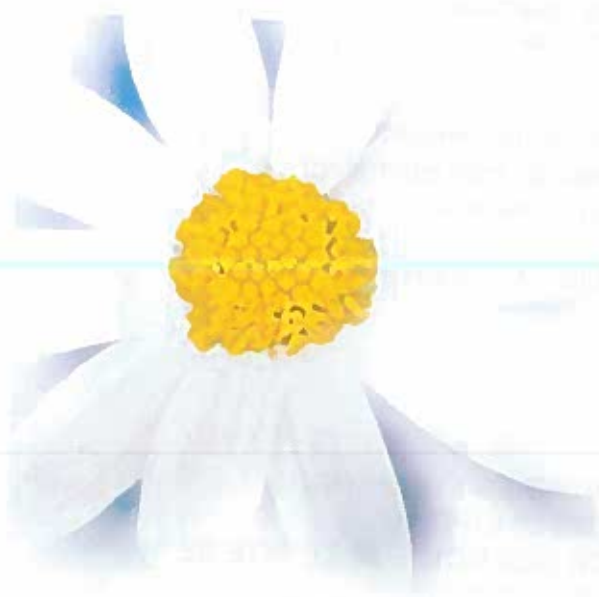


Reçu par mail le 29/6/12 (cf p.5)



YARA

3 avenue Jean Bonnefont

36100 Issoudun

A l'attention de M Rob de Bont

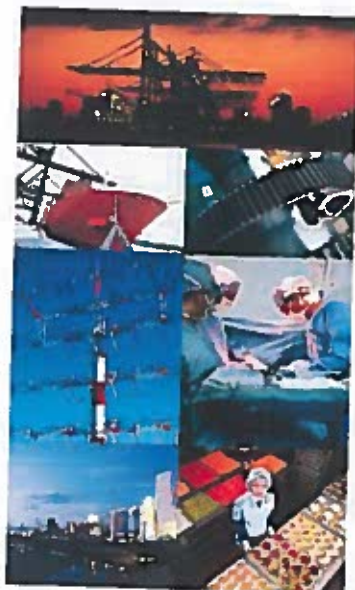
ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES POUR LES USAGERS DE L'HOPITAL D'ISSOUDUN (AVENUE JEAN BONNEFONT) APRES MISE EN PLACE DES MESURES DE GESTION SUR LE SITE YARA

(Démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) -
prestation élémentaire analyse des enjeux sanitaires A320 selon
NFX31-620-2 – juin 2011)

Démarche de gestion des sites et sols (potentiellement) pollués –
circulaire ministérielle et outils du 8 février 2007

Code prestation : 12250802 / EV0067

Version/date : 27/06/2012



**CETE APAVE NORD-OUEST
DIVISION CONSEIL - SERVICE ENVIRONNEMENT
SITES & SOLS POLLUES / SANTE / RISQUES CHRONIQUES
2 rue de Mouettes BP 98
76132 Mont-Saint-Aignan
02 35 52 60 60**

Les prestations d'étude, d'assistance et de contrôle (domaine A) relatives aux sites et sols pollués du CETE
APAVE NORD OUEST sont certifiées LNE suivant le référentiel de certification de service des prestataires dans
le domaine des sites et sols pollués. Plus d'information sur www.lne.fr



CETE APAVE NORD-OUEST
DIVISION CONSEIL - SERVICE ENVIRONNEMENT
2 rue de Mouettes BP 98
76132 Mont-Saint-Aignan
02 35 52 60 60

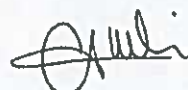
Lieu d'intervention :
Avenue Jean Bonnefont
36100 Issoudun

Date : 27/06/2012

**ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES ENCOURRUS
PAR LES USAGERS DE L'HOPITAL
APRES MISE EN PLACE DES MESURES DE GESTION SUR LE SITE DE YARA**
(Démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)
prestation élémentaire analyse des enjeux sanitaires A320 selon NFX31-620-2 – juin 2011)

Code prestation : 12250802 / EV0067

1 Exempleaire numérique
A l'attention de : M Rob de Bont

	Date	Signature
Chef de Projet : Aude Osselin	27/06/2012	
Superviseur : Stéphane Daubigny	27/06/2012	

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Objet de la modification
0	18/06/2012	Version provisoire pour avis du client
1	21/06/2012	Version suite relecture YARA
2	27/06/2012	Version suite à relecture YARA

