

# **Ensemble immobilier rue Lafayette à Rouen (76)**

*Prélèvements et analyses des gaz du sol et  
actualisation de l'Evaluation Quantitative  
des Risques Sanitaires*

Janvier 2015

Rapport A78323/A

SARL IMMODEL

110, rue Douche

76160 Saint-Martin-du-Vivier

Direction Régionale Paris - Centre - Normandie

Équipe Valorisation des sites pollués

Immeuble Mach 06

Avenue des Hauts Grigneux

76420 BIHOREL

Tél. secretariat : 02 32 76 69 60

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

## Sommaire

	Pages
<b>1. Contexte et objectifs .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Campagne de prélèvements et analyses des gaz du sol .....</b>	<b>6</b>
2.1. Travaux effectués .....	6
2.2. Résultats obtenus .....	8
<b>3. Actualisation de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires .....</b>	<b>10</b>
3.1. Présentation .....	10
3.2. Calculs des risques sanitaires à partir des résultats des analyses de gaz du sol .....	10
3.3. Rappel : Résultats des calculs de risques sanitaires à partir de la source sol .....	17
3.4. Prise en compte d'un usage résidentiel au 1 <sup>er</sup> étage du bâtiment .....	18
<b>4. Conclusions - Recommandations .....</b>	<b>20</b>

### Liste des figures

Figure 1 : Plan de localisation des piézairs .....	7
--	---

### Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des sondages exécutés .....	6
Tableau 2 : Résultats des analyses de gaz du sol .....	9
Tableau 3 : Substances et concentrations retenues dans les calculs .....	11
Tableau 4 : Fréquence d'exposition pour un usage tertiaire .....	11
Tableau 5 : Paramètres liés à la nature des sols .....	12
Tableau 6 : Paramètres liés aux aménagements .....	13
Tableau 7 : Paramètres physiques .....	14
Tableau 8 : Résultats des calculs de risques .....	17
Tableau 9 : Résultats des calculs de risques à partir de la source sol .....	17

## **Liste des annexes**

- Annexe 1 – Plan du projet d'aménagement et schéma de l'ancienne cuve enterrée
- Annexe 2 – Fiches de prélèvement des échantillons de gaz du sol
- Annexe 3 – Bordereau de résultats des analyses de gaz du sol
- Annexe 4 – Procédures de choix des VTR et paramètres toxicologiques et physico-chimiques
- Annexe 5 – Equations des expositions aux risques
- Annexe 6 – Résultats des calculs des expositions aux risques sur la base du contrôle des gaz du sol
- Annexe 7 – Résultats des calculs des expositions aux risques sur la base des résultats des analyses de sols
- 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
- Annexe 9 – Grille de codification des prestations selon la norme NFX 31-620

## 1. Contexte et objectifs

La SARL IMMODEL est propriétaire d'un bien immobilier situé rue Lafayette à Rouen (76), anciennement occupé par la société de vente des pièces automobiles AD et antérieurement par une ancienne station service de carburants.

En 2012, un diagnostic de la qualité des sols mené au droit du site<sup>1</sup> a mis en évidence la présence d'hydrocarbures dans les sols à des concentrations pouvant atteindre localement 7500 mg/kg-MS. Ces impacts sont à rattacher à une ancienne occupation de la parcelle par une station service.

L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires montre qu'une occupation résidentielle en rez-de-chaussée du bâtiment n'est pas compatible avec les recommandations de la circulaire de 2007 mais qu'une occupation de commerces ou de bureaux est envisageable (cf. rapport A68851/A).

La SARL IMMODEL est en phase de vente de son bien pour un projet de réhabilitation des bâtiments, qui accueilleront des commerces ou des bureaux en rez-de-chaussée et des logements à l'étage.

Le projet occupe une emprise de 425,26 m<sup>2</sup> au sol (cf. plan de l'annexe 1 et figure 1). Il subsiste au droit du site une ancienne cuve enterrée, à priori inscrite dans une fosse bétonnée (cf. schéma de l'annexe 1 transmis par la DREAL).

Soulignons que le lot, situé à l'est d'une superficie de 302,56 m<sup>2</sup>, qui comprend l'ancienne cuve enterrée de la chaudière ne fait pas partie de l'étude (cf. plan de la figure 1).

Les deux cuves sont difficilement extractibles dans les conditions d'accès actuelles du site.

Dans ce cadre, la SARL IMMODEL doit apporter certains éléments de réponse à la DREAL, qui a été saisie du projet compte tenu de la présence d'une ancienne Installation Classée au titre de la Protection de l'Environnement (ICPE) sur le site (station service).

---

<sup>1</sup> Projet d'achat du site AD sis rue La Fayette à Rouen (76) – Diagnostic de l'état de pollution des sols et Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires - Rapport Antea Group A68851/A. Novembre 2012.

*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*

L'administration demande à la SARL IMMODEL d'engager les points suivants afin qu'elle puisse instruire le dossier :

- Point 1 : Apporter des éléments tangibles sur l'inertage des anciennes cuves encore présentes sur le site ;
- Point 2 : Réaliser des prélèvements et des analyses des gaz des sols et réactualiser l'EQRS disponible avec ces nouveaux résultats.

Par commande du 24/11/2014, la SARL IMMODEL a confié à Antea Group la mission relative au point n°2.

Les travaux effectués, les résultats obtenus ainsi que les calculs de risques associés font l'objet du présent document.

## 2. Campagne de prélèvements et analyses des gaz du sol

### 2.1. Travaux effectués

#### 2.1.1. Réalisation des piézairs

Les prélèvements de gaz du sol ont été exécutés en 4 points du site par l'intermédiaire de 4 piézairs (Pg1 à Pg4) réalisés par Antea Group à l'aide d'un perforateur à percussion portatif. L'utilisation d'un atelier de sondages étant très difficile au regard des conditions d'accès.

Les 4 piézairs ont été implantés au plus près de l'ancienne station service et à proximité des sondages au droit desquels, la concentration en hydrocarbures était la plus élevée.

