



GESTION DE SITES ET SOLS POLLUÉS

ÉTUDES ET EXPERTISES

MAÎTRISE D'OEUVRE

RÉHABILITATIONS

Mise à jour du Plan de Gestion des terres à excaver et analyse des enjeux environnementaux et sanitaires

Prestations élémentaires A310, A320 et A330
selon la norme NF X 31 620-2

Maître d'ouvrage : KLEPIERRE

Assistant technique : CEDRES

**Site : Centre Commercial Grand Place
55 Avenue Grand Place
38100 ECHIROLLES**

54 pages, 21 tableaux, 8 figures, 3 annexes

Client :

KLEPIERRE
210 Rue Frédéric Joliot
13100 AIX EN PROVENCE

Bureau d'études :

ENVIREAUSOL – Siège social
ZAC du Pays d'Erstein
9 rue de Nairobi
67150 ERSTEIN

Gérant :

Jean-Pierre Goettmann

Codification NF X 31-620 :

Prestation globale PG

Numéro de projet :

19.541

Equipe projet	Rédacteurs	Chef de projet	Superviseur
	Yoann Grandpierre Elodie Mothiron (A320)	Yoann Grandpierre	Frédéric Bover
Version initiale V1 du 28/01/2020 Version 2 en date du 30/01/2020 – Suite aux corrections de la société CEDRES en date du 29/01/2020 Version 3 en date du 04/02/2020 – Suite aux corrections de la société KLEPIERRE en date du 04/02/2020			

Certification de service des prestataires
dans le domaine des sites et sols pollués



SITES ET SOLS POLLUÉS
NF X 31-620-2
ETUDES, ASSISTANCE
ET CONTRÔLE

SITES ET SOLS POLLUÉS
NF X 31-620-3
INGÉNIERIE DES TRAVAUX
DE RÉHABILITATION

www.lne.fr



EnvirEauSol

Siège social – Agence Alsace
9 rue de Nairobi – 67150 Erstein
Tél : 03 90 00 21 64 – Fax : 03 90 00 21 65
Mail : contact-alsace@envireausol.fr

EnvirEauSol

Agence Champagne-Ardenne
Rue des Coteaux – 51140 Muizon
Tél : 03 26 02 91 65 – Fax : 03 26 03 20 58
Mail : contact-champagne@envireausol.fr

EnvirEauSol

Agence Auvergne-Rhône-Alpes
68 Rue Georges Polossat – 69720 St-Laurent-de-Mure
Tél : 04 28 29 11 77
Mail : contact-rhonealpes@envireausol.fr

SARL au capital de 300 000 € – SIRET 420 997 629 000 68 – APE 7112 B
Site internet : www.envireausol.fr

SOMMAIRE

Synthèse non technique	6
1 Introduction	7
2 Généralités.....	8
2.1 Orientation de l'étude et missions proposées.....	8
2.2 Site d'étude	8
2.3 Sources d'informations consultées	9
2.3.1 Données fournies par le maître d'ouvrage	9
2.3.2 Études antérieures	9
2.3.3 Usage projeté.....	9
3 Synthèse des investigations réalisées par EnvirEauSol.....	12
3.1 Investigations de juillet 2019	12
3.2 Investigations de décembre 2019	12
4 Approche pour l'élaboration du Plan de Gestion des terres excavées.....	13
4.1 Objectifs et stratégie	13
4.2 Guides et normes consultés.....	13
4.3 Réglementation	14
4.3.1 Statut des terres excavées	14
4.3.2 Valeurs réglementaires issues de la réglementation sur les déchets	14
5 Dimensionnement et caractérisation des terres excavées	15
5.1 Définition	17
5.2 Objectif	17
5.3 Méthodologie de calcul des volumes	18
5.4 Synthèse des volumes de terres non inertes	20
5.5 Synthèse des volumes de terres inertes	24
6 Etudes des techniques de réhabilitation envisageables	24
6.1 Paramètres de choix	24
6.2 Contraintes connues	25
6.3 Présélection des techniques.....	25
6.4 Principes des techniques de réhabilitation envisageables	26
6.4.1 Excavation des sources de pollution	26
6.4.2 Techniques sur site	26
6.4.3 Techniques hors site	26
6.4.4 Caractéristiques des techniques de réhabilitation.....	27



6.5	Bilan coûts / avantages.....	27
7	Méthodologies de réhabilitation envisagée.....	30
7.1	Scénarios de gestion retenus	30
7.2	Surcoût lié au traitement des terres en filière adaptée	31
7.3	Terrassements des terres	32
7.4	Elimination en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) et revalorisation.	33
7.5	Elimination en Installation de Stockage de Déchets Inertes Plus (ISDI+)	33
7.6	Evaluation des émissions	34
7.7	Mesures de prévention des risques et des nuisances.....	34
7.8	Analyse des contraintes et aléas.....	35
7.8.1	Analyse des contraintes	35
7.8.2	Analyse des aléas	35
7.9	Estimations des durées de travaux	36
8	Schéma conceptuel actualisé à l'issue des investigations - usage centre commercial	37
8.1	Etat des milieux.....	37
8.1	Voies d'exposition considérées.....	37
8.1.1	Exposition via le milieu sol	37
8.1.1	Exposition via les gaz du sol	37
8.1.2	Transfert et exposition via les eaux souterraines	38
8.1.3	Voies d'exposition non retenues	38
8.1.4	Conclusion.....	38
9	Analyse des enjeux sanitaires (A320).....	39
9.1	Principe et méthodologie appliquée	39
9.2	Scénarios pris en compte	39
9.3	Problématique « Inhalation » - Bâtiment à usage commercial - Travailleurs.....	41
9.3.1	Paramètres d'entrée	41
9.3.2	Substances et concentrations retenues.....	41
9.3.3	Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur	42
9.3.4	Résultats des calculs de risques.....	43
9.4	Problématique « Inhalation » - Bâtiment à usage commercial – Adulte & Enfant.....	45
9.4.1	Paramètres d'entrée	45
9.4.2	Substances et concentrations retenues.....	45
9.4.3	Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur	46
9.4.4	Résultats des calculs de risques.....	48
9.5	Analyse des incertitudes	49
10	Contrôle de l'efficacité et de la pérennité des mesures de gestion	51
10.1	Contrôle des mesures de gestion.....	51
10.1.1	Contrôle des fouilles.....	51



10.1.2	Contrôle des ambiances de travail et des expositions hors site.....	51
10.2	Mise en œuvre des restrictions d'usage	51
10.2.1	Rappel de la législation en vigueur	51
10.2.2	Typologie des servitudes	52
10.2.3	Objectif des servitudes	52
10.2.4	Proposition de servitudes	52
10.3	Mise en œuvre d'une surveillance environnementale.....	53
11	Conclusions et préconisations.....	53
11.1	Synthèse technique.....	53
11.2	Préconisations	54
11.3	Précautions d'utilisation.....	54

Limitations du rapport

Classification des prestations – Norme NF X 31-620-2

Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation des différentes filières de gestion et critères d'acceptation	17
Tableau 2 : Synthèse des volumes de terres non inertes au droit des deux zones.....	21
Tableau 3 : Synthèse des volumes de terres inertes au droit des deux zones.....	24
Tableau 4 : Techniques potentiellement applicables.....	25
Tableau 5 : Caractéristiques des techniques de réhabilitation.....	27
Tableau 6 : Caractéristiques des techniques de réhabilitation.....	28
Tableau 7 : Estimatif des coûts – avantages / inconvénients au droit de la zone projet KLEPIERRE	29
Tableau 8 : Estimatif des coûts – avantages / inconvénients au droit de la zone rétrocédée à la métropole.....	30
Tableau 9 : Estimatif des surcoûts liés à la présence de terres non inertes au droit de la zone KLEPIERRE	31
Tableau 10 : Estimatif des surcoûts liés à la présence de terres non inertes au droit de la zone rétrocédée à la métropole	32
Tableau 11 : Emissions potentielles durant les travaux et les mesures de gestion associées...	34
Tableau 12 : Risques, nuisances et mesure de prévention	35
Tableau 13 : Durées prévisionnelles des travaux	36
Tableau 14 : Synthèse de l'état des milieux	37
Tableau 15 : Les différentes composantes du schéma conceptuel – exposition par inhalation	40
Tableau 16 : Concentrations retenues dans les gaz du sol, par paramètre, pour le scénario inhalation d'air ambiant intérieur – centre commercial – local technique/vestiaires pour les travailleurs.....	41



Tableau 17 : Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur à partir des concentrations mesurées dans les gaz du sol – usage commercial – local technique/vestiaires pour les travailleurs	43
Tableau 18 : Résultats des calculs de risque – Centre commercial – adulte travailleur	44
Tableau 19 : Concentrations retenues dans les gaz du sol, par paramètre, pour le scénario inhalation d'air ambiant intérieur – centre commercial – magasin de vente pour des visiteurs	46
Tableau 20 : Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur à partir des concentrations mesurées dans les gaz du sol – usage commercial – magasin de vente pour les visiteurs	47
Tableau 21 : Résultats des calculs de risque – Centre commercial – adulte & enfant (visiteurs)	48

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du site et des parcelles cadastrales sur vue aérienne (source : Géoportail)	8
Figure 2 : Plan masse du RDC (Source : CCTP CEDRES)	10
Figure 3 : Coupes projet (Source : CCTP CEDRES)	11
Figure 4 : Plan d'excavation des terres (Source : CCTP CEDRES)	16
Figure 5 : Plan de maillage	19
Figure 6 : Plan de maillage présentant le caractère inerte des terres sur l'horizon 0 à 1 m de profondeur	22
Figure 7 : Plan de maillage présentant le caractère inerte des terres sur l'horizon 1 à 2 m de profondeur	23
Figure 8 : Schéma de principe de l'excavation	26

Liste des annexes

- Annexe 1 : Analyse des enjeux sanitaires, 14 pages ;
Annexe 2 : Détails des modélisations, 8 pages ;
Annexe 3 : Propriétés des substances, 14 pages.

Liste des abréviations utilisées

BASIAS	Base de données d'Anciens Sites Industriels et Activités de Service
BASOL	Base de données pollution des sols
BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
DLI	Dépôt de Liquides Inflammables
ICPE	Installation Classées pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
NGF	Nivellement Général de France
ISDI	Installation de Stockage de Déchets Inertes
ISDD	Installation de Stockage de Déchets Dangereux
ISDND	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux



Synthèse non technique

Dans le cadre de la démolition et de la reconstruction d'un bâtiment commercial situé 55 avenue Grand-Place sur la commune d'Echirolles (38), la société KLEPIERRE accompagnée par CEDRES (AMO), a mandaté EnvirEauSol pour réaliser dans un premier temps une caractérisation de l'état des milieux, puis un plan de gestion.

L'objectif de cette deuxième étape a été :

- de définir les volumes à terrasser de terres inerte et non inerte ;
- de présenter les différentes techniques de dépollution, leurs avantages et inconvénients, une présentation des retours d'expérience, des conditions de faisabilité, une estimation des performances attendues ;
- de détailler et choisir, les options de gestion des contaminations ;
- de valider les enjeux sanitaires par la réalisation d'une évaluation des risques.

Préalablement au plan de gestion, EnvirEauSol avait réalisé en juillet 2019 un programme d'investigations composé de 24 sondages de sols entre 1 et 3 m de profondeur au droit de la futur zone d'excavation des terres en vue de la construction du bâtiment et selon un maillage régulier. Afin de permettre l'échantillonnage des gaz du sol pour les terrains prévus de rester en place, un total de 4 sondages a été équipé en piézairs entre 2 et 3 m de profondeur.

Les investigations avaient permis de mettre en évidence :

- un revêtement de type béton au droit de l'ensemble du bâtiment sur une épaisseur de 0,2 m et une couche d'enrobé (0,05 m d'épaisseur) au droit des parkings Nord et Sud ;
- des remblais sablo-graveleux pouvant atteindre une épaisseur de 3 m surmontant une couche argileuse ;
- l'absence d'indices organoleptiques au droit de l'ensemble des sondages ;
- l'absence de contaminations du milieu sol pour les paramètres analysés ;
- la présence d'anomalies en HCT, BTEX, HAP, Métaux ;
- certains échantillons de sols ne satisfont pas aux critères de classification de déchets inertes (ISDI) ;
- des concentrations supérieures à la Limite de Quantification sur les gaz du sol au droit de l'ensemble des terrains restants en place.

Afin d'optimiser les volumes de terres non inertes, une deuxième campagne d'analyses a été réalisée en décembre 2019 au droit des mailles mises en évidence comme non inertes lors de la première campagne de juillet 2019, mais aussi au droit de la bande ouest du site en vue de rétrocéder celle-ci à l'agglomération. Une nouvelle campagne de mesures au droit des quatre piézairs a de plus été effectuée.

Suite à l'étude de plusieurs scénarios de gestion des terres excédentaires au droit du site d'étude, le bilan coûts avantages réalisé dans le présent rapport a permis de privilégier la technique de traitement hors site après évacuation des terres. Ainsi environ 24 277 m³ de terres inertes pourront être gérées en Installation de stockage de déchets Inertes et 2 423 m³ de terres non inertes à gérer en ISDI+. La répartition des terres entre les deux zones du site d'étude est la suivante :

- au droit de la zone projet KLEPIERRE environ 18 905 m³ soit 34 029 tonnes de terres inertes et 1 495 m³ soit 2 691 tonnes de terres non inertes ;
- au droit de la zone rétrocédée à la métropole environ 5 372 m³ soit 9 670 tonnes de terres inertes et 928 m³ soit 1 671 tonnes de terres non inertes.

Sur la base des investigations réalisées en 2019 et des hypothèses prises en compte, l'analyse des enjeux sanitaires conclue à des risques acceptables pour l'aménagement d'un centre commercial, avec des commerces et des locaux techniques au rez-de-chaussée du bâtiment pour des travailleurs, ainsi que des visiteurs adultes et enfants.

1 Introduction

La société d'investissement immobilier KLEPIERRE est propriétaire d'un centre commercial de plus de 94 000 m² basé à Grenoble (38) et nommé « Grand'Place ». Ce centre commercial fait partie d'un plus large pôle d'activités commerciales basé sur les communes de Grenoble et d'Echirolles.

KLEPIERRE souhaite agrandir la surface commerciale de ce centre par l'acquisition et la démolition d'un bâtiment sur la commune d'Echirolles. Il est prévu que ce bien immobilier soit réaménagé pour un usage identique, à savoir un bâtiment à usage tertiaire (commercial/bureau) impliquant notamment un terrassement et une excavation des terres.

C'est dans ce cadre que la société KLEPIERRE, assistée par la société CEDRES, a souhaité réaliser un diagnostic environnemental des sols préalable à ces travaux, suivi d'un plan de gestion des terres à terrasser.

Suite à l'exécution d'investigations en juillet 2019 et d'un Plan de Gestion des terres à excaver, la société KLEPIERRE, assistée par la société CEDRES, a souhaité compléter et affiner les données acquises au moyen d'un diagnostic environnemental complémentaire. La société KLEPIERRE a missionné le bureau EnvirEauSol pour la réalisation d'investigations complémentaires sur les sols et les gaz du sol en décembre 2019 avec la mise à jour du plan de gestion.

Le présent document permettra de définir, les options de gestion des pollutions, validées préalablement par une analyse des enjeux environnementaux et sanitaires en intégrant les résultats de la nouvelle campagne de mesure.

Conformément à la méthodologie actuelle des sites et sols pollués et au cahier des charges de la société KLEPIERRE, ce rapport :

- ✓ rappelle le contexte environnemental du secteur d'étude et le projet d'aménagement ;
- ✓ présente l'état environnemental des milieux y compris la localisation et la quantification des pollutions dans les sols et définit les objectifs de réhabilitation ;
- ✓ présente les différentes techniques de dépollution, leurs avantages et inconvénients, une présentation des retours d'expérience, des conditions de faisabilité, une estimation des performances attendues et conclut par le bilan coûts / avantages ;
- ✓ décrit la solution technique retenue, la durée des travaux, l'analyse des contraintes et aléas et estime le coût de gestion ;
- ✓ définit les modalités de gestion et de réutilisation éventuelle des terres excavées ;
- ✓ définit les servitudes et mesures de restrictions d'usages éventuelles adaptées aux contaminations résiduelles.

Ces prestations complémentaires ont fait l'objet d'une commande par la société KLEPIERRE datée du 10 décembre 2019 en acceptation de notre offre technique et financière ainsi que les conditions générales de ventes sous la référence D19.541.



2 Généralités

2.1 Orientation de l'étude et missions proposées

La présente étude a été réalisée conformément à la méthodologie actuelle des sites et sols pollués et selon la norme NF-X 31-620-2 de juin 2011. Selon cette dernière, elle correspond à la mission globale PG – Plan de Gestion.

2.2 Site d'étude

Le site à l'étude est localisé sur le tènement de parcelles n°13, 94, 95, 98, 99, 100 et 101 de la section AD et est délimité :

- au nord par l'avenue Edmond Esmonin ;
- au sud par l'avenue Salvador Allende ;
- à l'est par le centre commercial Grand'Place (Commune de Grenoble) ;
- à l'ouest par l'avenue Marie Reynoard puis par le magasin CARREFOUR.

D'une surface de 17 850 m² environ, le site se compose d'une zone couverte (Galerie du centre commercial) et de deux zones de parking recouvertes d'enrobé bitumineux. Cette surface ne prend pas en compte la bande Ouest, en effet cette dernière a été intégrée au périmètre d'intervention lors de la seconde campagne d'investigations.

Un plan général de la parcelle concernée est représenté sur la figure suivante.

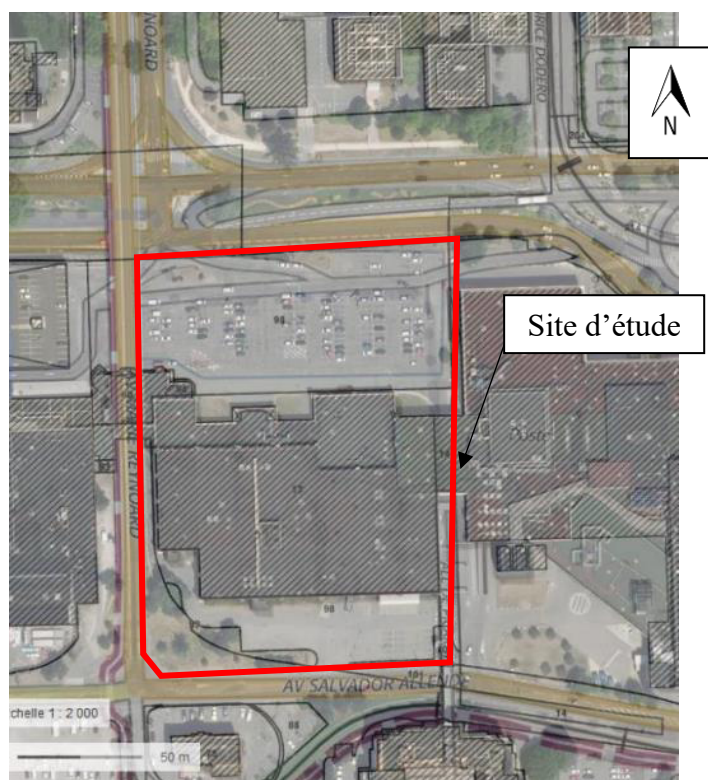


Figure 1 : Localisation du site et des parcelles cadastrales sur vue aérienne (source : Géoportail)

2.3 Sources d'informations consultées

2.3.1 Données fournies par le maître d'ouvrage

Les données fournies par la société KLEPIERRE sont les suivantes :

- Plan du bâtiment actuel ;
- Plan des zones d'excavation ;
- Plan topographique parking Nord ;
- Plan projet ;
- Diagnostic amiante avant démolition ;
- Le plan « Maillage -RDC Bas » en date du 04/10/2019 ;
- Le plan « RDCH – Plan d'excavation » en date du 30/05/2019.

2.3.2 Études antérieures

Un audit de risque pollution et ICPE avait été réalisé par la société CEDRES en 2018. Le rapport complet n'a pas été mis à disposition, cependant le CCTP transmis lors de la consultation des entreprises au stade de l'offre résumait ce dernier.

Une étude environnementale a de plus été réalisée par la société EnvirEauSol. Cette dernière intitulée « *Caractérisation complémentaire de l'état des milieux* » est référencée sous le numéro n°R19.362 en date du 27/08/19 pour la version V2.

Celle-ci a été complétée par des investigations complémentaires (sols et gaz du sol) en décembre 2019 par la société EnvirEauSol. Un rapport de présentation des résultats référencé n°R19.541 a été édité en date du 16/01/20 en version V2.

2.3.3 Usage projeté

Le projet vise à la démolition du bâtiment existant ainsi que des aménagements extérieurs prévoyant la reconstruction d'un centre commercial en vue de l'extension du centre Grand'Place. Le nouveau bâtiment comprendra des commerces à l'étage, avec un niveau de parking en rez-de-chaussée (intérieur du bâtiment).

Le projet de démolition prévoit l'excavation des terres au droit du bâtiment existant en vue d'abaisser la cote de la base du magasin futur de 0,1 à 2,2 m de profondeur selon la zone.

Une coupe du projet futur indiquant les excavations prévues ainsi qu'un plan de masse du RDC sont présentés en figures suivantes.

La bande ouest va quant à elle être rétrocédée à l'agglomération en vue d'aménagement VRD.

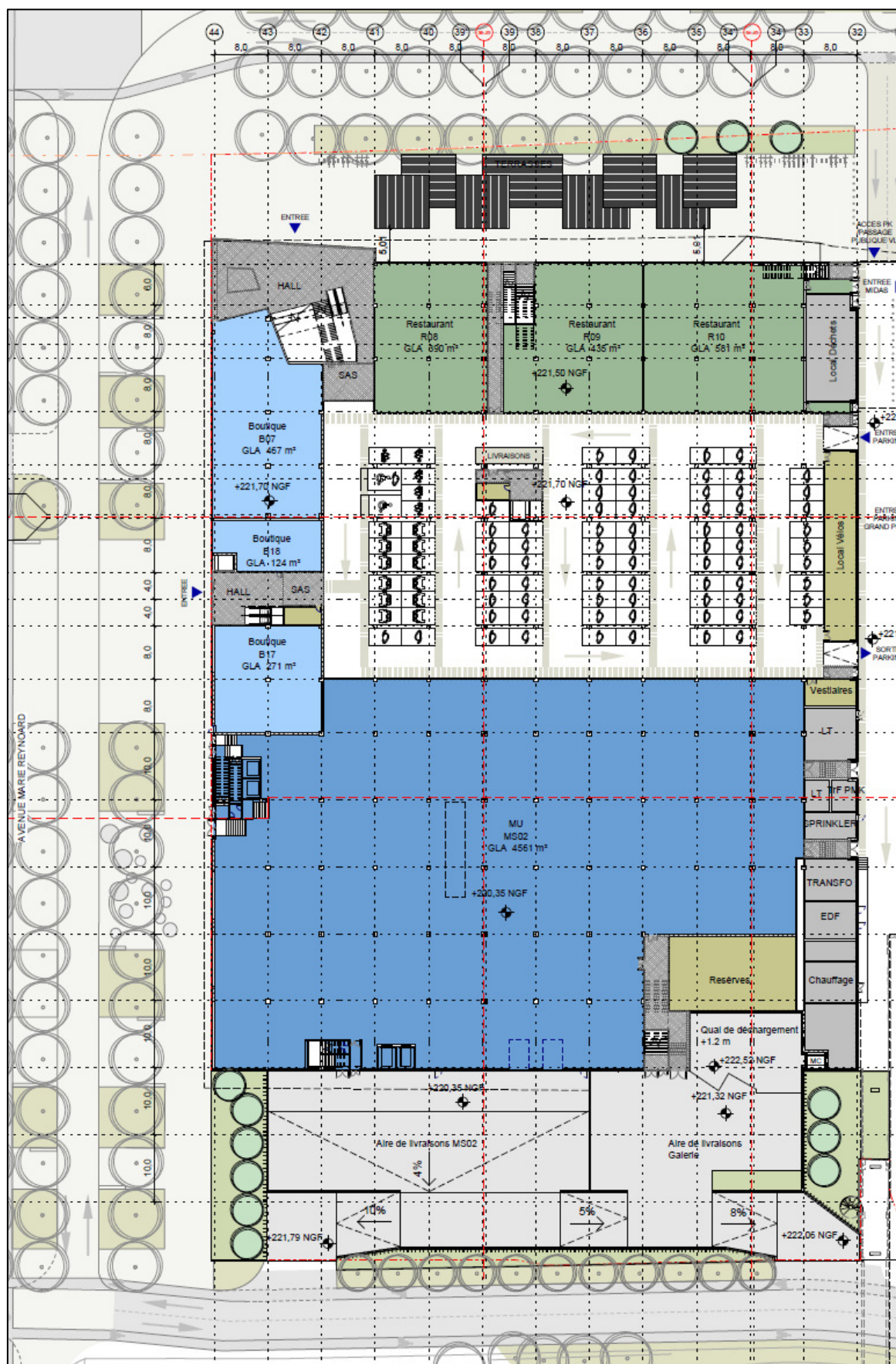


Figure 2 : Plan masse du RDC (Source : CCTP CEDRES)

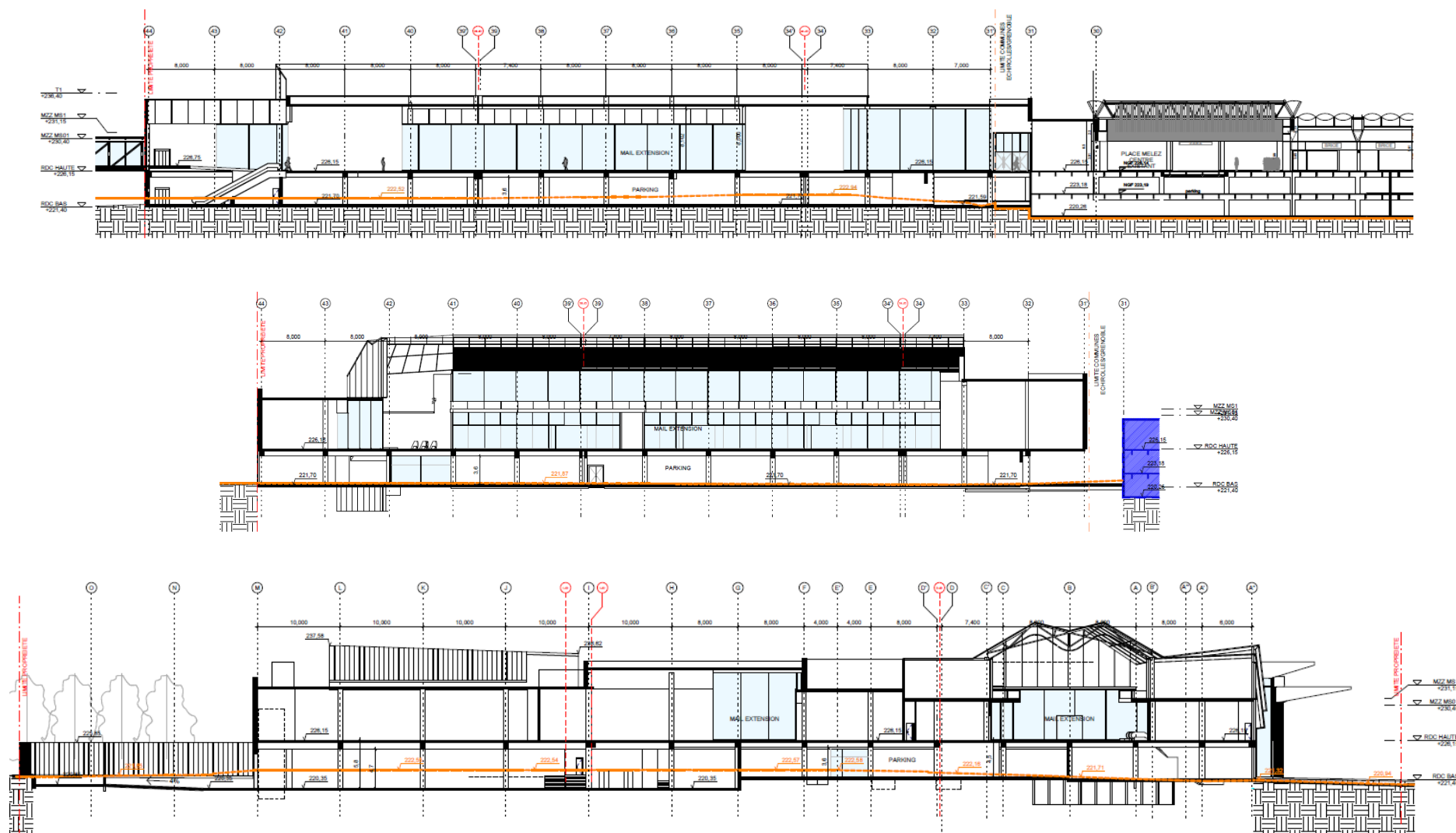


Figure 3 : Coupes projet (Source : CCTP CEDRES)

3 Synthèse des investigations réalisées par EnvirEauSol

3.1 Investigations de juillet 2019

EnvirEauSol a réalisé en juillet 2019 un programme d'investigations composé de 24 sondages de sols entre 1 et 3 m de profondeur au droit de la futur zone d'excavation des terres en vue de la construction du bâtiment et selon un maillage régulier. Certains sondages ont été équipés en piézairs afin de permettre l'échantillonnage des gaz du sol. Au total quatre piézairs ont été installés entre 2 et 3 m de profondeur.

