



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



www.lne.fr

# DERICHEBOURG SA

## 119, avenue du Général Michel Bizot 75 579 PARIS CEDEX

**ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES (A320)**  
Localisation du site : rue l'Ouche Buron, NANTES (44)  
Typologie du site : Friche



### SARL TERE0

11 impasse Brunereau

33 150 CENON

Tél. 05 56 21 59 44

Fax. 05 56 21 55 12

[www.tereo.eu](http://www.tereo.eu)

[contact@tereo.eu](mailto:contact@tereo.eu)

SARL au capital de 7620 Euros

445053 259 RCS BORDEAUX

N° SIRET : 445 053 259 00021

Code : APE 7112 B

Version du rapport	17'007'RA'001'03
Dates d'intervention	septembre 2015 mars 2017
Date du rapport	04/04/2017
Rédaction	Thomas LAMOTTE Chef de projets
Correction et Validation	Renaud CHAPUIS Superviseur

## SOMMAIRE

<b>I - INTRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
<b>II - SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES .....</b>	<b>8</b>
<b>III - CHOIX DES SCÉNARIOS D'EXPOSITION .....</b>	<b>10</b>
<b>IV - SÉLECTION DES COMPOSÉS CHIMIQUES D'INTÉRÊT .....</b>	<b>12</b>
<b>IV.1 - Choix des composés .....</b>	<b>12</b>
<b>IV.2 - Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence .....</b>	<b>13</b>
IV.2.1 - Six bases de données existantes .....	13
IV.2.2 - Justification des VTR prises en compte .....	13
IV.2.3 - Effets toxicologiques .....	14
IV.2.4 - Synthèse des données retenues pour les éléments étudiés .....	15
<b>V - ÉVALUATION DES CONCENTRATIONS DANS LE MILIEU RECEPTEUR .....</b>	<b>16</b>
<b>V.1 - Caractérisation du milieu source .....</b>	<b>16</b>
<b>V.2 - Sélection des concentrations retenues .....</b>	<b>16</b>
<b>V.3 - Caractéristiques du modèle utilisé .....</b>	<b>17</b>
<b>V.4 - Caractérisation des récepteurs pris en compte .....</b>	<b>17</b>
<b>V.5 - Calculs de risques .....</b>	<b>17</b>
V.5.1 - Additivité des risques .....	17
V.5.2 - Résultats obtenus pour les polluants à effet seuil .....	18
V.5.3 - Résultats obtenus pour les polluants sans effet seuil .....	18
V.5.4 - Conclusion .....	18
<b>VI - ANALYSE DES INCERTITUDES .....</b>	<b>19</b>
<b>VI.1 - Composés chimiques .....</b>	<b>19</b>
VI.1.1 - Sélection des substances .....	19
VI.1.2 - Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence des composés .....	19
VI.1.3 - Propriétés des composés chimiques .....	19
<b>VI.2 - Paramètres utilisés pour l'estimation des concentrations .....</b>	<b>19</b>
VI.2.1 - Choix des concentrations .....	19
VI.2.2 - Caractéristiques des milieux .....	19
VI.2.3 - Choix des récepteurs et scénarios d'exposition .....	19
<b>VI.3 - Modèles de transfert pour l'évaluation des risques sanitaires .....</b>	<b>20</b>
VI.3.1 - Source infinie .....	20
VI.3.2 - Modèles de transfert utilisés .....	20
<b>VI.4 - Conclusion sur les incertitudes .....</b>	<b>20</b>
<b>VII - CONCLUSION .....</b>	<b>21</b>
<b>ANNEXE I. DÉTAIL DES PRESTATIONS .....</b>	<b>22</b>
<b>ANNEXE II. CLASSIFICATION DES SUBSTANCES .....</b>	<b>23</b>
<b>ANNEXE III. SUCCESSION DES ÉTAPES CLEFS DU LOGICIEL RISC .....</b>	<b>24</b>
<b>ANNEXE IV. MODÈLE MATHÉMATIQUE UTILISÉ POUR L'INHALATION .....</b>	<b>25</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

---

Figure n°1 : Récapitulatif des résultats de l'EQRS.....	6
Figure n°2 : Plan de localisation de la zone d'étude.....	8
Figure n°3 : Schéma conceptuel, EVAL phase 3. ....	10
Figure n°4 : Éléments retenus pour réaliser l'EQRS. ....	12
Figure n°5 : Caractéristiques des polluants. ....	15
Figure n°6 : VTR retenues pour les différents polluants. ....	15
Figure n°7 : Teneurs retenues pour réaliser l'EQRS. ....	16
Figure n°8 : Choix opérés pour la modélisation sous Risc. ....	17
Figure n°9 : Caractéristiques des cibles retenues pour la modélisation. ....	17
Figure n°10 : Synthèse des résultats obtenus par polluant pour les risques non-cancérogènes...	18
Figure n°11 : Synthèse des résultats obtenus par polluant pour les risques cancérogènes.....	18
Figure n°12 : Diagramme de hiérarchisation des étapes principales du logiciel Risc.....	24

## GLOSSAIRE

Concentrations d'exposition	VTR	Calcul de risque (sans unités)
DJE (Ingestion)  CI (inhalation)	<b>Avec seuil :</b>  DJA, RfC, RfD (mg/kg*jr) ou µg/m <sup>3</sup>	QD (Quotient de Danger)
	<b>Sans seuil :</b>  Slope factor et Unit Risk (mg/kg*jr) <sup>-1</sup> ou (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	ERI (Excès de Risque Individuel)

ARR:	Analyse des Risques Résiduels
CI :	Concentration inhalée
DJA :	Dose Journalière Admissible.
DJE :	Dose Journalière d'Exposition
ERI :	Excès de Risque Individuel, concerne les risques cancérogènes
ERU :	Excès de Risque Unitaire par inhalation/par voie orale : il représente la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu développe un effet associé à une exposition pendant sa vie entière, à une unité de dose (ou de concentration) d'un agent dangereux.
EQRS :	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Exposition	
Aigüe :	Exposition à court terme
Chronique :	Exposition à long terme
Kd	Coefficient de distribution sol/eau
MEEDD(AT) :	Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable (et de l'Aménagement du Territoire) en 2007. Aujourd'hui, il s'agit du MEDD.
INSEE :	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
OEHHA :	Office of Environmental Health Hazard Assessment (Etats Unis).
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé.
QD :	Quotient de Danger, concerne les risques non-cancérogènes
Qsoil :	Flux d'air
RIVM :	Institut National de la santé public et de l'environnement (Pays Bas).
RfC :	Reference Concentration (concentration de référence).
RfD :	Reference Dose (dose de référence).
Toxicité	
Aigüe :	Effet à court terme
Chronique :	Effet sur long terme
Unit Risk :	(Risque Unitaire) Il est basé sur le slope factor. Il répond à la question « Combien de cancer <b>supplémentaire</b> par million de personnes je suis attendu à voir pour chaque microgramme de cette substance par mètre cube d'air ou d'eau (si ingestion d'eau) » (concentration de 1 µg/L dans l'eau ou 1 µg/m <sup>3</sup> dans l'air). Par exemple si ERU = 2*10 <sup>-6</sup> µg/L, alors deux cas d'excès de cancer sont attendus sur 1 000 000 de personnes exposées quotidiennement à 1µg du composé dans un litre d'eau pendant toute leur vie.
VTR :	Valeur Toxicologique de Référence
Slope factor :	Il définit quantitativement la relation dose/réponse, il représente une probabilité. C'est la valeur limite supérieure (avec un intervalle de confiance de 95 %) qu'un individu développe un cancer s'il est exposé quotidiennement à un composé jusqu'à la fin de sa vie.

## RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

---

Compte tenu des composés volatils identifiés lors de mesures de gaz effectuées en mars 2017 (cf. rapport 17'007'RA'001'02), au droit du site DERICHEBOURG situé rue de l'Ouche Buron sur la commune de Nantes (44), la société TEREEO a réalisé une quantification des risques sanitaires afin d'estimer les risques pour les usages futurs envisagés au droit du site (projet immobilier).

L'objectif était notamment de valider ou non les mesures de gestion proposées à l'issue de l'EVAL phase 3.

In fine, cette modélisation a mis en évidence l'absence de risque sanitaire par inhalation des composés identifiés. Les résultats obtenus, à partir d'hypothèses majorant volontairement les résultats finaux, sont largement inférieurs aux valeurs limites légales fixées pour les risques cancérigènes et non cancérigènes dans le cadre de la réalisation d'EQRS.

Les mesures de gestion proposées dans le rapport 17'007'RA'01'002 sont donc validées.

## RÉSUMÉ TECHNIQUE

### Localisation du site

Coordonnées du centre du site : X : 357785,57  
(Lambert 93) Y : 6693408,36  
Adresse : rue l'Ouche Buron  
44 000 NANTES  
Département : LOIRE-ATLANTIQUE (44)

### Description du site

Activité : Stockage et revalorisation de métaux  
Etat : Activité terminée  
Sources de pollution potentielle : Cuves de stockage d'hydrocarbures aériennes historiques  
2 cuves de stockage d'hydrocarbures enterrées  
Terres superficielles impactées par les activités historiques

### Résultats

#### Géologie locale

Nature des terrains : Remblais / Argiles / Micaschistes

#### Hydrogéologie locale

Type d'aquifère : Socle

#### Résultats analytiques

Contamination organique et inorganique hétérogène sur l'ensemble du site, et plus spécifiquement dans les remblais.

Impact par des composés volatils dans les gaz du sol.

Contamination amont dans les eaux souterraines non vérifiée à l'aval hydrogéologique du site.

### Quantification des risques par voies d'exposition

Logiciel utilisé : RISC 5.0  
Voie de transfert retenue : Gaz du sol  
Voies d'exposition retenues : Inhalation  
Budget espace/ temps retenues : Enfant sensible de 0 à 6 ans  
365j d'exposition par an  
24h par jours  
6 ans d'exposition  
Modélisé sur 70 ans  
0,625 m<sup>3</sup>/h d'air inhalé

Paramètres	Résultats de la simulation	Limites légales
Excès de Risque Individuel (Risques cancérogènes)	4,00E-09	1,00E-04
Quotients de Danger (Risques non-cancérogènes)	7,10E-03	1,00E+00

Figure n°1 : Récapitulatif des résultats de l'EQRS  
(17.007.RA.001.03.fig1)



## I - INTRODUCTION

---

Le Groupe DERICHEBOURG possède un terrain d'une superficie de 6.194 m<sup>2</sup> rue de l'Ouche Buron sur la commune de Nantes (44). L'activité exercée par le groupe DERICHEBOURG ayant été transférée vers son site du Vertou (44), ce site est inoccupé depuis 1988.

Le Groupe DERICHEBOURG a mandaté en 2015 la société TERE0 pour réaliser un diagnostic environnemental (EVAL phase 2) pour évaluer la qualité géochimique du site en vue d'une future vente. Cette étude avait alors mis en évidence une contamination organique et inorganique significative dans les sols, sans incidence marquée sur les eaux souterraines probablement protégées par les sols argileux identifiés lors des opérations de terrain.

Compte tenu du passif industriel du site, la réalisation d'une étude historique et documentaire s'est avérée nécessaire pour définir précisément les sources de pollution potentielle existantes et/ou ayant existées au droit de la zone d'étude. Cette étude, menée en février 2017, a mis en évidence un passif industriel lourd, avec la présence notamment au droit du site d'un ancien dépôt d'hydrocarbures dans les années 1920.

Dans le cadre de négociations en cours sur le devenir de ce terrain, concernant la mise en place potentielle d'un projet immobilier découlant sur un changement d'usage du site, la société DERICHEBOURG a mandaté la société TERE0 pour évaluer l'étendue des pollutions identifiées en 2015 (EVAL phase 3, rapport 17'007'RA'001'02). Les résultats de cette étude ont, notamment, permis d'identifier un impact par des éléments volatils dans les gaz du sol. Au regard de la problématique identifiée sur le site et des mesures de gestion proposées dans le rapport susmentionné, et considérant les données analytiques disponibles, la société TERE0 considère cet impact volatil comme unique source de risques sanitaires potentiels.

Dans ce cadre, la société TERE0 a réalisé en complément une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires, objet du présent rapport. Cette démarche a pour objectif d'étudier les risques liés à la contamination volatile identifiée en fonction du type de projet envisagé.

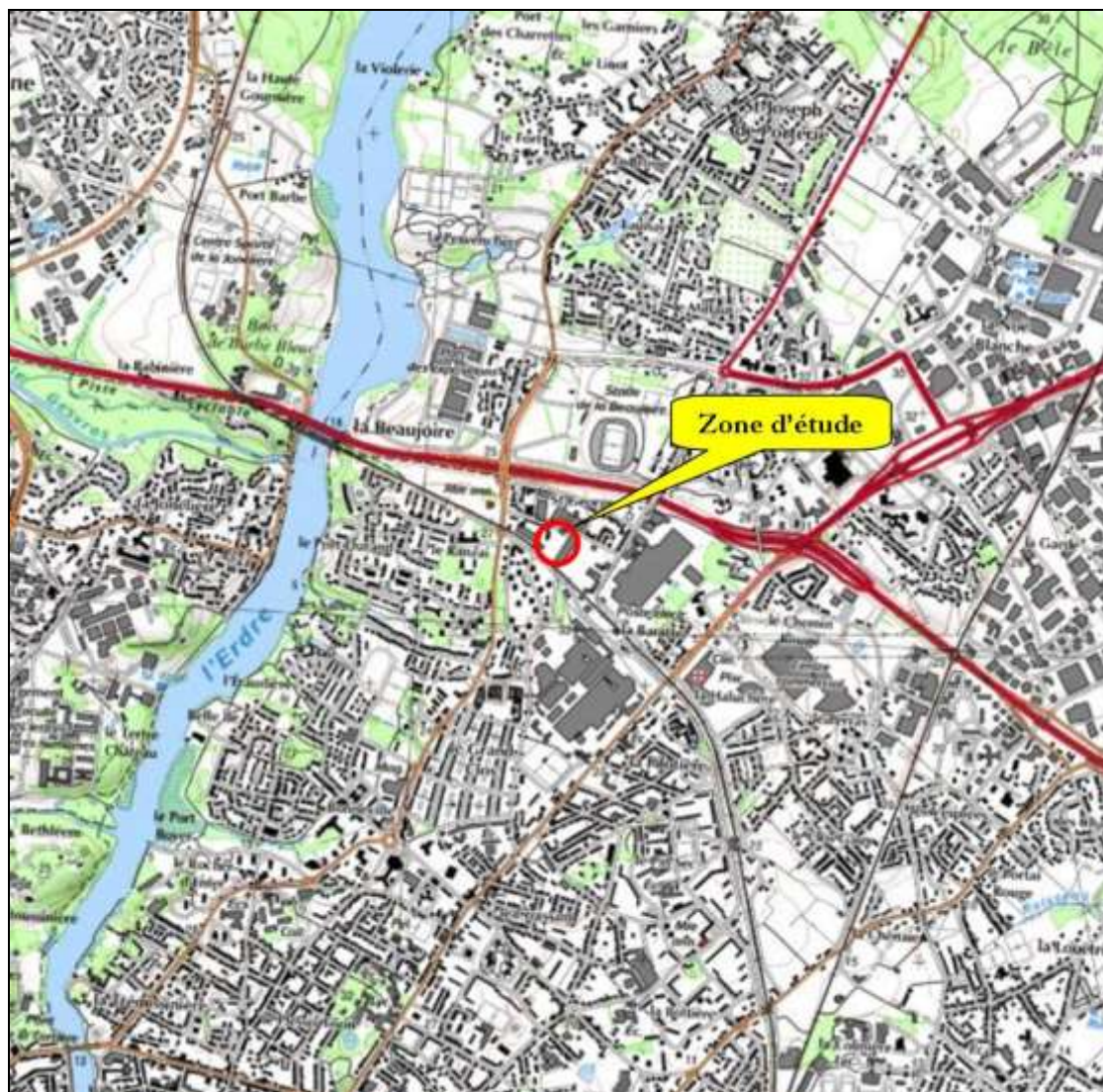
Les composés à retenir pour la modélisation des risques sanitaires ont été choisis selon les réglementations en vigueur. Un ensemble de critères permettant la représentation de la zone d'étude dans la modélisation a été choisi. Le milieu d'exposition de la population et la population elle-même ont été caractérisés afin de pouvoir compléter la modélisation.