Les piézairs sont listés dans le tableau ci-dessous et localisés sur le plan de la page suivante.

Sondage	Localisation
Pg1	A proximité de l'ancienne cuve enterrée et station service
Pg2	A proximité immédiate de l'ancienne cuve enterrée de la station service
Pg3	Au droit de l'ancienne station service, à proximité du sondage S5 HCT C10-C40 : 298 mg/kg-MS - HAP : 120 mg/kg-MS
Pg4	A proximité de l'ancienne cuve enterrée et des sondages S6 : HCT C10-C40 : 2420 mg/kg-MS - HAP : 0,65 mg/kg-MS S8 : HCT C10-C40 : 7500 mg/kg-MS - HAP : 2,2 mg/kg-MS

Tableau 1 : Caractéristiques des sondages exécutés

Les ouvrages profonds de 0,8 m sont équipés d'un tubage de 10 mm, plein de 0 à 0,3 m puis crépiné de 0,3 à 0,8 m. L'espace annulaire a été cimenté par un mélange de bentonite et ciment de 0 à 0,2 m de profondeur.

Sous la dalle béton de 0,15 m d'épaisseur, les terrains rencontrés correspondent pour les ouvrages Pg1, Pg2 et Pg4 à des graviers de silex jusqu'à 0,25 m de profondeur puis à un remblai limoneux à passées de mâchefers jusqu'à la base du sondage (0,8m).

Au piézair Pg3, les terrains sont représentés par des graviers de silex de 0,5 à 0,8 m de profondeur (absence de remontées de terres de 0,15 à 0,5 m).

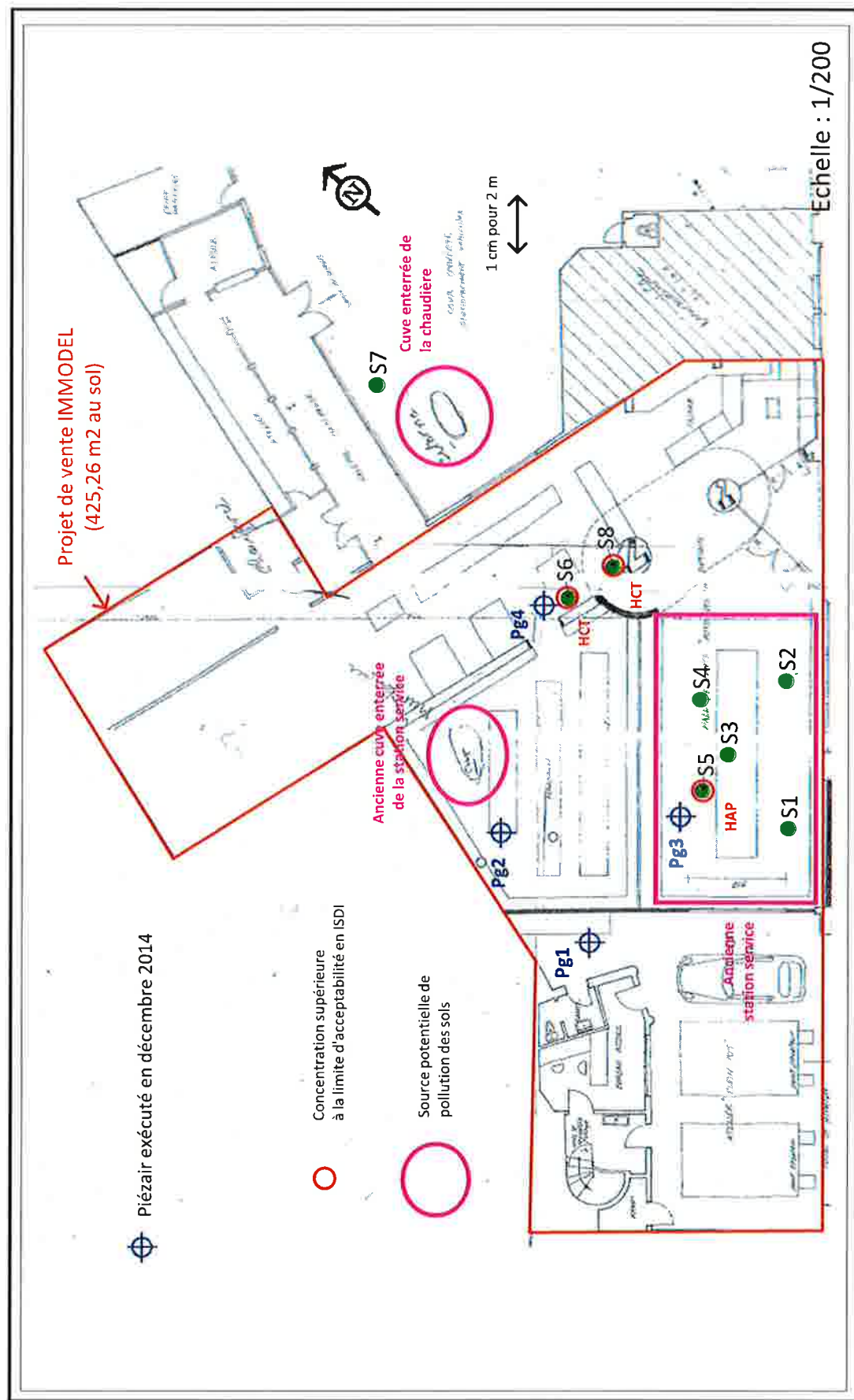


Figure 1 : Plan de localisation des piézajrs

### 2.1.2. Prélèvements et analyses des gaz du sol

Les échantillons de gaz du sol ont été prélevés le 4 décembre 2014 (pompage sur support charbon actif) à un débit de pompage de 0,5 l/mIn pendant 45 minutes soit un volume prélevé égal à 22,5 l (cf. annexe 2).

