (rat)	1999		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.7	0.7	10	Toxicité respiratoire (homme)	2003		non	OEHHA	

VTR pour les effets toxiques – Tableau 2/2

SARL IMMODEL

Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A

Numéro CAS	Dénomination	Paramètre	Valeur adultes	Valeur Enfants	Organe cible	Année	Com-mémo-taire	Trans-posi-tion	Nom source d'info	Classi-fication US-EPA	Classi-fication IARC	Valeur retenue
71-43-2	Benzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.026	0.026		2013			ANSES			Oui
71-43-2	Benzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0078	0.0078		2000		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	A	1	
71-43-2	Benzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.006	0.006		2000		non	Organisation Mondiale de la Santé (OMS)	A	1	
71-43-2	Benzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.006	0.006		1998		non	Conseil d'Hygiène Publique de France	A	1	
71-43-2	Benzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0022	0.0022		2000		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: http://www.epa.gov/iris/index.html	A	1	
71-43-2	Benzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.029	0.029		2009		non	OEHHA	A	1	
71-43-2	Benzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0033	0.0033		1991		non	Health Canada	A	1	
71-43-2	Benzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0005	0.0005	Sang	2000		non	RIVM : National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands	A	1	
100-41-4	Ethylbenzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0025	0.0025		2008		non	OEHHA	D	2B	Oui
91-20-3	Naphthalène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0056	0.0056		2013		non	ANSES	C	2B	Oui
91-20-3	Naphthalène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0011	0.0011		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	C	2B	
91-20-3	Naphthalène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.034	0.034		2005		non	OEHHA	C	2B	

VTR pour les effets cancérogènes

SARL IMMODEL

Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A

Numéro Cas	Dénomination	Coefficient de partition carbone organique (Koc) (l/kg)	Constante de Henry ()	Diffusion dans l'air (cm ² /s)	Diffusion dans l'eau (cm ² /s)	Solubilité (mg/l)	numéro de la référence	intitulé
Aliph-11-12	Aliphatique C>10-C12	251188.6 (6)	120 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	0.034 (6)	1	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aliph-13-16	Aliphatique C>12-C16	5011873 (6)	520 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	0.0007 (6)	5	Soil Vapor Extraction Technology de T., A. Pedresen et J., T. Curtis (1991). (constante de Henry à 10°C)
Aliph-7-8	Aliphatique C>6-C8	3981.072 (6)	50 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	5.4 (6)	6	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-9-10	Aliphatique C>8-C10	31622.78 (6)	80 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	0.43 (6)	8	Base de données CALTOX
Aroma>10-12	Aromatiques>10-12	2511 (6)	0.14 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	25 (6)	9	Base de données du logiciel BP Risc
Aroma>12-16	Aromatiques>12-16	5012 (6)	0.053 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	5.8 (6)		
Aroma>8-10	Aromatiques>8-10	1585 (6)	0.48 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	65 (6)		
71-43-2	Benzène	60 (1)	0.142 (5)	0.088 (1)	0.0000098 (1)	1830 (1)		
100-41-4	Ethylbenzène	241.9 (1)	0.1403 (5)	0.075 (1)	0.0000078 (1)	155 (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)		

Paramètres physico-chimiques

Annexe 5

Equations des expositions aux risques

(6 pages)

SARL IMMODEL

Ensemble immobilier rue Lufuyelle à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A

CALCUL DU RISQUE

Pour chaque scénario une concentration moyenne inhalée a été calculée.

À partir de cette dose journalière d'exposition, on caractérise le risque pour les substances à seuil et les substances sans seuil.

Pour les substances à seuil :

$$QD = \frac{DJE}{VTR_inh}$$

où : QD est le Quotient de Danger (-) ;
CI est la concentration moyenne inhalée (mg/m^3) ;
VTR_inh est la valeur toxicologique de référence par inhalation (mg/m^3).

Pour les substances sans seuil :

$$ERI = CI \times ERU_inh$$

où : ERI est l'excès de risque individuel (-)
CI est la concentration moyenne inhalée (mg/m^3) ;
ERU_inh est l'excès de risque unitaire par inhalation (mg/m^3)⁻¹.