**La présente mission est réalisée conformément à la démarche nationale édictée par le Ministère en charge de l'Environnement, au sein de la circulaire ministérielle du 8 février 2007.**

**De plus, la mission est réalisée conformément aux exigences des normes pour les prestations de services relatives aux sites et sols pollués : NFX 31-620-1 « Exigences générales » et NFX 31-620-2 « Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle ». Elle correspond à une prestation Spécifique de type A320 « Analyse des enjeux sanitaires ».**

## II - SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES

La zone d'étude se situe sur la commune de Nantes dans le département de la Loire-Atlantique (44). L'altitude moyenne de surface est de 26 m NGF.



**Figure n°2 : Plan de localisation de la zone d'étude.**  
(IGN 1/25 000 - Nantes - 1223 E)

La zone d'étude se situe à environ 4 km au nord-est du centre-ville de la commune de Nantes, au sud du stade de la Beaujoire et de la route nationale N844. L'environnement immédiat, limitrophe au site, est industriel (sociétés de récupération de métaux et de travaux publics). Au-delà, l'environnement proche, périurbain, se caractérise par de nombreuses habitations individuelles et collectives.

Cinq établissements sensibles (5 écoles), répartis du nord-est au sud du site, sont identifiés dans un rayon de 1 km.

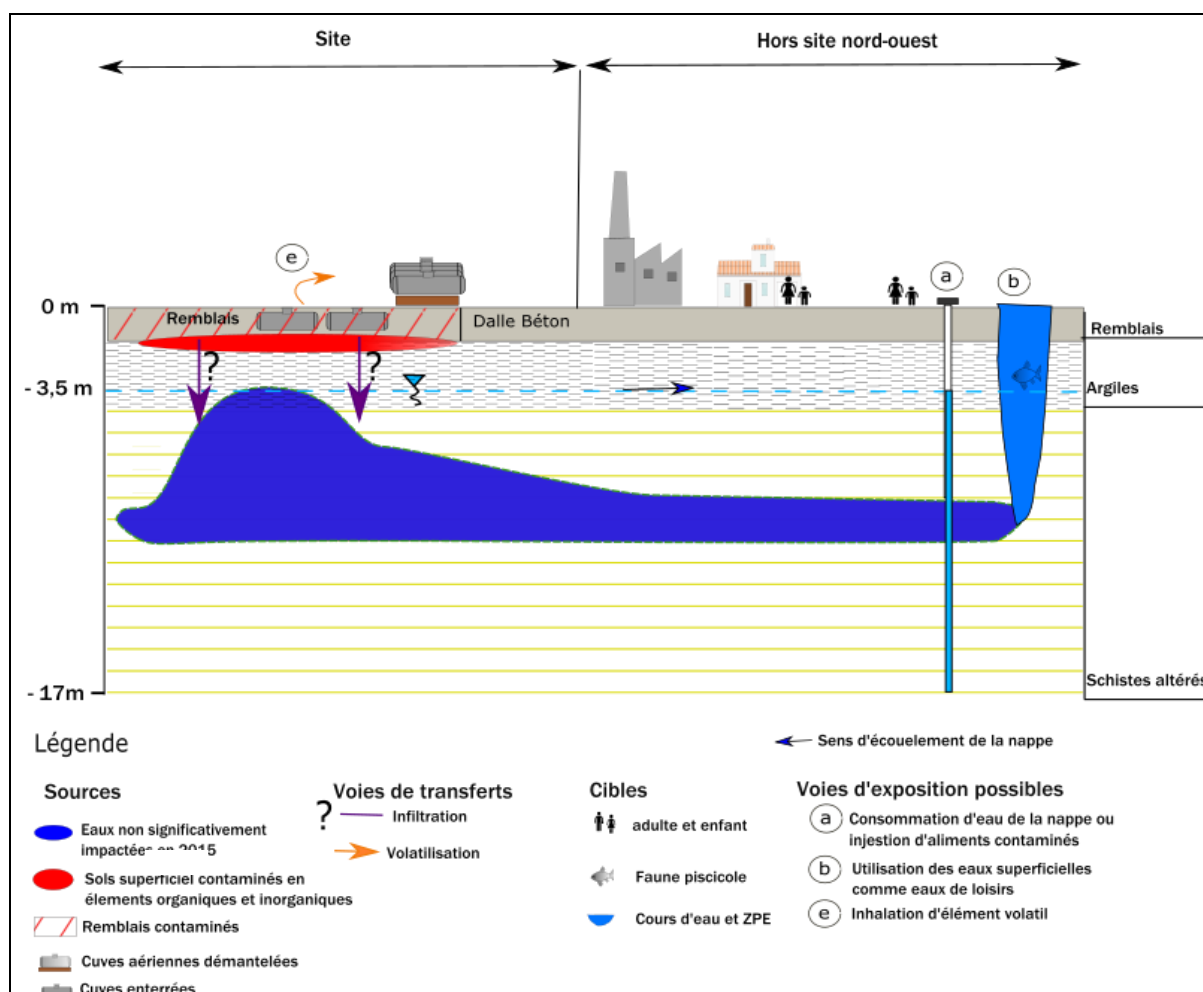
Le réseau hydrographique se définit essentiellement par l'Erdre, affluent de la Loire, qui circule en direction du sud à environ 800 mètres à l'ouest du site.