Les analyses de gaz, dont le détail est indiqué ci-après, ont été réalisées par le laboratoire Wessling de St-Quentin-Fallavier (38) :

- **composés aromatiques volatils** (CAV ou BTEX) : 7 composés : benzène, toluène, éthylbenzène, m, p-xylènes, o-xylène, cumène, naphtalène ;
- **Hydrocarbures par TPH** : fractions carbonées C>5-C16 pour les hydrocarbures aliphatiques et C7-C16 pour les hydrocarbures aromatiques.

Les procédures analytiques sont les suivantes :

Paramètre	Procédure d'analyse
CAV	Méthode interne CB-CA V8 selon VDI 2100 Bl.2(A)
Hydrocarbures volatils (C>5-C16)	WBSE-26(A)

### 2.2. Résultats obtenus

Les bordereaux d'analyses sont rassemblés en annexe 3. Les résultats bruts exprimés en µg/échantillon et les résultats interprétés en µg/m<sup>3</sup> sont repris dans le tableau de la page suivante.

Les résultats sont comparés aux limites de quantification analytiques. Il n'existe pas de valeurs guides pour les gaz du sol.



## 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

Désignation d'échantillon	PG1		PG2		PG3		PG4	
	µg/ech.	µg/m <sup>3</sup>	µg/ech.	µg/m <sup>3</sup>	µg/ech.	µg/m <sup>3</sup>	µg/ech.	µg/m <sup>3</sup>
CAV	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2
Benzène	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2
Toluène	3,4	<b>151,11</b>	<0,6	<26,7	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2
Ethylbenzène	<0,6	<26,7	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2
m-, p-Xylène	1,1	<b>48,89</b>	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2
o-Xylène	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2
Cumène	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2
Naphthalène	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2	<0,5	<22,2
TPH C6-C40								
Spéciation aromatiques / aliphatiques								
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C6-C7	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C7-C8	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C8-C9	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C9-C10	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C10-C11	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C11-C12	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C12-C13	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C13-C14	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C14-C15	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aliphatiques C15-C16	<5	<222	<5	<222	<5	<222	<5	<222
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	<2	<89	<2	<89	<2	<89	<2	<89
Hydrocarbures aromatiques C8-C9	<2	<89	5	<b>222,22</b>	<2	<89	<2	<89
Hydrocarbures aromatiques C9-C10	2	<b>88,89</b>	3	<b>133,33</b>	3	<b>133,33</b>	<2	<89
Hydrocarbures aromatiques C10-C11	3	<b>133,33</b>	3	<b>133,33</b>	3	<b>133,33</b>	<2	<89
Hydrocarbures aromatiques C11-C12	<2	<89	<2	<89	<2	<89	<2	<89
Hydrocarbures aromatiques C12-C13	<2	<89	<2	<89	<2	<89	<2	<89
Hydrocarbures aromatiques C13-C14	<2	<89	<2	<89	<2	<89	<2	<89
Hydrocarbures aromatiques C14-C15	<2	<89	<2	<89	<2	<89	<2	<89
Hydrocarbures aromatiques C15-C16	<2	<89	<2	<89	<2	<89	<2	<89

Tableau 2 : Résultats des analyses de gaz du sol

Les résultats du contrôle indiquent la présence :

- de toluène, xylènes et hydrocarbures aromatiques (fractions C10 et C11) au point Pg1 à proximité de l'ancienne station service ;
- d'hydrocarbures aromatiques (fractions C9, C10 et C11) au point Pg2 à proximité de l'ancienne cuve enterrée ;
- d'hydrocarbures aromatiques (fractions C10 et C11) au point Pg3 au droit de l'ancienne station service à proximité du sondage S5.

Au droit du point Pg4, localisé à proximité des sondages S6 et S8, les résultats sont tous inférieurs aux limites de quantification.

### **3. Actualisation de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires**

#### **3.1. Présentation**

L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) présentée ci-après a été réalisée en tenant compte des résultats des analyses de gaz du sol. Elle constitue une mise à jour de la première EQRS effectuée en novembre 2012 (rapport A68851/A).

Elle a pour objectif de vérifier, sur la base d'une occupation **future tertiaire ou commerciale au rez-de-chaussée et résidentielle à l'étage**, si l'usage de l'ancien site AD est compatible avec les critères d'acceptabilité du risque définis au **niveau national**.

Cette approche quantitative est réalisée conformément au guide méthodologique : « La démarche d'Analyse des Risques Résiduels » (Version 0 du 8 février 2007) et repose sur une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).

Les paragraphes ci-après présentent les paramètres pris en compte et les résultats des calculs obtenus. Pour ce qui concerne la méthodologie et le schéma conceptuel on se reportera au rapport A68851/A de novembre 2012.

Pour information complémentaire :

- le paragraphe 3.3. présente les résultats des calculs de risques pour un usage tertiaire ou commercial sur la base de la source sol et des paramètres utilisés dans le cadre de l'EQRS de 2012 ;
- le paragraphe 3.4 présente une estimation des calculs de risques sanitaires dans le cadre d'un usage résidentiel au premier étage du bâtiment.

#### **3.2. Calculs des risques sanitaires à partir des résultats des analyses de gaz du sol**

##### **3.2.1. Substances et concentrations retenues**

Les concentrations dans les gaz du sol retenues dans les calculs sont indiquées dans le tableau de la page suivante. Les valeurs inférieures aux limites de quantifications ont été prises en compte dans les calculs, lorsque la substance avait été considérée pour les sols dans le cadre de l'EQRS de 2012.