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/m^3) ;
 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/m^3) ;
 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 :

$$\alpha = \frac{\left(\frac{D_{eff_sol} \times A_b}{Q_{bat} \times L_s} \right) \cdot \exp\left(\frac{Q_{sol} \times ep_F}{D_{eff_F} \times A_{crack}} \right)}{\exp\left(\frac{Q_{sol} \times ep_F}{D_{eff_F} \times A_{crack}} \right) + \left(\frac{D_{eff_sol} \times A_b}{Q_{bat} \times L_s} \right) + \left(\frac{D_{eff_sol} \times A_b}{Q_{sol} \times L_s} \right) \cdot \left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times ep_F}{D_{eff_F} \times A_{crack}} \right) - 1 \right]}$$

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

où : D_{eff_sol} est le coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m^2/s) (calcul présenté ci-après);
 A_b est la surface de l'espace fermé (m^2) (calcul présenté ci-après) ;
 Q_{bat} est le taux de ventilation du bâtiment (m^3/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) ;
 D_{eff_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 ($g/cm \cdot s^2$) ;

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 ($g/cm\cdot s$) ;
 $prof_F$ est la profondeur des fissures sous le rez-de-chaussée (m) ;
 r_{crack} est le rayon équivalent des fissures (m).

Avec :

$$A_b = long_b \times larg_b$$

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

$$A_{crack} = r_{crack} \times X_F \quad \text{et} \quad A_{crack} = \eta \times A_b$$

[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 & EttingerUserYseU]

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

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

où : D_{eff_sol} est le coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m^2/s) ;
 D_{eff_F} est le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m^2/s) ;
 D_{air} est la diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m^2/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 (m^2/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 :

$$C_{air_sol} = \text{Min} \left[\frac{H \times d_sol \times 1000}{\theta_{e,s} + Koc \times foc \times d_sol + H \times \theta_{a,s}} \cdot C_{sol}; H \times S \times 1000 \right]$$

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

où : C_{air_sol} est la concentration dans l'air du sol (en mg/m^3) ;
 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/cm^3) ;
K_{oc} est le coefficient de partage du carbone organique, spécifique du sol (cm^3/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/m^3) ;
 C_{nappe} est la concentration dans la nappe (mg/l) ;
 H est la constante de Henry (sans dimension).

➤ La dose d'exposition se calcule alors de la manière suivante :

$$DJE = \frac{C_PE \times FE \times DE}{Tm}$$

où : DJE est la dose journalière d'exposition (mg/m^3) ;
 C_PE est la concentration au point d'exposition (mg/m^3) ;
 FE est la fréquence d'exposition (jours/an) ;
 DE est la durée d'exposition (années) ;
 Tm est le temps moyen (jours) :
 $Tm = DE * 365$ pour les substances à seuil,
 $Tm = 70 * 365$ pour les substances sans seuil.

SARL IMMODEL

Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A

Annexe 6

Résultats des calculs des expositions aux risques sur la base du contrôle des gaz du sol

(1 page)

substances QD Adultes	Inhalation Industriel sans sous-sol Bureaux
Aliphatique C>10-C12 (Air)	6.19E-06
Aliphatique C>12-C16 (Air)	1.24E-05
Aliphatique C>6-C8 (Air)	3.36E-07
Aliphatique C>8-C10 (Air)	6.19E-06
Aromatiques>10-12 (Air)	1.55E-05
Aromatiques>12-16 (Air)	2.47E-05
Aromatiques>8-10 (Air)	2.47E-05
Benzène (Air)	3.22E-05
Ethylbenzène (Air)	1.42E-06
Naphthalène (Air)	8.26E-06
Toluène (Air)	7.00E-07
Xylene (mixture d'isomères) (Air)	4.54E-06
Somme	1.37E-04

Risques toxiques : Quotients de danger

Substances ERI Adultes	Inhalation Industriel sans sous-sol Bureaux
Benzène (Air)	4.81E-09
Ethylbenzène (Air)	5.55E-10
Naphthalène (Air)	1.03E-09
Somme	6.39E-09

Risques cancérogènes : Excès de risques individuels

SARL IMMODEL

*Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de
l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A*

Annexe 7

Résultats des calculs des expositions aux risques sur la base des
résultats des analyses de sol