SOMMAIRE

SYNTHESE NON TECHNIQUE	4
PRÉAMBULE MÉTHODOLOGIQUE CADRE ET CONTENU DE L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES	5
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA PRESTATION – PERIMETRE – CONTEXTE DE GESTION	6
2. RAPPEL DES ETUDES PREALABLES.....	6
3. SCHEMA CONCEPTUEL BASE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	8
3.1. Milieux d'exposition, voies de transfert et voies d'exposition pour l'extérieur du site	8
3.2. Sources retenues dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires	11
4. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	12
4.1. Réglementation et guides méthodologiques	12
4.2. Démarche méthodologique	12
4.3. Codes de calculs utilisés	13
4.4. Généralités sur les mécanismes de transfert des polluants (pour des composés volatils)	14
4.5. Identification des dangers	15
4.5.1. Identification et caractéristiques des sources	15
4.5.2. Identification des vecteurs et voies d'exposition retenues	15
4.5.3. Identification et caractéristiques des cibles.....	15
4.5.4. Scénarii d'exposition retenus	16
4.6. Relation dose / effets pour les substances	16
4.6.1. Caractéristiques physico-chimiques des éléments traceurs du risque retenus	16
4.6.2. Définition des Valeurs Toxicologiques de Références.....	17
4.7. Évaluation des expositions.....	19
4.7.1. Modèles de transfert / exposition utilisés et choix des données d'entrée.....	19
4.7.2. Détermination des doses d'expositions.....	19
4.8. Evaluation et caractérisation des risques.....	20
4.8.1. Résultats des calculs de risques.....	21
4.8.2. Scénario 1 : adultes et enfants résidants sur le site.....	22
4.8.3. Scénario 2 : travailleurs sur le site	23
5. CONCLUSION SYNTHESE NON TECHNIQUE	24
6. INCERTITUDES.....	25
6.1. Incertitudes portant sur la définition des cibles et des usages	25
6.2. Concentrations retenues	25
6.3. Caractéristiques physico-chimiques des polluants et valeurs toxicologiques de référence	25
6.4. Incertitudes liées aux modèles utilisés.....	25

SYNTHESE NON TECHNIQUE

ITEM	OBSERVATIONS
Client	YARA
Localisation du site	3 avenue Jean Bonnefont – 36100 Issoudun
Contexte de l'ARR	Cessation d'activité du site YARA
Etudes préalables / codifications selon NFX31-620-2	Diagnostic de site (A100, A110, A120, A200, A210, A220) : 10216931-10462895-EV0068 d'avril 2011 Plan de gestion (PG) : 11185464-EV0067 de juillet 2011 Analyse des risques résiduels (ARR) : 10347718-EV0067 de septembre 2011
Schéma conceptuel	
Sources	Anomalies en métaux lourds non recouvertes par les mesures de gestion
Vecteurs	Air - Envol de poussières
Cibles	Hors site : résidents de l'hôpital et travailleurs à l'hôpital
Polluants considérés	Métaux lourds dans les concentrations résiduelles après plan de gestion (cuivre, mercure, zinc, cobalt, sélénium)
Résultats A320	Quotients de danger totaux : $\sim 10^{-3}$, soit inférieurs à 0,2 (valeurs limites dans le cadre de l'interprétation de l'état des milieux, démarche hors site) ou inférieurs à 1 (valeur limite définie par les pouvoirs publics pour l'analyse des risques résiduels)
Servitudes / restrictions d'usages et d'exploitation	Les sources sont maintenues sur site sous des recouvrements qui doivent être maintenus en état. Les servitudes d'usages et d'exploitation sont décrites dans le rapport de plan de gestion 11185464/EV0067 en date du 2/09/2011
Surveillance environnementale	Suivi de la qualité des eaux souterraines
Limites /incertitudes	Prise en compte des concentrations sur le site YARA pour l'exposition sur le site de l'hôpital en l'absence de mesures et en l'état actuel des choses (hypothèse maximisante)

Observations sur l'utilisation de ce rapport :

Ce rapport ainsi que ses annexes constituent un ensemble indissociable. L'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de cet ensemble, ainsi que toute interprétation au-delà des indexations et énonciations ne sauraient engager la responsabilité de l'Apave.

PRÉAMBULE MÉTHODOLOGIQUE CADRE ET CONTENU DE L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES

(Démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) – Analyse des Risques Résiduels (ARR) - prestation élémentaire analyse des enjeux sanitaires A320 selon NFX31-620-2 – juin 2011)

La démarche d'évaluation des risques sanitaires appliquée à la gestion des sols pollués et aux installations classées en fonctionnement est un outil qui permet, compte tenu de la connaissance actuelle des effets des substances sur la santé humaine, de discriminer les substances plus problématiques et de hiérarchiser les actions à mener.

Compte tenu du contexte de gestion, sur la base :

- Du (ou des) schéma(s) conceptuel (s)
- Des prélèvements, analyses et observations (A200 à A260)
- Des résultats de l'analyse des enjeux sur les ressources en eaux (A300)

La prestation peut comporter :

- L'identification des dangers : recensement des effets sur la santé humaine des polluants identifiés
- La détermination des voies de contamination directes ou indirectes des populations susceptibles d'être affectées
- Une évaluation des expositions par la modélisation si le recours de la mesure n'est pas possible ou insuffisante
- Selon le contexte de la gestion, l'évaluation des risques actuels (dans le cadre de l'IEM) et prévisibles (dans le cadre de l'ARR) pour la population tenant compte des valeurs de gestion réglementaires en vigueur et, à défaut, par une évaluation quantitative des risques sanitaires
- La détermination en première approche des objectifs de dépollution.