Substances	Concentration retenue dans les sols en mg/kg-MS pour la tranche 0 à 1 m de profondeur (novembre 2012)	Concentration retenue dans les sols pour les terrains en profondeur en mg/kg-MS (novembre 2012)	Concentration dans les gaz du sol prise en compte dans les calculs en 2015 en mg/m <sup>3</sup>	Piézair
<b>Hydrocarbures totaux</b>				
Fraction C6-C8 (aliphatique)	-	5,4	0,4444	LQ
Fraction aromatique C>8-C10	-	13,5	0,3556	Pg2
Fraction aliphatique C>8-C10	2,5	4,5	0,4444	LQ
Fraction aromatique C>10-C12	-	39	0,2222	Pg1, Pg2, Pg3
Fraction aliphatique C>10-C12	4	14	0,4444	LQ
Fraction aromatique C>12-C16	-	22	0,0889	LQ
Fraction aliphatique C>12-C16	8	13	0,0889	LQ
<b>Composés aromatiques volatils</b>				
Benzène	-	0,26	0,0222	LQ
Toluène	-	0,22	0,1511	Pg1
Ethylbenzène	0,41	0,57	0,0267	LQ Pg1
Xylènes	1,8	3,6	0,0711	Pg1
<b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</b>				
Naphtalène	1,2	0,49	0,0222	LQ

Tableau 3 : Substances et concentrations retenues dans les calculs

### 3.2.2. Paramètres d'exposition

La population concernée correspond à des adultes travaillant sur le site.

Conformément aux prescriptions de l'INERIS<sup>2</sup>, l'adulte est caractérisé par un poids de 70 kg. La durée d'exposition pour un adulte salarié est de 42 ans (durée actuelle du temps de travail en France).

La fréquence d'exposition est indiquée dans le tableau suivant.

Scénarios	Type d'exposition	Paramètre	Valeur	Justification
<b>Usage tertiaire Bureaux</b>	Inhalation de vapeurs à l'intérieur (bureaux)	Fréquence d'exposition adultes	73 j/an	8h/j / 220 j/an (INERIS)

Tableau 4 : Fréquence d'exposition pour un usage tertiaire

<sup>2</sup> Méthode de calcul des VCI, INERIS, 2001.

### 3.2.3. Autres paramètres de calcul

#### 3.2.3.1. Paramètres liés à la nature des sols

Les terrains sont représentés majoritairement par un remblai sableux brun, parfois graveleux qui repose sur une argile grise présente à partir de 2 m de profondeur.

Les résultats des analyses ont mis en évidence 2 niveaux impactés, l'un dans le 1<sup>er</sup> mètre de remblais (sondage S5), l'autre à partir de 2 mètres de profondeur au droit des sondages S6 et S8.

Deux essais granulométriques ont été effectués en 2012 :

- l'un sur un échantillon moyen constitué de 2 échantillons prélevés de 0 à 1 m de profondeur au droit des sondages S6 et S8 qui conduit à une classification granulométrique de type limon sableux ;
- l'autre sur l'échantillon prélevé entre 2 et 3 m de profondeur au droit du sondage S8 qui conduit à une classification granulométrique de type limon argilo sableux.

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

Paramètre	Valeurs retenues pour les calculs de risque pour le niveau superficiel impacté	Valeurs retenues pour les calculs de risque pour le niveau profond impacté	Justification
Type de sol	Limon sableux (sandy loam)	Limon argilo sableux (sandy clay loam)	Résultat de l'essai granulométrique
Masse volumique du sol	1,62 g/cm <sup>3</sup>	1,63 g/cm <sup>3</sup>	Valeur bibliographique
Fraction de carbone organique	0,0035	0,015	Valeur mesurée au sondage S3 (0-1m) et moyenne des valeurs mesurées aux sondages S6 et S7 de 3 à 4 m
Porosité	0,387 cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,384 cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	Valeur bibliographique
Teneur en eau du sol	0,17	0,23	Valeur maximale bibliographique car la valeur calculée à partir de la valeur de matières sèches est supérieure à la plage de valeurs utilisée par le modèle pour ce type de sol
Teneur en air du sol	0,217	0,154	Valeur obtenue par la différence entre la porosité et la teneur en eau retenue
Perméabilité à l'air	4,56.10 <sup>-13</sup> m <sup>2</sup>	1,36.10 <sup>-13</sup> m <sup>2</sup>	Valeur calculée

Tableau 5 : Paramètres liés à la nature des sols

Pour le milieu sol, les calculs de risques menés en novembre 2012 ont été réalisés pour ces deux niveaux à partir des caractéristiques d'un sol de type limon sableux (ou sandy loam) pour le niveau superficiel et des caractéristiques d'un sol de type limon argilo sableux (ou sandy clay loam) pour le niveau plus profond.

Pour le milieu gaz du sol, les caractéristiques prises en compte correspondent à celles associées à la tranche de terrain superficielle qui conduit aux risques sanitaires les plus élevés (démarche sécuritaire).

### 3.2.3.2. Paramètres liés aux caractéristiques des aménagements

Les paramètres présentés ci-après sont ceux couramment utilisés par Antea Group sur la base de données bibliographiques.

Aménagement	Paramètre	Valeur	Justificatif
<b>Bureaux sans sous-sol</b>	Epaisseur des fissures de la dalle (épaisseur de la dalle)	0,2 m	Valeur standard
	Largeur et longueur des pièces du bâtiment	8 m	Distance minimale entre deux joints de dilatation de la dalle béton
	Profondeur des fissures	0,2 m	Egale à l'épaisseur de la dalle
	Hauteur des bureaux	2,5 m	Valeur standard
	Taux de renouvellement d'air des bureaux	1,1 vol/h 0,00031 vol/s	Valeur standard

Tableau 6 : Paramètres liés aux aménagements

Pour la **longueur et la largeur des pièces de bâtiment**, conformément à une remarque de l'INERIS formulée lors d'une tierce-expertise<sup>3</sup>, nous utilisons la distance entre deux joints de dilatation. Pour rester dans les plages de valeurs préconisées par JOHNSON ET ETTINGER<sup>4</sup>, nous proposons de choisir une valeur de 8 m.

Le renouvellement d'air de 1,1 vol/h (0,00031 vol/s) correspond au volume d'air neuf minimal à introduire dans les bureaux. L'article R4222-6 du code du travail précise que dans les locaux à pollution non spécifique, lorsque l'aération est assurée par des dispositifs de ventilation, le débit minimal d'air neuf à introduire par occupant est fixé à 25 m<sup>3</sup>/h pour un bureau.

<sup>3</sup> B. Hazebrouck, 4 août 2004 : « En présence de dallages de grande dimension, la surface à prendre en compte devrait logiquement être celle des dalles d'un seul tenant plutôt que de l'ensemble du dallage ».