Dans le cadre d'un projet de vente d'un site industriel, la société TERÉO a mené, conformément à la politique nationale mise en place par les textes du Ministère en charge de l'Environnement en vigueur depuis le 08 février 2007 et à la norme NF X 31-620, un diagnostic de pollution sur un site localisé sur la commune de Nantes (44). Celui-ci a permis :

- de définir l'environnement du site :
  - l'environnement immédiat est industriel aux abords directs du site puis accueille rapidement des logements individuels et collectifs ;
  - 5 sites sensibles sont identifiés dans un rayon de 1 kilomètre ;
  - l'hydrogéologie du site est caractérisée par un écoulement des eaux souterraines orienté vers le nord-ouest ;
  - le contexte industriel est dense et ne permet pas d'écarter tout risque de contamination croisée ;
  - le contexte environnemental proche est sensible avec la présence de plusieurs zones de protection ;
  - l'étude historique, via l'analyse des documents obtenus auprès des archives départementales et des photographies aériennes, a permis d'identifier une exploitation du site par la Compagnie Industrielle des Pétroles dès 1923. Cette activité a notamment engendré la mise en place d'importants réservoirs aériens de stockage d'hydrocarbures dont la localisation a pu être précisée (nord du site).
- de préciser le contexte historique de la zone d'étude, via l'analyse des documents obtenus auprès des archives départementales et des photographies aériennes, et d'en ressortir les sources de pollution potentielle :
  - cuves de stockages enterrées et aériennes d'hydrocarbures (sources primaires) ;
  - terres superficielles contaminées par les activités industrielles passées : dépôt de pétroles, stockage de métaux (sources secondaires).
- de mettre en place des investigations adaptées, entre 2015 et 2017, au regard des sources de pollution identifiées :
  - 32 sondages menés à la sondeuse légère autotractée sur chenillettes ;
  - 3 piézomètres ;
  - 8 piézairs ;
  - 32 analyses de sols en septembre 2015 / 38 analyses de sols en mars 2017 ;
  - 3 analyses d'eau souterraine en 2015 / 6 analyses d'eau souterraine en mars 2017 ;
  - 8 analyses sur les gaz du sol en 2017.
- de caractériser les milieux étudiés :
  - une pollution globale et hétérogène à l'échelle du site est identifiée sur les sols en composés organiques et inorganiques ;
  - la présence de composés volatils, aliphatiques et aromatiques, est observée dans le gaz du sol ;
  - aucun impact notoire sur les eaux souterraines, directement lié au site, n'est retenu malgré des teneurs significatives en plomb et COHV sur les ouvrages amonts et/ou latéraux.
- de proposer 2 solutions de réhabilitation selon un bilan Coûts-Avantages :
  - extraction et évacuation des remblais en filières adaptées pour un coût estimé entre 590.000 et 1.180.000 € HT. Cette méthode permet la suppression totale et définitive des sols impactés ;
  - excavation partielle des remblais et confinement du site pour un coût estimé entre 250.000 et 571.000 € HT. Cette méthode induit de laisser en place une partie importante de la pollution, de proposer un suivi sur le long terme et de mettre en place des mesures de restriction d'usage.

Au regard de l'ensemble des données mentionnées ci-dessus et dans les précédents rapports, un schéma conceptuel a été réalisé afin de pouvoir visualiser et synthétiser les connaissances sur la zone :



**Figure n°3 : Schéma conceptuel, EVAL phase 3.**  
(17.007.RA.001.02.fig35)

Le schéma conceptuel ainsi présenté suggère l'existence d'un risque sanitaire potentiel :

- porté par le gaz du sol. L'étude de ce risque est traitée dans le cadre du présent rapport ;
- porté directement par les sols, par contact direct et/ou envois particulières. Des solutions de gestion ont été proposées dans le rapport TERE0 17'007'RA'001'02 afin de supprimer ces risques.

### III - CHOIX DES SCENARII D'EXPOSITION

---

Comme rappelé ci-dessus, la société TERE0 a d'ores-et-déjà proposé des solutions de gestion permettant de supprimer les risques potentiellement liés aux envols particuliers et au contact direct avec les sols.

En conséquence, l'EQRS proposée ci-dessous a pour unique objectif d'évaluer les risques liés aux éléments polluants identifiés dans le gaz du sol, provenant directement des sols et/ou du relargage potentiel des eaux souterraines.

L'usage du site retenu est dit sensible, avec la mise en place d'un projet immobilier.

Le logiciel Risc a été retenu pour mener à bien cette étude. Ce logiciel fonctionne en 6 étapes clefs :

- **Etape 1** : Choix des polluants
- **Etape 2** : Modèle conceptuel du site
- **Etape 3** : Paramètres du milieu récepteur
- **Etape 4** : Scénario d'exposition
- **Etape 5** : Mise en marche du modèle
- **Etape 6** : Visualisation et analyse des résultats

(Le déroulement méthodologique de ce logiciel est disponible en annexe)

## IV - SELECTION DES COMPOSES CHIMIQUES D'INTERET

### IV.1 - Choix des composés

La société TERE0 a basé sa modélisation sur les composés volatils détectés sur le piézair PA7, lors de l'étude de mars 2017, piézair le plus impacté sur les huit ouvrages analysés.

Les éléments retenus correspondent donc aux éléments détectés et surlignés en bleu dans la figure ci-dessous :

PARAMETRES MESURES	UNITES	PA 7
Mercure	Zone 1	<2,08
	Zone 2	<2,08
Aliphatiques >MeC5 - C6	Zone 1	4125
	Zone 2	520,83
Aliphatiques >C6 - C8	Zone 1	21833,33
	Zone 2	1075
Aliphatiques >C8 - C10	Zone 1	29333,33
	Zone 2	<83,33
Aliphatiques >C10 - C12	Zone 1	37750
	Zone 2	<83,33
Total Aliphatiques	Zone 1	105000
	Zone 2	1595,83
Aliphatiques >C12 - C16	Zone 1	11916,67
	Zone 2	<83,33
Aromatiques C6 - C7 (Benzène)	Zone 1	40,17
	Zone 2	<1,67
Aromatiques >C7 - C8 (Toluène)	Zone 1	28,75
	Zone 2	1,83
Aromatiques >C8 - C10	Zone 1	603,33
	Zone 2	<83,33
Aromatiques >C10 - C12	Zone 1	3333,33
	Zone 2	<83,33
Aromatiques >C12 - C16	Zone 1	2075
	Zone 2	<83,33
Total Aromatiques	Zone 1	6083,33
	Zone 2	1,83<x<253,5
Benzène	Zone 1	40,17
	Zone 2	<1,67
Toluène	Zone 1	28,75
	Zone 2	1,83
Ethylbenzène	Zone 1	6,83
	Zone 2	<1,67
m+p-Xylène	Zone 1	39,25
	Zone 2	<1,67
o-Xylène	Zone 1	20,67
	Zone 2	<1,67
MTBE	Zone 1	<83,33
	Zone 2	<83,33
Dichlorométhane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Chlorure de vinyle	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
1,1-Dichloroéthylène	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
trans 1,2-Dichloroéthène	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
cis 1,2-Dichloroéthène	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Chloroforme	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Tétrachlorométhane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
1,1-dichloroéthane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
1,2-Dichloroéthane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
1,1,1-trichloroéthane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
1,1,2-Trichloroéthane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Trichloroéthylène	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Tetrachloroéthylène	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Bromochlorométhane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Dibromométhane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
1,2-Dibromoéthane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Bromoforme (tribromométhane)	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Bromodichlorométhane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Dibromochlorométhane	Zone 1	<1,67
	Zone 2	<1,67
Naphtalène	Zone 1	25
	Zone 2	<1,67