Les méthodologies du 8/02/2007 distinguent deux démarches d'évaluation des risques sanitaires selon que l'on se situe sur le site ou en dehors du site.

Sur site : démarche EQRS/ARR : évaluation des risques prévisibles sur la base des usages prévus après mesures de gestion. Les risques sont évalués sur la base de quotients de danger et d'excès de risques individuels calculés par additivité des risques

Hors site : démarche IEM : évaluation des risques sur la base des concentrations rencontrées « hors site » sur la base des usages constatés. Les risques sont évalués sur la base d'une grille de calcul fournie par le ministère. L'additivité des risques ne doit pas être réalisée.

Dans le cadre de la présente étude, il s'agit d'une démarche hors site. Or, en raison de l'absence de données sur le site d'exposition (hôpital), ce sont les concentrations du site « source » qui sont utilisées. La démarche d'IEM n'est pas utilisée car elle ne permet pas de prendre en compte l'inhalation de poussières et donc l'exposition de personnes hospitalisées ou travaillant sur le site (cibles considérées dans le cadre de cette étude).

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA PRESTATION – PERIMETRE – CONTEXTE DE GESTION

La société YARA a cessé ses activités en 2010 sur son site d'Issoudun (36), 3 avenue Jean Bonnefont. Le site était soumis à autorisation pour la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Conformément aux articles R512-39-1 et suivants, YARA a proposé, dans le cadre de la réhabilitation du site, comme usages futurs des usages de type « industriel », c'est-à-dire non résidentiel et sans présence de cibles sensibles (enfants).

En 2010 et 2011, le site a fait l'objet d'un diagnostic de pollution des sols (rapport APAVE 10216931-10462895 en date d'avril 2011). Ce diagnostic a mis en évidence la présence d'anomalies en composés métalliques dans les sols et d'anomalies en hydrocarbures au niveau de l'ancienne cuve de fioul enterrée.

Le site a fait l'objet d'un plan de gestion (rapport APAVE n°11185464 en date du 18/07/2011), afin de déterminer les conditions de rétablissement de la compatibilité entre l'état du site et les usages futurs proposés. Ce plan de gestion a mis en évidence les mesures de gestion à mettre en œuvre pour rétablir la compatibilité du site avec les usages futurs prévus.

L'analyse des risques résiduels menée à la suite de ce plan de gestion a conclu à des risques sanitaires acceptables pour les futurs usagers du site.

L'ensemble de ces rapports a été transmis à l'administration, le 6/09/2011.

Suite aux réunions en présence du sous-préfet, de la DREAL et de la mairie d'Issoudun des 23/03/2012 et 22/05/2012, YARA souhaite connaître, en sus de la démarche présentée ci-avant, les risques sanitaires encourus par les usagers de l'hôpital pour les concentrations résiduelles après mesures de gestion.

La présente analyse de risques sanitaires ne porte que sur l'hôpital situé à côté du site YARA.

2. RAPPEL DES ETUDES PREALABLES

La synthèse des études documentaires et historiques réalisées sur le site YARA d'Issoudun est présentée dans le cadre du plan de gestion (chapitre 2).

Des investigations de terrain ont été réalisées en juin 2010. Il a été réalisé 30 sondages à 2 et 3 m de profondeur, représentant 63 mètres linéaires.

Une seconde phase d'investigations a été réalisée en décembre 2010 autour de la cuve de carburant afin de vérifier l'extension de l'anomalie en hydrocarbures, détectés en juin 2010.

Enfin des prélèvements ont été réalisés en mars 2011 au fond de la cuvette de rétention déportée et dans les merlons.

Le plan de gestion du site a permis de définir les mesures déjà prises dans le cadre du plan de gestion :

- Evacuation des remblais de pyrites sur une grande partie du site en 1995
- Excavation de la source en hydrocarbures au niveau de l'ancienne cuve de fioul enterrée en 2010
- Recouvrement de la zone de voies ferrées située derrière le bâtiment des superphosphates après suppression des voies ferrées (zone S17)
- Recouvrement de l'ensemble de la zone de déchets
- Remblai de la cuvette de rétention déportée par les merlons puis recouvrement par des terrains sains

Le plan ci-après récapitule ces mesures :

Figure 1 : Récapitulatif des mesures de gestions prises sur le site YARA d'Issoudun

3. SCHEMA CONCEPTUEL BASE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Les schémas conceptuels initial et final à l'issue des mesures de gestion sont présentés dans le plan de gestion pour le site YARA.