Les investigations ont permis de mettre en évidence d'un point de vue lithologique :

- un revêtement de type béton au droit de l'ensemble du bâtiment (épaisseur de 0,2 m) et une couche d'enrobé (0,05 m d'épaisseur) au droit des parkings Nord et Sud ;
- des remblais sablo-graveleux pouvant atteindre une épaisseur de 3 m surmontant une couche argileuse.

Les investigations ont permis de mettre en évidence d'un point de vue analytique :

- l'absence d'indices organoleptiques au droit de l'ensemble des sondages ;
- **l'absence de contaminations du milieu sol pour les paramètres analysés ;**
- la présence d'anomalies en HCT, BTEX, HAP, Métaux ;
- certains échantillons de sols ne satisfont pas aux critères de classification de déchets inertes (ISDI) ;
- des concentrations supérieures à la Limite de Quantification ont été observées sur les gaz du sol au droit de l'ensemble des terrains restants en place.

3.2 Investigations de décembre 2019

EnvirEauSol a réalisé en décembre 2019, un programme d'investigations composé de 9 sondages de sols entre 2,0 et 3,0 m ainsi que des prélèvements de gaz du sol au droit des quatre piézairs précédemment implantés sur le site.

Les objectifs principaux de cette phase complémentaire ont été :

- d'affiner le maillage et le volume des terres caractérisées précédemment comme non inertes par des investigations de terrain complémentaires ciblées ;
- de procéder à des investigations du sol au droit d'une nouvelle zone correspondant à une bande de terrain inscrite dans le projet de la métropole en bordure ouest du site ;
- de procéder à une seconde campagne d'analyses de gaz du sol.

Les investigations menées du 17 au 18 décembre 2019 par la société EnvirEauSol ont permis de mettre en évidence :

- un revêtement de type béton au droit de l'ensemble du bâtiment (épaisseur de 0,2 m) et une couche d'enrobé (0,05 m d'épaisseur) au droit des parkings Nord et Sud ;
- des remblais sablo-graveleux pouvant atteindre une épaisseur de 3 m surmontant une couche argileuse ;
- l'absence d'indices organoleptiques au droit de l'ensemble des sondages ;



- l'absence de contaminations du milieu sols ;
- certains échantillons de sols ne satisfont pas aux critères de classification de déchets inertes (ISDI) ;
- seul le sondage complémentaire ES11 bis a mis en évidence des sols non inertes sur l'horizon compris entre 0,2 et 1,0 m de profondeur ;
- la maille 27 a été définie comme non inerte entre 0,05 et 2,0 m de profondeur ;
- des concentrations en hydrocarbures volatils et COHV supérieures à la Limite de Quantification ont été observées sur les gaz du sol au droit de l'ensemble des terrains restants en place.

4 Approche pour l'élaboration du Plan de Gestion des terres excavées

4.1 Objectifs et stratégie

Le plan de gestion est un document d'orientation qui vise à étudier différents scénarios de gestion d'une pollution. Il fait la synthèse des études environnementales permettant de dimensionner et de caractériser les sources de pollution et a pour objectif de définir la stratégie de gestion à appliquer en vue de la réalisation des travaux dans une phase ultérieure.

L'élaboration du Plan de Gestion comprendra les étapes suivantes :

- ✓ le dimensionnement et la caractérisation :
 - des terres excavées sur la base du projet d'aménagement et des valeurs réglementaires sur les déchets ;
- ✓ la réalisation des bilans coûts-avantages pour :
 - la maîtrise des sources de pollution ;
 - la gestion des terres excavées ;
- ✓ la définition de la méthodologie de réhabilitation envisagée et validée vis-à-vis :
 - des contraintes d'aménagement ;
 - de l'absence de risque sanitaire (ARR prédictive) ;
- ✓ les propositions éventuelles de mesures de restriction d'usage nécessaires.

4.2 Guides et normes consultés

Les guides et normes consultés pour l'élaboration du Plan de Gestion sont :

- ✓ le guide méthodologique de l'ADEME d'octobre 2009 : « *Traitabilité des sols pollués – Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances* » ;
- ✓ le rapport du BRGM n° RP-58609-FR de juin 2010 : « *Quelles techniques pour quels traitements – Analyse coûts – bénéfices* » ;
- ✓ le guide méthodologique du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement de janvier 2011 : « *Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués* » ;



- ✓ le rapport final du BRGM n° BRGM/RP-60013-FR de février 2012 : « *Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement* » ;
- ✓ le rapport final du BRGM n° RP-64350-FR de février 2016 : « *Définir une stratégie de dépollution : Approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution* » ;
- ✓ la norme NFX 31-620-2 d'août 2016 : « *Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués – Partie 2 : Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle* » ;
- ✓ le guide méthodologique de l'ADEME de mars 2017 : « *Elaboration des bilans coûts-avantages adaptés aux contextes de gestion des sites et sols pollués* » ;
- ✓ la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 du Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer.

4.3 Réglementation

4.3.1 Statut des terres excavées

En application de l'Ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010, les terres excavées, qu'elles soient naturelles ou non, qui sortent du site dont elles sont extraites ont un statut de déchet. En effet, au titre de l'article L. 541-1-1, est défini comme un déchet toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire.

Ainsi, la gestion des terres excavées en dehors de leur site d'origine sera réalisée conformément à la législation applicable aux déchets, notamment en ce qui concerne les modalités de traçabilité et de responsabilités.

Ainsi pour rappel, tout producteur de déchets est responsable de la gestion de ces déchets jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, conformément à l'article L541-2 du Code de l'Environnement. Il est à noter qu'une modification de la réglementation déchets des terres excavées est en cours.

4.3.2 Valeurs réglementaires issues de la réglementation sur les déchets

En cas d'élimination hors site, la qualité des matériaux sera comparée aux valeurs réglementaires d'acceptation des déchets en Installation de Stockage de Déchets :

- ✓ Inertes (ISDI) ;
- ✓ Non Dangereux (ISDND) ;
- ✓ Dangereux (ISDD).

Les critères d'admission sont basés sur la Décision du Conseil européen du 19 décembre 2002 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe II de la Directive 1999/31/CE.



La Décision du Conseil du 19 décembre 2002 a été transcrite en droit français par les textes suivants :

- ✓ l'arrêté du 28 octobre 2010 actualisé le 12 décembre 2014 relatif aux installations de stockage de déchets inertes ;
- ✓ l'arrêté du 15 février 2016 modifié relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux ;
- ✓ l'arrêté du 30 décembre 2002 modifié relatif au stockage de déchets dangereux.

5 Dimensionnement et caractérisation des terres excavées

Au droit de l'emprise projet KLEPIERRE :

Le projet d'aménagement vise à la construction d'un centre commercial. En vue de cette construction, des terres excédentaires à terrasser sont prévues sur une superficie d'environ 11935 m² et atteignant une profondeur comprise entre 0,6 et 2,7 m (la profondeur prend en compte le décaissement de 0,5 m par rapport aux cotes projets pour la mise en place d'une couche de forme et de la dalle béton).

Les documents de travail fournis par la société KLEPIERRE permettant le calcul de volume de terre excédentaire au droit du site sont :

- Le plan « Maillage -RDC Bas » en date du 04/10/2019 ;
- Le plan « RDCH – Plan d'excavation » en date du 30/05/2019.

Ainsi un volume de terres d'environ **20 400 m³** sera excédentaire au droit de cette zone.

Afin de parvenir à ce calcul de volume de terre les hypothèses de travail suivantes ont été prises en compte :

- Retranchement de 0,5 m par rapport à la côte projet final en vue de la mise en place de la dalle béton et de sa couche de forme ;
- Retranchement de 0,2 m pour l'épaisseur de la dalle béton et de 0,05 m pour l'enrobé.
En effet ces matériaux ne sont pas pris en compte dans le volume de terre excédentaire.

Au droit de l'emprise rétrocédée à la métropole :

La société KLEPIERRE souhaite rétrocéder une bande de terrain en partie ouest du site à la métropole, en vue de certain aménagement de voirie. Cette bande de terre sera excavée sur différentes profondeurs.

Selon les informations transmises par la société EGIS en date du 21 janvier 2020 les profondeurs d'excavation au droit de la bande ouest sont les suivantes :

- au droit de la maille S25 les profondeurs d'excavation seront de 1,5 m au droit des voiries et 2,0 m au droit du bâtiment ;
- au droit des mailles S26, S27, S28 et S29, les profondeurs d'excavation seront de 2,0 m au droit des bâtiments, 3,0 m au droit des voiries et espaces verts et 3,0 m au droit de la zone de circulation des usagers du centre commercial.

Ainsi un volume de terres d'environ **6 300 m³** sera excédentaire au droit de cette zone.

Afin de parvenir à ce calcul de volume de terre les hypothèses de travail suivantes ont été prises en compte :

- Pas de retranchement de 0,5 m par rapport à la côte projet final dans l'éventualité de la mise en place d'une dalle béton ;



- Retranchement de 0,2 m pour l'épaisseur de la dalle béton et de 0,05 m pour l'enrobé. En effet ces matériaux ne sont pas pris en compte dans le volume de terre excédentaire ;
- Surface d'excavation pris en compte conforme à la zone représenté en figure suivante.

Le plan d'excavation du projet est présenté sur la figure suivante.

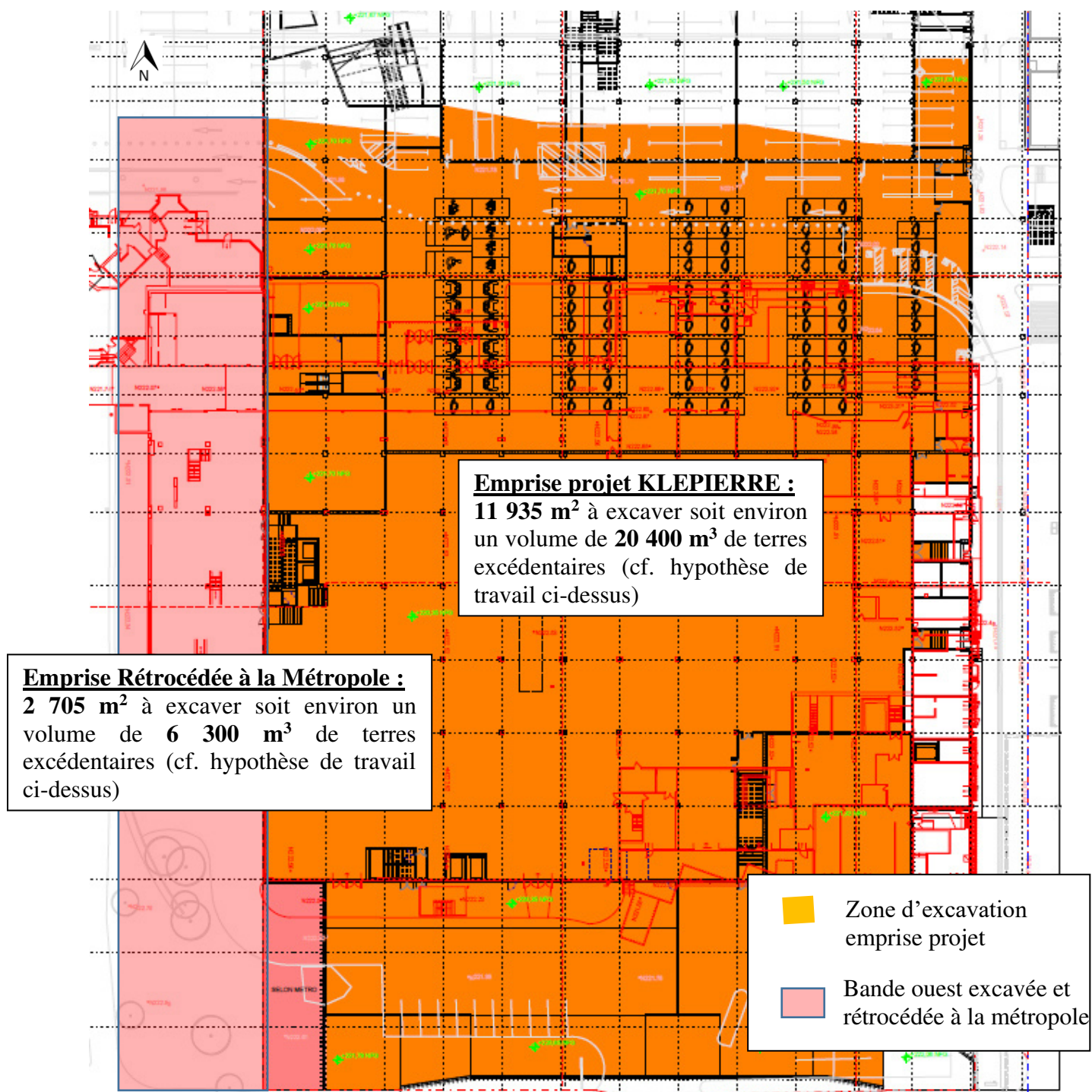


Figure 4 : Plan d'excavation des terres (Source : CCTP CEDRES)

Un total d'environ 26 700 m³ est excédentaire au droit de l'ensemble du site.

5.1 Définition

Les terres non inertes mentionnées dans le plan de gestion correspondent aux sols devant faire l'objet d'une évacuation hors site en filière agréée suite aux travaux d'excavation. Ces terres s'opposent aux terres inertes.

5.2 Objectif

L'objectif est d'évaluer les volumes et de classer les terres excavées dans le cadre des travaux d'aménagement selon les filières de gestion envisageables associées à leur qualité environnementale.

Les terres seront réparties en 2 classes :

- Terre inerte ;
- Terre non inerte ;

Les critères d'acceptation des différents exutoires proposés sont repris dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Présentation des différentes filières de gestion et critères d'acceptation

CATEGORIES	A1	A+	B1	B2	C	D
Filière associées	Installation de Stockage des Déchets Inertes (ISDI)	Installation de Stockage des Déchets Inertes (ISDI +)	Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND)	Bio-traitement	Installation de Stockage des Déchets Dangereux (ISDD)	Désorption thermique
Substances	Paramètres sur sol brut					
HAP (mg/kg)	$\Sigma(16\text{HAP}) < 50$	$\Sigma(16\text{HAP}) < 50$	$\Sigma(16\text{HAP}) < 500$	$\Sigma(16\text{HAP}) < 500$	$\Sigma(16\text{HAP}) < 500$	$\Sigma(16\text{HAP}) < 500$
Métaux et métalloïdes (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) (mg/kg)	Seuils conformes aux arrêtés préfectoraux des installations de stockage				Indifférents sauf Hg < 100	Seuils conformes aux arrêtés préfectoraux des installations de stockage
HCT (C10-C40) (mg/kg)	HCT < 500	HCT < 500	HCT < 5 000	HCT < 25 000	HCT < 50 000	HCT < 50 000
COHV (mg/kg)	$\Sigma(\text{COHV}) < 2$	$\Sigma(\text{COHV}) < 2$	$\Sigma(\text{COHV}) < 10$	$\Sigma(\text{COHV}) < 3\ 000$	$\Sigma(\text{COHV}) < 100$	Chlore total < 10 000
BTEX (mg/kg)	$\Sigma(\text{BTEX}) < 6$	$\Sigma(\text{BTEX}) < 6$	$\Sigma(\text{BTEX}) < 30$	$\Sigma(\text{BTEX}) < 7\ 500$	$\Sigma(\text{BTEX}) < 200$	$\Sigma(\text{CAV}) < 25\ 000$
PCB (mg/kg)	$\Sigma(7\ \text{PCB}) < 1$	$\Sigma(\text{PCB}) < 1$	$\Sigma(\text{PCB}) < 50$	$\Sigma(\text{PCB}) < 50$	$\Sigma(\text{PCB}) < 50$	$\Sigma(\text{PCB}) < 50$
Autres critères	absence d'indice organoleptique (couleur, odeur, Déchets)	Cf arrêté de l'installation	Indifférents	Cf arrêté de l'installation	Indifférents	Cf arrêté de l'installation
tests de lixiviation	Paramètres sur éluats					
lixiviation sur 24 h	tests de lixiviation conformes à l'arrêté du 12 décembre 2014	Seuils de l'arrêté du 12/12/2014 multipliés par 3	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19 dec. 2002 pour les Déchets non dangereux	Tests de lixiviation conformes aux critères de l'installation	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19 dec. 2002 pour les Déchets dangereux	non concerne

Valeur réglementaire ; Valeur non réglementaire mais parfois appliqué par les exploitants des installations de stockage



5.3 Méthodologie de calcul des volumes

Les différents sondages ont été réalisés au niveau de chaque maille. Ainsi le sondage sera représentatif de chaque maille et ce horizontalement ainsi que verticalement.

Dans le cas où le sondage complémentaire mettrait en évidence la caractérisation de terre inerte au droit d'une maille caractérisée comme non inerte lors de la première campagne d'analyse, la surface de la maille sera divisée en deux en considérant une moitié comme inerte et une autre moitié comme non-inerte.

La répartition des différentes mailles est représentée sur la figure suivante. Les différentes mailles ont une superficie comprise chacune entre 189 et 667 m².

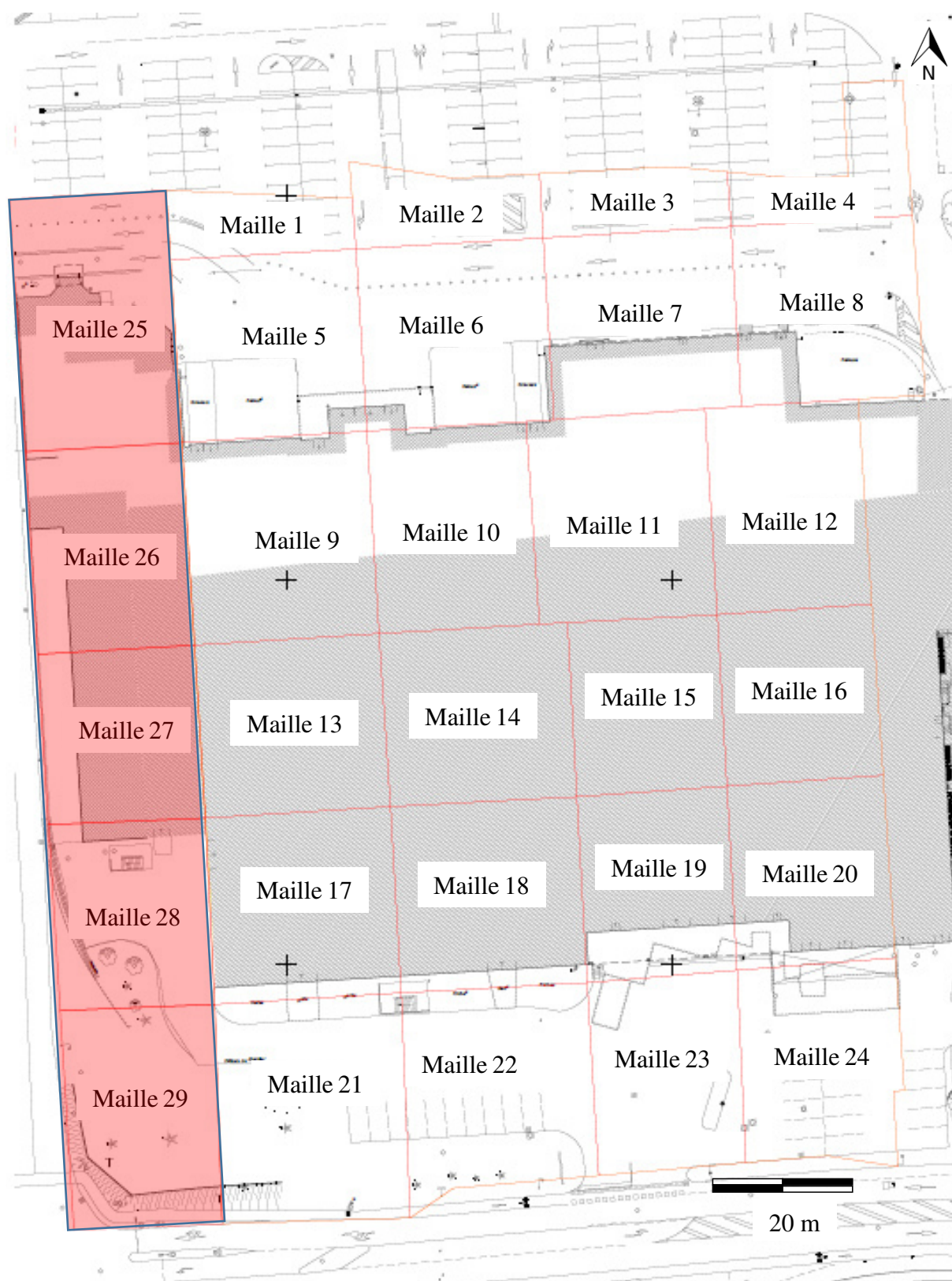


Figure 5 : Plan de maillage

- Maille projet KLEPIERRE
- Maille rétrocedée à la métropole

5.4 Synthèse des volumes de terres non inertes

Les investigations réalisées par EnvirEauSol en juillet 2019 et en décembre 2019 ont permis de mettre en évidence que les échantillons ES6 / 0,05-0,6 ; ES11 / 0,2-1,0 ; ES11bis / 0,2-1 ; ES11 / 1,0-2,0 ; ES13 / 1,0-1,8, ES20 / 0,7-2,0, ES27 / 0,2-1,3 et ES27 / 1,3-2 peuvent être considérés comme non inertes et donc non acceptables en ISDI.

Le tableau suivant synthétise les volumes de terres non inertes.