Figure n°4 : Éléments retenus pour réaliser l'EQRs.  
(17.007.RA.001.03.fig4)



## IV.2 - Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

La distinction est faite entre les substances à effets de seuil ou substances non-cancérogènes qui nécessitent le calcul d'un quotient de danger QD et les substances sans seuil ou substances cancérogènes qui nécessitent le calcul d'un excès de risque individuel ERI. Certaines substances ont des effets à seuil et sans seuil.

$$QD = \frac{DJE}{VTR (ingestion)} \quad \text{ou} \quad QD = \frac{CI}{VTR (inhalation)}$$
$$\text{ou}$$
$$ERI = DJE \times VTR (ingestion) \quad \text{ou} \quad ERI = CI \times VTR (inhalation)$$

Ainsi sont définis les VTR, les valeurs toxicologiques de référence pour la substance testée correspondant :

- à une concentration dans l'air ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) si la substance testée a un seuil d'action ;
- à une concentration dans l'air ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )<sup>-1</sup> si la substance est sans seuil d'effet.

### IV.2.1 - Six bases de données existantes

Il existe 6 bases de données recensant les VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence) :

- **US-EPA** : United States Environmental Protection Agency
- **ASTDR** : Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **HEALTH CANADA** : Santé Canada
- **RIVNM** : Institut Royal de la Santé Publique et de l'Environnement, Pays Bas
- **OEHHHA** : Office Of Environmental Health Hazard Assessment

Elles sont disponibles sur **les fiches INERIS** et sur le site **furetox.net**.

### IV.2.2 - Justification des VTR prises en compte

Il existe deux documents relatifs au choix des VTR :

- **La circulaire DGS/SD de mai 2006** : elle recommande de retenir par défaut les VTR de l'US-EPA lorsqu'elles sont disponibles. Elle établit le classement suivant concernant le choix des VTR parmi les six bases de données existantes :
  - pour les substances à effets à seuil, successivement US EPA puis ATSDR puis OMS/IPCS puis Health Canada puis RIVM et en dernier lieu OEHHHA ;
  - pour les substances à effets sans seuil, successivement US EPA puis OMS/IPCS puis RIVM puis OEHHHA.
- **Le rapport DRC-054113-ETSC/R01 de mars 2006 de l'INERIS** :  
Il recommande une approche reposant davantage sur la pertinence des VTR recensées. Cette analyse approfondie consiste à analyser les points suivants :
  - valeurs issues d'études chez l'homme ou dérivées à partir d'études sur les animaux ;
  - qualité de l'étude de référence ;
  - modes de calcul et facteur de sécurité appliquée ;
  - degré de confiance ou facteur de sécurité.

*Pour une approche moins complexe, l'INERIS recommande de prendre la valeur la plus pénalisante.*

### IV.2.3 - Effets toxicologiques

Il existe deux grands types de toxicité :

- La **toxicité aiguë** est définie comme celle qui résulte de l'exposition unique et massive à un produit chimique entraînant des dommages corporels pouvant conduire à la mort. Elle introduit la notion de dose absorbée et se mesure par la DL 50 (dose létale provoquant la mort de 50% des animaux exposés à une dose unique du produit) ou CL50 (concentration létale) (inhalation). Plus la DL50 est basse plus la toxicité est forte.
- La **toxicité chronique** est le résultat d'une exposition prolongée à plus ou moins faible dose à un produit chimique dont les effets ne se feront sentir que quelques mois à quelques années voire dizaines d'années plus tard. A la différence de la toxicité aiguë, la toxicité chronique ne se propose pas de déterminer un seuil de mortalité mais plutôt la dose quotidienne administrée en dessous de laquelle n'apparaissent pas d'effets sur la santé.

**Dans le cadre d'une EQRS, une exposition de type chronique est choisie.**

#### IV.2.4 - Synthèse des données retenues pour les éléments étudiés

Identification				Comportement			Devenir dans l'environnement		Caractéristiques sanitaires		
Classe	Substance	Synonyme	Numéro CAS	Sols (Mobilité)	Air (Volatilisation)	Eau (Solubilité)	Biodégradation aérobie / anaérobie	Bioaccumulation dans les organismes vivants	Voies d'exposition : primaire / secondaire	Organes cibles	Classement CIRC/IARC.
HCT	HCT C5-C10	Aucun.	/	C5 à C10 = mobile (dans les sols avec peu de MO types sableux) les molécules les plus légères migrent plus profondément sous la surface en raison de leur solubilité plus élevée ou au contraire s'évacuent par vaporisation (C5 à C10).	Volatil à très volatil.	Peu soluble.	> C9 : facilement biodégradable en aérobie ; < C9 : difficilement biodégradable (effet toxique sur les micro-organismes).	Bioaccumulation faible chez les vertébrés.	Inhalation de poussière / gaz ; Ingestion de sol / organismes vivants / eau de boisson ; Contact cutané.	foie, cerveau, reins	/
HAP	Naphtalène	Naphtaline ; naphène.	91-20-3	Mobile, Koc= 1250 (log Koc = 3,09) substance adsorbable dans les sols notamment à la MO. Potentiellement lixiviable en profondeur dépend du type de sols (teneur en MO) et volatilisable dans les horizons supérieur.	Très volatil.	Peu soluble, densité = 1,161 (DNAPL) : tendance à migrer lentement en profondeur, il peut s'accumuler au fond de l'aquifère, possibilité d'être adsorbée sur les MES et de sédimenter (accumulation importante au niveau des sédiments).	Moyennement biodégradable : 1/2 vie en aérobie proposée dans l'eau de surface : 150 jours, peu biodégradable en eau de surface en anaérobie, 1/2 vie anaérobie dans les sols : 25 à 258 jours, pas de données en aérobie dans les sols.	Organismes aquatiques : bioaccumulation non négligeable chez les vertébrés.	Inhalation de poussières / gaz ; Ingestion de sol / organismes vivants (majoritairement végétaux racinaires) ; Contact cutané (0,45 µg.cm-2 par heure).	Système sanguin, yeux, système gastro-intestinal, système nerveux central, reins, foie.	Naphtalène groupe 2B : le naphtalène pourrait être cancérigène pour l'homme (IARC, 2002).

Figure n°5 : Caractéristiques des polluants.  
(17.007.RA.001.03.fig5)

Paramètres	VTR sans seuil		VTR avec seuil	
	<i>inhalation</i>	<i>référence</i>	<i>inhalation</i>	<i>référence</i>
Unités	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>		mg/m <sup>3</sup>	
Aliphatiques >MeC5 - C6	ND		18,4	IRIS (USEPA)
Aliphatiques >C6 - C8			18,4	
Aliphatiques >C8 - C10			1	
Aliphatiques >C10 - C12			1	
Aliphatiques >C12 - C16			1	
Aromatiques >C8 - C10			0,2	
Aromatiques >C10 - C12			0,2	
Aromatiques >C12 - C16			0,2	
Benzène	7,80E-06	IRIS (USEPA)	0,03	
Toluène	ND		5	
Ethylbenzène	2,50E-06	OEHLA	1	
Xylènes (total)	ND		0,1	
Naphtalène	3,40E-05	OEHLA	0,003	

Figure n°6 : VTR retenues pour les différents polluants.  
(17.007.RA.001.03.fig6)

## V - EVALUATION DES CONCENTRATIONS DANS LE MILIEU RECEPTEUR

### V.1 - Caractérisation du milieu source

Le milieu source est le sol du site anciennement exploité par la société DERICHEBOURG, rue de l'Ouche Buron sur la commune de Nantes (44). Celui-ci est constitué de remblais hétérogènes plus ou moins limoneux.