Pour l'extérieur du site, le schéma conceptuel est présenté ci-après.

3.1. Milieux d'exposition, voies de transfert et voies d'exposition pour l'extérieur du site

Sur la base des diagnostics précédents (usages des milieux et anomalies mises en évidence), les milieux d'exposition sont regroupés dans le tableau suivant :

Compartiment environnemental	Polluants et caractéristiques physico-chimiques principales (annexe 1)	Voies de transfert potentielles	Voie d'exposition potentielle	Cibles
Sol	Métaux lourds	Lixiviation vers les horizons profonds – constatée dans le piézomètre aval de la décharge	Pas d'usage de la nappe à l'extérieur du site (barrière hydraulique constituée par la rivière, pas de contamination de la rivière) – pas d'usage prévu des eaux souterraines sur le site.	Pas de cibles en aval (barrière hydraulique par la Théols)
		Envol de poussières	Contact cutané, ingestion de sol et inhalation de poussières de sol	Adultes travaillant sur le site, adultes et enfants résidents à l'hôpital
		Volatilisation vers air ambiant : pas de composés volatils	Inhalation de l'air extérieur et intérieur : pas de composés volatils	Pas de cibles
Eaux souterraines	Composés organiques (composés métalliques peu mobiles)	Migration des composés vers la nappe	Pas d'usage de la nappe à l'extérieur du site Hôpital situé à l'amont du site YARA	Pas de cibles
		Volatilisation des composés potentiellement présents dans la nappe vers l'air ambiant : pas de composés volatils dans la nappe	Inhalation d'air extérieur et intérieur : pas de composés volatils dans la nappe	Pas de cibles
Air	Métaux lourds dans les poussières Pas de composés volatils	Air intérieur	Inhalation de poussières Pas de composés volatils	Adultes travaillant sur le site, adultes et enfants résidents à l'hôpital
		Air extérieur	Inhalation de poussières Pas de composés volatils	Adultes travaillant sur le site, adultes et enfants résidents à l'hôpital
Eaux de surface	Pas d'anomalies mises en évidence	Eaux superficielles via la nappe	Pas d'usage sensible des eaux superficielles	Pas de cibles

Tableau 1 : Compartiments environnementaux et voies potentielles de transfert et d'exposition

Compte tenu des usages constatés, les milieux d'exposition potentiels retenus dans les scénarii sont les suivants (par adulte on entend les adultes travaillant sur le site et les adultes hospitalisés) :

Voies de transfert et d'exposition du schéma conceptuel « sur site »	Cibles	Scénario retenu	Commentaire/limites/recommandations/incertitudes
Ingestion de sol	Adulte	Oui (travailleurs uniquement)	On considère que les adultes et les enfants sur le site de l'hôpital sont hospitalisés, donc présents uniquement en intérieur.
	Enfant	Non	Les adultes travaillant sur le site de l'hôpital sont considérés comme exposés aux concentrations résiduelles dans les sols du site YARA après mesures de gestion (recouvrement partiel des sols du site YARA)
Contact cutané	Adulte	Non	En l'absence de données pour quantifier l'exposition et le risque associé, cette voie n'est pas retenue conformément aux recommandations du ministère de l'écologie.
	Enfant	Non	
Inhalation de sols – poussières	Adulte	Oui	Les poussières présentes sur le site sont considérées comme identiques à celles issues du sol du site YARA (en intérieur pour les adultes et enfants hospitalisés et en extérieur pour les adultes travaillant à l'hôpital) – hypothèse maximisante
	Enfant	Oui	
Inhalation de composés volatils en intérieur des bâtiments provenant des sols et des eaux souterraines	Adulte	Non	Absence de composés volatils
	Enfant	Non	
Inhalation de composés volatils espaces extérieurs provenant des sols et des eaux souterraines	Adulte	Non	Absence de composés volatils
	Enfant	Non	
Ingestion d'eau souterraine à partir de puits sur site	Adulte	Non	Pas d'usage prévu de la nappe sur le site de l'hôpital.
	Enfant	Non	Le risque de contamination des eaux souterraines est exclu car l'hôpital se trouve en amont de YARA
Ingestion de légumes produits sur site	Adulte	Non	Pas de jardins privatifs en raison des usages constatés (hôpital)
	Enfant	Non	
Transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable) et inhalation lors de la douche, ingestion eau et absorption cutanée	Adulte	Non	Absence de composés pouvant passer à travers les canalisations
	Enfant	Non	

Tableau 2 : Scénarii retenus dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires

La présente étude s'intéresse aux expositions des usagers de l'hôpital voisin (patients et travailleurs sur le site de l'hôpital), et non aux expositions des futurs usagers de l'actuel site YARA.