<sup>4</sup> Plage de valeurs : 147 à 672 m<sup>3</sup>

Pour une hauteur de pièce de 2,5 m, et pour une surface de 9 m<sup>2</sup>/occupant et par bureau, on obtient un taux de renouvellement d'air de 1,1 vol/h soit 0,00031 vol/s.

### 3.2.3.3. Paramètres physiques

Les paramètres physiques présentés ci-après sont ceux couramment utilisés par Antea Group sur la base des données bibliographiques.

Scénario	Paramètre	Valeur	Justification
Bureaux sans	Différentiel de pression	40 g/cm.s <sup>2</sup>	Modèle Johnson-Ettinger
sous-sol	Rayon équivalent des fissures	0,001 m	

Tableau 7 : Paramètres physiques

### 3.2.3.4. Profondeur de la source de pollution

La profondeur de la source de pollution pour les gaz du sol a été considérée comme égale à 0,1 m (source sub-affleurante).

### 3.2.4. 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 et toxicologiques des substances.

Comme le prévoit le guide méthodologique du Ministère de l'Environnement, avant chaque évaluation quantitative des risques, les valeurs des paramètres (en particulier les paramètres toxicologiques) sont systématiquement recherchées, sur les bases de données reconnues, pour, le cas échéant, être mises à jour par des données plus récentes selon la méthodologie présentée en annexe 4.

L'EQRS est réalisée sur la base de la connaissance actuelle (mise à jour du 08/12/2014) relative aux substances dont les valeurs toxicologiques de références retenues sont données en annexe 4.

Deux types d'effets peuvent être distingués : les effets à seuil ou systémiques et les effets sans seuil ou cancérigènes, pour lesquels des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) différentes sont disponibles.

### 3.2.5. Evaluation des expositions

#### 3.2.5.1. Préambule

Pour le scénario d'inhalation de vapeurs, 3 étapes sont nécessaires :

- 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) : 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'inhalation, 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).

#### 3.2.5.2. Transfert de pollution

Le modèle utilisé pour les différents scénarios est indiqué ci-dessous.

Scénario	Modèle de calcul
Inhalation de vapeurs en intérieur	Modèle Johnson et Ettinger

Pour modéliser le transfert de polluants du sol vers l'air confiné des bâtiments sans sous-sol, le modèle utilisé est celui de JOHNSON ET ETTINGER (2004)<sup>5</sup> mis à jour en 2004, qui permet de prendre en compte les phénomènes de diffusion et de convection.

Les équations nécessaires à la mise en œuvre de ce modèle sont présentées en Annexe 5.

#### 3.2.5.3. Calcul de l'exposition et des risques

##### Calcul de la concentration moyenne inhalée :

Le calcul des concentrations inhalées (CI) distingue les substances cancérigènes des substances non cancérigènes.

<sup>5</sup> Johnson et Ettinger, 2004, User's guide for evaluating subsurface vapour intrusion into buildings

La formule permettant de calculer la concentration inhalée ou CI (exprimée en  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) est la suivante :

$$CI = \frac{C \cdot D \cdot F}{T_m \cdot 365}$$

où : C est la concentration au point d'exposition (en  $\text{mg}/\text{m}^3$ ),  
 D est la durée d'exposition (en années),  
 F est la fréquence d'exposition (en j/an),  
 $T_m$  est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (toute la durée d'exposition D pour les substances à effets non cancérogènes et 70 ans pour les effets cancérogènes) (en an),  
 CI est la concentration inhalée (en  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

#### Mode de calcul des risques :

➤ Pour les substances à seuil (ou substances toxiques) :

$$QD = CI / VTR \text{ inhalation}$$

où : QD est le quotient de danger (-) ;  
 CI est la concentration inhalée ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ;  
 VTR sont les valeurs toxicologiques de référence pour la voie d'exposition considérée

**Le quotient de danger tolérable théorique par individu défini dans la Circulaire Ministérielle du 8/02/2007 doit être inférieur à 1.**

➤ Pour les substances sans seuil :

$$ERI = ERU_i \times CI$$

où : ERI est l'excès de risque individuel (-)  
 CI est la concentration inhalée ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ;  
 ERU sont les excès de risque unitaire pour les voies d'exposition considérées

**L'excès de risque individuel théorique tolérable par personne de  $10^{-5}$ , cité par la Circulaire Ministérielle du 8/02/2007, a été retenu ici.**



### 3.2.6. Résultats des calculs de risques à partir des gaz du sol

Les tableaux rassemblant les Quotients de Danger (QD) et les Excès de Risque Individuel (ERI) voie par voie et substance par substance sont présentés en annexe 6. Le tableau de synthèse des résultats des calculs de risques est présenté ci-dessous.

Scénarios	Somme des Quotient de Danger (QD) Adultes	Somme des Excès de risques individuel (ERI) Adultes
Inhalation de vapeurs à l'intérieur de bureaux ou de commerces au rez-de-chaussée du bâtiment	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-9}$
<b>Critères recommandés par la circulaire du 08/02/07</b>	<b>1</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>

Tableau 8 : Résultats des calculs de risques

**Les calculs de risques effectués sur la base des résultats des contrôles des gaz du sol sont inférieurs aux critères recommandés par la circulaire du 8 février 2007.**

### 3.3. Rappel : Résultats des calculs de risques sanitaires à partir de la source sol

Les risques sanitaires pour un usage commercial ou tertiaire au rez-de-chaussée du bâtiment, calculés à partir des seuls résultats des analyses de sols sont inférieurs aux critères recommandés par la circulaire du 8 février 2007. Les tableaux rassemblant les Quotients de Danger (QD) et les Excès de Risque Individuel (ERI) voie par voie et substance par substance sont présentés en annexe 7 et le tableau de synthèse des résultats des calculs de risques est présenté ci-dessous.