Il n'a pas été pris en compte, afin de considérer l'option la plus défavorable d'un point de vue sanitaire, les options de gestion proposées dans le rapport 17'007'RA'001'02. En conséquence, la source de pollution volatile est considérée dès la surface du site.

### V.2 - Sélection des concentrations retenues

Les résultats obtenus sur l'ouvrage PA7 ont mis en évidence une détection de certains composés sur la zone de contrôle des cartouches de charbon actif ( $\leq$  à 12% du résultat observé sur la zone de mesure). Ce constat tend à minimiser les résultats obtenus sur la zone de mesure. En conséquence, afin de prendre en considération cette potentielle sous estimation, la société TEREOS a, arbitrairement, multiplié par 2 les valeurs (arrondies à la hausse) où cette problématique est rencontrée (**la société TEREOS précise que plusieurs modélisations ont été réalisées, allant jusqu'à multiplier par 10 ces mêmes résultats : aucun impact sanitaire notoire n'a alors été observé**). De la même manière, les autres teneurs ont également été arrondies à la hausse.

Les résultats in fine retenus pour l'EQRS sont présentés ci-dessous :

PARAMETRES RETENUS		UNITES	VALEURS RETENUES
Aliphatiques >MeC5 - C6	Zone 1	µg/m3	8300
Aliphatiques >C6 - C8	Zone 1		44000
Aliphatiques >C8 - C10	Zone 1		30000
Aliphatiques >C10 - C12	Zone 1		38000
Aliphatiques >C12 - C16	Zone 1		12000
Aromatiques C6 - C7 (Benzène)	Zone 1		45
Aromatiques >C7 - C8 (Toluène)	Zone 1		60
Aromatiques >C8 - C10	Zone 1		610
Aromatiques >C10 - C12	Zone 1		3350
Aromatiques >C12 - C16	Zone 1		2100
Benzène	Zone 1		40
Toluène	Zone 1		60
Ethylbenzène	Zone 1		7
m+p-Xylène	Zone 1		40
o-Xylène	Zone 1		25
Naphtalène	Zone 1		25

Figure n°7 : Teneurs retenues pour réaliser l'EQRS.  
(17.007.RA.001.03.fig7)



### V.3 - Caractéristiques du modèle utilisé

Le modèle a été construit sur la base des paramètres suivants :

Choix à opérer	Paramètres choisis					
Choix des polluants	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques volatils et naphthalène					
Type de risque	X Humain		Environnementale			
Détermination de la concentration d'exposition finale	X Par le modèle					
	Prédéfini					
Milieu receveur	X Sur-site		Hors-site			
Localisation de la pollution	X Zone insaturée		Zone saturée	X Sol vers l'air intérieur		Sol vers l'air extérieur
Voies d'exposition	X Emission de particules/ inhalation			Exposition direct/ ingestion et contact		
	Utilisation de l'eau de la nappe				Ingestion de végétaux	
Profondeur de la pollution	0,01 mètre					
Paramètre zone insaturée	Sols limoneux					
Paramètres du bâtiment	Longuer : 30m / largeur : 10m / Hauteur RDC : 2,5m / Renouvellement d'air : 0,5/h / Epaisseur fondation : 15cm					

Figure n°8 : Choix opérés pour la modélisation sous Risc.

(17.007.RA.001.03.fig8)

### V.4 - Caractérisation des récepteurs pris en compte

Afin de majorer le risque, un modèle d'exposition pour des enfants, dits sensibles, de 0 à 6 ans a été choisi.

Cible		Enfant sensible	source
Age considéré pour la cible		0-6 an	
1	Temps d'exposition moyen pour les cancérigènes (année)	70	Données RISC
2	Poids moyen (kg)	15	Données RISC
3	Durée d'exposition (année)	6	Données RISC
4	Fréquence d'exposition (j/an)	365	Tous les jours (valeur majorante)
5	Taux d'inhalation en intérieur (m3/h)	0,625	Données RISC
6	Durée d'exposition par événement (h/j)	24	Journée entière (valeur majorante)

Figure n°9 : Caractéristiques des cibles retenues pour la modélisation.

(17.007.RA.001.03.fig9)

### V.5 - Calculs de risques

#### V.5.1 - Additivité des risques

Pour l'EQRS, les risques sont calculés substance par substance et voie d'exposition par voie d'exposition. Les risques sont ensuite cumulés.

La somme des Quotients de Danger doit être inférieure à 1. (Risques non-cancérogènes)

La somme des Excès de Risque Individuel doit être inférieure à 1.10<sup>-5</sup>. (Risques cancérogènes)

Ces seuils sont définis dans la méthodologie d'analyse des risques sanitaires approuvés par le Ministère en charge de l'environnement. (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/demarche.pdf>)

### V.5.2 - Résultats obtenus pour les polluants à effet seuil

Paramètres	Quotients de Danger (Risques non-cancérogènes)
Aliphatiques >MeC5 - C6	2,70E-05
Aliphatiques >C6 - C8	1,40E-04
Aliphatiques >C8 - C10	1,80E-03
Aliphatiques >C10 - C12	2,30E-03
Aliphatiques >C12 - C16	7,10E-04
Aromatiques >C8 - C10	1,80E-04
Aromatiques >C10 - C12	1,00E-03
Aromatiques >C12 - C16	6,20E-04
Benzène	7,00E-05
Toluène	6,20E-07
Ethylbenzène	3,10E-07
Xylènes (total)	3,30E-05
Naphtalène	2,90E-04
<b>TOTAL</b>	<b>7,10E-03</b>

Figure n°10 : Synthèse des résultats obtenus par polluant pour les risques non-cancérogènes.  
(17.007.RA.001.03.fig10)

### V.5.3 - Résultats obtenus pour les polluants sans effet seuil

Paramètres	Excès de Risque Individuel (Risques cancérogènes)
Benzène	1,40E-09
Ethylbenzène	6,70E-11
Naphtalène	2,60E-09
<b>TOTAL</b>	<b>4,00E-09</b>

Figure n°11 : Synthèse des résultats obtenus par polluant pour les risques cancérogènes.  
(17.007.RA.001.03.fig11)

### V.5.4 - Conclusion

Pour l'ensemble des résultats présentés, l'analyse des risques EQRS met en évidence l'absence de risque supplémentaire au regard de la réglementation. En effet, pour les risques cancérogènes, la valeur de modélisation est d'ordre  $10^{-9}$  alors que la limite légale est de  $10^{-5}$ . Pour les risques non cancérogènes, la valeur trouvée est d'ordre  $10^{-3}$ , pour une limite légale à 1.