Tableau 2 : Synthèse des volumes de terres non inertes au droit des deux zones

Zone	Sondage / Maille	Echantillon de sol analysé et considéré comme non inertes	Echantillon de sol analysé et considéré comme inertes	Lithologie des sols considérés comme non inertes	Paramètres discriminant et concentrations (mg/kg MS)	Seuils inertes (mg/kg MS)	Filière d'élimination possible	Surface de la maille	Surface de la maille pris en compte comme non inertes	Profondeur d'excavation prévue par le projet au droit de la maille (y compris surcreusement pour mise en place de la dalle béton)	Epaisseur de terre non inertes retenue	Volume de terres non inertes par maille	Volume de terres non inertes par zone
Zone projet KLEPIERRE	6	ES6 /0,05-0,6	ES6 / 0,6 -1,6 ES6bis / 0,1-1,0	Remblais sablo graveleux	Pb sur éluat = 0,73	0,5	ISDI+ / ISDND	576 m²	288 m² (pas de dépassement de seuils ISDI sur ES6bis)	0,91 m	0,55 m	159 m³	1495 m³
	11	ES11 /0,2-1,0 ES11 / 1,0-2,0	Aucun		Zn sur éluat = 4,68	4		616 m²	Ensemble de la maille (616 m²) non inertes sur la tranche 0-1,0 m et la moitié « sud » de la maille (308 m²) non inertes sur la tranche 1,0 - 2,0 m	1,3 m sur la moitié « nord » de maille et 2,68 m sur la moitié « sud » de la maille	0,8 m sur la moitié nord de la maille et 1,8 m sur la moitié sud de la maille	801 m³	
					Cr sur éluat = 0,59	0,5							
					Fluorure =11,4	10							
	11 bis	ES11bis /0,2-1,0	ES11bis / 1,0-2,0 ES11bis /2,0-2,5	Fluorure = 14,3	10	541 m²		271 m² (pas de dépassement de seuils ISDI sur ES13bis)	2,67 m	0,8 m	217 m³		
	13	ES13 / 1,0-1,8	ES13 / 0,2-1,0 ES13bis / 1,0-2,0 ES13bis / 2,0-3,0	Terrain naturel : sable argileux	Pb sur éluat = 0,67	0,5		488 m²	244 m² (pas de dépassement de seuils ISDI sur ES20bis)	2,64 m	1,3 m	318 m³	
	20	ES20 / 0,7-2,0	ES20 / 0,2-0,7 ES20 bis / 1,0-2,0 ES20bis / 2,0-3,0		Fluorure = 10,6	10							
Zone rétrocedée à la métropole	27	ES27 / 0,2-1,3 ES27 / 1,3-2,0	Aucun	Remblais sablo-graveleux entre 0,2 et 1,3 m et terrain naturel limono-sableux entre 1,3 et 2,0 m	Sb éluat = 0,09	0,06	454 m²	454 m² (358 m² de bâtiment et 96 m2 de voirie)	2,0 m au droit du bâtiment et 3,0 m au droit de la voirie	1,8 m au droit du bâtiment et 2,95 m au droit de la voirie (absence d'échantillon entre 2,0 et 3,0 m de profondeur = terre considérée comme non inertes entre 2 et 2,95 m de profondeur)	928 m³	928 m³	
					Fluorure =10,6	10							
TOTAL au droit des deux zones												2423 m³	

Les figures en pages suivantes reprennent le maillage et informent sur le caractère inertes ou non des terres sur les horizons 0 - 1,0 m et 1,0 - 2,0 m.

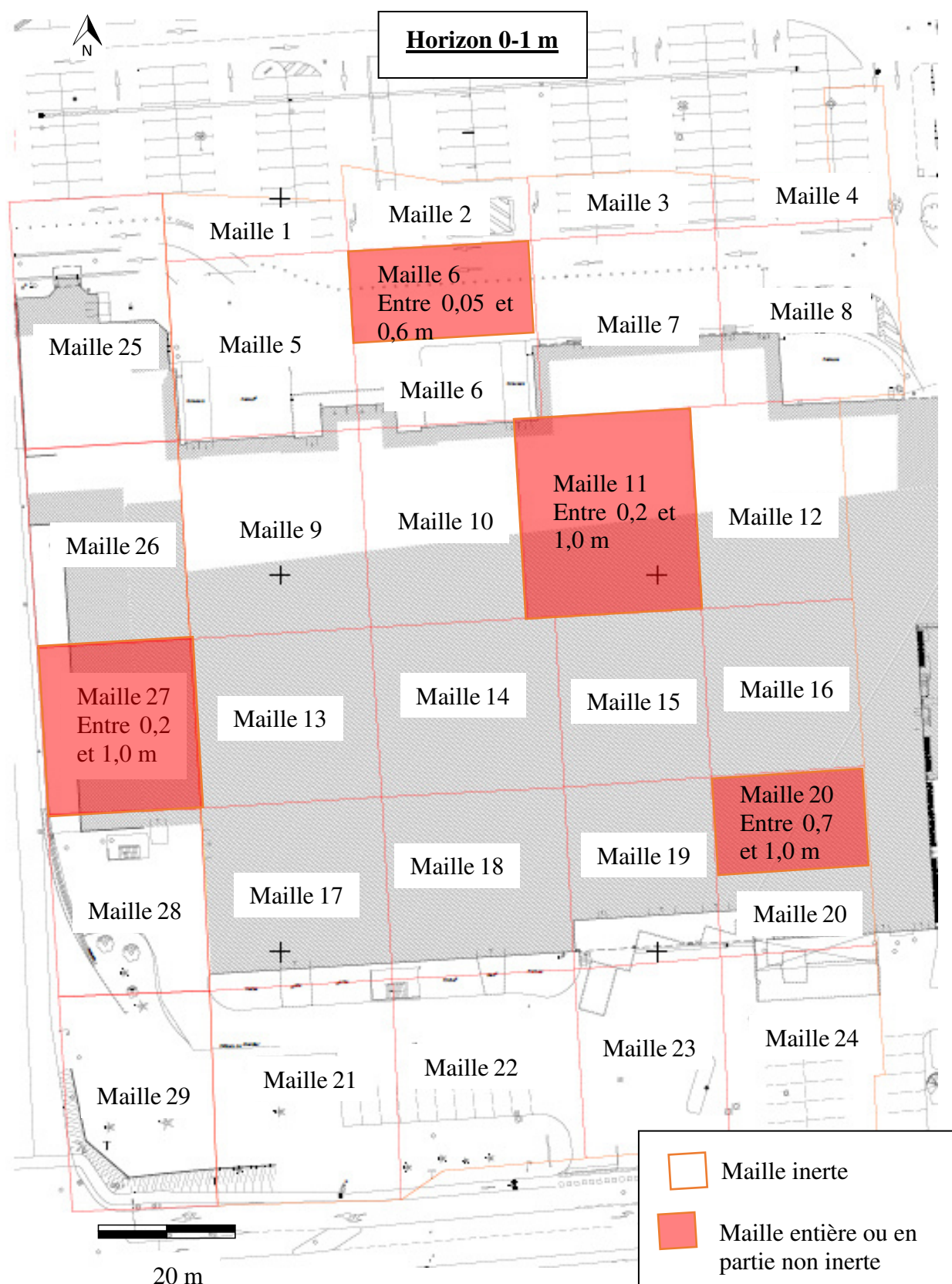


Figure 6 : Plan de maillage présentant le caractère inerte des terres sur l'horizon 0 à 1 m de profondeur

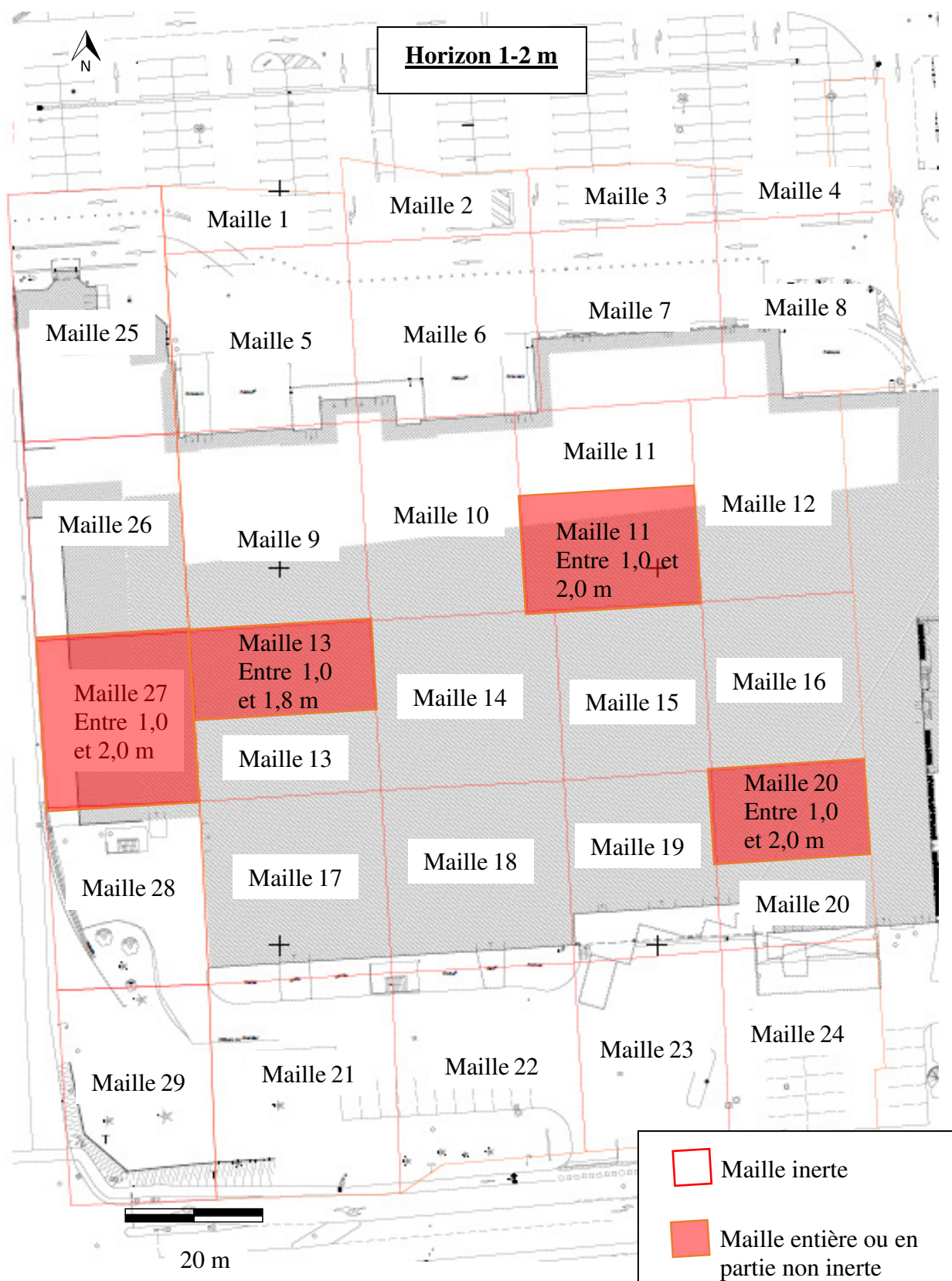


Figure 7 : Plan de maillage présentant le caractère inerté des terres sur l'horizon 1 à 2 m de profondeur

L'horizon 2,0-3,0 m ne présente aucun dépassement des seuils ISDI au droit des échantillons ES19 / 2,0-3,0 ; ES11bis /20-2,5, ES13bis / 2,0-3,0 et ES20bis / 2,0-3,0.

5.5 Synthèse des volumes de terres inertes

Le volume de terres inertes peut être calculé de la façon suivante :

« Volume terre inerte = Volume de terre excédentaire au niveau du site - Volume terre non inerte ».

Le tableau suivant présente les volumes de terres inertes au droit de chaque zone.

Tableau 3 : Synthèse des volumes de terres inertes au droit des deux zones

Zone	Volume de terre excédentaire	Volume de terre non inerte	Volume de terre inerte
Zone projet KLEPIERRE	20 400 m ³	1 495 m ³	18 905 m ³
Zone rétrocédée à la métropole	6 300 m ³	928 m ³	5 372 m ³
TOTAL	26 700 m ³	2 423 m ³	24 277 m ³

6 Etudes des techniques de réhabilitation envisageables

6.1 Paramètres de choix

Le choix des modalités de gestion des terres excavées dépend :

- ✓ du type de polluants et de la lithologie des terres polluées ;
- ✓ des performances techniques de réhabilitation et de leur rendement ;
- ✓ de la durée et des délais de mise en œuvre et de traitement ;
- ✓ des coûts associés ;
- ✓ du développement durable (les procédés présentant des risques d'altérations des propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol après traitement ont été écartés) ;
- ✓ des contraintes connues dont celles liées au projet d'aménagement.



6.2 Contraintes connues

Les contraintes connues à prendre en compte dans le Plan de Gestion sont :

- ✓ vis-à-vis des travaux d'aménagement :
 - l'excédent de terre devant faire l'objet d'évacuation ;
 - le projet de réaménagement du site ;
 - un espace nul pour le stockage de terres polluées en merlon ;
 - privilégier au maximum la revalorisation des terres sur site ;
- ✓ vis-à-vis des caractéristiques des pollutions :
 - type de polluants : métaux sur éluats caractérisant les sols comme non inerte ;
 - profondeur : compris majoritairement entre 0 et 2 m ;
 - lithologie : remblais surmontant une couche argileuse.
- ✓ vis-à-vis des délais :
 - un rapide démarrage des travaux (début 2020) ;
- ✓ vis-à-vis de la réglementation : sont considérés comme des déchets toutes les terres et matériaux qui sortent de l'emprise du site.

6.3 Présélection des techniques

En première approche, une présélection des techniques permettra de lister les techniques potentiellement applicables au site compte tenu des contraintes liées aux travaux d'aménagement et à la nature des polluants.

Il est à noter que compte-tenu des délais pour les travaux d'aménagement et de la réalisation de terrassements, la seule technique applicable pour le retrait des terres reste l'excavation.

Les techniques de traitement sur site ou in-situ ne sont pas applicables du fait des contraintes mentionnées précédemment.

Tableau 4 : Techniques potentiellement applicables

Techniques hors site
Elimination en centre de stockage de déchets inerte (ISDI / revalorisation)
Elimination en centre de stockage de déchets non dangereux (ISDND)
Elimination en centre de stockage de déchets inertes + (ISDI+)

6.4 Principes des techniques de réhabilitation envisageables

6.4.1 Excavation des sources de pollution

Cela consiste à excaver, à l'aide d'une pelle mécanique, les terres non inertes comme définies précédemment, par couches successives jusqu'à atteindre les étendues et les profondeurs définies par le Plan de Gestion ou les limites de la technique.

Afin de garantir la stabilité des bords de fouille, ces dernières devront faire l'objet d'un talutage adapté aux caractéristiques géomécaniques des terres et matériaux. Les caractéristiques des pentes pourront être définies par une étude géotechnique.

Les terres polluées feront l'objet d'une traçabilité depuis leur terrassement jusqu'à leur stockage temporaire avant gestion.

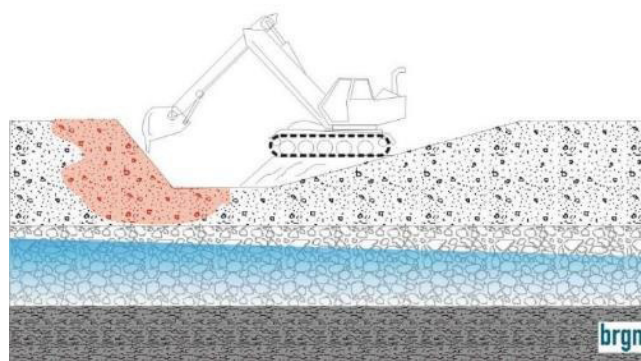


Figure 8 : Schéma de principe de l'excavation

6.4.2 Techniques sur site

Cette technique ne sera pas abordée dans le présent plan de gestion. Du fait que le site est en excédentaire de terre et par manque de place, cette dernière ne peut être envisagée.

6.4.3 Techniques hors site

6.4.3.1 Elimination en installation de stockage de déchets

Hors site, la mise en décharge consiste à diriger les terres polluées dans des Installations de Stockage des Déchets en fonction de leur degré de pollution et de leur potentiel de lixiviation :

- ✓ Installation de Stockage des Déchets non Dangereux (ISDND) recevant les déchets industriels non dangereux ;
- ✓ Installation de Stockage des Déchets Inertes Plus (ISDI+) reprenant les critères d'admission de l'ISDI et autorisant des concentrations plus importantes pour les paramètres sur éluât. Les terres caractérisées comme non inertes précédemment sont acceptables en ISDI+.
- ✓ Installation de Stockage des Déchets Inertes (ISDI) recevant les déchets dits inertes. Une revalorisation de ces terres peut être envisagée par certains centres. Ainsi le criblage des matériaux permettra la revalorisation de ceux-ci selon la granulométrie sur une plateforme à proximité du site.

Cette élimination comprendra, le chargement, le transport et le stockage, et pourra s'appliquer aux trois types de centres cités ci-dessus.

6.4.4 Caractéristiques des techniques de réhabilitation

Pour chaque technique de réhabilitation présentée précédemment, le tableau suivant liste leurs caractéristiques (retours d'expérience, conditions de faisabilité, estimation des performances attendues).

Tableau 5 : Caractéristiques des techniques de réhabilitation

Techniques de réhabilitation	Retours d'expérience	Conditions de faisabilité	Estimation des performances attendues
Terrassement des terres polluées	Une des plus utilisée en France (taux d'utilisation d'environ 55 %)	Nécessiter de taluter pour assurer la stabilité des parois	Suppression des sources de pollutions identifiées et définies dans le Plan de Gestion
Techniques sur site			
Technique non prise en compte dans le cadre du plan de gestion			
Techniques hors site			
Elimination des terres en ISDND	Mature et très largement utilisée en France (plus de 20 ans d'existence)	Non acceptable en ISDI+ Conformité aux critères d'acceptation en ISDND	Garantie de résultats (100 %) Aucun abattement des concentrations
Elimination des terres en ISDI+	Mature et très largement utilisée en France (plus de 20 ans d'existence)	Non acceptable en ISDI Conformité aux critères d'acceptation en ISDI+	Garantie de résultats (100 %) Aucun abattement des concentrations
Elimination des terres en ISDI (revalorisation avec tri granulométrique et réemploi)	Mature et très largement utilisée en France (plus de 20 ans d'existence)	Conformité aux critères d'acceptation en ISDI	Garantie de résultats (100 %) Aucun abattement des concentrations

6.5 Bilan coûts / avantages

Un comparatif des techniques de dépollution des sols est présenté dans le tableau suivant. Il constitue le bilan coûts / avantages pour la gestion des terres excavées.

Les deux scénarios présentés dans le bilan coûts / avantages sont :

- ✓ **Scénario 1 : Evacuation des terres inertes en ISDI et des terres non inertes en ISDI+ ;**
- ✓ **Scénario 2 : Evacuation des terres inertes en ISDI et des terres non inertes en ISDND.**

Tableau 6 : Caractéristiques des techniques de réhabilitation

Techniques de traitement	Avantages	Inconvénients	Applicabilité par rapport au couple polluants – contextes hydrogéologiques, caractéristiques, déchets produits	Solutions pertinentes envisageables	Coûts au droit de la zone projet KLEPIERRE en k€ HT	Coûts au droit de la zone rétrocédée à la métropole en k€ HT	Coûts totaux en k€ HT
TECHNIQUE HORS SITE							
ELIMINATION EN ISDI+ Elimination en installation de stockage de déchets inertes +	- rapide - rendement garanti et important - pas de servitudes / pas de conservation de la mémoire	- transport des terres (distance par rapport au site) - acceptation sous réserve de conformité des terres avec les critères d'acceptation en ISDI+ - le prix dépend directement du volume de terres contaminées	TERRES EXCAVEES -possibilité de déclasser les terres à étudier	OUI	150	95	245
					terrassement, évacuation et traitement	terrassement, évacuation et traitement	terrassement, évacuation et traitement
					base de 1 495 m3	base de 928 m3	base de 2 423 m3
ELIMINATION EN ISDND Elimination en installation de stockage de déchets non dangereux	- rapide - rendement garanti et important - pas de servitudes / pas de conservation de la mémoire	- transport des terres - acceptation sous réserve de conformité des terres avec les critères d'acceptation de la cimenterie - le prix dépend directement du volume de terres contaminées	TERRES EXCAVEES -possibilité de réduire les volumes à étudier	OUI	312	195	507
					terrassement, évacuation et traitement	terrassement, évacuation et traitement	terrassement, évacuation et traitement
					base de 1 495 m3	base de 928 m3	base de 2 423 m3
ELIMINATION EN ISDI Elimination en installation de stockage de déchets inertes	- rapide - rendement garanti et important - pas de servitudes / pas de conservation de la mémoire	- transport des terres - acceptation sous réserve de conformité des terres avec les critères d'acceptation en ISDI - le prix dépend directement du volume de terres contaminées	TERRES EXCAVEES -possibilité de réduire les volumes à étudier	OUI	412	120	532
					terrassement, évacuation et traitement	terrassement, évacuation et traitement	terrassement, évacuation et traitement
					base de 18 905 m3	base de 5 372 m3	base de 24277 m3

Le détail estimatif des coûts des travaux est présenté ci-dessous.

Tableau 7 : Estimatif des coûts – avantages / inconvénients au droit de la zone projet KLEPIERRE

	Excavation des terres inertes et évacuation en ISDI (avec revalorisation)	Excavation des terres non inertes et évacuation en ISDI+	Excavation des contaminations Elimination en ISDND
Matériaux traitées	Terre inerte	Terre non inerte	
Volumes estimés	18 905 m³	1 495 m³	
Tonnes traitées estimées (densité = 1,8)	~ 34 029 t	~ 2 691 t	
Coût estimé : évacuation/transport et traitement	306 k€ HT (9 €/t en ISDI hors marge entreprise)	134 k€ HT (50 €/t en ISDI+ hors marge entreprise)	296 k€ HT (110 €/t en ISDND hors marge entreprise)
Phase préparatoire (coût pour les deux zones)			
Etablissement, mise à jour : PAQ, PED, PPSPS, Protocole de sécurité chargement	5 k€ HT		
Préparation de chantier, installation, amené/repli, base vie	9 k€ HT		
Démarches administratives, DICT, ...	800 € HT		
En phase : exécution de travaux			
Amené et repli d'une pelle mécanique pour terrassement (hors démantèlement de la dalle bétonnée)	950 € / jour (environ 19 jours), soit 18 k€ H.T.	950 € / jour (environ 6 jours), soit 5,7 k€ H.T.	
Chargement des matériaux dans les camions	85 k€ HT (2,5 €/t)	6,7 k€ HT (2,5 €/t)	
Gestion des eaux de la fouille :	-		
Suivi environnemental et plan de récolement	3 k €		
Remblaiement des fouilles	Pas de remblaiement		
Total travaux (hors phase préparatoire et hors marge entreprise)	~ 412 k€ HT	~ 150 k€ HT	~ 312 k€ HT

*La ou les filières pressenties seront validées à l'issue de la caractérisation des matériaux à l'issue de la phase d'excavation, à partir d'échantillons moyens,

Tableau 8 : Estimatif des coûts – avantages / inconvénients au droit de la zone rétrocédée à la métropole

	Excavation des terres inertes et évacuation en ISDI (avec revalorisation)	Excavation des terres non inertes et évacuation en ISDI+	Excavation des contaminations Elimination en ISDND
Matériaux traitées	Terre inerte	Terre non inerte	
Volumes estimés	5 372 m³	928 m³	
Tonnes traitées estimées (densité = 1,8)	~ 9 670 t	~ 1 670 t	
Coût estimé : évacuation/transport et traitement	87 k€ HT (9 €/t en ISDI hors marge entreprise)	84 k€ HT (50 €/t en ISDI+ hors marge entreprise)	184 k€ HT (110 €/t en ISDND hors marge entreprise)
Phase préparatoire (coût pour les deux zones)			
Etablissement, mise à jour : PAQ, PED, PPSPS, Protocole de sécurité chargement	5 k€ HT		
Préparation de chantier, installation, amené/repli, base vie	9 k€ HT		
Démarches administratives, DICT, ...	800 € HT		
En phase : exécution de travaux			
Amené et repli d'une pelle mécanique pour terrassement (hors démantèlement de la dalle bétonnée)	950 € / jour (environ 7 jours), soit 6,6 k€ H.T.	950 € / jour (environ 5 jours), soit 4,7 k€ H.T.	
Chargement des matériaux dans les camions	24 k€ HT (2,5 €/t)	4,2 k€ HT (2,5 €/t)	
Gestion des eaux de la fouille :	-		
Suivi environnemental et plan de récolement	2 k €		
Remblaiement des fouilles	Pas de remblaiement		
Total travaux (hors phase préparatoire et hors marge entreprise)	~ 120 k€ HT	~ 95 k€ HT	~ 195 k€ HT

*La ou les filières pressenties seront validées à l'issue de la caractérisation des matériaux à l'issue de la phase d'excavation, à partir d'échantillons moyens,

Il est important de noter que ces prix unitaires restent moyens et estimatifs. Ils peuvent être optimisés par le regroupement des techniques et la mise en concurrence. Tout découpage des prestations peut générer un décalage avec le bilan coûts / avantages et le tableau ci-dessus.

7 Méthodologies de réhabilitation envisagée

7.1 Scénarios de gestion retenus

A la lumière de l'analyse des éléments présentés précédemment dont le bilan coûts / avantages, le scénario retenu pour la gestion des terres est le suivant :

Evacuation des terres inertes en ISDI et des terres non inertes en ISDI+ pour un total d'environ 777 k€ HT (562 k€ HT pour la zone projet KLEPIERRE et 215 k€ HT pour la zone rétrocédée à la métropole).

Ces tarifs ne prennent pas en compte le coût de la phase préparatoire ni la marge entreprise.

7.2 Surcoût lié au traitement des terres en filière adaptée

La mise en évidence de terres non inertes au droit de la zone excavée entraîne un surcoût vis-à-vis d'une élimination en filière inerte de l'ensemble des terres excédentaires. Le tableau ci-dessous dresse le bilan du surcoût.

Tableau 9 : Estimatif des surcoûts liés à la présence de terres non inertes au droit de la zone KLEPIERRE

	Excavation des terres inertes et évacuation en ISDI (avec revalorisation)	Excavation des terres inertes et non inertes et évacuation en filière adaptée
Matériaux traités et Volumes estimés	Terre inerte 20 400 m ³	Terre non inerte 1 495 m ³ Terre inerte 18 905 m ³
Tonnes traitées estimées (densité = 1,8)	~ 36 720 t	2 691 t de matériaux non inertes et 34 029 t de matériaux inertes
Coût estimé : évacuation/transport et traitement	331 k€ HT (9 €/t en ISDI hors marge entreprise)	135 k€ HT (50 €/t en ISDI+ hors marge entreprise) + 307 k€ HT (9 €/t en ISDI hors marge entreprise)
Total travaux (hors phase préparatoire et exécution des travaux)	~ 331 k€ HT	~ 442 k€ HT

*La ou les filières pressenties seront validées à l'issue de la caractérisation des matériaux à l'issue de la phase d'excavation, à partir d'échantillons moyens,

Le surcoût des travaux du fait de la présence de terres non inertes dans les déblais au droit de la zone projet de KLEPIERRE est estimé à environ 111 k€ HT.