Scénarios	Somme des Quotient de Danger (QD) Adultes	Somme des Excès de risques individuel (ERI) Adultes
Inhalation de vapeurs à l'intérieur des bureaux		
Inhalation de vapeurs à l'intérieur (terres impactées en surface) :	0,18	$1,9 \cdot 10^{-6}$
Inhalation de vapeurs à l'intérieur (terres impactées en profondeur) :	0,03	$8,7 \cdot 10^{-7}$
<b>Risque total pour un usage tertiaire ou commercial</b>	<b>0,21</b>	<b><math>2,7 \cdot 10^{-6}</math></b>
<b>Critères recommandés par la circulaire du 08/02/07</b>	<b>1</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>

Tableau 9 : Résultats des calculs de risques à partir de la source sol

### **3.4. Prise en compte d'un usage résidentiel au 1<sup>er</sup> étage du bâtiment**

Il n'existe pas de modèle de calcul pour l'exposition des usagers au 1<sup>er</sup> étage des bâtiments. L'exposition des usagers étant la plus élevée au rez-de-chaussée dans le cadre d'un bâtiment sans sous-sol c'est cette exposition qui est prise en compte dans les calculs.

Dans le cas présent, compte tenu que l'usage futur envisagé au premier étage est différent de celui du rez-de-chaussée (plus long et pour une population adulte et enfantine), il est possible d'estimer le niveau de risques par deux moyens :

- à partir des concentrations dans les sols en appliquant un coefficient de diffusion ;
- à partir des résultats des gaz du sol en considérant un usage résidentiel au rez-de-chaussée.

#### ***3.4.1. Estimation des risques pour un usage résidentiel à partir des résultats des analyses de sols avec coefficient de diffusion***

En première approche, on appliquera un coefficient de diffusion entre le rez-de-chaussée et le 1<sup>er</sup> étage, correspondant au coefficient proposé par l'INERIS pour une diffusion entre un vide sanitaire et un rez-de-chaussée.

Le rapport d'étude de l'INERIS<sup>6</sup> propose une contribution de l'air du rez-de-chaussée égale à 39 % depuis un vide sanitaire.

Sur la base des résultats des calculs de risques pour un usage résidentiel au rez-de-chaussée du bâtiment (EQRS de novembre 2012) à partir des valeurs des analyses de sols, les risques sanitaires sont estimés dans le tableau de la page suivante.

---

<sup>6</sup> Rapport d'étude INERIS n°DRC-05-57278-DESP/R03a du 15/04/2005. Etude des modèles d'évaluation de l'exposition et des risques liés aux sols pollués. Modélisation du transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air intérieur.

## 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

Scénarios	Somme des Quotient de Danger (QD) Adultes	Somme des Excès de risques individuel (ERI) Adultes	Somme des Quotient de Danger (QD) Enfants	Somme des Excès de risques individuel (ERI) Enfants
Inhalation de vapeurs à l'intérieur de logements				
Inhalation de vapeurs à l'intérieur (terres impactées en surface) :	0,885	$6,5 \cdot 10^{-6}$	1,21	$1,8 \cdot 10^{-6}$
Inhalation de vapeurs à l'intérieur (terres impactées en profondeur) :	0,17	$3,0 \cdot 10^{-6}$	0,23	$8,3 \cdot 10^{-7}$
Risque total pour un usage résidentiel au rez-de-chaussée	1,05	$9,6 \cdot 10^{-6}$	1,44	$2,6 \cdot 10^{-6}$
Risque total pour un usage résidentiel au premier étage avec un coefficient de 0,39	0,41	$3,7 \cdot 10^{-6}$	0,56	$1 \cdot 10^{-6}$
<b>Critères recommandés par la circulaire du 08/02/07</b>	<b>1</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>	<b>1</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>

Sur la base d'un coefficient de 0,39, les risques sanitaires au 1<sup>er</sup> étage du bâtiment pour un usage résidentiel seraient compatibles.

### 3.4.2. Estimation des risques pour un usage résidentiel au premier étage à partir des résultats d'analyses des gaz du sol

Sur la base des résultats des analyses des gaz du sol, l'usage résidentiel au 1<sup>er</sup> étage du bâtiment est compatible car l'exposition au rez-de-chaussée conduit à des risques sanitaires inférieurs aux critères recommandés (cf. tableau suivant).

Scénarios	Somme des Quotient de Danger (QD) Adultes	Somme des Excès de risques individuel (ERI) Adultes	Somme des Quotient de Danger (QD) Enfants	Somme des Excès de risques individuel (ERI) Enfants
Inhalation de vapeurs à l'intérieur de logements pour une exposition des usagers au rez-de-chaussée sur la base des résultats des analyses des gaz du sol	$9,1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$8,3 \cdot 10^{-9}$
<b>Critères recommandés par la circulaire du 08/02/07</b>	<b>1</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>	<b>1</b>	<b><math>1 \cdot 10^{-5}</math></b>

Les tableaux rassemblant les Quotients de Danger (QD) et les Excès de Risque Individuel (ERI) voie par voie et substance par substance sont présentés en annexe 8.

## 4. Conclusions - Recommandations

Le contrôle des gaz du sol au droit des 4 piézaires exécutés en novembre 2014 a mis en évidence la présence :

- de toluène et de xylènes au point Pg1 à proximité de l'ancienne station service ;
- d'hydrocarbures aromatiques (fractions C9 à C11) sur les points Pg1 et Pg2 (proximité de l'ancienne cuve enterrée) et Pg3 (au droit de l'ancienne station service).

Les calculs de risques menés à partir de ces résultats sur la base des paramètres utilisés lors de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires de novembre 2012 conduit à des risques sanitaires compatibles pour un usage tertiaire ou commercial au rez-de-chaussée du bâtiment dans le cadre de sa réhabilitation. Sur la base des concentrations mesurées dans les sols, les risques sanitaires sont également compatibles pour un usage tertiaire ou commercial.

Pour ce qui concerne l'évaluation des risques dans le cadre de l'exposition d'usagers habitant dans des logements au premier étage du bâtiment, il n'existe pas de modèle permettant de calculer le transfert de vapeurs entre les sols et le 1<sup>er</sup> étage des bâtiments.