Le schéma conceptuel retenu dans le cadre de cette évaluation des risques sanitaires est présenté ci-après :

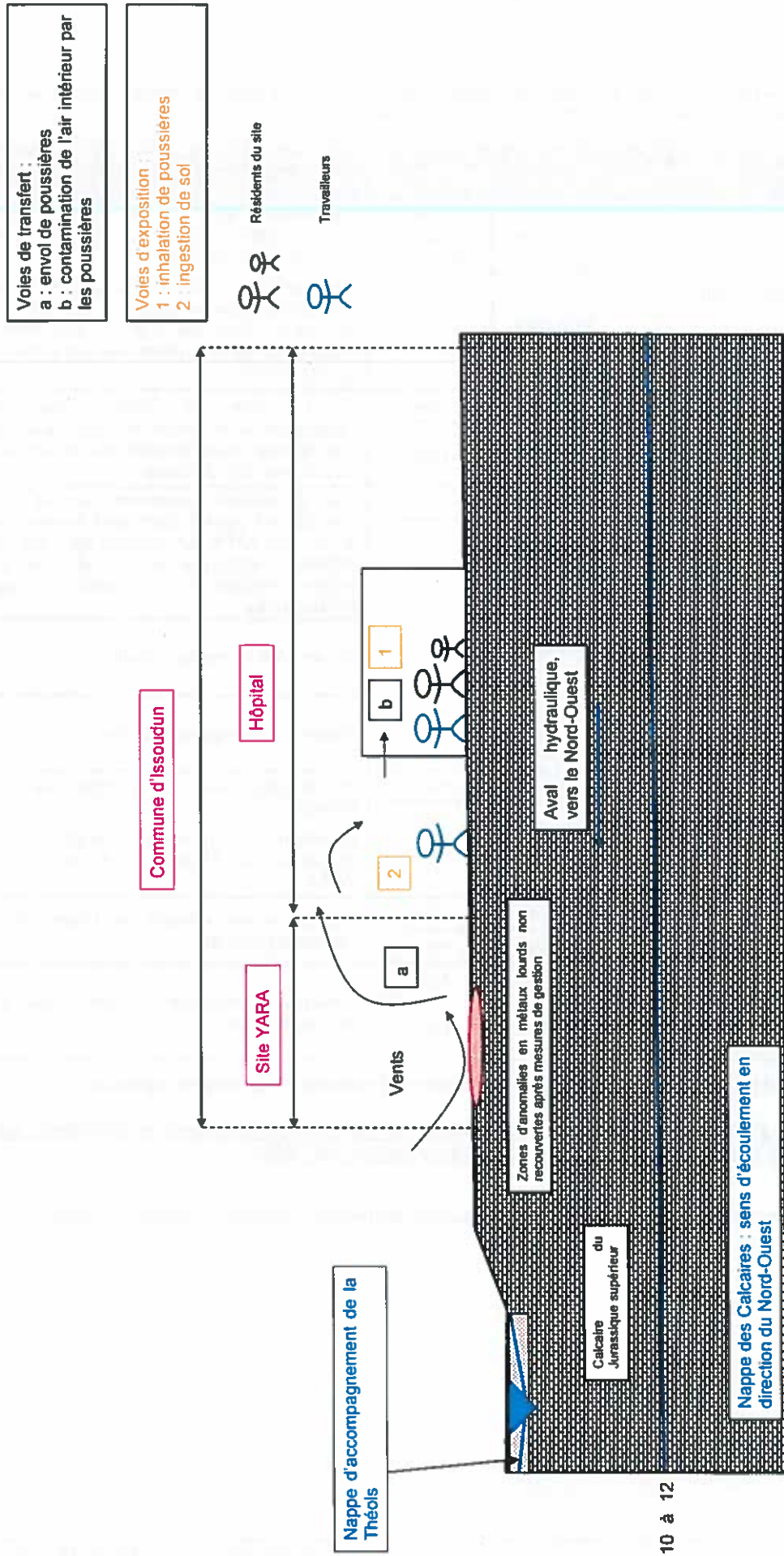


Figure 2 : Schéma conceptuel utilisé dans le cadre de l'étude

3.2. Sources retenues dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires

Les seules anomalies constatées à l'issue des diagnostics sont liées à la présence de métaux lourds.

Les mesures retenues dans le cadre du plan de gestion sont les suivantes :

Zone	Mesures retenues
« S17 »	Suppression de 2 voies ferrées sur 3 et remblai par des graves de granit compactées
Zone déchets	Pose d'un recouvrement sur l'ensemble de la zone
Cuvette de rétention déportée	Remblai de la cuvette par les merlons et recouvrement par des terrains sains

Les concentrations résiduelles sur le site, dans les zones non recouvertes sont les suivantes :

Métaux lourds	Concentration en mg/kg MS	Echantillon concerné
Cuivre	53	S26-A
Mercure	0,18	S26-A
Zinc	78	S29-A
Cobalt	3,8	S26-A
Sélénium	2	S26-A

4. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

4.1. Réglementation et guides méthodologiques

La présente étude se base, au moment de sa réalisation, sur la réglementation et les guides méthodologiques existants applicables. Les références sont précisées dans la bibliographie du présent rapport.