Tableau 10 : Estimatif des surcoûts liés à la présence de terres non inertes au droit de la zone rétrocédée à la métropole

	Excavation des terres inertes et évacuation en ISDI (avec revalorisation)	Excavation des terres inertes et non inertes et évacuation en filière adaptée
Matériaux traités et Volumes estimés	Terre inerte 6 300 m ³	Terre non inerte 928 m ³ Terre inerte 5 372 m ³
Tonnes traitées estimées (densité = 1,8)	~ 11 340 t	1 670 t de matériaux non inertes et 9 670 t de matériaux inertes
Coût estimé : évacuation/transport et traitement	101 k€ HT (9 €/t en ISDI hors marge entreprise)	82 k€ HT (50 €/t en ISDI+ hors marge entreprise) + 87 k€ HT (9 €/t en ISDI hors marge entreprise)
Total travaux (hors phase préparatoire et exécution des travaux)	~ 101 k€ HT	~ 169 k€ HT

*La ou les filières pressenties seront validées à l'issue de la caractérisation des matériaux à l'issue de la phase d'excavation, à partir d'échantillons moyens,

Le surcoût des travaux du fait de la présence de terres non inertes dans les déblais au droit de la zone rétrocédée à la métropole est estimé à environ 68 k€ HT.

Le surcoût total des travaux du fait de la présence de terres non inertes dans les déblais est ainsi estimé à environ 179 k€ HT.

7.3 Terrassements des terres

Les terrassements consisteront à excaver, à l'aide d'une pelle mécanique, les terres non inertes définies dans le plan de maillage en figure 6 et 7, par couches successives, jusqu'à atteindre les étendues et les profondeurs définies.

Afin de garantir la stabilité des bords de fouille, ces dernières devront faire l'objet d'un talutage adapté aux caractéristiques géomécaniques des terres et matériaux. Les caractéristiques des pentes pourront être définies par une étude géotechnique.

De plus le dévoiement des réseaux devra être pris en compte lors de la phase de terrassement.

Les terres polluées feront l'objet d'une traçabilité depuis leur terrassement jusqu'à leur stockage temporaire avant gestion. Celui-ci se fera, par classe, sur des aires étanches et bâchées adaptées.

Cas particulier des anomalies de chantier :

En cas d'anomalie de chantier (découverte de poches de pollution, de déchets, odeurs anormales...), l'entreprise en charge des travaux devra :

- ✓ informer le Maître d'ouvrage qui sera chargé de faire caractériser les matériaux ;
- ✓ isoler l'anomalie par un stockage provisoire. A l'issue de la caractérisation de l'anomalie, les matériaux concernés seront éliminés hors site vers une filière adaptée ;
- ✓ dans le cas de la découverte d'une infrastructure non répertoriée de type cuve ou fosse contenant des produits liquides, l'entreprise devra cesser les excavations au droit la zone afin de ne pas endommager la structure et risquer de reprendre du produit.

7.4 Elimination en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) et revalorisation

Les terres considérées inertes représenteraient un volume total de 24 277 m³ soit environ 43 700 tonnes environ à éliminer en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI). Ces dernières sont réparties de la façon suivante :

- 18 905 m³ soit environ 34 029 tonnes au droit de la zone projet KLEPIERRE ;
- 5 372 m³ soit environ 9 670 tonnes au droit de la zone à rétrocédée à la métropole.

Cette élimination comprendra :

- ✓ la réalisation de prélèvements représentatifs pour analyses et d'une Fiche d'Identification des Déchets (FID) ;
- ✓ l'émission par le centre d'un Certificat d'Acceptation Préalable (CAP) sur la base des informations transmises la FID ;
- ✓ le chargement des terres en vrac dans des bennes étanches et bâchées de 30 tonnes de charge utile ;
- ✓ le contrôle de la charge et le bâchage du camion par le transporteur avant sa sortie du site ;
- ✓ le transport des terres polluées par un transporteur agréé accompagné des Bordereaux de Suivi de Déchets (BSD) et des bons de pesées ;
- ✓ l'évacuation en ISDI vers le centre le plus proche. Une plateforme de revalorisation et de recyclage de déchets inertes (terres, béton, cailloux...) sur la région grenobloise est envisagée. Il s'agit de la société ECO-TERRE sur la commune de Saint-Egrève (38) qui réalise de la revalorisation en remblais de différentes granulométries.

7.5 Elimination en Installation de Stockage de Déchets Inertes Plus (ISDI+)

Les terres considérées inertes représenteraient un volume de 2 423 m³ soit environ 4 362 tonnes environ à éliminer en Installation de Stockage de Déchets Inertes Plus (ISDI+). Ces dernières sont réparties de la façon suivante :

- 1 495 m³ soit environ 2 691 tonnes au droit de la zone projet KLEPIERRE ;
- 928 m³ soit environ 1 671 tonnes au droit de la zone à rétrocédée à la métropole.

Cette élimination comprendra :

- ✓ la réalisation de prélèvements représentatifs pour analyses et d'une Fiche d'Identification des Déchets (FID) ;
- ✓ l'émission par le centre d'un Certificat d'Acceptation Préalable (CAP) sur la base des informations transmises la FID ;
- ✓ le chargement des terres en vrac dans des bennes étanches et bâchées de 30 tonnes de charge utile ;
- ✓ le contrôle de la charge et le bâchage du camion par le transporteur avant sa sortie du site ;
- ✓ le transport des terres polluées par un transporteur agréé accompagné des Bordereaux de Suivi de Déchets (BSD) et des bons de pesées ;
- ✓ le stockage en ISDI+ au centre REVAGA le plus proche localisé sur la commune de Millery (69)

7.6 Evaluation des émissions

Le tableau suivant recense pour chaque phase de travaux présentée précédemment, les émissions potentielles et les mesures permettant de les supprimer ou de les réduire.

Tableau 11 : Emissions potentielles durant les travaux et les mesures de gestion associées

Opérations	Emissions						Mesures de gestion
	Gazeux	Poussière	Déchets	Odeurs	Bruits	Vibration	
Terrassement des fouilles		X			X		Brumisation des sols Travaux en journée
Transfert sur site de terres et matériaux		X			X		Transfert en bennes et chargement raisonné Travaux en journée
Traitement hors site							
Elimination en ISDI+			X		X		Camions avec benne étanche et bâchée Chargement en journée
Elimination en ISDND			X		X		Camions avec benne étanche et bâchée Chargement en journée
Elimination en ISDI			X		X		Camions avec benne étanche et bâchée Chargement en journée

7.7 Mesures de prévention des risques et des nuisances

Les phases successives du chantier de réhabilitation vont engendrer des risques pour le personnel sur site et des nuisances pour les habitants et employés à l'extérieur du site.

Pour chaque type de travaux de dépollution envisageable, les risques, les nuisances et les mesures de prévention associées sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Risques, nuisances et mesure de prévention

Travaux	Risques (sur site)	Nuisances (hors site)	Mesures de prévention
Elimination en ISDI+ ou ISDI			
Aménagement, terrassement, criblage et mouvements des terres	Chute dans les fouilles Heurt par des engins Explosion Inhalation de vapeurs Inhalation de poussières Contact cutané	Odeurs Poussières Trafic des PL Bruits	Barrières de sécurité Balisage, EPI Mesures de gaz Port de masques à gaz Vêtements de protection

7.8 Analyse des contraintes et aléas

7.8.1 Analyse des contraintes

Il a été répertorié plusieurs contraintes qui peuvent influencer sur la faisabilité et la conception des mesures de gestion :

- ✓ le projet d'aménagement KLEPIERRE et son planning de réalisation ;
- ✓ les hypothèses de calculs pour évaluer les volumes de terres excavées ;
- ✓ le foisonnement résiduel des sols.

7.8.2 Analyse des aléas

7.8.2.1 Aléas juridiques

Les aléas juridiques répertoriés à ce jour et à prendre en considération en cas de :

- ✓ plaintes vis-à-vis des nuisances olfactives / poussières / bruit... ;
- ✓ nuisances graves chez les riverains (dégâts, fissures) ;
- ✓ découverte de pollutions non répertoriées lors de l'aménagement du site.

7.8.2.2 Aléas techniques

Les aléas techniques répertoriés à ce jour et à prendre en considération sont :

- ✓ les prévisions erronées des durées de réalisation ;
- ✓ les retards de livraison de matériels ;
- ✓ les pannes d'engins et de matériels ;
- ✓ les retards lors de la préparation et/ou de la réalisation.

7.8.2.3 Aléas environnementaux

Les aléas environnementaux répertoriés à ce jour et à prendre en considération sont :

- ✓ les conditions météorologiques ;



- ✓ les arrivées d'eau et/ou de produits en phase ;
- ✓ des extensions de pollution non prévues ;
- ✓ la présence éventuelle de réseaux enterrés non répertoriés à ce jour, ayant potentiellement drainé la pollution au niveau des terrains encaissants ;
- ✓ des pollutions accidentelles lors des travaux.

7.9 Estimations des durées de travaux

Les tableaux en pages suivantes présentent pour chaque scénario, la durée prévisionnelle de chaque prestation pour la gestion des terres excavées lors de l'aménagement.

Tableau 13 : Durées prévisionnelles des travaux

Prestations	Rendement estimatif	Durées prévisionnelles
Préparation des travaux	-	4 semaines
Installations de chantier	-	1 semaine
Elimination en ISDI+	300 m ³ / jour	1,5 semaines au droit de la zone projet KLEPIERRE et 1 semaine au droit de la zone rétrocédée à la métropole
Elimination en ISDI	1 000 m ³ / jour	3,5 semaines au droit de la zone projet KLEPIERRE et 1 semaine au droit de la zone rétrocédée à la métropole

Ce tableau met en évidence, une durée des travaux de 12 semaines décomposée comme suit

- 5 semaines pour les terrassements y compris la préparation ;
- 7 semaines pour l'élimination des terres hors site.

Les durées peuvent être réduites dans une certaine mesure sous réserve d'augmenter la quantité et/ou la taille des engins et matériels.



8 Schéma conceptuel actualisé à l'issue des investigations - usage centre commercial

8.1 Etat des milieux

Les investigations réalisées sur les sols et les gaz souterrains en 2019 sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 14 : Synthèse de l'état des milieux

Milieu	Etat
Sols	<u>Au droit du futur bâtiment</u> - Absence de contamination des sols
Eaux souterraines	Nappe supposée à une cote de +218 à +219 m NGF en période de hautes eaux, non investiguée. Aucune stratégie d'investigation sur les eaux souterraines n'a été réalisée du fait est qu'aucun usage sensible n'est répertorié en aval immédiat du site. La nappe souterraine reste cependant vulnérable à toute pollution. La mise en place de piézairs a permis de prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires le potentiel dégazage de la nappe phréatique et des sols au droit du site.
Gaz du sol	<u>Au droit du futur bâtiment</u> Quantification ponctuelle en hydrocarbures aliphatiques C ₆ -C ₁₆ , en hydrocarbures aromatiques C ₈ -C ₁₀ , en BTEX (toluène, éthylbenzène, xylènes), en COHV (dichlorométhane, cis-1,2-dichloroéthylène, chloroforme, tétrachlorométhane, 1,1-dichlorométhane, 1,1,1-trichloroéthane, trichloréthylène, tétrachloroéthylène).

8.1 Voies d'exposition considérées

8.1.1 Exposition via le milieu sol

Les investigations ayant mis en évidence l'absence de contamination du milieu sol et compte-tenu de l'absence de contact direct avec les sols (revêtement par dalle bétonnée au droit du futur bâtiment), l'exposition par ingestion de sol n'est pas prise en compte.

8.1.1 Exposition via les gaz du sol

Les analyses ont mis en évidence des concentrations supérieures à la limite de quantification du laboratoire sur les gaz du sol au droit des différents ouvrages mis en place. Compte-tenu du transfert des substances volatiles présentes dans les gaz du sol par dégazage des sols vers l'air ambiant du bâtiment, **l'exposition par inhalation d'air ambiant intérieur au droit du futur bâtiment à usage commercial** sera prise en compte dans l'élaboration du schéma conceptuel.



8.1.2 Transfert et exposition via les eaux souterraines

L'étude géotechnique de la société KAENA Géotechnique référencée n°18.8506.C en date du 24/07/2018 met en évidence une cote NGF des plus hautes eaux prévisionnelles comprise entre +218 et +219 m NGF (soit à environ 3 à 4 m de profondeur en période de hautes eaux).

Le terrain naturel sous les remblais du site est constitué principalement d'argiles sableuses surmontant les alluvions sableuses et caillouteuses du Drac, constituant un milieu vulnérable.

D'après les informations de la BSS, aucun point d'eau à usage sensible n'est répertorié en aval immédiat du site.

Les eaux souterraines à l'aplomb du site constituent donc, au regard du contexte environnemental, un milieu peu sensible pour toute pollution éventuelle issue de la surface et ce au droit du site. Une migration de la pollution via les eaux souterraines ne sera ainsi pas prise en compte dans l'élaboration du schéma conceptuel du fait de l'absence de contamination des sols sur site.

Cependant un potentiel dégazage peut être envisagé. En effet les composés volatils (Hydrocarbures légers, BTEX et COHV) mis en évidence dans les gaz du sol peuvent être à l'origine d'un potentiel dégazage de la nappe phréatique circulant au droit du site. Cette hypothèse ne remet en aucun cas en cause l'acceptabilité des risques sanitaires pour les futurs usagers du site.

8.1.3 Voies d'exposition non retenues

Au regard du futur aménagement proposé (usage commercial) et des voies de transferts désactivées, les expositions suivantes n'ont pas été considérées :

- ✓ l'ingestion de sol par contact direct au droit des sols revêtus (dalle bétonnée) au droit du futur bâtiment ;
- ✓ l'inhalation par l'envol de poussières des sols par les futurs usagers du site compte-tenu de l'absence d'espaces verts ou végétalisés au droit du site ;
- ✓ l'usage de l'eau souterraine au droit du site, compte-tenu de l'absence de puits de pompage ;
- ✓ l'ingestion d'eau potable éventuellement contaminée via les canalisations enterrées d'eau potable par la migration des contaminations dans les sols vers ces canalisations. Une mesure simple de gestion s'applique : soit par la gestion des terres excavées avec substitution par des terres saines, soit par la mise en place de canalisation en fonte ou soit par la mise en place des canalisations au droit de zones non contaminées.

8.1.4 Conclusion

La voie d'exposition retenue pour la zone aménagée est donc l'inhalation d'air ambiant intérieur au droit du futur bâtiment à usage commercial issu du dégazage des gaz du sol, principalement par des travailleurs et ponctuellement par des adultes et des enfants.



Dans le cadre du principe de démarche majorante de l'analyse des enjeux sanitaires les cibles suivantes ont été retenues :

- les travailleurs en tant que cible principale, en raison de leur fréquence et durée d'exposition majorante ;
- les adultes et les enfants (visiteurs) en tant que cible secondaire, compte-tenu de leur fréquence d'exposition considérée ponctuelle.

9 Analyse des enjeux sanitaires (A320)

L'analyse des enjeux sanitaires est une évaluation des risques réalisée sur la base des contaminations mises en évidence dans les différents milieux. Elle permet de vérifier si l'état environnemental du site est compatible avec l'usage projeté.

9.1 Principe et méthodologie appliquée

La réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) devient nécessaire dans le cas où des expositions sont identifiées dans le cadre du schéma conceptuel et où des valeurs de gestion réglementaires ne sont pas disponibles pour les voies d'exposition considérées. Elle a pour objectif de déterminer si l'état environnemental du site est compatible avec l'usage projeté, compte-tenu des contaminations mises en évidence.

Afin de rester dans une démarche majorante, et sur la base de la mise en œuvre des mesures de gestion préconisées, l'outil proposé est une grille de calcul multiple des risques d'exposition engendrés par les substances présentant un risque sanitaire.

La méthodologie pour l'EQRS est présentée en annexe 1.

9.2 Scénarios pris en compte

Le futur usage du bâtiment correspond à un usage commercial avec principalement des travailleurs et ponctuellement des adultes et des enfants de moins de 6 ans.

Les expositions potentielles associées sont les risques par inhalation d'air ambiant intérieur issu du dégazage des sols, au droit du rez-de-chaussée de la zone commerciale du futur bâtiment.



Les scénarios pris en considération dans l'analyse des enjeux sanitaires sont donc au rez-de-chaussée de la zone commerciale :

- ✓ au droit d'une petite pièce (local technique, salle de déjeuner,...), l'inhalation d'air ambiant intérieur, par un travailleur, potentiellement impacté par les substances hydrocarbures aliphatiques C₆-C₁₆, hydrocarbures aromatiques C₈-C₁₀, benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, dichlorométhane, cis-1,2-dichloroéthylène, chloroforme, tétrachlorométhane, 1,1-dichlorométhane, 1,1,1-trichloroéthane, trichloréthylène et tétrachloroéthylène quantifiés lors de la campagne du 24 juillet 2019 ;
- ✓ au droit d'un magasin de vente, l'inhalation d'air ambiant intérieur, par un adulte et un enfant, potentiellement impacté par les substances hydrocarbures aliphatiques C₆-C₁₆, hydrocarbures aromatiques C₈-C₁₀, benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, dichlorométhane, cis-1,2-dichloroéthylène, chloroforme, tétrachlorométhane, 1,1-dichlorométhane, 1,1,1-trichloroéthane, trichloréthylène et tétrachloroéthylène quantifiés lors de la campagne du 24 juillet 2019.

L'ensemble des données présentées précédemment à savoir les polluants identifiés (source), les voies d'exposition retenue (mode de transfert) et les populations concernées (cible) est rassemblé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15 : Les différentes composantes du schéma conceptuel – exposition par inhalation

Composantes	Bâtiment – rez-de-chaussée (sans vide sanitaire) Local technique/vestiaires	Bâtiment – rez-de-chaussée (sans vide sanitaire) Magasin de vente
Source identifiée dans les gaz du sol	hydrocarbures aliphatiques C ₆ -C ₁₆ , hydrocarbures aromatiques C ₈ -C ₁₀ , benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, dichlorométhane, cis-1,2-dichloroéthylène, chloroforme, tétrachlorométhane, 1,1-dichlorométhane, 1,1,1-trichloroéthane, trichloréthylène et tétrachloroéthylène	
Milieux d'exposition	Air ambiant intérieur au rez-de-chaussée d'une pièce de petite taille (local technique/vestiaires)	Air ambiant intérieur au rez-de-chaussée d'une pièce de taille moyenne (magasin de vente/commerce)
Caractéristiques du bâtiment	Bâtiment de plain-pied (sans vide sanitaire). Dalle de 0,2 m.	
Voies de migration possibles	Dégazage des sols vers les gaz souterrains puis transfert des gaz souterrains vers l'intérieur du rez-de-chaussée du bâtiment	
Usage	Commercial	
Populations concernées	Travailleurs	Adultes & enfants

9.3 Problématique « Inhalation » - Bâtiment à usage commercial - Travailleurs

9.3.1 Paramètres d'entrée

Les paramètres d'entrée pour l'évaluation du risque sanitaire sont fournis en annexe 1. Ils regroupent :

- les principaux paramètres caractérisant la population concernée ;
- les caractéristiques du bâtiment ;
- les caractéristiques de l'environnement (nature des sols, etc.) ;
- les substances et concentrations mesurées dans les gaz du sol du bâtiment A à usage résidentiel ;
- les paramètres d'exposition ;
- les valeurs de référence retenues ;
- le détail des calculs de risques.

L'annexe 2 présente le détail des modélisations et les résultats des concentrations dans l'air ambiant intérieur.

9.3.2 Substances et concentrations retenues

Les substances retenues sont celles quantifiées dans les prélèvements de gaz souterrains à l'issue des campagnes de prélèvements du 24 juillet et du 18 décembre 2019 réalisées par le bureau d'études EnvirEauSol (cf. étude Envireausol *Diagnostic complémentaire de l'état des milieux* » référencé sous le numéro n°19.541 en date du 16/01/20 pour la version V2), sous le niveau du rez-de-chaussée du futur bâtiment (piézairs Pzair 6, Pzair 11, Pzair 17 et Pzair 22).

Seuls les composés dont les concentrations sont supérieures aux limites de quantification du laboratoire ont été retenus.

Le scénario « inhalation d'air ambiant » prend en compte dans le calcul de risque les concentrations maximales de chaque composé mesuré lors des investigations réalisées sur le milieu gaz du sol au droit du sol du centre commercial (piézairs), soit la concentration la plus pénalisante pour chaque substance recherchée.

Le tableau ci-dessous, présente les composés et leur concentration retenue pour le scénario « inhalation d'air ambiant ».

Tableau 16 : Concentrations retenues dans les gaz du sol, par paramètre, pour le scénario inhalation d'air ambiant intérieur – centre commercial – local technique/vestiaires pour les travailleurs

Paramètres	Concentrations maximales	Unité	Référence de l'échantillon
Hydrocarbures aliphatiques C₆-C₁₆			
HC aliphatiques >C ₆ -C ₈	324,8	µg/m ³	Pzair 11 (juillet 2019)
HC aliphatiques >C ₈ -C ₁₀	784,7		Pzair 11 (juillet 2019)



Paramètres	Concentrations maximales	Unité	Référence de l'échantillon
HC aliphatiques >C ₁₀ -C ₁₂	1442,9		Pzair 11 (juillet 2019)
HC aliphatiques >C ₁₂ -C ₁₆	520		Pzair 6 (juillet 2019)
Hydrocarbures aromatiques C ₈ -C ₁₆ (hors benzène et toluène)			
HC aromatiques >C ₈ -C ₁₀	451,4	µg/m ³	Pzair 6 (juillet 2019)
Composés Aromatiques Volatils (BTEX)			
Benzène	22,70	µg/m ³	Pzair 17 (décembre 2019)
Toluène	113,4		Pzair 6 (juillet 2019)
Ethylbenzène	33,4		Pzair 6 (juillet 2019)
m+p-xylènes	115,8		Pzair 11 (juillet 2019)
o-xylènes	47,4		Pzair 6 (juillet 2019)
Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)			
Dichlorométhane (chlorure de méthylène)	290,7 soit 263,8 (mesure) +26,9 (contrôle)	µg/m ³	Pzair 22 (juillet 2019)
Cis-1,2-dichloroéthylène	12,6		Pzair 22 (juillet 2019)
Chloroforme	57,4		Pzair 6 (juillet 2019)
Tétrachlorométhane	94,10		Pzair 11 (décembre 2019)
1,1-dichloroéthane	38,2		Pzair 22 (juillet 2019)
1,1,1-Trichloroéthane	36,0		Pzair 6 (juillet 2019)
Trichloréthylène	134,9		Pzair 6 (juillet 2019)
Tétrachloroéthylène	2654,3		Pzair 6 (juillet 2019)

La description des propriétés de ces substances est disponible en annexe 3.

9.3.3 Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur

La modélisation a été réalisée sur la base des résultats des campagnes de prélèvements de gaz du sol, effectués le 24 juillet et le 18 décembre 2019 au droit du futur bâtiment (centre commercial).

Le transfert de vapeur a été modélisé avec le modèle de Johnson & Ettinger (cf. annexe 1) à partir des données physico-chimiques des substances, du contexte environnemental du site (géologie, hydrogéologie) et des caractéristiques du lieu d'exposition (dimensions du bâtiment, etc.).

Afin de rester dans une démarche majorante, la modélisation a porté sur le transfert de vapeurs à partir des gaz souterrains vers l'air ambiant d'une pièce de petite taille de type local technique ou vestiaires (12 m², sans vide sanitaire), en considérant les phénomènes de diffusion et la convection des substances volatiles.

Les résultats des concentrations calculées dans l'air ambiant intérieur à partir des gaz souterrains figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17 : Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur à partir des concentrations mesurées dans les gaz du sol – usage commercial – local technique/vestiaires pour les travailleurs

Substances	Concentration maximale mesurée dans les gaz du sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Référence de l'échantillon	Concentration modélisée dans l'air ambiant intérieur d'un local technique/vestiaires ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
HC aliphatiques >C ₆ -C ₈	324,8	Pzair 11 (juillet 2019)	5,0.10 ⁻²
HC aliphatiques >C ₈ -C ₁₀	784,7	Pzair 11 (juillet 2019)	1,2.10 ⁻¹
HC aliphatiques >C ₁₀ -C ₁₂	1442,9	Pzair 11 (juillet 2019)	2,2.10 ⁻¹
HC aliphatiques >C ₁₂ -C ₁₆	520	Pzair 6 (juillet 2019)	7,9.10 ⁻²
HC aromatiques >C ₈ -C ₁₀	451,4	Pzair 6 (juillet 2019)	7,0.10 ⁻²
Benzène	22,70	Pzair 17 (décembre 2019)	3,2.10 ⁻³
Toluène	113,4	Pzair 6 (juillet 2019)	1,6.10 ⁻²
Ethylbenzène	33,4	Pzair 6 (juillet 2019)	4,0.10 ⁻³
m+p-xylènes	115,8	Pzair 11 (juillet 2019)	2,3.10 ⁻²
o-xylènes	47,4	Pzair 6 (juillet 2019)	
Dichlorométhane	290,7	Pzair 22 (juillet 2019)	5,1.10 ⁻²
Cis-1,2-dichloroéthylène	12,6	Pzair 22 (juillet 2019)	1,6.10 ⁻³
Chloroforme	57,4	Pzair 6 (juillet 2019)	9,7.10 ⁻³
Tétrachlorométhane	94,10	Pzair 11 (décembre 2019)	1,1.10 ⁻²
1,1-dichloroéthane	38,2	Pzair 22 (juillet 2019)	4,6.10 ⁻³
1,1,1-Trichloroéthane	36	Pzair 6 (juillet 2019)	4,4.10 ⁻³
Trichloréthylène	134,9	Pzair 6 (juillet 2019)	1,7.10 ⁻²
Tétrachloroéthylène	2654,3	Pzair 6 (juillet 2019)	3,0.10 ⁻¹

Les concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur d'une pièce de petite taille au rez-de-chaussée du centre commercial (sans vide sanitaire) sont présentées en annexe 2.

9.3.4 Résultats des calculs de risques

Pour le scénario considéré, les substances retenues et les populations considérées, le quotient de danger (QD, pour les effets à seuil) et l'excès de risque individuel (ERI, pour les effets sans seuil) sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Les calculs de risques ont été réalisés à partir des concentrations calculées dans l'air ambiant, modélisées sur la base des concentrations mesurées dans les gaz du sol au droit du rez-de-chaussée du futur centre commercial en juillet et décembre 2019.