Ces résultats permettent de ne pas tenir compte des risques potentiels envisagés à l'issue de l'EVAL phase 3 (rapport 17'007'RA'001'03) concernant les éléments volatils détectés dans les sols. Les mesures de gestion proposées dans ce même rapport sont donc cohérentes et suffisantes, en supprimant les risques potentiels liés à l'envol particulaire et au contact direct avec les sols.

## **VI - ANALYSE DES INCERTITUDES**

---

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation font partie de l'étude des risques sanitaires. Les paramètres importants de l'évaluation réalisée sont ici discutés ainsi que leur incidence sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendants des scénarios d'exposition et des substances retenues.

### **VI.1 - Composés chimiques**

---

#### **VI.1.1 - Sélection des substances**

Les substances sélectionnées correspondent aux éléments volatils détectés au droit du piézair le plus impacté lors des opérations de terrain de mars 2017.

#### **VI.1.2 - Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence des composés**

Le choix des VTR est basé sur la circulaire DGS/SD.7B n°2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de gestion des substances chimiques et de choix des valeurs des VTR.

#### **VI.1.3 - Propriétés des composés chimiques**

L'ensemble des propriétés des composés chimiques a été collecté sur les bases de données USEPA OEHHA.

### **VI.2 - Paramètres utilisés pour l'estimation des concentrations**

---

#### **VI.2.1 - Choix des concentrations**

Les concentrations retenues correspondent aux teneurs relevées les plus élevées pour chacun des paramètres retenus.

La détection de certains composés sur la zone de contrôle des cartouches de charbon actif utilisées ne permet pas d'assurer la bonne représentativité des résultats. En conséquence, la société TEREEO a majoré l'ensemble de ces résultats en les multipliant par 2. A titre informatif, une modélisation a été effectuée en multipliant ces mêmes résultats par 10, et aucune incidence sanitaire n'a été relevée.

#### **VI.2.2 - Caractéristiques des milieux**

La société TEREEO a considéré que la source de pollution était située en zone insaturée, dans des remblais limoneux, dès la surface du site.

Le milieu audité dans le cadre de la modélisation est un bâtiment fictif de 300 m<sup>2</sup> pour un volume de 750 m<sup>3</sup>.

#### **VI.2.3 - Choix des récepteurs et scénarii d'exposition**

Les données retenues pour caractériser les milieux récepteurs sont des données de référence du logiciel RISC. Elles ont été sélectionnées de manière à considérer l'option la plus défavorable d'un point de vue sanitaire et ainsi estimer à la hausse les éventuels risques.

## **VI.3 - Modèles de transfert pour l'évaluation des risques sanitaires**

---

### **VI.3.1 - Source infinie**

Afin de majorer l'étude, un modèle où les concentrations en polluant du milieu source ne varient pas au cours du temps a été choisi.

### **VI.3.2 - Modèles de transfert utilisés**

Les incertitudes liées à la modélisation sont principalement les suivantes :

- le milieu contaminant est considéré comme un milieu homogènes ;
- les interactions entre polluants ne sont pas prises en compte ;
- les critères renseignés pour les personnes cibles sont représentatifs de la population régionale voir nationale et non locale.

## **VI.4 - Conclusion sur les Incertitudes**

---

Il a été constaté que plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Néanmoins, la totalité des hypothèses effectuées sont, a priori, sécuritaires et ont donc tendance à majorer les risques potentiels.



## VII - CONCLUSION

---

La modélisation a été réalisée en considérant la réalisation d'un projet immobilier et à partir des données analytiques obtenues sur les gaz du sol lors des opérations de terrain de la société TERE0 de mars 2017 (cf. rapport 17'007'RA'001'02).

Les résultats présentés dans ce rapport permettent de conclure à l'absence de risque sanitaire lié aux composés volatils identifiés dans les sols.

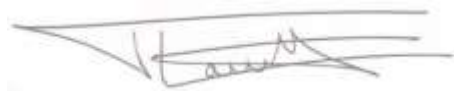
Ces résultats permettent de conforter l'efficacité des mesures de gestion proposées dans le rapport précité.

In fine, l'unique problématique retenue au droit du site DERICHEBOURG, situé rue de l'Ouche Buron sur la commune de Nantes (44), concerne les sols par contact direct et/ou envois particuliers.

A Cenon, le 4 avril 2017.

Rédaction

**Thomas LAMOTTE**  
**Chef de projets**



Correction et validation

**Renaud CHAPUIS**  
**Superviseur**



## Annexe I. Détail des prestations

La mission est réalisée conformément aux circulaires du Ministère en charge de l'Environnement du 8 février 2007.

Elle respecte également les exigences de la norme NF X31-620 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués ».

Les prestations effectuées par la société TERÉO sont définies ci-dessous :

DOMAINE A : Études, Assistance et Contrôles					
Offres globales de prestations					
<input type="checkbox"/>	AMO	Assistance à maîtrise d’ouvrage			
<input type="checkbox"/>	LEVE	Levée de doute			
<input type="checkbox"/>	EVAL	Évaluation environnementale lors d’une vente/acquisition d’un site			
<input type="checkbox"/>	CPIS	Conception d’un programme d’investigations et/ou de surveillance			
<input type="checkbox"/>	PG	Plan de Gestion			
<input type="checkbox"/>	IEM	Interprétation de l’État de Milieux			
<input type="checkbox"/>	CONT	Contrôle du programme d’investigations, de surveillance ou des mesures de gestion			
<input type="checkbox"/>	XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués			
Offres de prestations élémentaires					
Diagnostic de l'état des milieux			Évaluation des impacts sur les enjeux à protéger		
<input type="checkbox"/>	A100	Visite de site	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	A300	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	A110	Études historiques, documentaires et mémorielles	Analyses des enjeux sur les ressources environnementales	A310	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	A120	Étude de vulnérabilité des milieux	Analyses des enjeux sanitaires	A320	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	Identification des options de gestion possibles et réalisation d’un bilan coûts/avantages	A330	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines	Autres compétences		
<input type="checkbox"/>	A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments	Dossiers de restriction d’usage, de servitudes	A400	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol			
<input type="checkbox"/>	A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l’air ambiant et les poussières atmosphériques			
<input type="checkbox"/>	A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires			
<input type="checkbox"/>	A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées			

DOMAINE B : Ingénierie des Travaux de Réhabilitation		
Prestations élémentaires		
<input type="checkbox"/>	B001	AMO – Assistance à maîtrise d’ouvrage dans les phases de travaux
<input type="checkbox"/>	B100	Étude de conception
<input type="checkbox"/>	B110	Études de faisabilité technique et financière
<input type="checkbox"/>	B111	Essais de laboratoire
<input type="checkbox"/>	B112	Essai pilote
<input type="checkbox"/>	B120	AP – Études d’avant-projet
<input type="checkbox"/>	B130	PRO – Études de projet
<input type="checkbox"/>	B200	Établissement des dossiers administratifs
<input type="checkbox"/>	B300	Maîtrise d’œuvre en phase travaux
<input type="checkbox"/>	B310	ACT – Assistance aux Contrats de Travaux
<input type="checkbox"/>	B320	DET – Direction de l’Exécution des Travaux
<input type="checkbox"/>	B330	AOR – Assistance aux Opérations de Réception

## Annexe II. Classification des substances

Certaines substances sont dites CMR :

- Cancérogènes
- Mutagènes
- Reprotoxiques

Ci-dessous les définitions des classes de cancérogénicité de l'UE, de l'US EPA, du CIRC/IARC :

### Classification de l'Union Européenne (JOCE L110A) directive 93/21 du 27/04/93

- Première catégorie : substances que l'on sait être cancérogène pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition d'un cancer ;
- Deuxième catégorie : substances devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer. Cette présomption est généralement fondée 1), sur études appropriées à long terme sur l'animal, 2) sur d'autres informations appropriées ;
- Troisième catégorie : substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante. Il existe des informations issues d'études adéquates sur les animaux, mais elles sont insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie.