(1 page)

substances QD Adultes	Inhalation Industriel sans sous-sol Bureaux profondeur	Inhalation Industriel sans sous-sol Bureaux surface	Somme
Aliphatique C>10-C12 (Sol)	2.03E-03	1.01E-02	1.21E-02
Aliphatique C>12-C16 (Sol)	4.10E-04	4.43E-03	4.84E-03
Aliphatique C>6-C8 (Sol)	1.04E-03		1.04E-03
Aliphatique C>8-C10 (Sol)	3.40E-03	3.09E-02	3.43E-02
Aromatiques>10-12 (Sol)	3.29E-03		3.29E-03
Aromatiques>12-16 (Sol)	3.53E-04		3.53E-04
Aromatiques>8-10 (Sol)	6.16E-03		6.16E-03
Benzène (Sol)	5.18E-03		5.18E-03
Ethylbenzène (Sol)	9.05E-05	1.11E-03	1.20E-03
Naphthalène (Sol)	7.07E-04	3.44E-02	3.51E-02
Toluène (Sol)	1.93E-05		1.93E-05
Xylene (mixture d'isomères) (Sol)	1.17E-02	9.90E-02	1.11E-01
Somme	3.44E-02	1.80E-01	2.14E-01

Risques toxiques : Quotients de danger

Substances ERI Adultes	Inhalation Industriel sans sous-sol Bureaux profondeur	Inhalation Industriel sans sous-sol Bureaux surface	Somme
Acénaphthène (Sol)		5.65E-09	5.65E-09
Anthracène (Sol)	1.28E-11	1.10E-08	1.10E-08
Benzène (Sol)	7.28E-07		7.28E-07
Benzo (b)Fluoranthène (Sol)		9.13E-08	9.13E-08
Benzo (g,h,i)Pérylène (Sol)	3.06E-14	9.78E-13	1.01E-12
Benzo (k) Fluoranthène (Sol)		1.64E-11	1.64E-11
Benzo(a)Anthracène (Sol)	3.97E-12	2.71E-09	2.71E-09
Benzo(a)Pyrène (Sol)		1.11E-10	1.11E-10
Chrysène (Sol)		9.90E-12	9.90E-12
Dibenzo(a,h) Anthracène (Sol)		5.51E-12	5.51E-12
Ethylbenzène (Sol)	1.36E-07	1.66E-06	1.80E-06
Fluoranthène (Sol)	1.24E-13	4.11E-10	4.11E-10
Fluorène (Sol)	2.76E-11	2.64E-09	2.67E-09
Indeno(1,2,3,c,d)Pyrène (Sol)		4.38E-12	4.38E-12
Naphthalène (Sol)	1.40E-09	6.82E-08	6.96E-08
Phénanthrène (Sol)	9.85E-11	1.81E-08	1.82E-08
Pyrène (Sol)	5.48E-13	3.77E-10	3.78E-10
Somme	8.65E-07	1.86E-06	2.73E-06

Risques cancérigènes : Excès de risques individuels

SARL IMMODEL

*Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de
l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A*

Annexe 8

Résultats des calculs des expositions aux risques sur la base du
contrôle des gaz du sol pour un usage résidentiel au rez-de-chaussée

(2 pages)

SARL IMMODEL

Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A

substances QD Adultes	Inhalation - Résidentiel sans sous-sol Logements
Aliphatique C>10-C12 (Air)	4.10E-05
Aliphatique C>12-C16 (Air)	8.20E-05
Aliphatique C>6-C8 (Air)	2.23E-06
Aliphatique C>8-C10 (Air)	4.10E-05
Aromatiques>10-12 (Air)	1.03E-04
Aromatiques>12-16 (Air)	1.64E-04
Aromatiques>8-10 (Air)	1.64E-04
Benzène (Air)	2.13E-04
Ethylbenzène (Air)	9.44E-06
Naphthalène (Air)	5.48E-05
Toluène (Air)	4.64E-06
Xylene (mixture d'isomères) (Air)	3.01E-05
Somme	9.09E-04