Sur la base d'un coefficient de diffusion égal à 0,39 entre le rez-de-chaussée et le 1<sup>er</sup> étage, les risques sanitaires seraient compatibles. Notons également que les risques calculés pour un usage résidentiel au rez-de-chaussée, à partir des résultats des analyses des gaz du sol, sont également compatibles.

Le projet d'aménagement prévoit une réhabilitation des bâtiments existants, dans ce cadre, un ragréage de la dalle du rez-de-chaussée peut être exécuté pour combler les fissures éventuelles et améliorer l'étanchéité par rapport au transfert des vapeurs du sous-sol.

Toutefois, si dans le futur, un projet de démolition était mis en œuvre, il conviendra d'évacuer les anciennes cuves enterrées et de contrôler la qualité des terres en fond et bords de fouilles.

**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 entraînera nécessairement une mise à jour des calculs de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires.**

**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.**

### **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 selon le référentiel de certification du métier des sites et sols pollués, pour les domaines A et B, est présentée en annexe 9.

---

## **Annexe 1**

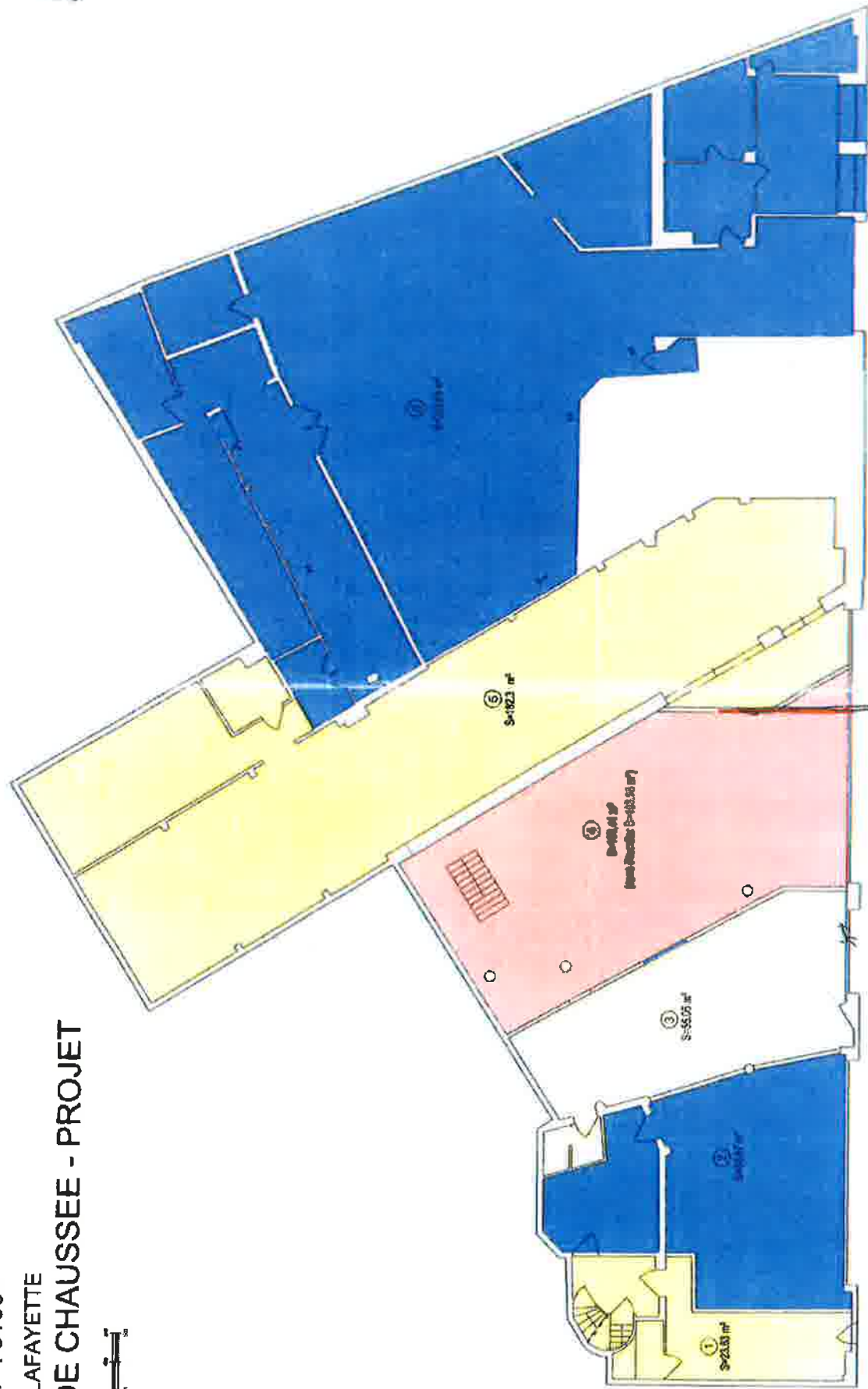
**Plan du projet d'aménagement et schéma de l'ancienne cuve  
enterrée**

**(2 pages)**

ROUEN -76100-

100 Rue LAFAYETTE

# REZ DE CHAUSSEE - PROJET



T014\documents\sf\plans\T014\_jdc.dwg

	No du Dossier		17014
	Indice		00
COMETRES-EXPERTS LE COURT SANTUS JUMENTIER GUINIOU	Date		02/2013
	Responsable		BS/PHC
	Reproduction		Reservée

to the New York State  
- Albany -  
where the son

24th

6. 1. 18. 1891



## **Annexe 2**

Fiches de prélèvement des échantillons de gaz du sol

(4 pages)



# FICHE DE PRELEVEMENT DE GAZ

Désignation  
du point

P G1

N° du projet : NIEP140309

Intitulé : SARL IMMODEL

Commune : Rouen (76)

Responsable de projet : E.BELHANAFI

Prélevé le : 04/12/2014

Opérateur(s) ANTEA : F.BALLIN

Etanchéité : de 0 à 0.25 m de profondeur

Nature de l'étanchéité : Bentonite et ciment

Position de l'aspiration : (m / sol)