Les grilles de calcul sont reportées en annexe 1.

Tableau 18 : Résultats des calculs de risque – Centre commercial – adulte travailleur

Usage commercial – Local technique/vestiaires - RDC			
Paramètres	Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Substances à effets de seuil Quotient de Danger (QD)	Substances sans effet de seuil Excès de Risque Individuel (ERI)
		Adulte travailleur	Adulte travailleur
HC aliphatiques >C ₆ -C ₈	5,0.10 ⁻²	5,8E-07	-
HC aliphatiques >C ₈ -C ₁₀	1,2.10 ⁻¹	2,6E-05	-
HC aliphatiques >C ₁₀ -C ₁₂	2,2.10 ⁻¹	4,7E-05	-
HC aliphatiques >C ₁₂ -C ₁₆	7,9.10 ⁻²	1,7E-05	-
HC aromatiques >C ₈ -C ₁₀	7,0.10 ⁻²	7,5E-05	-
Benzène	3,2.10 ⁻³	6,9E-05	1,1E-08
Toluène	1,6.10 ⁻²	1,8E-07	-
Ethylbenzène	4,0.10 ⁻³	5,7E-07	1,3E-09
Xylènes	2,3.10 ⁻²	2,5E-05	-
Dichlorométhane	5,1.10 ⁻²	1,0E-05	6,7E-11
Cis-1,2-dichloroéthylène	1,6.10 ⁻³	5,7E-06	-
Chloroforme	9,7.10 ⁻³	3,3E-05	2,9E-08
Tétrachlorométhane	1,1.10 ⁻²	2,1E-05	8,7E-09
1,1-dichloroéthane	4,6.10 ⁻³	-	9,7E-10
1,1,1-Trichloroéthane	4,4.10 ⁻³	9,4E-07	-
Trichloréthylène	1,7.10 ⁻²	1,1E-06	2,2E-09
Tétrachloroéthylène	3,0.10 ⁻¹	1,6E-04	1,0E-08
TOTAL		0,00022 (2,2E-04)	5,2.10⁻⁸ (5,2E-08)

QD < 1 et ERI < 10⁻⁵ : risque acceptable QD ≥ 1 et/ou ERI ≥ 10⁻⁵ : risque inacceptable
- : pas de VTR disponible actuellement

Le QD théorique obtenu (somme des QD calculés) est inférieur à 1. L'ERI théorique obtenu (somme des ERI calculées) est inférieur à 10⁻⁵, pour des adultes travailleurs au droit d'un local technique/vestiaires du rez-de-chaussée du futur bâtiment à usage de centre commercial (sans vide sanitaire).

Cette analyse des enjeux sanitaires conclut sur **l'absence de dépassement des niveaux de risques** (QD et ERI) (**risque acceptable**) pour l'inhalation de vapeurs provenant des sols par un travailleur au droit du rez-de-chaussée du futur centre commercial (local technique/vestiaires) pour les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques volatils, les composés aromatiques volatils et certains composés organo-halogénés volatils, mis en évidence dans les gaz du sol lors des campagnes de prélèvements du 24 juillet et du 18 décembre 2019, sous réserve des hypothèses prises en compte.

9.4 Problématique « Inhalation » - Bâtiment à usage commercial – Adulte & Enfant

9.4.1 Paramètres d'entrée

Les paramètres d'entrée pour l'évaluation du risque sanitaire sont fournis en annexe 1. Ils regroupent :

- les principaux paramètres caractérisant la population concernée ;
- les caractéristiques du bâtiment ;
- les caractéristiques de l'environnement (nature des sols, etc.) ;
- les substances et concentrations mesurées dans les gaz du sol du bâtiment B à usage résidentiel ;
- les paramètres d'exposition ;
- les valeurs de référence retenues ;
- le détail des calculs de risques.

L'annexe 2 présente le détail des modélisations et les résultats des concentrations dans l'air ambiant intérieur.

9.4.2 Substances et concentrations retenues

Les substances retenues sont celles quantifiées dans les prélèvements de gaz souterrains à l'issue des campagnes de prélèvements du 24 juillet et du 18 décembre 2019 réalisées par le bureau d'études EnvirEauSol (cf. étude Envireausol *Diagnostic complémentaire de l'état des milieux* » référencé sous le numéro n°19.541 en date du 16/01/20 pour la version V2), sous le niveau du rez-de-chaussée du futur bâtiment (piézairs Pzair 6, Pzair 11, Pzair 17 et Pzair 22).

Seuls les composés dont les concentrations sont supérieures aux limites de quantification du laboratoire ont été retenus.

Le scénario « inhalation d'air ambiant » prend en compte dans le calcul de risque les concentrations maximales de chaque composé mesuré lors des investigations réalisées sur le milieu gaz du sol au droit du sol du centre commercial (piézairs), soit la concentration la plus pénalisante pour chaque substance recherchée.

Le tableau en page suivante, présente les composés et leur concentration retenue pour le scénario « inhalation d'air ambiant ».

Tableau 19 : Concentrations retenues dans les gaz du sol, par paramètre, pour le scénario inhalation d'air ambiant intérieur – centre commercial – magasin de vente pour des visiteurs

Paramètres	Concentrations maximales	Unité	Référence de l'échantillon
Hydrocarbures aliphatiques C ₆ -C ₁₆			
HC aliphatiques >C ₆ -C ₈	324,8	µg/m ³	Pzair 11 (juillet 2019)
HC aliphatiques >C ₈ -C ₁₀	784,7		Pzair 11 (juillet 2019)
HC aliphatiques >C ₁₀ -C ₁₂	1442,9		Pzair 11 (juillet 2019)
HC aliphatiques >C ₁₂ -C ₁₆	520		Pzair 6 (juillet 2019)
Hydrocarbures aromatiques C ₈ -C ₁₆ (hors benzène et toluène)			
HC aromatiques >C ₈ -C ₁₀	451,4	µg/m ³	Pzair 6 (juillet 2019)
Composés Aromatiques Volatils (BTEX)			
Benzène	22,70	µg/m ³	Pzair 17 (décembre 2019)
Toluène	113,4		Pzair 6 (juillet 2019)
Ethylbenzène	33,4		Pzair 6 (juillet 2019)
m+p-xylènes	115,8		Pzair 11 (juillet 2019)
o-xylènes	47,4		Pzair 6 (juillet 2019)
Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)			
Dichlorométhane (chlorure de méthylène)	290,7 soit 263,8 (mesure) +26,9 (contrôle)	µg/m ³	Pzair 22 (juillet 2019)
Cis-1,2-dichloroéthylène	12,6		Pzair 22 (juillet 2019)
Chloroforme	57,4		Pzair 6 (juillet 2019)
Tétrachlorométhane	94,10		Pzair 11 (décembre 2019)
1,1-dichloroéthane	38,2		Pzair 22 (juillet 2019)
1,1,1-Trichloroéthane	36,0		Pzair 6 (juillet 2019)
Trichloréthylène	134,9		Pzair 6 (juillet 2019)
Tétrachloroéthylène	2654,3		Pzair 6 (juillet 2019)

La description des propriétés de ces substances est disponible en annexe 3.

9.4.3 Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur

La modélisation a été réalisée sur la base des résultats de la campagne de prélèvements de gaz du sol, effectués le 24 juillet et le 18 décembre 2019 au droit du futur bâtiment (centre commercial).

Le transfert de vapeur a été modélisé avec le modèle de Johnson & Ettinger (cf. annexe 1) à partir des données physico-chimiques des substances, du contexte environnemental du site (géologie, hydrogéologie) et des caractéristiques du lieu d'exposition (dimensions du bâtiment, etc.).

Afin de rester dans une démarche majorante, la modélisation a porté sur le transfert de vapeurs à partir des gaz souterrains vers l'air ambiant d'une pièce de taille moyenne de type magasin de vente (50 m², sans vide sanitaire), en considérant les phénomènes de diffusion et de convection des substances volatiles.

Les résultats des concentrations calculées dans l'air ambiant intérieur à partir des gaz souterrains figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau 20 : Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur à partir des concentrations mesurées dans les gaz du sol – usage commercial – magasin de vente pour les visiteurs

Substances	Concentration maximale mesurée dans les gaz du sol (µg/m ³)	Référence de l'échantillon	Concentration modélisée dans l'air ambiant intérieur d'un magasin de vente (µg/m ³)
HC aliphatiques >C ₆ -C ₈	324,8	Pzair 11 (juillet 2019)	5,0.10 ⁻²
HC aliphatiques >C ₈ -C ₁₀	784,7	Pzair 11 (juillet 2019)	1,2.10 ⁻¹
HC aliphatiques >C ₁₀ -C ₁₂	1442,9	Pzair 11 (juillet 2019)	2,2.10 ⁻¹
HC aliphatiques >C ₁₂ -C ₁₆	520	Pzair 6 (juillet 2019)	7,9.10 ⁻²
HC aromatiques >C ₈ -C ₁₀	451,4	Pzair 6 (juillet 2019)	7,0.10 ⁻²
Benzène	22,70	Pzair 17 (décembre 2019)	3,2.10 ⁻³
Toluène	113,4	Pzair 6 (juillet 2019)	1,6.10 ⁻²
Ethylbenzène	33,4	Pzair 6 (juillet 2019)	4,0.10 ⁻³
m+p-xylènes	115,8	Pzair 11 (juillet 2019)	2,3.10 ⁻²
o-xylènes	47,4	Pzair 6 (juillet 2019)	
Dichlorométhane	290,7	Pzair 22 (juillet 2019)	5,1.10 ⁻²
Cis-1,2-dichloroéthylène	12,6	Pzair 22 (juillet 2019)	1,6.10 ⁻³
Chloroforme	57,4	Pzair 6 (juillet 2019)	9,7.10 ⁻³
Tétrachlorométhane	94,10	Pzair 11 (décembre 2019)	1,1.10 ⁻²
1,1-dichloroéthane	38,2	Pzair 22 (juillet 2019)	4,6.10 ⁻³
1,1,1-Trichloroéthane	36	Pzair 6 (juillet 2019)	4,4.10 ⁻³
Trichloréthylène	134,9	Pzair 6 (juillet 2019)	1,7.10 ⁻²
Tétrachloroéthylène	2654,3	Pzair 6 (juillet 2019)	3,0.10 ⁻¹

Les concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur d'une pièce de taille moyenne au rez-de-chaussée du centre commercial (sans vide sanitaire) sont présentées en annexe 2.

9.4.4 Résultats des calculs de risques

Pour le scénario considéré, les substances retenues et les populations considérées, le quotient de danger (QD, pour les effets à seuil) et l'excès de risque individuel (ERI, pour les effets sans seuil) sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Les calculs de risques ont été réalisés à partir des concentrations calculées dans l'air ambiant, modélisées sur la base des concentrations mesurées dans les gaz du sol au droit du rez-de-chaussée du futur centre commercial en juillet et décembre 2019.

Les grilles de calcul sont reportées en annexe 1.

Tableau 21 : Résultats des calculs de risque – Centre commercial – adulte & enfant (visiteurs)

Usage commercial – Magasin de vente - RDC					
Paramètres	Concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Substances à effets de seuil Quotient de Danger (QD)		Substances sans effet de seuil Excès de Risque Individuel (ERI)	
		Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
HC aliphatiques >C ₆ -C ₈	5,0.10 ⁻²	1,3E-07	1,3E-07	-	-
HC aliphatiques >C ₈ -C ₁₀	1,2.10 ⁻¹	5,7E-06	5,7E-06	-	-
HC aliphatiques >C ₁₀ -C ₁₂	2,2.10 ⁻¹	1,0E-05	1,0E-05	-	-
HC aliphatiques >C ₁₂ -C ₁₆	7,9.10 ⁻²	3,8E-06	3,8E-06	-	-
HC aromatiques >C ₈ -C ₁₀	7,0.10 ⁻²	1,7E-05	1,7E-05	-	-
Benzène	3,2.10 ⁻³	1,5E-05	1,5E-05	1,7E-09	3,4E-10
Toluène	1,6.10 ⁻²	4,0E-08	4,0E-08	-	-
Ethylbenzène	4,0.10 ⁻³	1,3E-07	1,3E-07	2,0E-10	4,1E-11
Xylènes	2,3.10 ⁻²	5,5E-06	5,5E-06	-	-
Dichlorométhane		2,2E-06	2,2E-06	1,0E-11	2,1E-12
Cis-1,2-dichloroéthylène	5,1.10 ⁻²	1,3E-06	1,3E-06	-	-
Chloroforme	1,6.10 ⁻³	7,3E-06	7,3E-06	4,5E-09	9,1E-10
Tétrachlorométhane	9,7.10 ⁻³	4,7E-06	4,7E-06	1,3E-09	2,7E-10
1,1-dichloroéthane	1,1.10 ⁻²	-	-	1,5E-10	3,0E-11
1,1,1-Trichloroéthane	4,6.10 ⁻³	2,1E-07	2,1E-07	-	-
Trichloréthylène	4,4.10 ⁻³	2,5E-07	2,5E-07	3,5E-10	6,9E-11
Tétrachloroéthylène	1,7.10 ⁻²	3,6E-05	3,6E-05	1,6E-09	3,2E-10
TOTAL		0,00011 (1,1E-04)	0,00011 (1,1E-04)	9,9.10⁻⁹ (9,9E-09)	2,0.10⁻⁹ (2,0E-09)

QD < 1 et ERI < 10⁻⁵ : risque acceptable QD ≥ 1 et/ou ERI ≥ 10⁻⁵ : risque inacceptable
- : pas de VTR disponible actuellement

Le QD théorique obtenu (somme des QD calculés) est inférieur à 1. L'ERI théorique obtenu (somme des ERI calculés) est inférieur à 10^{-5} , pour des adultes et des enfants au droit d'un magasin de vente au rez-de-chaussée du futur bâtiment à usage de centre commercial (sans vide sanitaire).

Cette analyse des enjeux sanitaires conclut sur **l'absence de dépassement des niveaux de risques** (QD et ERI) (**risque acceptable**) pour *l'inhalation de vapeurs provenant des sols par un adulte et un enfant au droit du rez-de-chaussée du futur centre commercial (local technique/vestiaires) pour les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques volatils, les composés aromatiques volatils et certains composés organo-halogénés volatils, mis en évidence dans les gaz du sol lors des campagnes de prélèvements du 24 juillet et du 18 décembre 2019*, sous réserve des hypothèses prises en compte.

9.5 Analyse des incertitudes

L'étude de risque a été réalisée sur la base d'hypothèses majorantes. Lors de l'application de la méthodologie de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), l'évaluateur se trouve confronté à de nombreuses incertitudes rencontrées à différents niveaux. Les incertitudes suivantes sont à noter :

1. Identification des dangers

- ✓ l'identification des dangers a été réalisée pour les gaz du sol, sur la base de deux campagnes de prélèvement de mesures de gaz souterrains au droit des dispositifs de prélèvements :
 - du 24 juillet 2019, lors de laquelle les conditions météorologiques (pression atmosphérique) étaient globalement favorables au dégazage des gaz du sol (incertitude majorante) ;
 - du 18 décembre 2019, lors de laquelle les conditions météorologiques (pression atmosphérique) étaient globalement favorables au dégazage des gaz du sol (incertitude majorante) ;
- ✓ le positionnement des investigations a été réalisé selon le plan d'aménagement proposé pour les dispositifs de prélèvements de gaz du sol (piézairs) au droit du futur bâtiment. La profondeur des piézairs a également été adaptée au projet d'abaissement de la cote de la base du futur bâtiment jusqu'à 2,2 m de profondeur selon la zone, afin de mesurer les concentrations réelles dans les gaz du sol, directement au droit de ce bâtiment (démarche réaliste) ;
- ✓ le programme analytique de la campagne de mesures dans les gaz du sol a été basé sur la base de la recherche de substances volatiles pouvant être habituellement identifiées dans les sols. Cette approche est pénalisante et sécuritaire par rapport au schéma d'aménagement, et aux anciennes activités du site (démarche majorante) ;
- ✓ les concentrations maximales de chaque paramètre quantifié dans les gaz du sol ont été retenues, afin de sécuriser les résultats de l'analyse des enjeux sanitaires par la prise en compte de valeurs éventuellement pénalisantes pour le calcul du risque sanitaire (démarche majorante) ;

2. Evaluation de la toxicité des substances :

- ✓ les valeurs toxicologiques de référence ont été sélectionnées selon la méthodologie en vigueur, basée sur la pertinence des études toxicologiques disponibles au moment de la réalisation de l'étude (incertitude neutre) ;

3. Evaluation de l'exposition :

- ✓ la modélisation de transfert des gaz souterrains a été réalisée vers l'air ambiant intérieur sur la base du modèle Johnson & Ettinger (démarche majorante et réaliste pour un nouveau bâti), qui prend en compte :
 - une source de contamination infinie (absence de diminution des concentrations avec le temps) ;
 - une dalle fissurée en périphérie (joints en mauvais état) ;
 - les principes de diffusion et de convection des contaminations volatiles dans la zone non saturée (hypothèse majorante) ;
- ✓ la modélisation de transfert des gaz souterrains vers l'air ambiant a été réalisée avec des hypothèses réelles du principe d'aménagement et de structure maximaliste :
 - le calcul de transfert a été effectué directement des gaz présents dans les sols vers la pièce pour une zone assimilée :
 - à un local technique de 12 m² sur une hauteur de 2,8 m au droit du rez-de-chaussée du futur bâtiment sans prise en compte d'un vide sanitaire ni sous-sol, et avec une dalle de 0,2 m (hypothèse réaliste et majorante) ;
 - à un magasin de vente de 50 m² sur une hauteur de 2,8 m au droit du rez-de-chaussée du futur bâtiment, sans prise en compte d'un vide sanitaire ni sous-sol, et avec une dalle de 0,2 m (hypothèse réaliste et majorante) ;
 - le calcul de transfert a pris en compte la présence de la source de contamination directement sous la dalle du bâtiment (paramètre majorant) ;
 - les paramètres de la nature géologique du sol (fraction organique, teneur en eau, perméabilité à l'air...) ont été pris en compte pour un sol sablo-limoneux (paramètre réaliste et majorant) ;
- ✓ les caractéristiques des milieux d'exposition et les paramètres d'exposition (durée d'exposition annuelle et quotidienne, fraction d'exposition à l'intérieur du bâtiment,...) pour les populations travailleurs, adultes et enfants (cibles) ont été retenus sur des hypothèses pénalisantes et réelles (démarche majorante) ;
- ✓ la présence potentielle de composés organiques volatils (BTEX, solvants,...) ou de poussières dans l'air atmosphérique, non liés à la qualité du milieu souterrain au droit du site, n'a pas été prise en compte au stade de l'étude (incertitude neutre) ;

4. Caractérisation du risque :

- ✓ les calculs de risques ont été effectués uniquement pour le risque par inhalation d'air ambiant intérieur, sur la base des concentrations retenues (incertitude neutre) ;

- ✓ l'additivité des risques pour les effets à seuil et les effets sans seuil, a été réalisée dans un premier temps sans tenir compte de l'organe cible (démarche majorante) ;
- ✓ l'exposition par inhalation présente un coefficient de sécurité élevé de l'ordre de 10^3 à 10^4 pour les effets à seuil, et de l'ordre de 10^2 à 10^5 pour les effets sans seuil.

Afin de tenir compte de ces incertitudes inévitables, les simplifications et hypothèses utilisées lors de l'évaluation visent à surestimer le risque.

10 Contrôle de l'efficacité et de la pérennité des mesures de gestion

10.1 Contrôle des mesures de gestion

Ces mesures vont concerner :

- ✓ le contrôle des fouilles ;
- ✓ le contrôle des ambiances de travail et des expositions hors site en phase travaux.

10.1.1 Contrôle des fouilles

Lors de la réalisation des terrassements, les fouilles feront l'objet d'un contrôle afin de vérifier leur conformité avec le dimensionnement (emprise, profondeur) par des relevés GPS.

10.1.2 Contrôle des ambiances de travail et des expositions hors site

Afin d'évaluer les expositions des travailleurs et des riverains, il conviendra de contrôler régulièrement les ambiances de travail et les limites de site :

- ✓ mesures au PID ;
- ✓ prélèvements d'air ambiant (actif ou passif) ;
- ✓ prélèvements de poussières (selon les vents dominants).

Ces contrôles seront détaillés à l'issue de la validation du phasage des travaux.

10.2 Mise en œuvre des restrictions d'usage

10.2.1 Rappel de la législation en vigueur

La méthodologie utilisée suit les recommandations de la réglementation à savoir :

- ✓ le code de l'environnement, et en particulier ses articles L 515-8 à L 515-12 ;
- ✓ le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 modifié ;
- ✓ les modalités de gestion et de réaménagement des sites et sols pollués fixés par la note ministérielle du 8 février 2007 ;
- ✓ le guide méthodologique pour la mise en œuvre des servitudes applicables aux sites et sols pollués élaborés par le Ministère de l'Environnement.

La mise en œuvre de servitudes sur les sites et sols pollués a un fondement législatif avec l'article L. 512-17 du code de l'environnement introduit par la loi du 30 juillet 2003.

10.2.2 Typologie des servitudes

Les servitudes peuvent être de différentes natures :

- ✓ les Servitudes d'Utilité Publique (SUP), instruites par les services de l'Etat et qui sont reportées dans le POS ou PLU, le certificat d'urbanisme et les hypothèques. Elles permettent l'indemnisation des propriétaires ;
- ✓ le Projet d'Intérêt Général (PIG), au cas où il existe un projet précis et qui peut être déclaré d'utilité publique. Les servitudes sont alors reportées dans le POS ou PLU et les documents d'urbanisme ;
- ✓ les servitudes conventionnelles de droit privé sont inscrites uniquement aux hypothèques et font l'objet d'un acte notarié en cas de vente du site. Elles se transmettent automatiquement et sont conclues entre propriétaires de deux terrains voisins ;
- ✓ les servitudes conventionnelles au profit de l'Etat sont inscrites aux hypothèques et font l'objet d'un acte notarié avec l'accord du propriétaire ;
- ✓ les restrictions d'usage conventionnelles instituées entre deux parties : elles sont inscrites aux hypothèques et se concluent entre deux parties par un acte notarié (notamment en cas de vente).

Les SUP sont les servitudes qui garantissent le mieux la transmission de la mémoire et le respect des prescriptions.

10.2.3 Objectif des servitudes

L'objectif des servitudes est de garantir qu'une modification de l'usage et/ou de l'aménagement du site ne sera possible qu'avec une révision des conditions techniques de remise en état. Les servitudes sont l'instrument privilégié pour s'assurer dans le temps de la compatibilité des projets et des travaux de réhabilitation réalisés.

Les restrictions d'usage et mesures de surveillance peuvent s'articuler autour de 3 objectifs :

- ✓ les servitudes liées à l'usage du sol peuvent restreindre les affectations à certains types d'usage des sols ou définir les prescriptions techniques auxquelles seront subordonnées les autorisations de construire ;
- ✓ les servitudes relatives à l'usage du sous-sol peuvent avoir pour objet de limiter, restreindre, interdire ou n'autoriser que sous certaines conditions les usages des eaux souterraines ainsi que des travaux susceptibles d'affecter le sous-sol (terrassement, affouillement, remaniement des sols ...) ;
- ✓ les servitudes permettant de garantir l'efficacité des mesures de surveillance du site (mise en place d'ouvrages, accès libres....).

10.2.4 Proposition de servitudes

Aucune proposition de servitude ne s'avère nécessaire.

10.3 Mise en œuvre d'une surveillance environnementale

Suite à ces travaux d'excavation de terres aucune surveillance environnementale ne s'avère nécessaire.

11 Conclusions et préconisations

11.1 Synthèse technique

Dans le cadre de la démolition et de la reconstruction d'un bâtiment commercial situé 55 avenue Grand-Place sur la commune d'Echirolles (38), la société KLEPIERRE accompagnée par CEDRES (AMO), a mandaté EnvirEauSol pour réaliser un plan de gestion dont l'objectif a été :

- de définir les volumes à terrasser de terres inerte et non inerte ;
- de présenter les différentes techniques de dépollution, leurs avantages et leurs inconvénients, une présentation des retours d'expérience, des conditions de faisabilité, une estimation des performances attendues ;
- de détailler et de choisir, les options de gestion des contaminations ;
- de valider les enjeux sanitaires par la réalisation d'une EQRS.

Préalablement au plan de gestion, EnvirEauSol avait réalisé en juillet et décembre 2019 un programme d'investigations composé au total de 29 sondages de sols entre 1 et 3 m de profondeur au droit de la futur zone d'excavation des terres en vue de la construction du bâtiment, ainsi qu'au droit de la bande rétrocedée et selon un maillage régulier. Afin de permettre l'échantillonnage des gaz du sol pour les terrains prévus de rester en place, un total de 4 sondages a été équipé en piézairs entre 2 et 3 m de profondeur.

Les investigations avaient permis de mettre en évidence :

- un revêtement de type béton au droit de l'ensemble du bâtiment sur une épaisseur de 0,2 m et une couche d'enrobé (0,05 m d'épaisseur) au droit des parkings Nord et Sud ;
- des remblais sablo-graveleux pouvant atteindre une épaisseur de 3 m surmontant une couche argileuse ;
- l'absence d'indices organoleptiques au droit de l'ensemble des sondages ;
- l'absence de contaminations du milieu sol ;
- la présence d'anomalies en HCT, BTEX, Métaux, HAP ;
- certains échantillons de sols ne satisfont pas aux critères de classification de déchets inertes (ISDI) ;
- des concentrations supérieures à la Limite de Quantification sur les gaz du sol au droit de l'ensemble des remblais caractérisés.

Le présent rapport expose la mise à jour du plan de gestion suites aux deux campagnes d'investigations de juillet et décembre 2019. Après étude de plusieurs scénarios de gestion des terres excédentaires au droit du site d'étude, le bilan coûts avantages réalisé a permis de privilégier la technique de traitement hors site après évacuation des terres. Ainsi un total d'environ 24 277 m³ de terres inertes pourront être gérées en Installation de stockage de déchets



Inertes et 2 423 m³ de terres non inertes seront à gérer en ISDI+. La répartition des terres entre les deux zones du site d'étude est la suivante :

- au droit de la zone projet KLEPIERRE environ 18 905 m³ soit 34 029 tonnes de terres inertes et 1 495 m³ soit 2 691 tonnes de terres non inertes ;
- au droit de la zone rétrocédée à la métropole environ 5 372 m³ soit 9 670 tonnes de terres inertes et 928 m³ soit 1 671 tonnes de terres non inertes.