4.2. Démarche méthodologique

L'évaluation porte sur les risques sanitaires liés à l'exposition chronique des populations fréquentant l'hôpital (sensibles) aux substances à impact potentiel décelées lors des diagnostics environnementaux.

La méthodologie respecte les principes inscrits ou inspirés par les différents textes implicitement contenus dans le Code de l'Environnement :

- Le principe de prudence scientifique ; ce principe revient notamment à adopter en cas d'absence de données reconnues des hypothèses raisonnablement majorantes.
- Le principe de proportionnalité ; la présente étude se base sur les données disponibles liées aux moyens mis en œuvre par les différents acteurs sur le site.
- Le principe de spécificité ; la présente étude est pertinente par rapport aux usages futur du site et de son environnement.

L'évaluation des risques est menée dans le but de conclure sur un éventuel effet sur la santé (risque sanitaire) du site vis-à-vis de l'Homme (population sensible), lié à son exposition chronique⁽¹⁾ aux effets potentiels de ce site.

⁽¹⁾ Note sur la notion de chronique et subchronique.

Chez l'homme et chez l'animal la toxicité subchronique et chronique sont distinguées :

- La toxicité subchronique correspond aux effets d'une administration répétée à court terme.
- La toxicité chronique correspond aux effets d'une administration répétée à long terme et à faibles doses (exposition durable à un polluant).

En toxicité chronique on distingue les effets systémiques (substance à effet à seuil) des effets cancérogènes (sans seuils). De même une distinction doit être faite entre les valeurs d'exposition en milieu professionnelle et les valeurs d'exposition hors milieu professionnel.

Quatre étapes constituent la démarche d'évaluation des risques pour la santé (EQRS) :

1. L'identification du potentiel dangereux ou identification des dangers qui consiste à identifier des effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'Homme ;
2. L'évaluation de la relation dose-réponse : l'estimation de la relation entre la dose, ou le niveau d'exposition aux substances, et l'incidence et la gravité de ces effets ;
3. L'évaluation de l'exposition consiste à déterminer les voies de passage du polluant de la source vers la cible, ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition ;
4. La caractérisation des risques correspond à la synthèse des informations issues de l'évaluation de l'exposition et de l'évaluation de la toxicité sous la forme d'une expression qualitative et si possible quantitative du risque.

Pour un scénario donné, le risque sanitaire par substance est obtenu en procédant au calcul d'un Quotient de Danger (QD⁽²⁾) et de l'Excès de Risque Individuel (ERI⁽³⁾) et en comparant les résultats obtenus aux critères sanitaires en vigueur :

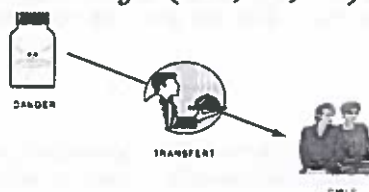
⁽²⁾ QD ou IR (Indice de Risque) : est calculé en faisant le rapport entre la Dose Journalière d'Exposition (D.J.E) ou la Concentration Moyenne dans l'Air (CMA ou CI) et la Valeur Toxicologique de Référence (V.T.R.) pour la voie considérée.

⁽³⁾ ERI : est calculé en multipliant la DJE ou la CMA par la valeur toxicologique (Excès de Risque Unitaire (ERU)).

Les modèles d'évaluation des risques pour la santé humaine reposent sur le concept « sources-vecteurs-cibles » :

1. Source de substances à impact potentiel,
2. Transfert des substances (par un « vecteur ») vers un point d'exposition,
3. Exposition à ces substances des populations (ou « cibles ») situées au point d'exposition.

$$R = f(D, T, C)$$



Les informations sur les « sources » sont extraites des résultats des investigations de terrain.

4.3. Codes de calculs utilisés

Les feuilles de calculs réalisées sous format « Excel » utilisées pour les évaluations des expositions et des risques se basent sur des modèles reconnus au niveau national et international (US EPA, RIVM, INERIS...) :

- RBCA (Risk Based Corrective Action), Code développé dans le cadre de l'approche RAGS (Risk Assessment Guidance for Superfund) de l'US-EPA (United State - Environmental Protection Agency), par l'ASTM (American Society for Testing and Materials, rapport E 1739-95) ;
- JOHNSON ET ETTINGER (1991) Johnson et Ettinger, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Environ. Sci. Technology, Vol. 25, n°8 : 1445-1452 ;
- HESP (Human Exposure to Soil Pollutants) - ECETOC - Technical Report - n°40 Hazard Assessment of Chemical Contaminants in Soil - European Centre for Ecotoxicology and Toxicology Chemicals - août 1990;
- VOLASOIL. Waitz, et al. (may 1996) : the VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatiles compounds, report 715810014.