Risques toxiques : Quotients de danger - Adultes

Substances QD Enfants	Inhalation - Résidentiel sans sous-sol Logements
Aliphatique C>10-C12 (Air)	5.59E-05
Aliphatique C>12-C16 (Air)	1.12E-04
Aliphatique C>6-C8 (Air)	3.04E-06
Aliphatique C>8-C10 (Air)	5.59E-05
Aromatiques>10-12 (Air)	1.40E-04
Aromatiques>12-16 (Air)	2.24E-04
Aromatiques>8-10 (Air)	2.24E-04
Benzène (Air)	2.91E-04
Ethylbenzène (Air)	1.29E-05
Naphthalène (Air)	7.47E-05
Toluène (Air)	6.33E-06
Xylene (mixture d'isomères) (Air)	4.10E-05
Somme	1.24E-03

Risques toxiques : Quotients de danger - Enfants

SARL IMMODEL

Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A

Substances ERI Adultes	Inhalation - Résidentiel sans sous-sol Logements
Benzène (Air)	2.28E-08
Ethylbenzène (Air)	2.63E-09
Naphthalène (Air)	4.86E-09
Somme	3.03E-08

Risques cancérigènes : Excès de risques individuels - Adultes

substances Eri Enfants	Inhalation - Résidentiel sans sous-sol Logements
Benzène (Air)	6.22E-09
Ethylbenzène (Air)	7.17E-10
Naphthalène (Air)	1.33E-09
Somme	8.26E-09

Risques cancérigènes : Excès de risques individuels - Enfants

SARL IMMODEL

Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et mise à jour de l'EQRS de novembre 2012 - Rapport A78323/A

Annexe 9

Grille de codification des prestations

(1 page)

Norme NFX31-620 – 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

Code	Prestation
DOMAINE A	
Offres globales prestations	
AMO	Assistance Maitrise Ouvrage
LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthode
EVAL	Audit environnemental sols et eaux lors vente/acquisition
CPIS	Conception programme investig et surveillance, suivi, interprétation, schéma concept, bilan quadriennal
PG	Plan de Gestion
IEM	Interprétation de l'Etat des Milieux
CONT	Contrôles mise en œuvre investigation-surveillance ou mesures gestion
XPER	Expertise domaine SSP
Diagnostic de l'état des milieux	
A100	visite de site
A110	Etudes historiques, documentaires et mémorielles
A120	Etude de vulnérabilité des milieux
A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols
A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines
A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments
A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz des sols
A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires
A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées
A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques

Code	Prestation
Evaluation des impacts sur les enjeux à protéger	
A300	Analyses des enjeux sur les ressources en eaux
A310	Analyses des enjeux sur les ressources environnementales
A320	Analyses des enjeux sanitaires
A330	Réalisation du bilan coûts/avantages, identification des différentes options possibles
Autres compétences	
A400	Dossiers de restriction d'usage, servitudes
DOMAINE B	
Prestations élémentaires	
B001	AMO - Assistance à maîtrise d'ouvrage dans la phase des travaux
B100	Etudes de conception
B110	Etudes de faisabilité technique et financière
B111	Essais de laboratoire
B112	Essais pilote
B120	AP - Etudes d'avant projet
X	B130 PRO - Etudes de projet
	B200 Etablissement des dossiers administratifs
	B300 Maitrise d'œuvre en phase Travaux
	B310 ACT - Assistance aux Contrats de Travaux
	B320 DET - Direction de l'exécution des travaux
	B330 AOR - Assistance aux opérations de réception

Rapport

Titre : Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76) – Prélèvements et analyses des gaz du sol et actualisation de l’Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires.

Numéro et indice de version : A78323/A

Date d'envoi : janvier 2015

Nombre d'annexes dans le texte : 9

Nombre de pages : 20

Nombre d'annexes en volume séparé : 0

Diffusion (nombre et destinataires) :

1 ex. Auteur

2 ex. Client

Client

Coordonnées complètes : SARL IMMODEL
110, rue Douche
76160 Saint-Martin-du-Vivier

Nom et fonction des interlocuteurs : M. DELOFFRE

Antea Group

Unité réalisatrice : Direction Régionale Paris-Centre-Normandie

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Interlocuteur commercial : E. BELHANAFI

Responsable de projet : E. BELHANAFI

Auteur : Cl. DUBOST

Secrétariat : V. PEIGNE (signature)

Qualité

Contrôlé par : E. BELHANAFI

Date : 09/01/2015 - Version A

N° du projet : NIEP140309

Références et date de la commande : Commande du 24/11/2014

Mots-clés : gaz du sol, EQRS

Commune : Rouen (76)

Codification : A230, A320