Sur la base des investigations réalisées en 2019 et des hypothèses prises en compte, l'analyse des enjeux sanitaires conclue à des risques acceptables pour l'aménagement d'un centre commercial, avec des commerces et des locaux techniques au rez-de-chaussée du bâtiment (sans vide sanitaire) pour des travailleurs ainsi que des visiteurs adultes et enfants.

11.2 Préconisations

La société EnvirEauSol préconise la gestion des terres en ISDI avec revalorisation de celles-ci pour les terres inertes et en ISDI+ pour les terres non inertes.

En cas de découverte de pollution en phase travaux, non préalablement caractérisée, les sources devront être gérées conformément à la méthodologie sites et sols pollués nationale.

Nous préconisons la conservation de la mémoire des concentrations mesurées pour les sols restant en place ainsi que les mesures de gaz du sol.

Il conviendra de réactualiser les résultats documentés dans le présent rapport à l'aide d'une étude complémentaire en cas de changement d'usage du site ou de modification du projet.

11.3 Précautions d'utilisation

Dans l'éventualité où des informations concernant la présence d'anciennes installations (démantelées, non visibles et non portées à notre connaissance lors de la réalisation des investigations) seraient apportées et confirmées, des investigations complémentaires devront être menées.

Les estimations (étendue, volume, tonnage, travaux et/ou coûts) sont effectuées sur la base d'hypothèses, d'informations et de résultats disponibles et sont susceptibles d'être dépendantes d'informations pouvant devenir disponibles ou être actualisées. Ces estimations peuvent par conséquent être sujettes à variation.

Le bureau d'études EnvirEauSol se tient à votre disposition pour de plus amples renseignements et pour poursuivre sa mission dans le cadre de ce projet.

LIMITATIONS DU RAPPORT

Le rapport, les conclusions et les éventuelles estimations rédigées par la société EnvirEauSol ont été établis au vu des informations qui lui ont été fournies, de l'état des connaissances techniques, scientifiques et de la réglementation à la date de la commande définitive des prestations à réaliser.

La société EnvirEauSol ne pourra être tenue pour responsable si les informations transmises par le client, par les organismes consultés et/ou par tout autre intervenant sont erronées ou incomplètes.

Le contenu du rapport a été établi et limité d'après les quantités et les objectifs tels que définis lors de la commande définitive des prestations à réaliser.

Les observations et mesures disponibles sont établies en des points spécifiques, implantés d'après les informations fournies et suivant les contraintes techniques du site. La société EnvirEauSol ne peut pas exclure des conditions différentes en d'autres points.

Les éventuelles estimations (étendue, volume, tonnage, travaux et/ou coûts) sont effectuées sur la base des informations et des résultats disponibles et sont susceptibles d'être dépendantes d'informations pouvant devenir disponibles. Ces estimations peuvent par conséquent être sujettes à variation en dehors des limites citées précédemment.

La société EnvirEauSol se dégage de toute responsabilité découlant de travaux réalisés sur la base d'informations ou d'interprétations erronées et ne pourra pas être tenue pour responsable des conséquences directes ou indirectes que des décisions ou interprétations erronées pourraient causer.

DROITS D'AUTEUR

© Ce rapport est la propriété d'EnvirEauSol. Seul le destinataire du présent rapport est autorisé à le reproduire ou l'utiliser selon les termes des conditions générales de ventes.



CLASSIFICATION DES PRESTATIONS D'ETUDES

Etudes, assistance et contrôle (norme NF X 31 - 620 - 2)

Les compétences en étude, assistance et contrôle se décomposent en :

- **offres globales de prestations** : correspondant à des contextes de gestion fréquemment rencontrés. Ces offres globales restent modulables en fonction des besoins des clients et des spécificités du site à gérer
- **offres de prestations élémentaires** : correspondant à des compétences spécifiques, adaptés aux clients au fait des problématiques relatives aux sols pollués

Tableau 1 : offres globales de prestations

CODE	OFFRES GLOBALES DE PRESTATIONS ET OBJECTIFS
AMO Etudes	Assistance à Maître d'Ouvrage en phase études
LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués
INFOS	Réalisation des études historiques, documentaires et de vulnérabilité afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations
DIAG	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats
PG	Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site
IEM	Interprétation de l'Etat des Milieux
SUIVI	Surveillance Environnementale
BQ	Bilan quadriennal
CONT	Contrôles <ul style="list-style-type: none"> - de la mise en œuvre du programme d'investigations ou de surveillance ; - de la mise en œuvre des mesures de gestion
XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués
VERIF	Vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise

Tableau 2 : offres de prestations élémentaires

CODE	OFFRES DES PRESTATIONS ELEMENTAIRES
DIAGNOSTIC DE L'ETAT DES MILIEUX	
Ingénierie	A100 Visite de site
	A110 Etudes historiques, documentaires et mémorielles
	A120 Etude de vulnérabilité des milieux
	A130 Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations
Investigations de terrain	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 du sol
	A240 Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques
	A250 Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires
	A260 Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées ou à excaver
	A270 Interprétation des résultats des investigations
EVALUATION DES IMPACTS SUR LES ENJEUX A PROTEGER	
A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux
A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales
A320	Analyses des enjeux sanitaires
A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages
AUTRES COMPETENCES	
A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes



DESCRIPTION DU CONTENU MINIMUM DES OFFRES GLOBALES DE PRESTATIONS

Tableau 3 : contenu minimum des offres globales

CODE	CONTENU MINIMUM DES OFFRES GLOBALES
AMO	<ul style="list-style-type: none"> * aide à la définition des moyens fonctionnels et techniques au regard des besoins du client concernant la gestion de dossier dans le domaine des sites et sols pollués * veille réglementaire et technique * rédaction de cahier des charges * assistance au dépouillement des offres, en particulier, en précisant les forces et faiblesses des prestataires pour la rédaction des études, notamment de celui qu'il propose pour aider les donneurs d'ordre dans son choix ; * revue technique des documents produits ; * élaboration de comptes rendus suite à la participation de réunion ; * accompagner à la communication auprès des acteurs concernés par le projet, ...
LEVE	<ul style="list-style-type: none"> * réalisation d'une visite de site (A100) * étude historique, documentaire et mémorielle (A110)
INFOS	<ul style="list-style-type: none"> * visite de site (A100) * une étude historique, documentaire et mémorielle (A110) * étude de vulnérabilité des milieux (A120) * le cas échéant, l'élaboration d'un programme prévisionnel d'investigations (A130)
DIAG	<ul style="list-style-type: none"> * diagnostic des milieux comprenant les prestations de prélèvements, mesures, observations et/ ou analyses des milieux jugés pertinents (A200 à A260) * interprétation des résultats des investigations (A270)
PG	<ul style="list-style-type: none"> * visite de site (A100) * le cas échéant, l'actualisation des études (A110 et A120) * le cas échéant, une nouvelle prestation DIAG * le cas échéant, une analyse des enjeux sur les ressources en eau (A300) et/ou une analyse des enjeux sur les ressources environnementales (A310) * analyse des enjeux sanitaires (A320) * bilan coûts/ avantages (A330 : identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coût/avantages) * le cas échéant, la prestation PCT (Plan de Conception de Travaux) si celle-ci est intégrée à la prestation PG
IEM	<ul style="list-style-type: none"> * visite de site (A100) * le cas échéant, l'actualisation des études (A110 et A120) * le cas échéant, une nouvelle prestation DIAG * interprétation des résultats en utilisant les référentiels spécifiques de la démarche d'IEM, en leur absence une analyse des enjeux sanitaires (A320) est à mettre en œuvre * le cas échéant, une analyse des enjeux sur les ressources en eau (A300) et/ou une analyse des enjeux sur les ressources environnementales (A310)
SUIVI	<ul style="list-style-type: none"> * en tant que de besoin les prestations de prélèvements, mesures, observations et/ ou analyses des milieux jugés pertinents (A200 à A250) * interprétation des résultats des investigations (A270) * si nécessaire, la mise à jour de l'analyse des enjeux correspondant au suivi réalisé (A300 à A320)
BQ	<ul style="list-style-type: none"> * interprétation des résultats des investigations (A270) * mise à jour de l'analyse des enjeux correspondant au suivi réalisé (A300 à A320)
CONT	<ul style="list-style-type: none"> * en tant que de besoin les prestations de prélèvements, mesures, observations et/ ou analyses des milieux jugés pertinents (A200 à A260) * interprétation des résultats des investigations (A270) * examen de la conformité, par rapport au programme prévisionnel d'investigations ou de surveillance et par rapport à l'état de l'art, des travaux réalisés par l'entreprise
XPER	<ul style="list-style-type: none"> * visite de site (A100) ou à défaut la justification de la non-réalisation de celle-ci * vérification de la mise à disposition de la totalité des livrables requis pour chaque prestation * organisation d'une réunion de cadrage initiale destinées à définir avec les parties prenantes le champ de l'expertise * analyse critique des éléments fournis au regard des besoins du donneur d'ordre et des spécificités du site, d'autre part, des dispositions réglementaires, normatives et méthodologiques en vigueur au moment de la réalisation des études * organisation d'une réunion de clôture
VERIF	<p>Phase 1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> * visite de site (A100) sous réserve de l'obtention des accès * étude historique, documentaire et mémorielle (A110) * étude de vulnérabilité des milieux (A120) * synthèse de l'étude et les recommandations associées et incluant, le cas échéant, l'élaboration d'un programme prévisionnel d'investigations (A130) <p>Phase 2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> * prestations de prélèvements, mesures, observations et/ ou analyses des milieux jugés pertinents (A200 à A250) * interprétation des résultats des investigations (A270)



ANNEXES



Annexe 1

Analyse des enjeux sanitaires, 14 pages



Analyse des enjeux sanitaires
Projet d'aménagement d'un centre commercial à Echirolles (38)
Usage commercial avec parking et surfaces de vente/restauration

SOMMAIRE

1	Méthodologie appliquée – Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).....	2
2	Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)	3
2.1	Méthodologie.....	3
2.2	Définition des effets à seuil et sans seuil	4
2.3	Relation dose-effet / dose-réponse	4
3	Evaluation de l'exposition et du risque	5
3.1	Outil de modélisation de transfert - Présentation du logiciel RISC 5.0.....	5
3.2	Equations utilisées	6
3.3	Définition du risque.....	6
3.4	Interprétation des résultats.....	7
4	Paramètre d'entrée de l'EQRS	7
4.1	Futurs usagers du centre commercial	7
4.2	Caractéristiques des bâtiments	8
4.3	Valeurs toxicologiques de référence retenues	10
5	Résultats des simulations – calculs de risques	11
5.1	Centre commercial – Travailleur – exposition au droit d'un local technique/vestiaires par inhalation.....	11
5.2	Centre commercial – Visiteurs – exposition au droit d'un magasin de vente par inhalation	12



1 Méthodologie appliquée – Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)

La méthodologie pour l’Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est constituée de 4 étapes, à savoir :

- ✓ l’identification des dangers potentiels par rapport aux substances présentes ;
- ✓ l’évaluation de la toxicité des substances (définition des relations dose-réponse) ;
- ✓ l’évaluation de l’exposition résiduelle sur la base des concentrations résiduelles ;
- ✓ la caractérisation du risque en fonction de l’exposition cumulée ou non à plusieurs substances ou de plusieurs types d’expositions (interprétation des résultats, analyse des incertitudes).

La figure ci-dessous présente le contexte dans lequel la présente étude se trouve.

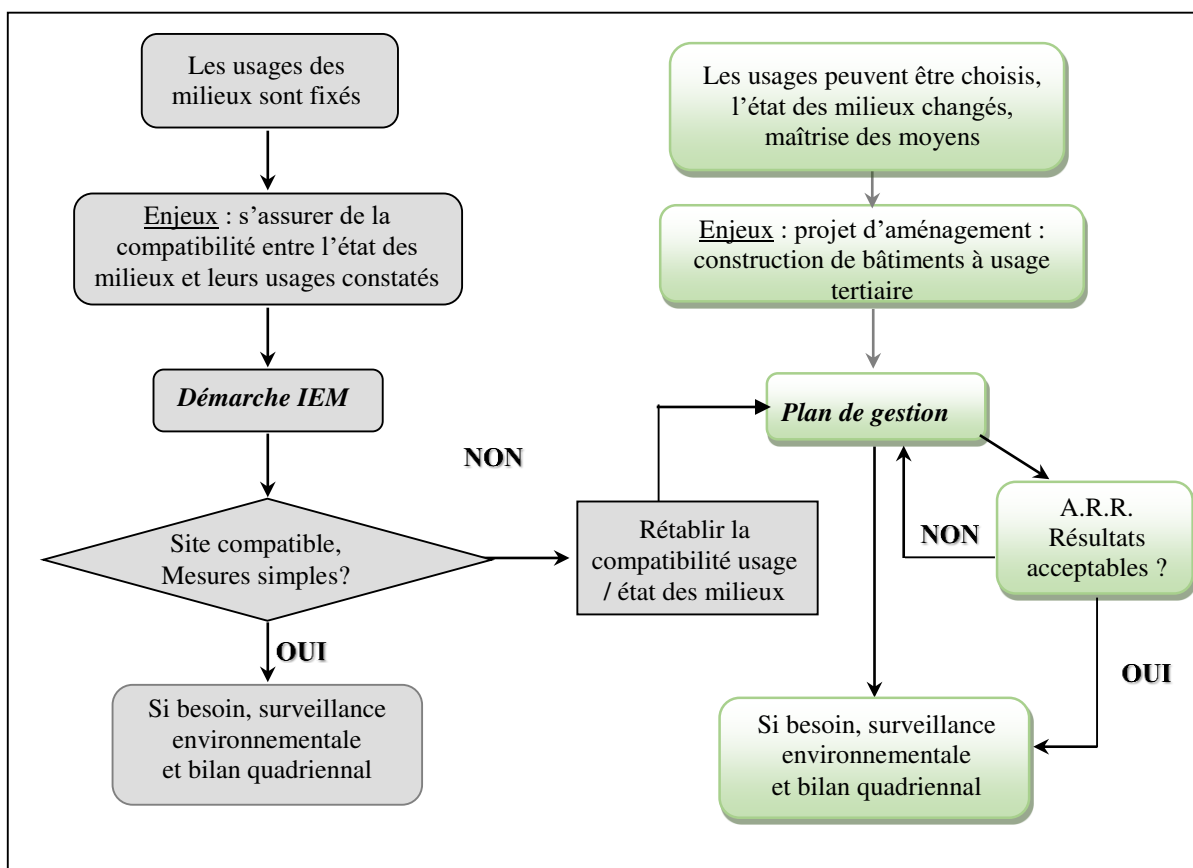


Figure 1 : Les deux démarches de gestion possibles issues de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués en vigueur

2 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

2.1 Méthodologie

Conformément à la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre de la gestion des sites et sols pollués, la recherche des données toxicologiques a été réalisée selon le logigramme suivant :

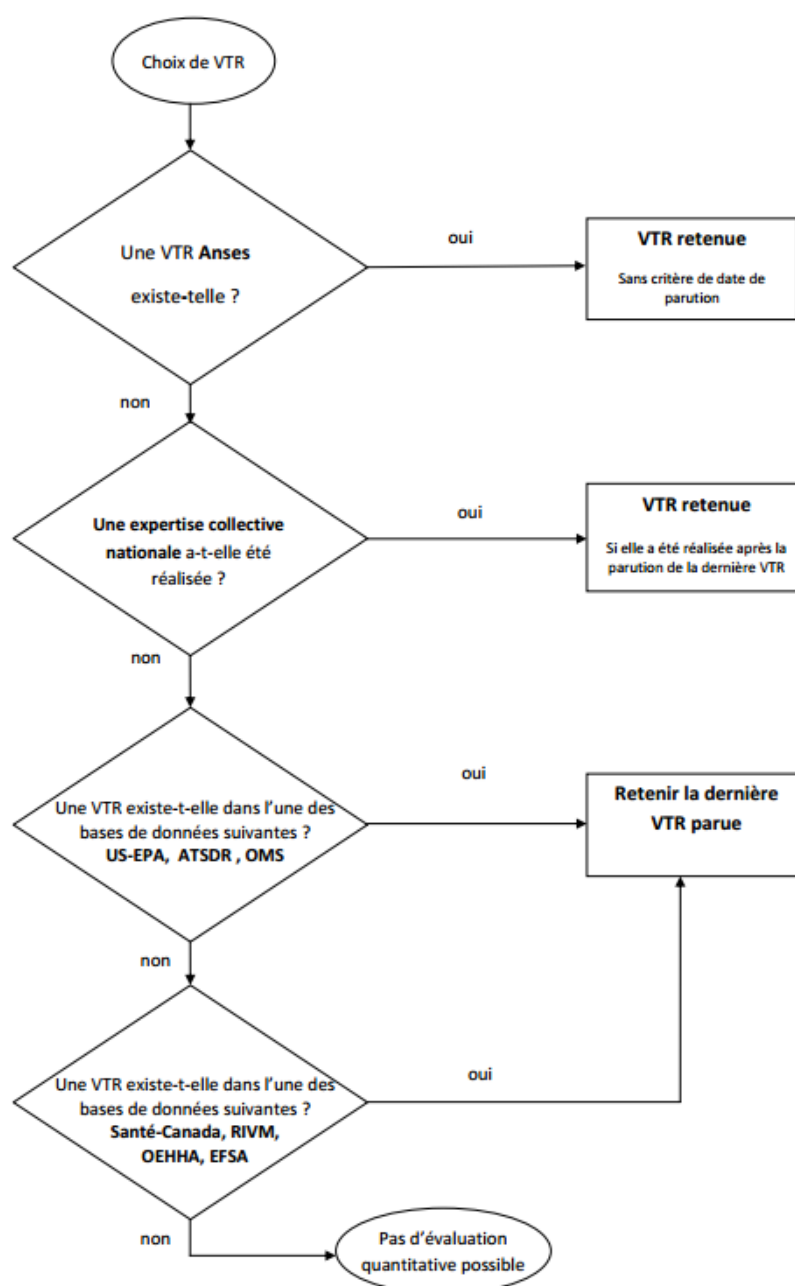


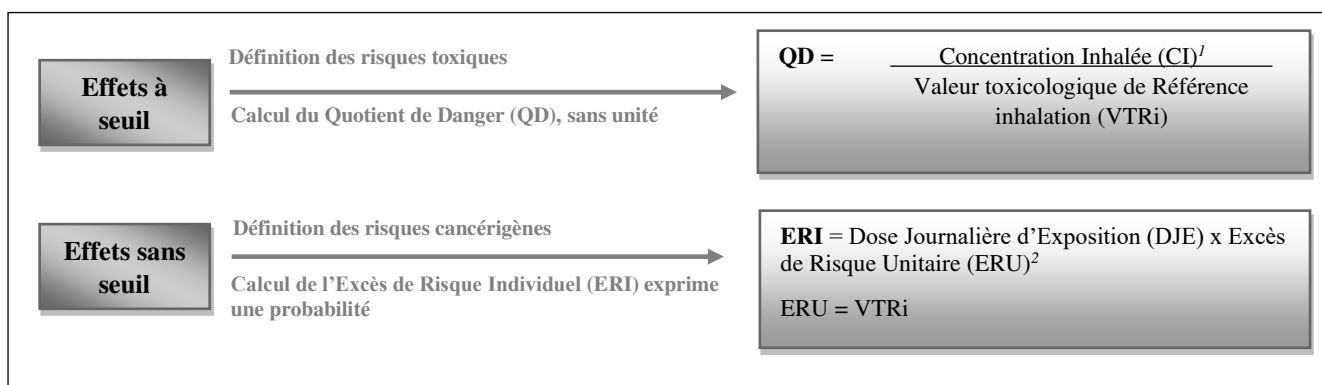
Figure 2 : Méthodologie dans les choix des VTR

2.2 Définition des effets à seuil et sans seuil

Les différents effets observés sont :

- ✓ les **effets à seuil** qui surviennent au-delà d'une certaine dose administrée de substance, entraînant des **risques toxiques et cancérigènes non génotoxiques** ;
- ✓ les **effets sans seuil** qui sont des effets qui apparaissent quelle que soit la dose reçue entraînant des **risques cancérigènes génotoxiques**.

Pour la voie d'exposition inhalation :



¹ CI correspond à la Concentration Inhalée par l'Homme, et concernant une dose d'exposition par la voie inhalation

² ERU correspond à la VTR et exprime la probabilité de développer un cancer pour quelqu'un qui est exposé toute sa vie à une unité dose par rapport à un groupe témoin.

2.3 Relation dose-effet / dose-réponse

Le type et la sévérité des effets toxiques observés dans les populations augmentent généralement avec le niveau d'exposition : c'est la relation dose-effet. Elle est à distinguer de la relation dose-réponse qui elle correspond à la relation entre la fréquence de survenue d'une pathologie dans une population et le niveau d'exposition à un toxique.

Généralement, les VTR pour les effets à seuil (toxiques, cancérigènes non génotoxiques) correspondent à une quantité de produit à laquelle un individu peut être exposé, sans constat d'effet néfaste sur une durée déterminée. Les VTR pour les effets sans seuil (cancérigènes génotoxiques) traduisent la relation dose-réponse, où la probabilité de survenue de l'effet croît avec la dose, mais pas l'intensité.

3 Evaluation de l'exposition et du risque

3.1 Outil de modélisation de transfert - Présentation du logiciel RISC 5.0

Nous proposons d'utiliser le logiciel RISC Workbench 5 (Risc Integrated Software for Cleanups). A l'origine, il a été développé par la société pétrolière BP en 1993 afin d'appréhender les risques pour l'environnement de ses activités de production et de distribution de carburants. A ce jour, il prend en compte les voies d'exposition potentielles suivantes :

- ingestion de sols ;
- contact cutané avec les sols, avec l'eau ;
- ingestion d'eau ;
- ingestion de végétaux poussant sur des sols contaminés ou arrosés avec de l'eau contaminée ;
- inhalation de vapeurs à l'intérieur / extérieur des bâtiments ;
- inhalation d'eau dans la douche, pendant l'arrosage.

L'évaluation du transfert des substances chimiques identifiées dans les gaz du sol vers l'air intérieur des futurs bâtiments a été réalisée à partir des équations du modèle de transfert de Johnson et Ettinger, utilisées par le logiciel RISC 5.0.

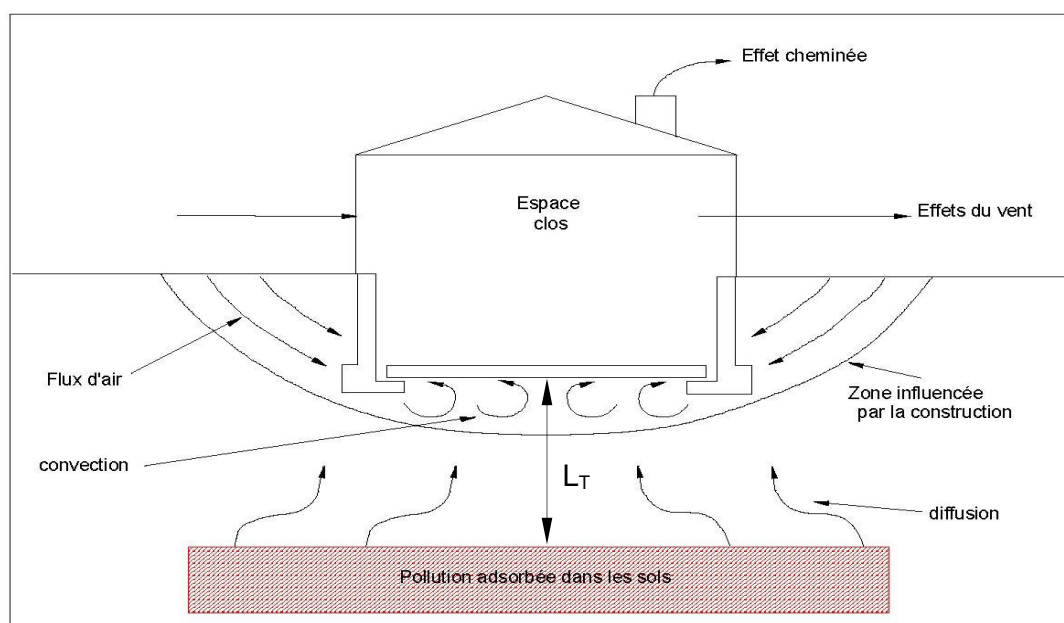


Figure 3 : Schéma de fonctionnement du modèle Johnson & Ettinger

Le modèle de Johnson et Ettinger permet de calculer le coefficient d'atténuation. Il considère la source de pollution comme infinie et se place ainsi en régime permanent.

Il prend en compte :

- ✓ dans la zone éloignée du bâtiment, les phénomènes de diffusion. En effet, la différence de pression des gaz présents au sein du milieu poreux étant négligeable, la diffusion prédomine.

Les substances volatiles migrent ainsi vers la surface jusqu'à ce qu'elles rencontrent la zone d'influence de la construction ;

- ✓ dans la zone proche du bâtiment, les phénomènes de convection. La différence de pression entre l'air à l'intérieur du bâtiment et les gaz du sol est significative. Cette dépression engendre des mouvements d'air convectifs dans les sols qui transportent les substances volatiles à travers les fissures et les joints qui se trouvent entre les fondations et la dalle du bâtiment.

La prise en compte de certaines voies nécessite l'utilisation d'un modèle de transfert, généralement plus pénalisant que des mesures. Ainsi, pour la voie d'exposition inhalation par dégazage des sols, les concentrations dans l'air atmosphérique intérieur ont été calculées par le modèle de transfert de Johnson et Ettinger (intégré au logiciel RISC 5) à partir des concentrations mesurées dans les gaz du sol. Ces calculs n'ont de sens uniquement si le coefficient de diffusion de la substance dans l'air et sa solubilité sont disponibles.

Les limites des modèles utilisés s'expriment en termes de paramétrage puisqu'il est impossible de mesurer tous les paramètres d'entrée du modèle. On s'appliquera alors systématiquement à rechercher le scénario le plus pénalisant.