Les équations de ces modèles sont disponibles et accessibles sur Internet. Ils font ou ont fait l'objet d'expertises par l'INERIS (cf. [bibliographie](#)). Leurs codes de calculs ont été intégrés sous format « Excel » par l'US EPA pour Johnson Ettinger (exemple : version 3 mars 2003...) ou sous format commercial dans des logiciels comme RISC4 (BP 2001) ou RISC-HUMAN (version 3.2 fourni par VAN HALL INTIUTE utilisant CSOIL et VOLASOIL) ou SHELL (HESP).

4.4. Généralités sur les mécanismes de transfert des polluants (pour des composés volatils)

Dans le sol non saturé en place, un polluant organique se trouve sous trois formes (bilan de masse triphasique) :

- Une fraction est fixée sur la matière solide du sol,
- Une autre se trouve en solution dans l'eau des pores de ce sol,
- Enfin, une partie est sous forme de vapeur dans l'air de ces pores.

La théorie montre que :

- Les fractions dissoutes et fixées sur le solide sont dans un rapport fonction de la teneur en carbone organique du sol (f_{oc}) et d'un coefficient de partage entre l'eau et ce carbone organique, dénommé Koc, caractéristique de la substance ;
- Les fractions vapeurs et dissoutes sont dans un rapport appelé constante de Henry de la substance considérée.

Mécanisme de transport - transfert diffusif

Phénomène de diffusion moléculaire : lorsque deux volumes d'air ayant des concentrations différentes en substances sont en présence, les substances se déplacent de façon à tendre vers une concentration homogène des deux volumes d'air (déplacement du à l'agitation brownienne).

Mécanisme de transport - transfert convectif

Phénomène induit par une différence de pression : le moteur de la convection est la différence de pression entre le sol et l'intérieur de l'habitation, entraînant un mouvement d'air depuis le sol vers le bâtiment. Les origines du gradient de pression sont :

- Les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'habitat,
- La surpression du vent sur les façades de l'habitat,
- La présence d'appareils de ventilation mécanique.

L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (E.Q.R.S.) se base sur ces notions pour notamment les calculs d'exposition par inhalation de vapeurs émises.

Il est à retenir également que les concentrations dans l'air du sol et dans le sol sont limitées par les valeurs correspondant à la limite de solubilité de la substance considérée dans l'eau (à l'équilibre). Cela signifie qu'au delà d'un certain niveau de pollution dans les sols ou les eaux souterraines, la concentration des vapeurs émises dans l'air du sol atteint un maximum et constitue donc une limite physique au scénario inhalation.

4.5. Identification des dangers

4.5.1. Identification et caractéristiques des sources

Les substances retenues pour l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires dénommées également éléments traceurs du risque sont issues des résultats des investigations réalisées lors des diagnostics de site.

Les composés sont retenus sur la base de :

- leur présence en tant qu'anomalie anthropique dans les sols,
- leur mobilité et notamment leur volatilité,
- leur toxicité, et la disponibilité de « Valeurs Toxicologique de Référence » (VTR) pour la voie d'exposition considérée.

On considère que les usagers de l'hôpital sont exposés à la source présente sur le site YARA (hypothèse maximisante en l'absence de données sur le site de l'hôpital).

Les concentrations retenues dans le cadre de l'étude ont été présentées au paragraphe 0.

Dans le cadre d'une démarche raisonnablement maximisante, sont prises en compte les teneurs maximales pour le milieu « Sols » considéré et pour chaque secteur.

Les caractéristiques des substances retenues comme éléments traceurs du risque sont présentées en annexe 1.

4.5.2. Identification des vecteurs et voies d'exposition retenues

La seule voie de transfert existant après mise en place des mesures de gestion est l'envol de poussières de sol vers l'air intérieur et l'air extérieur.

Les seules voies d'exposition sont alors l'inhalation de poussières dans l'air intérieur et dans l'air extérieur et l'ingestion de sol pour les travailleurs de l'hôpital.

4.5.3. Identification et caractéristiques des cibles

Les cibles à considérer sont :

- Les adultes et les enfants résidants à l'hôpital
- Les adultes travaillant sur le site.

Il est considéré que les cibles sont exposées aux concentrations du sol et aux concentrations en air intérieur (poussières de sol) dans les bâtiments.