Prélèvement sur support : Charbons actifs

Profondeur de l'ouvrage : 0.8 m/repère

Diamètre int. de l'ouvrage : 30 mm

Volume de l'ouvrage : 0.6 litres

Volume minimal à purger : 3 litres

Profondeur des crépines : 0.30 à 0.80 (m / repère)

Outil de prélèvement : pompe Gilair

Outil de purge : pompe Gilair

Environnement du point de prélèvement : Local désaffecté

## Paramètres mesurés in situ

N° échantillon :

Support	Temps de pompage (min)	Débit de pompage (l/min)	Volume prélevé (en litres)	Echantillon	CO2 (%)	O2 (%)	CH4 (%)	H2S ppm)
purge	10	0.50	5.0					
charbon (1)	45	0.50	22.5					
charbon (2)	45	0.50	22.5					

Observations :

Echantillons délivrés au laboratoire : Alcontrol

le : 04/12/2014

Température extérieur : 10 °C

Température du sol :

Conditions météo : nuageux

Pression atmosphérique :

**Observations ou justification du non respect du mode opératoire :**



# FICHE DE PRELEVEMENT DE GAZ

Désignation  
du point

P G2

N° du projet : NIEP140309

Intitulé : SARL IMMODEL

Commune : Rouen (76)

Responsable de projet : E.BELHANAFI

Prélevé le : 04/12/2014

Opérateur(s) ANTEA : F.BALLIN

Etanchéité : de 0 à 0.25 m de profondeur

Nature de l'étanchéité : Bentonite et ciment

Position de l'aspiration : (m / sol)

Prélèvement sur support : Charbons actifs

Profondeur de l'ouvrage : 0.8 m/repère

Diamètre int. de l'ouvrage : 30 mm

Volume de l'ouvrage : 0.6 litres

Volume minimal à purger : 3 litres

Profondeur des crépines : 0.30 à 0.80 (m / repère)

Outil de prélèvement : pompe Gilair

Outil de purge : pompe Gilair

Environnement du point de prélèvement : Local désaffecté

## Paramètres mesurés in situ

N° échantillon :

Support	Temps de pompage (mn)	Débit de pompage (l/mn)	Volume prélevé (en litres)	Echantillon	CO2 (%)	O2 (%)	CH4 (%)	H2S ppm)
purge	10	0.50	5.0					
charbon (1)	46	0.50	23.0					
charbon (2)	45	0.50	22.5					

Observations :

Echantillons délivrés au laboratoire : Alcontrol

le : 04/12/2014

Température extérieur : 10 °C

Température du sol :

Conditions météo : nuageux

Pression atmosphérique :

**Observations ou justification du non respect du mode opératoire :**



# FICHE DE PRELEVEMENT DE GAZ

Désignation  
du point

**P G3**

N° du projet : NIEP140309

Intitulé : SARL IMMODEL

Commune : Rouen (76)

Responsable de projet : E.BELHANAFI

Prélevé le : 04/12/2014

Opérateur(s) ANTEA : F.BALLIN

Etanchéité : de 0 à 0.25 m de profondeur

Nature de l'étanchéité : Bentonite et ciment

Position de l'aspiration : (m / sol)

Prélèvement sur support : Charbons actifs

Profondeur de l'ouvrage : 0.8 m/repère

Diamètre int. de l'ouvrage : 30 mm

Volume de l'ouvrage : 0.6 litres

Volume minimal à purger : 3 litres

Profondeur des crépines : 0.30 à 0.80 (m / repère)

Outil de prélèvement : pompe Gilair

Outil de purge : pompe Gilair

Environnement du point de prélèvement : Local désaffecté

## Paramètres mesurés in situ

N° échantillon :

Support	Temps de pompage (mn)	Débit de pompage (l/mn)	Volume prélevé (en litres)	Echantillon	CO2 (%)	O2 (%)	CH4 (%)	H2S ppm)
purge	10	0.50	5.0					
charbon (1)	45	0.50	22.5					
charbon (2)	45	0.50	22.5					

Observations :

Echantillons délivrés au laboratoire : Alcontrol

le : 04/12/2014

Température extérieure : 10 °C

Température du sol :

Conditions météo : nuageux

Pression atmosphérique :

**Observations ou justification du non respect du mode opératoire :**



# FICHE DE PRELEVEMENT DE GAZ

Désignation  
du point

P G4

N° du projet : NIEP140309

Intitulé : SARL IMMODEL

Commune : Rouen (76)

Responsable de projet : E.BELHANAFI

Prélevé le : 04/12/2014

Opérateur(s) ANTEA : F.BALLIN

Etanchéité : de 0 à 0.25 m de profondeur

Nature de l'étanchéité : Bentonite et ciment

Position de l'aspiration : (m / sol)

Prélèvement sur support : Charbons actifs

Profondeur de l'ouvrage : 0.8 m/repère

Diamètre int. de l'ouvrage : 30 mm

Volume de l'ouvrage : 0.6 litres

Volume minimal à purger : 3 litres

Profondeur des crépines : 0.30 à 0.80 (m / repère)

Outil de prélèvement : pompe Gilair

Outil de purge : pompe Gilair

Environnement du point de prélèvement : Local désaffecté

## Paramètres mesurés in situ

N° échantillon :

Support	Temps de pompage (mn)	Débit de pompage (l/mn)	Volume prélevé (en litres)	Echantillon	CO2 (%)	O2 (%)	CH4 (%)	H2S ppm)
purge	10	0.50	5.0					
charbon (1)	46	0.50	23.0					
charbon (2)	45	0.50	22.5					

Observations :

Echantillons délivrés au laboratoire : Alcontrol

le : 04/12/2014

Température extérieur : 10 °C

Température du sol :

Conditions météo : nuageux

Pression atmosphérique :

**Observations ou justification du non respect du mode opératoire :**

---

## **Annexe 3**

### **Rapport d'analyses Wessling**

(5 pages)