3.2 Equations utilisées

Détermination de la concentration inhalée à l'intérieur d'un bâtiment

L'équation utilisée pour calculer la concentration inhalée (CI) à l'intérieur d'un bâtiment tertiaire pour la voie d'exposition inhalation est la suivante :

$$CI = \sum_i (C_i \times t_i \times F_i) \times \frac{T}{T_m}$$

CI :	Concentration moyenne inhalée (mg/m ³ ou µg/m ³)
C _i :	Concentration dans le milieu air (mg/m ³ ou µg/m ³)
t _i :	Fraction du temps d'exposition à la concentration CI pendant 1 journée (sans unité, nombre d'heures d'exposition/24 h)
F _i :	Fréquence d'exposition annuelle (sans unité) : nombre de jours d'exposition annuel/365 jours

Les valeurs utilisées pour calculer les CI (durées d'exposition, nombre de jours théorique d'exposition annuel) sont données dans le chapitre [4.1 Futurs usagers du centre commercial](#).

3.3 Définition du risque

Le risque (R) présenté par un site pollué est le résultat de la coexistence de trois facteurs :

- ✓ le danger (D),
- ✓ le transfert (T),
- ✓ la cible (C).



3.4 Interprétation des résultats

Dans le cas de l'Analyse des Risques Résiduels sur site, la quantification du risque sanitaire s'obtient en pratiquant l'additivité des risques.

Le cumul des effets entre voies et substances se traduit par la sommation des quotients de danger ou des excès de risque individuel, selon les règles suivantes :

- ✓ pour les effets à seuil : par l'addition des quotients de danger (QD), uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible.

Le quotient de danger théorique obtenu, QD, doit être inférieur à 1 (l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue lorsque la valeur du QD est supérieure à 1) ;

- ✓ pour les effets sans seuil : par l'addition de tous les excès de risque individuel (ERI).

L'excès de risque individuel théorique obtenu, ERI, doit être inférieur à 10^{-5} (probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées).

4 Paramètre d'entrée de l'EQRS

4.1 Futurs usagers du centre commercial

Adultes travailleurs (cibles principalement exposées)

Les populations cibles principales prises en compte dans le scénario étudié sont les travailleurs, le bâtiment étant destiné à un centre commercial avec des boutiques, restaurants et parkings. Les travailleurs seront la population la plus exposée, compte-tenu de leur présence fréquente sur le site.

Les données concernant ce type de population sont par défaut issues du Code du Travail.

Les caractéristiques utilisées pour cette population sont récapitulées dans le [tableau suivant](#) :

Tableau 1 : Principaux paramètres caractérisant la population concernée – usage commercial - Travailleur

Paramètres	Valeurs retenues pour un travailleur
Durée d'exposition	43 ans
	Nous prenons l'hypothèse la plus pénalisante à savoir un adulte employé sur le site durant 43 ans
Temps de vie	70 ans
Fréquence d'exposition annuelle	235 j/an* (durée légale de travail : 5 jours par semaine pendant 47 semaines/an)
Fréquence d'exposition journalière	8 heures / jour

*Il est à noter que le centre commercial est ouvert au public 302 j/an. Cependant, la durée légale annuelle d'un travailleur est de 235 j/an.

Adultes et enfants (visiteurs avec une exposition ponctuelle)

Le site étant destiné à l'aménagement d'un centre commercial, le scénario étudié prend en compte la présence ponctuelle de visiteurs, regroupant des adultes et des enfants.

Les données concernant ce type de population sont issues de l'US-EPA (exposure factor handbook), des guides INERIS ainsi que d'hypothèses réalistes et majorantes.

Les caractéristiques utilisées pour cette population sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Principaux paramètres caractérisant la population concernée – usage commercial – visiteurs ponctuels

Paramètres	Valeurs retenues	
	Adulte	Enfant
Durée d'exposition	30 ans	6 ans
Temps de vie	70 ans	70 ans
Fréquence d'exposition annuelle dans un centre commercial	52 j/an ⁽¹⁾ (soit 1 j/semaine pendant 52 semaines)	52 j/an ⁽¹⁾ (soit 1 j/semaine pendant 52 semaines)
Fraction de temps passé à l'intérieur du centre commercial	8 h/jour ⁽¹⁾	8 h/jour ⁽¹⁾

(1) Valeur réaliste et majorante

4.2 Caractéristiques des bâtiments

Dans une approche majorante, l'analyse des enjeux sanitaires est réalisée au droit :

- ✓ de la plus petite pièce au rez-de-chaussée du futur bâtiment, utilisée fréquemment par les travailleurs (cibles principales) ;
- ✓ d'un magasin de vente de taille moyenne au rez-de-chaussée du futur bâtiment, visité ponctuellement par les adultes et enfants (cibles ponctuelles).

Une épaisseur de dalle de 0,2 m a été prise en compte. Le futur bâtiment étant de plain-pied, aucun sous-sol ni vide sanitaire n'a été pris en compte.

Les paramètres des futures pièces du centre commercial pris en compte pour les modèles sont récapitulés dans le [tableau 3](#) en page suivante.

Tableau 3 : Principaux paramètres caractérisant les pièces du futur bâtiment au rez-de-chaussée

Usage	Centre commercial	
Paramètres	Local technique/vestiaires (rdc, sans vide sanitaire)	Magasin de vente (rdc, sans vide sanitaire)
Surface au sol	12,0 m ² *	50,0 m ² *
Hauteur	2,8 m*	2,8 m*
Volume	33,6 m ³	140 m ³
Périmètre des fondations	14,0 m (4,0 x 3,0)	30,0 m (10,0 x 5,0)
Epaisseur de la dalle béton	20 cm*	20 cm*
Taux de renouvellement d'air	0,5 h ⁻¹ **	0,5 h ⁻¹ **

* : valeur réelle, ** : valeur générique, rdc : rez-de-chaussée

Ces caractéristiques sont issues des mesures de terrain, ainsi que des informations génériques relatives aux bâtiments réhabilités, à vocation résidentiel.

Tableau 4 : Autres paramètres

Paramètres	Caractéristiques
Type de sols	Sables limoneux
Distance de la zone source / bâtiments	0,2*
Epaisseur de la zone non saturée	3,0 m**

* : épaisseur de la dalle (valeur réelle), ** : épaisseur maximale des remblais (valeur réelle)



4.3 Valeurs toxicologiques de référence retenues

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) correspondant aux substances retenues dans cette étude ainsi que leurs sources sont synthétisées dans le [tableau suivant](#).

Tableau 5 : VTR retenues par paramètre – Exposition par inhalation

Composés	Numéro CAS	VTR à seuil pour l'inhalation RfC	VTR à seuil pour l'inhalation RfC	Source	VTR sans seuil pour l'inhalation ERUi	Source
		[mg/m³]	[µg/m³]		[(µg/m³)⁻¹]	
Hydrocarbures (HC) aliphatiques						
C5 – C8 aliphatique	-	18,4	18 400	TPHCWG 1997	-	
C9 – C16 aliphatique	-	1	1 000	TPHCWG 1997	-	
Hydrocarbures (HC) aromatiques						
C8 aromatique	-	0,4	400	TPHCWG 1997	-	
C9 – C16 aromatique	-	0,2	200	TPHCWG 1997	-	
Composés Aromatiques volatils						
Benzène	CAS 71-43-2	0,01	10	ANSES 2008	2,6.10 ⁻⁵	ANSES 2014
Toluène	CAS 108-88-3	19	19 000	ANSES 2017	-	
Ethylbenzène	CAS 100-41-4	1,5	1 500	ANSES 2016	2,5.10 ⁻⁶	OEHHA 2007
Xylènes (totaux)	CAS 1330-20-7	0,2	200	ATSDR 2007 (ANSES 2010)	-	
Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)						
Dichlorométhane	CAS 75-09-2	1,1	1 100	ATSDR 2000 (Choix INERIS 2011)	1.10 ⁻⁸	OEHHA 2009 (Choix INERIS 2011)
Cis-1,2-dichloroéthylène	CAS 156-59-2	0,06	60	RIVM 2009	-	
Chloroforme	CAS 67-66-3	0,063	63	ANSES 2009	2,3.10 ⁻⁵	US EPA 2001
Tétrachlorométhane	CAS 56-23-5	0,11	110	ANSES 2017	6,0.10 ⁻⁶	US EPA 2010
1,1-dichloroéthane	CAS 71-55-6	-	-		1,6.10 ⁻⁶	OEHHA 1999
1,1,1-trichloroéthane	CAS 71-55-6	1	1000	OEHHA 2008 (Choix INERIS 2014)	-	
Trichloréthylène	CAS 79-01-6	3,2	3 200	ANSES 2018	1.10 ⁻⁶	ANSES 2018
Tétrachloroéthylène (perchloroéthylène)	CAS 127-18-4	0,4	400	ANSES 2018	2,6.10 ⁻⁷	ANSES 2018

ERUi : Excès de Risque Unitaire pour l'inhalation, - : pas de VTR disponibles actuellement



5 Résultats des simulations – calculs des risques

5.1 Centre commercial – Travailleur – exposition au droit d'un local technique/vestiaires par inhalation

Les calculs des risques au droit d'un local technique du futur centre commercial pour la voie d'exposition par inhalation sont présentés ci-dessous, pour des adultes travailleurs.

Le risque sanitaire est acceptable pour les adultes travailleurs, pour une exposition par inhalation au rez-de-chaussée du centre commercial (sans vide sanitaire) au sein d'une pièce de petite taille de type local technique ou vestiaires.

Tableau 6 : Calculs des risques – Centre commercial – rez-de-chaussée (local technique/vestiaire) – Voie inhalation – QD et ERI - Adulte travailleur – Diffusion et convection

Voie d'exposition unique : Inhalation Local technique/vestiaires (sans vide sanitaire)			Surface local technique/vestiaires (RDC) = 12,0 m ²			ADULTE TRAVAILLEUR			
Facteurs de l'équation :	Ci	ti	T	F	Tm	VTR	VTR	QD	ERI
Grille de calcul multi-substance	Concentration de la substance dans l'air intérieur	Fraction du temps d'exposition à la concentration CI pendant 1 journée	Durée d' exposition théorique	Nombre de jour d'exposition théorique annuelle	Période de temps sur laquelle est moyennée l' exposition (substance sans seuil d'effet : Tm est assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans)	VTR inh (seuil d'effet)	VTR inh (sans seuil d'effet)	Quotient de danger (QD)	Excès de Risque Individuel (ERI)
Substance testée	µg/m ³	heure	année	jour	an	µg/m ³	(µg/m ³) ⁻¹	-	-
HC aliphatiques >C6-C8	5,00E-02	8	43	235	70	18400	-	5,8E-07	-
HC aliphatiques >C8-C10	1,20E-01	8	43	235	70	1000	-	2,6E-05	-
HC aliphatiques >C10-C12	2,20E-01	8	43	235	70	1000	-	4,7E-05	-
HC aliphatiques >C12-C16	7,90E-02	8	43	235	70	1000	-	1,7E-05	-
HC aromatiques >C8-C10	7,00E-02	8	43	235	70	200	-	7,5E-05	-
Benzène	3,20E-03	8	43	235	70	10	2,60E-05	6,9E-05	1,1E-08
Toluène	1,60E-02	8	43	235	70	19000	-	1,8E-07	-
Ethylbenzène	4,00E-03	8	43	235	70	1500	2,50E-06	5,7E-07	1,3E-09
Xylènes	2,30E-02	8	43	235	70	200	-	2,5E-05	-
Dichlorométhane	5,10E-02	8	43	235	70	1100	1,00E-08	1,0E-05	6,7E-11

Voie d'exposition unique : Inhalation Local technique/vestiaires (sans vide sanitaire)			Surface local technique/vestiaires (RDC) = 12,0 m ²			ADULTE TRAVAILLEUR			
Facteurs de l'équation :	Ci	ti	T	F	Tm	VTR	VTR	QD	ERI
Grille de calcul multi-substance	Concentration de la substance dans l'air intérieur	Fraction du temps d'exposition à la concentration Ci pendant 1 journée	Durée d' exposition théorique	Nombre de jour d'exposition théorique annuelle	Période de temps sur laquelle l' exposition (substance sans seuil d'effet : Tm est assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans)	VTR inh (seuil d'effet)	VTR inh (sans seuil d'effet)	Quotient de danger (QD)	Excès de Risque Individuel (ERI)
Substance testée	µg/m ³	heure	année	jour	an	µg/m ³	(µg/m ³) ⁻¹	-	-
Cis-1,2-dichloroéthylène	1,60E-03	8	43	235	70	60	-	5,7E-06	-
Chloroforme	9,70E-03	8	43	235	70	63	2,30E-05	3,3E-05	2,9E-08
Tétrachlorométhane	1,10E-02	8	43	235	70	110	6,00E-06	2,1E-05	8,7E-09
1,1-dichloroéthane	4,60E-03	8	43	235	70	-	1,60E-06	-	9,7E-10
1,1,1-trichloroéthane	4,40E-03	8	43	235	70	1000	-	9,4E-07	-
Trichloréthylène	1,70E-02	8	43	235	70	3200	1,00E-06	1,1E-06	2,2E-09
Tétrachloroéthylène	3,00E-01	8	43	235	70	400	2,60E-07	1,6E-04	1,0E-08

TOTAL	2,2E-04	5,2E-08
-------	---------	---------

5.2 Centre commercial – Visiteurs – exposition au droit d'un magasin de vente par inhalation

Les calculs des risques au droit d'un magasin de vente du futur centre commercial pour la voie d'exposition par inhalation sont présentés ci-dessous, pour des adultes et des enfants (visiteurs ponctuels).

Le risque sanitaire est acceptable pour les adultes et les enfants, pour une exposition par inhalation au rez-de-chaussée du centre commercial (sans vide sanitaire) au sein d'une pièce de taille moyenne de type magasin de vente.



Tableau 7 : Calculs des risques – Centre commercial – rez-de-chaussée (magasin de vente) – Voie inhalation – QD et ERI - Adulte – Diffusion et convection

Voie d'exposition unique : Inhalation Magasin de vente (sans vide sanitaire)			Surface magasin (RDC) = 50 m ²			ADULTE			
Facteurs de l'équation :	Ci	ti	T	F	Tm	VTR	VTR	QD	ERI
Grille de calcul multi-substance	Concentration de la substance dans l'air intérieur	Fraction du temps d'exposition à la concentration CI pendant 1 journée	Durée d' exposition théorique	Nombre de jour d'exposition théorique annuelle	Période de temps sur laquelle l' exposition (substance sans seuil d'effet : Tm est assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans)	VTR inh (seuil d'effet)	VTR inh (sans seuil d'effet)	Quotient de danger (QD)	Excès de Risque Individuel (ERI)
Substance testée	µg/m ³	heure	année	jour	an	µg/m ³	(µg/m ³) ⁻¹	-	-
HC aliphatiques >C6-C8	5,00E-02	8	30	52	70	18400	-	1,3E-07	-
HC aliphatiques >C8-C10	1,20E-01	8	30	52	70	1000	-	5,7E-06	-
HC aliphatiques >C10-C12	2,20E-01	8	30	52	70	1000	-	1,0E-05	-
HC aliphatiques >C12-C16	7,90E-02	8	30	52	70	1000	-	3,8E-06	-
HC aromatiques >C8-C10	7,00E-02	8	30	52	70	200	-	1,7E-05	-
Benzène	3,20E-03	8	30	52	70	10	2,60E-05	1,5E-05	1,7E-09
Toluène	1,60E-02	8	30	52	70	19000	-	4,0E-08	-
Ethylbenzène	4,00E-03	8	30	52	70	1500	2,50E-06	1,3E-07	2,0E-10
Xylènes	2,30E-02	8	30	52	70	200	-	5,5E-06	-
Dichlorométhane	5,10E-02	8	30	52	70	1100	1,00E-08	2,2E-06	1,0E-11
Cis-1,2-dichloroéthylène	1,60E-03	8	30	52	70	60	-	1,3E-06	-
Chloroforme	9,70E-03	8	30	52	70	63	2,30E-05	7,3E-06	4,5E-09
Tétrachlorométhane	1,10E-02	8	30	52	70	110	6,00E-06	4,7E-06	1,3E-09
1,1-dichloroéthane	4,60E-03	8	30	52	70	-	1,60E-06	-	1,5E-10
1,1,1-trichloroéthane	4,40E-03	8	30	52	70	1000	-	2,1E-07	-
Trichloréthylène	1,70E-02	8	30	52	70	3200	1,00E-06	2,5E-07	3,5E-10
Tétrachloroéthylène	3,00E-01	8	30	52	70	400	2,60E-07	3,6E-05	1,6E-09

TOTAL	1,1E-04	9,9E-09
--------------	----------------	----------------



Tableau 8 : Calculs des risques – Centre commercial – rez-de-chaussée (magasin de vente) – Voie inhalation – QD et ERI - Enfant – Diffusion et convection

Voie d'exposition unique : Inhalation Magasin de vente (sans vide sanitaire)			Surface magasin (RDC) = 50 m ²			ENFANT			
Facteurs de l'équation :	Ci	ti	T	F	Tm	VTR	VTR	QD	ERI
Grille de calcul multi-substance	Concentration de la substance dans l'air intérieur	Fraction du temps d'exposition à la concentration Ci pendant 1 journée	Durée d' exposition théorique	Nombre de jour d'exposition théorique annuelle	Période de temps sur laquelle est moyennée l' exposition (substance sans seuil d'effet : Tm est assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans)	VTR inh (seuil d'effet)	VTR inh (sans seuil d'effet)	Quotient de danger (QD)	Excès de Risque Individuel (ERI)
Substance testée	µg/m ³	heure	année	jour	an	µg/m ³	(µg/m ³) ⁻¹	-	-
HC aliphatiques >C6-C8	5,00E-02	8	6	52	70	18400	-	1,3E-07	-
HC aliphatiques >C8-C10	1,20E-01	8	6	52	70	1000	-	5,7E-06	-
HC aliphatiques >C10-C12	2,20E-01	8	6	52	70	1000	-	1,0E-05	-
HC aliphatiques >C12-C16	7,90E-02	8	6	52	70	1000	-	3,8E-06	-
HC aromatiques >C8-C10	7,00E-02	8	6	52	70	200	-	1,7E-05	-
Benzène	3,20E-03	8	6	52	70	10	2,60E-05	1,5E-05	3,4E-10
Toluène	1,60E-02	8	6	52	70	19000	-	4,0E-08	-
Ethylbenzène	4,00E-03	8	6	52	70	1500	2,50E-06	1,3E-07	4,1E-11
Xylènes	2,30E-02	8	6	52	70	200	-	5,5E-06	-
Dichlorométhane	5,10E-02	8	6	52	70	1100	1,00E-08	2,2E-06	2,1E-12
Cis-1,2-dichloroéthylène	1,60E-03	8	6	52	70	60	-	1,3E-06	-
Chloroforme	9,70E-03	8	6	52	70	63	2,30E-05	7,3E-06	9,1E-10
Tétrachlorométhane	1,10E-02	8	6	52	70	110	6,00E-06	4,7E-06	2,7E-10
1,1-dichloroéthane	4,60E-03	8	6	52	70	-	1,60E-06	-	3,0E-11
1,1,1-trichloroéthane	4,40E-03	8	6	52	70	1000	-	2,1E-07	-
Trichloréthylène	1,70E-02	8	6	52	70	3200	1,00E-06	2,5E-07	6,9E-11
Tétrachloroéthylène	3,00E-01	8	6	52	70	400	2,60E-07	3,6E-05	3,2E-10

TOTAL	1,1E-04	2,0E-09
--------------	----------------	----------------



Annexe 2

Détails des modélisations, 8 pages



Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Soil Gas
Johnson and Ettinger indoor air model
Volatilization from soil gas source to indoor air (onsite)

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	3,0E+00
Total porosity in lens	cm3/cm3	3,9E-01
Water content in lens	cm3/cm3	3,1E-01

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,9E-01
Water content	cm3/cm3	3,1E-01
Air content	cm3/cm3	7,6E-02
Distance from source to building	m	2,0E-01
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Building Parameters		
Diffusion and convection considered		
Foundation thickness	cm	2,0E+01
Fraction of cracks	cm3/cm3	2,0E-03
Porosity in cracks	-	2,5E-01
Water content in cracks	-	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	1,0E+01
Enclosed space floor width	m	5,0E+00
Enclosed space height	m	2,8E+00
Volume of building	m3	1,4E+02
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01
Qsoil to Qb ratio (soil gas flux/building flux)	-	5,0E-03

Soil Gas Source Concentration for Vapor Model		
Chemical	Units	Concentration
Benzene	mg/m3	2,3E-02
Carbon Tetrachloride	mg/m3	9,4E-02
Chloroform	mg/m3	5,7E-02
Dichloroethane (1,1)	mg/m3	3,8E-02
Dichloroethylene (cis 1,2)	mg/m3	1,3E-02
Ethylbenzene	mg/m3	3,3E-02
Methylene chloride	mg/m3	2,9E-01
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/m3	2,7E+00
Toluene	mg/m3	1,1E-01
TPH Aliphatic C6-8	mg/m3	3,2E-01
TPH Aliphatic C8-10	mg/m3	7,8E-01
TPH Aliphatic C10-12	mg/m3	1,4E+00
TPH Aliphatic C12-16	mg/m3	5,2E-01
TPH Aromatic C8-10	mg/m3	4,5E-01
Trichloroethane (1,1,1)	mg/m3	3,6E-02
Trichloroethylene (TCE)	mg/m3	1,3E-01
Xylenes (total)	mg/m3	1,6E-01

Chemical Properties	Units	Benzene	Carbon Tetrachloride	Chloroform	Dichloroethane (1,1)	Dichloroethylene (cis 1,2)	Ethylbenzene	Methylene chloride	Tetrachloroethylene (PCE)	Toluene	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C8-10	Trichloroethane (1,1,1)	Trichloroethylene (TCE)	Xylenes (total)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	8,8E-02	7,8E-02	1,0E-01	7,4E-02	7,4E-02	7,5E-02	1,0E-01	7,2E-02	8,7E-02	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	7,8E-02	7,9E-02	8,5E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	9,8E-06	8,8E-06	1,0E-05	1,1E-05	1,1E-05	7,8E-06	1,2E-05	8,2E-06	8,6E-06	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	8,8E-06	9,1E-06	9,9E-06
Solubility	mg/l	1,8E+03	7,9E+02	7,9E+03	5,1E+03	3,5E+03	1,5E+02	1,3E+04	2,0E+02	5,3E+02	5,4E+00	4,3E-01	3,4E-02	7,6E-04	6,5E+01	1,3E+03	1,1E+03	1,1E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
KOC (organichem carbon partition coefficient)	L/kg	5,9E+01	1,7E+02	4,0E+01	3,2E+01	3,6E+01	2,4E+02	1,2E+01	1,6E+02	1,8E+02	4,0E+03	3,2E+04	2,5E+05	5,0E+06	1,6E+03	1,1E+02	1,7E+02	3,8E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	2,3E-01	1,3E+00	1,5E-01	2,3E-01	1,7E-01	3,2E-01	9,0E-02	7,5E-01	2,7E-01	5,1E+01	8,2E+01	1,3E+02	5,4E+02	4,9E-01	7,1E-01	4,2E-01	2,1E-01
Molecular weight	g/mol	7,8E+01	1,5E+02	1,2E+02	9,9E+01	9,7E+01	1,1E+02	8,5E+01	1,7E+02	9,2E+01	1,0E+02	1,3E+02	1,6E+02	2,0E+02	1,2E+02	1,3E+02	1,3E+02	1,1E+02

Source -- vapor concentration (mg/m3)

Time	Benzene	Carbon	Chloroform	Dichloroethane (1,1)	Dichloroethylene (cis 1,2)	Ethylbenzene	Methylene chloride	Tetrachloroethylene (PCE)	Toluene	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C8-10	Trichloroethane (1,1,1)	Trichloroethylene (TCE)	Xylenes (total)
(year)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)
0	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
1	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
2	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
3	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
4	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
5	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
6	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
7	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
8	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
9	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
10	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
11	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
12	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
13	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
14	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
15	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
16	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
17	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
18	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
19	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
20	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
21	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
22	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
23	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
24	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
25	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
26	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
27	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
28	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
29	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
30	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01

Vapor flux into building (g/s)

Time	Benzene	Carbon Tetrachloride	Chloroform	Dichloroethan e (1,1)	Dichloroethyle ne (cis 1,2)	Ethylbenzene	Methylene chloride	Tetrachloroeth ylene (PCE)	Toluene	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C8-10	Trichloroethan e (1,1,1)	Trichloroethyle ne (TCE)	Xylenes (total)
(year)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)
0	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
1	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
2	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
3	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
4	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
5	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
6	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
7	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
8	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
9	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
10	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
11	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
12	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
13	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
14	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
15	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
16	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
17	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
18	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
19	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
20	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
21	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
22	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
23	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
24	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
25	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
26	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
27	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
28	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
29	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
30	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10

Indoor air concentration (mg/m3)

Time	Benzene	Carbon Tetrachloride	Chloroform	Dichloroethane (1,1)	Dichloroethylene (cis 1,2)	Ethylbenzene	Methylene chloride	Tetrachloroethylene (PCE)	Toluene	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C8-10	Trichloroethane (1,1,1)	Trichloroethylene (TCE)	Xylenes (total)
(year)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)
0	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
1	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
2	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
3	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
4	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
5	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
6	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
7	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
8	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
9	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
10	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
11	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
12	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
13	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
14	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
15	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
16	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
17	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
18	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
19	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
20	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
21	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
22	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
23	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
24	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
25	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
26	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
27	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
28	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
29	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
30	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05

Summary of Input Values Used in Fate and Transport Model

Model Description:

Source media: Soil Gas
Johnson and Ettinger indoor air model
Volatilization from soil gas source to indoor air (onsite)

Lens Parameters		
Thickness of lens	m	3,0E+00
Total porosity in lens	cm3/cm3	3,9E-01
Water content in lens	cm3/cm3	3,1E-01

Unsaturated Zone Properties Beneath Building		
Total porosity	cm3/cm3	3,9E-01
Water content	cm3/cm3	3,1E-01
Air content	cm3/cm3	7,6E-02
Distance from source to building	m	2,0E-01
Bioattenuation factor	-	1,0E+00