### Classification du Centre Internationale de Recherche sur le Cancer (CIRC/IARC/OMS) :

- Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme ;
- Groupe 2A : l'agent (ou le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme. Il existe des indices limités de cancérogénicité chez l'homme et des indices suffisants de cancérogénicité pour l'animal de laboratoire ;
- Groupe 2B : l'agent (ou le mélange) pourrait être cancérigène pour l'homme ;
- Groupe 3 : l'agent (ou le mélange) ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme ;
- Groupe 4 : l'agent (ou le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

### Classification de l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (US-EPA, 1986) :

- Classe A : substance cancérigène pour l'homme ;
- Classe B1 : substance probablement cancérigène pour l'homme. Des données limitées chez l'homme sont disponibles ;
- Classe B2 : substance probablement cancérigène pour l'homme. Il existe des preuves suffisantes chez l'animal et des preuves non adéquates ou pas de preuves chez l'homme ;
- Classe C : substances à possibilité cancérigène pour l'homme ;
- Classe D : substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme ;
- Classe E : substance pour laquelle il existe des preuves de non cancérogénicité pour l'homme.

En avril 1996, l'US EPA (IRIS) a proposé une nouvelle approche qui diffère sensiblement de la classification de 1986. Trois catégories descriptives remplacent les catégories précédentes (de A à E) :

- Connu/probable : utilisé quand les données disponibles sur les effets tumorigènes et d'autres points clés du développement d'un cancer apportent des arguments convaincants pour la potentialité cancérogène chez l'homme ;
- Ne peut être déterminé : utilisé lorsque les données suggèrent une potentialité, ou sont discordantes, ou insuffisantes quantitativement. Dès lors la démonstration ne peut apporter avec suffisamment de poids ;
- Improbable : utilisé lorsqu'en absence de données humaines suggérant un potentiel carcinogène, les données expérimentales non humaines permettent de pas retenir la cancérogenèse chez l'homme comme pertinente.

### Annexe III. Succession des étapes clefs du logiciel Risc

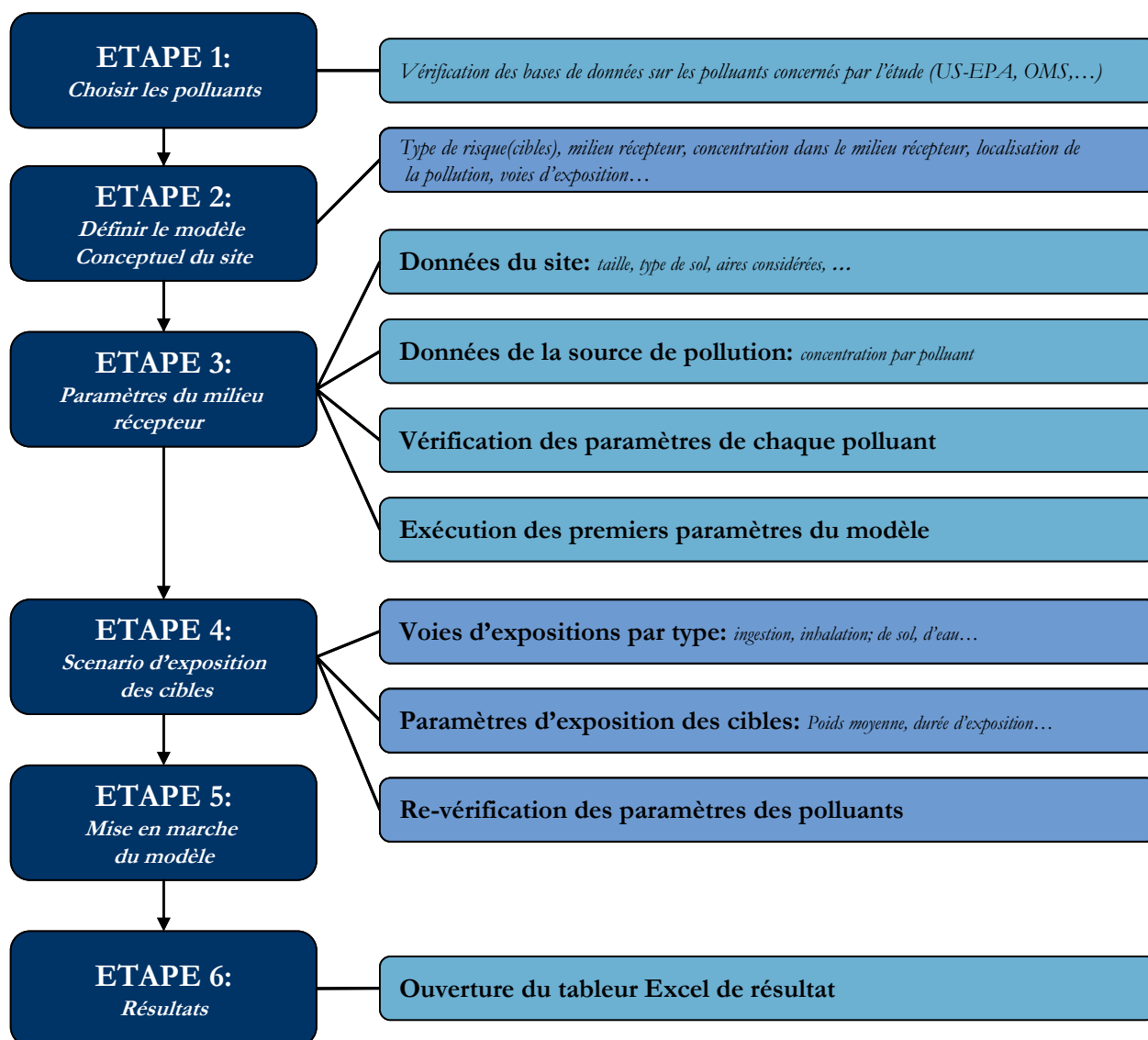


Figure n°12 : Diagramme de hiérarchisation des étapes principales du logiciel Risc  
(15.050.RA.002.02;fig20)



## ANNEXE IV. Modèle mathématique utilisé pour l'inhalation

Calcul du DJE pour l'inhalation :

$$CI = \frac{\sum_i (Ci * Ti) * T * Ef}{24 * Tm * 365}$$

Avec :

*CI : concentration moyenne inhalée théorique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

*Ci : concentration de la substance testée dans l'air (intérieur / extérieur) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

*Ti : durée d'exposition journalière à la substance dans l'air intérieur/extérieur (heures)*

*T : durée d'exposition théorique (année)*

*Ef : nombre de jours d'exposition théorique annuel (jour)*

*Tm : période de temps sur laquelle est moyennée l'exposition (année) (pour une substance à seuil d'effet  $Tm = T$  ; pour une substance sans seuil d'effet,  $Tm$  est assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans)*