Building Parameters		
Diffusion and convection considered		
Foundation thickness	cm	2,0E+01
Fraction of cracks	cm3/cm3	2,0E-03
Porosity in cracks	-	2,5E-01
Water content in cracks	-	0,0E+00
Enclosed space floor length	m	1,0E+01
Enclosed space floor width	m	5,0E+00
Enclosed space height	m	2,8E+00
Volume of building	m3	1,4E+02
Number of air changes per hour	1/hr	5,0E-01
Qsoil to Qb ratio (soil gas flux/building flux)	-	5,0E-03

Soil Gas Source Concentration for Vapor Model		
Chemical	Units	Concentration
Benzene	mg/m3	2,3E-02
Carbon Tetrachloride	mg/m3	9,4E-02
Chloroform	mg/m3	5,7E-02
Dichloroethane (1,1)	mg/m3	3,8E-02
Dichloroethylene (cis 1,2)	mg/m3	1,3E-02
Ethylbenzene	mg/m3	3,3E-02
Methylene chloride	mg/m3	2,9E-01
Tetrachloroethylene (PCE)	mg/m3	2,7E+00
Toluene	mg/m3	1,1E-01
TPH Aliphatic C6-8	mg/m3	3,2E-01
TPH Aliphatic C8-10	mg/m3	7,8E-01
TPH Aliphatic C10-12	mg/m3	1,4E+00
TPH Aliphatic C12-16	mg/m3	5,2E-01
TPH Aromatic C8-10	mg/m3	4,5E-01
Trichloroethane (1,1,1)	mg/m3	3,6E-02
Trichloroethylene (TCE)	mg/m3	1,3E-01
Xylenes (total)	mg/m3	1,6E-01

Chemical Properties	Units	Benzene	Carbon Tetrachloride	Chloroform	Dichloroethane (1,1)	Dichloroethylene (cis 1,2)	Ethylbenzene	Methylene chloride	Tetrachloroethylene (PCE)	Toluene	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C8-10	Trichloroethane (1,1,1)	Trichloroethylene (TCE)	Xylenes (total)
Diffusion coefficient in air	cm2/s	8,8E-02	7,8E-02	1,0E-01	7,4E-02	7,4E-02	7,5E-02	1,0E-01	7,2E-02	8,7E-02	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	1,0E-01	7,8E-02	7,9E-02	8,5E-02
Diffusion coefficient in water	cm2/s	9,8E-06	8,8E-06	1,0E-05	1,1E-05	1,1E-05	7,8E-06	1,2E-05	8,2E-06	8,6E-06	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	1,0E-05	8,8E-06	9,1E-06	9,9E-06
Solubility	mg/l	1,8E+03	7,9E+02	7,9E+03	5,1E+03	3,5E+03	1,5E+02	1,3E+04	2,0E+02	5,3E+02	5,4E+00	4,3E-01	3,4E-02	7,6E-04	6,5E+01	1,3E+03	1,1E+03	1,1E+02
Kd (total soil partition coefficient)	L/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
KOC (organichem carbon partition coefficient)	L/kg	5,9E+01	1,7E+02	4,0E+01	3,2E+01	3,6E+01	2,4E+02	1,2E+01	1,6E+02	1,8E+02	4,0E+03	3,2E+04	2,5E+05	5,0E+06	1,6E+03	1,1E+02	1,7E+02	3,8E+02
Henry's Law coefficient	m3-H2O)/(m3-air	2,3E-01	1,3E+00	1,5E-01	2,3E-01	1,7E-01	3,2E-01	9,0E-02	7,5E-01	2,7E-01	5,1E+01	8,2E+01	1,3E+02	5,4E+02	4,9E-01	7,1E-01	4,2E-01	2,1E-01
Molecular weight	g/mol	7,8E+01	1,5E+02	1,2E+02	9,9E+01	9,7E+01	1,1E+02	8,5E+01	1,7E+02	9,2E+01	1,0E+02	1,3E+02	1,6E+02	2,0E+02	1,2E+02	1,3E+02	1,3E+02	1,1E+02

Source -- vapor concentration (mg/m3)

Time	Benzene	Carbon Tetrachloride	Chloroform	Dichloroethane (1,1)	Dichloroethylene (cis 1,2)	Ethylbenzene	Methylene chloride	Tetrachloroethylene (PCE)	Toluene	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C8-10	Trichloroethane (1,1,1)	Trichloroethylene (TCE)	Xylenes (total)
(year)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)
0	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
1	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
2	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
3	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
4	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
5	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
6	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
7	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
8	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
9	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
10	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
11	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
12	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
13	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
14	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
15	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
16	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
17	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
18	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
19	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
20	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
21	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
22	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
23	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
24	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
25	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
26	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
27	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
28	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
29	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01
30	2,3E-02	9,4E-02	5,7E-02	3,8E-02	1,3E-02	3,3E-02	2,9E-01	2,7E+00	1,1E-01	3,2E-01	7,8E-01	1,4E+00	5,2E-01	4,5E-01	3,6E-02	1,3E-01	1,6E-01

Vapor flux into building (g/s)

Time	Benzene	Carbon Tetrachloride	Chloroform	Dichloroethan e (1,1)	Dichloroethyle ne (cis 1,2)	Ethylbenzene	Methylene chloride	Tetrachloroeth ylene (PCE)	Toluene	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C8-10	Trichloroethan e (1,1,1)	Trichloroethyle ne (TCE)	Xylenes (total)
(year)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)	(g/s)
0	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
1	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
2	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
3	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
4	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
5	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
6	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
7	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
8	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
9	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
10	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
11	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
12	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
13	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
14	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
15	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
16	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
17	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
18	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
19	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
20	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
21	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
22	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
23	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
24	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
25	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
26	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
27	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
28	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
29	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10
30	6,3E-11	2,2E-10	1,9E-10	9,0E-11	3,1E-11	7,7E-11	9,9E-10	5,8E-09	3,1E-10	9,6E-10	2,3E-09	4,3E-09	1,5E-09	1,4E-09	8,5E-11	3,3E-10	4,4E-10

Indoor air concentration (mg/m3)

Time (year)	Benzene (mg/m3)	Carbon Tetrachloride (mg/m3)	Chloroform (mg/m3)	Dichloroethane (1,1) (mg/m3)	Dichloroethylene (cis 1,2) (mg/m3)	Ethylbenzene (mg/m3)	Methylene chloride (mg/m3)	Tetrachloroethylene (PCE) (mg/m3)	Toluene (mg/m3)	TPH Aliphatic C6-8 (mg/m3)	TPH Aliphatic C8-10 (mg/m3)	TPH Aliphatic C10-12 (mg/m3)	TPH Aliphatic C12-16 (mg/m3)	TPH Aromatic C8-10 (mg/m3)	Trichloroethane (1,1,1) (mg/m3)	Trichloroethylene (TCE) (mg/m3)	Xylenes (total) (mg/m3)
0	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
1	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
2	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
3	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
4	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
5	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
6	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
7	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
8	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
9	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
10	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
11	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
12	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
13	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
14	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
15	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
16	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
17	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
18	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
19	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
20	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
21	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
22	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
23	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
24	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
25	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
26	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
27	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
28	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
29	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05
30	3,2E-06	1,1E-05	9,7E-06	4,6E-06	1,6E-06	4,0E-06	5,1E-05	3,0E-04	1,6E-05	5,0E-05	1,2E-04	2,2E-04	7,9E-05	7,0E-05	4,4E-06	1,7E-05	2,3E-05

Annexe 3

Propriétés des substances, 14 pages



Comportement des principaux polluants potentiels

a. Hydrocarbures ou huiles minérales

➤ Définition

L'expression « hydrocarbures » regroupe différents produits pétroliers (pétrole brut, raffiné, kérosène, essences, fuel, lubrifiants,). Cette famille comprend principalement des alcanes (hydrocarbures aliphatiques) constitués de chaînes linéaires ou ramifiées, comprenant au moins cinq atomes de carbone, caractérisés par un point d'ébullition compris dans l'intervalle 35°C – 490°C.

➤ Comportement dans l'environnement

Les propriétés physico-chimiques des hydrocarbures varient avec le nombre d'atomes de carbone des molécules qui constituent la chaîne d'hydrocarbures. Une augmentation du nombre de carbone se traduit par :

- ✓ une diminution de la solubilité, de la biodégradabilité, de la volatilité ;
- ✓ une augmentation de la densité, de l'hydrophobie (adsorption), de la stabilité et de la viscosité.

La plupart des hydrocarbures en phase libre sont peu miscibles avec l'eau. Ils tendent à former des couches distinctes lorsqu'ils atteignent les nappes phréatiques.

Lorsqu'ils sont en phase libre, les hydrocarbures (C₅-C₂₆) s'accumulent en surface de la nappe (densité inférieure à 1).

b. Hydrocarbures aromatiques polycycliques

➤ Définition

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sont des composés organiques neutres apolaires, constitués d'au moins deux cycles aromatiques fusionnés par des arrangements linéaires, angulaires ou en coin.

Au sens strict, ils ne contiennent que des atomes de carbone et d'hydrogène.

Cependant, certains composés aromatiques contenant du soufre, de l'azote ou de l'oxygène, leur sont parfois associés.

Le nombre de HAP identifiés à ce jour est de l'ordre de 130. Parmi ceux-ci, une liste restreinte est généralement considérée pour les études environnementales.

Ces composés sont générés par la combustion de matières fossiles (notamment par les moteurs diesels) sous forme gazeuse ou particulaire.



➤ Comportement dans l'environnement

Le transport et la répartition des HAP dans l'environnement dépendent notamment de leurs propriétés physico-chimiques, à savoir la solubilité dans l'eau, la pression de vapeur, la constante de Henry, le coefficient de partage octanol/eau et le coefficient de partage du carbone organique.

De manière générale, la plupart des HAP sont peu volatils, peu solubles dans l'eau et peu mobiles dans le sol car facilement adsorbés. Ces substances sont stables (hydrolyse négligeable) mais leur biodégradabilité varie fortement selon les conditions du milieu.

La tension de vapeur saturante des HAP diminue au fur et à mesure que la masse molaire moléculaire augmente tandis que la solubilité dans l'eau varie en fonction de la complexité de la structure moléculaire. En général, les HAP ont une faible solubilité, comprise entre 30 mg/L pour les composés légers et 10 et 4 mg/L pour les plus lourds.

La constante de Henry (KH) est un coefficient qui exprime le ratio de la concentration dans l'air et dans l'eau à l'équilibre. Le coefficient de partage du carbone organique (Koc) indique la propension des HAP à se lier à la matière organique du sol ou du sédiment. Le coefficient de partage octanol/eau (Kow) permet d'estimer la migration des HAP vers des lipides. Ces propriétés sont fortement corrélées à la masse molaire moléculaire du HAP considéré.

La faible hydrosolubilité des HAP et leur masse volumique, supérieure à 1, permet de les classer dans la famille des phases liquides non aqueuses (DNAPL : dense non aqueous liquid phase).

Etant hydrophobes et liposolubles, les HAP ont tendance à s'adsorber sur les matrices solides et notamment les matières organiques.

c. Hydrocarbures aromatiques monocycliques (CAV ou BTEX)

➤ Définition

Les hydrocarbures aromatiques volatils constituent une famille de composés contenant un cycle benzénique, sur lequel se branche une large variété de radicaux. On distingue :

- ✓ les chaînes hydrocarbonées aliphatiques ;
- ✓ les chlores et autres halogènes, donnant notamment la famille des chlorobenzènes.

➤ Comportement dans l'environnement

La solubilité des hydrocarbures aromatiques est faible. Leur densité est en général inférieure à 1, mais elle peut être supérieure à 1 selon le type et le nombre d'atomes substitués (exemple des chlorobenzènes). La stabilité des hydrocarbures aromatiques est en générale forte. Les BTEX sont biodégradable en condition aérobie. La stabilité des CAV augmente avec le nombre de radicaux et le nombre de chlores substitués. La plupart des hydrocarbures aromatiques monocycliques sont considérés comme volatils.



Substance suspectée

Toluène

Utilisation type et sources

Le toluène est présent dans les huiles et les condensats de production de gaz, sinon il est synthétisé par l'industrie pétrochimique. Il entre dans la composition des essences et est utilisé dans les peintures, les encres, les produits pharmaceutiques....

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Très volatil	peu soluble	Moyennement mobile	na

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
200	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
	Principaux :	SNC
Inhalation, ingestion et cutanée	Secondaires :	Foie, reins, fœtus, lait maternel

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : non cancérogène

CIRC : groupe 3 : ne peut être classé pour sa cancérogénicité

EPA : n'est pas classé par manque de données

Fiche INERIS

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1804>

Mis à jour le : 08/11/05



EnviroEauSol

Siège social
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN
Tél: 03 90 00 21 64 - Fax: 03 90 00 21 65

Substance suspectée

Ethylbenzène (CAS 100-41-4)

Utilisation type et sources

L'éthylbenzène est produit essentiellement par alkylation du benzène. Il est utilisé pour la fabrication du styrène pour produire des matières plastiques et synthétiques. Il entre également dans la composition des peintures et des essences.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Volatil	Soluble	Mobilité modérée	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
<2000	Esur et Esou <0,1 Epluie<0,01	Non renseigné	Non renseigné

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Epluie : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation et cutané	Principaux :	Foie, rein
	Secondaires :	Système hématologique

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : non classé cancérigène

CIRC : Classe 2B : pourrait être cancérigène

EPA : Non classifiable (classe D)

Portail des substances chimiques

Fiche INERIS

Mis à jour le : 13/04/18

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/952>



EnviroEauSol

Siège social – Agence Alsace
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN

Substance suspectée

Xylène

Utilisation type et sources

Les xylènes sont produits directement à partir du pétrole.
Ses domaines d'utilisation sont divers : solvant dans la fabrication de peintures, de vernis, de colles, d'encre, de colorants ; industrie du caoutchouc ; industrie pharmaceutique.
Il est naturellement présent dans l'essence.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Très volatil	Les xylènes ne persistent pas dans les eaux superficielles car ils se volatilisent ou sont lixiviés	Les xylènes ne persistent pas dans les sols car ils se volatilisent ou sont lixiviés	na

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
1000 à 2000	<0,1	Non renseigné	Non renseigné

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation, ingestion et cutanée	Principaux :	SNC, foie, sang, poumons, peau, yeux
	Secondaires :	Peau, rate, reins

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : non classé

CIRC : groupe 3 : ne peut être classé pour sa cancérogénicité

EPA : classe D : non classifiable

Fiche INERIS

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1902>

Mis à jour le : 28/06/06



EnviroEauSol

Siège social
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN
Tél: 03 90 00 21 64 - Fax: 03 90 00 21 65

Substance suspectée

Chlorure de méthylène ou dichlorométhane

Utilisation type et sources

Le chlorure de méthylène est employé comme propulseur pour les aérosols, comme solvant d'extraction dans les industries alimentaire et pharmaceutique, comme agent d'expansion pour les mousses polyuréthane et comme intermédiaire de synthèse du bromochlorométhane. Il entre dans la formulation de colles et de décapants pour peintures et vernis. Il est également utilisé pour le nettoyage des métaux, pour l'extraction des graisses et des paraffines, dans la fabrication de films et de fibres cellulosiques, dans la fabrication de composants électroniques et en prothèse dentaire ou il est associé avec le méthyl méthacrylate.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Le chlorure de méthylène est uniquement sous forme vapeur lorsqu'il est présent dans l'atmosphère	Se volatilise rapidement à partir de l'eau de surface et n'est généralement pas persistant dans les eaux superficielles	La volatilisation du chlorure de méthylène dans les sols humides est un processus significatif.	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
200	Esur : 1	Non renseigné	Non renseigné

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritimes

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation, ingestion et cutanée	Principaux :	SNC, TGI
	Secondaires :	Foie et sang

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : catégorie 3 : substance préoccupante

CIRC : groupe 2B : pourrait être cancérigène

EPA : classe B2 : pourraient être potentiellement cancérigènes

Portail des substances chimiques

Mis à jour le : 20/09/11

Fiche INERIS

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/784>



EnviroEauSol

Siège social – Agence Alsace
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN

Substance suspectée

1,2 dicloroéthylène

Utilisation type et sources

Le 1,2-dichloroéthylène est utilisé principalement comme intermédiaire chimique dans la synthèse de solvants (trichloroéthylène, tétrachloroéthylène) et de composés chlorés. Il est également utilisé comme solvant pour les graisses, les phénols, le camphre, le caoutchouc naturel, les teintures, les laques, les thermoplastiques et pour l'extraction à froid de substances sensibles à la température (parfums, caféine) ; comme réfrigérant ; comme agent de retardement de la fermentation. L'isomère trans est plus largement utilisé dans l'industrie que le cis et que le mélange des deux.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Très volatil	Demi-vie de 3 heures	non renseigné	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation, ingestion et cutanée	Principaux :	SNC et foie
	Secondaires :	Poumons et sang

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : non classé

CIRC : non classé

EPA : classe D : non classifiables

Portail des substances chimiques

Fiche INERIS

Mis à jour le : 01/02/05

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/783>



EnvirEauSol

Siège social – Agence Alsace
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN

Substance suspectée

Trichlorométhane ou chloroforme

Utilisation type et sources

Le chloroforme est utilisé principalement pour la fabrication du HCFC-22 (chlorodifluorométhane) destiné à la réfrigération ou à la production de chloro-fluoropolymères. D'autres utilisations, notamment les réactifs de laboratoire et les solvants pour l'extraction de produits pharmaceutiques ne représentent qu'une faible fraction de la production.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Volatil	Soluble	Très mobile	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
<200	Esur et Esou < 0,3 Emer : <0,004	Non renseigné	Non renseigné

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation, ingestion et cutanée	Principaux :	Foie, reins, SNC
	Secondaires :	Cavités nasales, tube digestif

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : catégorie 3 : substance préoccupante

CIRC : groupe 2B : pourrait être cancérigène

EPA : classe B2 : pourraient être potentiellement cancérigènes

Portail des substances chimiques

Mis à jour le : 27/09/09

Fiche INERIS

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/650>



EnviroEauSol

Siège social – Agence Alsace
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN

Substance suspectée

Tétrachlorure de carbone ou Tétrachlorométhane

Utilisation type et sources

Le tétrachlorure de carbone est principalement utilisé pour produire des chlorofluorocarbones (CFCs), employés comme réfrigérants, fluides propulseurs (aérosols), solvants, et pour produire d'autres hydrocarbures chlorés. Il est employé dans la synthèse du nylon. Il est également utilisé comme solvant pour l'asphalte, les bitumes, le caoutchouc chloré, les gommes, l'éthylcellulose et comme agent nettoyant pour les machines et les équipements électriques. Dans le passé, outre les applications industrielles (agent dégraissant) ou agricoles (insecticide utilisé en fumigation pour le grain), il fut employé en médecine (vermifuge, anesthésique), et comme nettoyant domestique.

A cause de sa toxicité, seuls subsistent dorénavant les usages industriels eux-mêmes en déclin permanent depuis 1987 du fait du protocole de Montréal et de ses amendements réglementant l'utilisation des substances qui appauvrissent la couche d'ozone.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Volatil, sous forme vapeur	Modérément soluble, Ne s'adsorbe pas aux MES	Forte mobilité	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
500 à 1000	Esurf : <0,1 Emer : <0,001 E pluie : <0,010	Non renseigné	<0,010

* Esurf : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation, ingestion et cutanée	Principaux :	Foie, cerveau, reins
	Secondaires :	Sang , muscles

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : catégorie 3 : substance préoccupante

CIRC : groupe 2B : pourrait être cancérigène

EPA : classe B2 : substances probablement cancérigènes pour l'homme

Portail des substances chimiques

Fiche INERIS

Mis à jour le : 07/06/05

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/608>



EnviroEauSol

Siège social – Agence Alsace
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN

Substance suspectée

1,1 dichloroéthane

Utilisation type et sources

Pour l'ATSDR (1990), la plus grande utilisation individuelle de 1,1-dichloroéthane est comme intermédiaire dans la fabrication d'autres produits tels que le chlorure de vinyle, le 1,1,1-trichloroéthane⁶, et à un moindre degré certains caoutchoucs. Il serait également utilisé de façon limitée comme dissolvant pour les plastiques, les huiles, et les graisses, et serait employé comme décapant. Dans le passé, le 1,1-dichloroéthane servait comme anesthésique, mais ce n'est plus le cas. Les sources les plus récentes donnent comme utilisations du 1,1-DCE : intermédiaire dans la fabrication du chlorure de vinyle et de solvants chlorés ; agent dans les antigels d'essence ; décapant pour les peintures et les vernis ; dégraisseur de métal ; synthèse organique (Verschueren, 2001).

Selon le Syndicat des Halogènes et Dérivés (SHD) (communication personnelle), le 1,1-DCE n'est pas utilisé en tant que sous-produit du 1,2-DCE, il est simplement incinéré. S'il est utilisé, il l'est de façon anecdotique.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
non renseigné	non renseigné	non renseigné	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
20 à 40	0,11 ⁻³ à 0,23 ⁻³	0,14 ⁻⁶ à 0,29 ⁻⁶	0,34 ⁻⁶ à 0,69 ⁻⁶

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
non déterminé	Principaux :	ND
	Secondaires :	ND

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : non renseigné

CIRC : non renseigné

EPA : non renseigné

Portail des substances chimiques

Fiche INERIS

Mis à jour le : 07/07/06

http://www.ineris.fr/rsde/fiches/fiche_11_dichloroethaneVF.pdf



EnviroEauSol

Siège social – Agence Alsace
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN

Substance suspectée

1,1,1 trichloroéthane

(CAS 71-55-6)

Utilisation type et sources

A l'origine, le 1,1,1-trichloroéthane a été développé en tant que solvant peu inflammable en remplacement des autres solvants chlorés très inflammables. Après 1996, la fabrication de HCFC demeure le principal emploi. Depuis 2002, de faibles quantités de T111 peuvent être employées pour des applications industrielles dites « essentielles », telles que la fabrication de mousse pour les appareillages médicaux et/ou pour des procédures de tests aéronautiques.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
non renseigné	non renseigné	non renseigné	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
non renseigné	non renseigné	non renseigné	non renseigné

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation et ingestion	Principaux :	ND
	Secondaires :	ND

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : non renseigné

CIRC : Classe 3 : non classifiable

EPA : non renseigné

Portail des substances chimiques

Mis à jour le : 30/01/06

Fiche INERIS

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/22>



EnviroEauSol

Siège social – Agence Alsace
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN

Substance suspectée

Trichloroéthylène

Utilisation type et sources

La principale utilisation du trichloroéthylène est le dégraissage des pièces métalliques qui représente en Europe de l'ouest 95 % de la production. Excellent solvant pour l'extraction des graisses, huiles, matières grasses, cires, goudrons etc..., il est également utilisé dans l'industrie textile pour le nettoyage du coton, de la laine et dans la fabrication des adhésifs, des lubrifiants, des peintures, des vernis, des pesticides. Le trichloroéthylène entre également dans la fabrication de produits pharmaceutiques, de retardateurs chimiques d'inflammation et d'insecticides.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Volatil	Soluble	Mobile	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation, ingestion et cutanée	Principaux :	SNC
	Secondaires :	reins,foie, cœur, peau, système immunitaire

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : catégorie 2 : devant être assimilée à des substances cancérogènes

CIRC : groupe 2A : probablement cancérogène

EPA : classe B2 : pourraient être potentiellement cancérigènes

Fiche INERIS

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1836>

Mis à jour le : 07/03/05



EnvirEauSol

Siège social
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN
Tél: 03 90 00 21 64 - Fax: 03 90 00 21 65

Substance suspectée

Tétrachloroéthylène

Utilisation type et sources

Le tétrachloroéthylène est utilisé comme solvant et comme nettoyant à sec dans la fabrication et dans la finition des textiles, pour le nettoyage et le dégraissage des métaux. Il est employé dans les décapants pour peinture, les encres d'imprimerie, dans la formulation d'adhésifs et de produits de nettoyage spécifiques. Il est également largement utilisé comme intermédiaire de synthèse notamment dans la fabrication des hydrocarbures fluorés.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Très volatil	Solubilité relativement faible. Etant plus fluide que l'eau, il migre plus rapidement que les eaux souterraines	Assez mobile, rejoint rapidement les eaux souterraines	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
<300	Esurf: 1 Emer : 0,001	Non renseigné	Non renseigné

* Esurf : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation, ingestion et cutanée	Principaux :	SNC, reins, cœur, intestins, bouche
	Secondaires :	Reins

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : catégorie 3 : substance préoccupante

CIRC : groupe 2A : probablement cancérogène

EPA : classe B/C : substance intermédiaire en cancérigène probable et possible

Fiche INERIS

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1754>

Mis à jour le : 03/11/06



EnvirEauSol

Siège social
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN
Tél: 03 90 00 21 64 - Fax: 03 90 00 21 65

Substance suspectée

Benzène (CAS 71-43-2)

Utilisation type et sources

Le benzène est utilisé dans l'industrie pétrochimique, la fabrication de l'éthylbenzène et du styrène, la fabrication du cumène et de l'acétone et naturellement présent dans l'essence.

Mobilité			
Air	Eau	Sol	Sédiment
Volatil	Soluble	Mobile	non renseigné

Concentration ubiquitaire			
Air (ng.m ⁻³)	Eau (µg.L ⁻¹)*	Sol (mg.kg ⁻¹)	Sédiment (mg.kg ⁻¹)
1000	Esur <1 Esou < 0,03 Emer <0,005 Epluie <0,5	Non renseigné	Non renseigné

* Esur : Eaux de surface - Esou : Eaux souterraines - Eplui : Eaux de pluie - Emer : Eaux maritime

Voie d'exposition :	Organes cibles	
Inhalation, ingestion et cutanée	Principaux :	Système hématopoïétique
	Secondaires :	Système nerveux central et système immunitaire

SNC : Système nerveux central TGI : Tractus gastro-intestinal ND : Non disponible

Toxicité :

Europe : catégorie 1 : cancérogène

CIRC : Classe 1 : cancérogène

EPA : Known/likely human carcinogen (classe A)

Portail des substances chimiques

Mis à jour le : 08/08/18

Fiche INERIS

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>



EnviroEauSol

Siège social – Agence Alsace
9 rue de Nairobi – 67150 ERSTEIN