4.5.4. Scénarii d'exposition retenus

Deux scénarii d'exposition ont été retenus dans le cadre de cette ARR :

- Scénario 1 : enfants et adultes résidants à l'hôpital présents en intérieur uniquement
- Scénario 2 : adultes travaillant sur le site présents en intérieur et en extérieur

Les caractéristiques de ces deux scénarii sont rassemblées dans le Tableau 3– budget espace - temps

Scénario 1	Scénario 2
Salarié travaillant à l'hôpital	Enfant puis adulte résidant à l'hôpital
Durée d'exposition : 40 ans	Durée d'exposition : 6 + 24 ans (enfant+adulte)
Exposés, 220 j/an 4h/j en intérieur 4h/j en extérieur	<u>Enfant en moyenne :</u> En intérieur : 24h/j, 365 jours/an [INERIS VCI (*)] <u>Adulte</u> En intérieur : 24h/j, 365 jours/an [INERIS VCI (*)]

Tableau 3 : Caractéristiques des deux scénarii d'exposition retenus

(*) Certains éléments d'exposition sont définis sur la base des documents suivants :

- o INERIS : Méthode de calcul des valeurs de Constat d'Impact dans les sols - novembre 2001 - INERIS DRC -01-25587/DESP-R01 ;
- o Méthode de calcul des VCI dans les sols - version 1 - GT Sols pollués - santé publique - 22/04/1999.

4.6. Relation dose / effets pour les substances

4.6.1. Caractéristiques physico-chimiques des éléments traceurs du risque retenus

Les évaluations de risque font intervenir un nombre important de paramètres, et notamment des paramètres relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques des substances. Les caractéristiques physico-chimiques des substances sont présentées en annexe 1.

4.6.2. Définition des Valeurs Toxicologiques de Références

Cette étape concerne d'une part la description des symptômes pouvant être observés suite à une exposition à long terme, d'autre part le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (V.T.R.).

On distingue conventionnellement deux grands types d'effets chroniques :

- les effets non cancérogènes procédant par des mécanismes non génotoxiques (et non mutagènes) : ces effets dits systémiques sont considérés comme ne survenant que si une certaine dose d'exposition est atteinte et dépasse les capacités de détoxification de l'organisme. Il existe un seuil d'exposition en dessous duquel le danger ne peut pas se manifester.
- les effets cancérogènes génotoxiques (et mutagènes) : ils ne sont pas considérés comme régis par un phénomène de seuil et peuvent apparaître quelle que soit la dose d'exposition. Dans ce cas, il existe une probabilité, infime mais non nulle, que l'effet se développe si une seule molécule pénètre dans le corps humain.

La relation dose-réponse est représentée par un indice, la Valeur Toxicologique de Référence (V.T.R.) dont la nature diffère selon l'effet :

- **Effet cancérogène ou sans seuil** pour lequel on définit un Excès de Risque Unitaire (ERU) : augmentation de la probabilité de l'effet sanitaire par unité d'augmentation de l'exposition. Pour le risque cancer, cet excès est conventionnellement calculé sur une vie entière (70 ans) ; pour d'autres effets, la durée est à préciser au cas par cas.
- **Effet systémique** pour lequel sont définies des doses ou concentrations de référence jugées sans danger, compte tenu des connaissances scientifiques du moment ; il s'agit de valeurs limites d'exposition (MRL en anglais - Minimum Risk Levels), de Doses Hebdomadaires Tolérables (DHT), de Doses Journalières Admissibles (DJA) ou de Concentrations Admissibles dans l'Air (CAA). Ces indices sont déterminés selon différentes procédures de calcul, à partir des Doses Sans Effet Nocif Observé (DSENO) ou des Doses Minimum avec Effet Nocif Observé (DMENO) constatées généralement chez l'animal.

Des organisations nationales ou internationales éditent des monographies qui présentent l'intérêt de faire une synthèse des connaissances acquises sur les produits chimiques et leur toxicité. On peut citer parmi les plus connues, l'US-EPA, l'ATSDR, l'OMS et ses agences spécialisées (CIRC et IPCS). Au niveau européen, on dispose des listes élaborées par l'Union Européenne et, au niveau national, ou par la Commission de Toxicovigilance et le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Des bases de données existent sur support informatique, accessibles en ligne (via le réseau Internet) ou sur CD-ROM.

La sélection des substances à prendre en compte dans l'évaluation quantitative du risque sanitaire est réalisée :

- selon la démarche de l'INERIS (rapport n° INERIS-DRC-08-94380-11776C en date du 17/03/2009)
- et conformément à la circulaire de la Direction Générale de la Santé n°DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006 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 des études d'impact ».

« L'objet de la sélection des traceurs du risque est d'évaluer les substances toxiques principalement émises qui sont des déterminants essentiels du risque potentiel lié au site. Les critères de sélection pour l'évaluation quantitative du risque pour la santé (EQRS) sont liés :

- A la toxicité des substances (bonne description, connaissances des mécanismes, littérature, base de données) ;
- A l'occurrence des effets associés aux substances en présence ;
- A la connaissance de la relation dose-effet attribuable à la substance, et le degré de confiance qui lui est associé ;
- A l'observation constatée de la substance dans l'environnement de l'installation, sa quantité émise ;
- A la spécificité de la substance par rapport à la source étudiée ;
- Au comportement de la substance dans l'environnement... »

La méthodologie de choix de la Valeur Toxicologique de Référence (V.T.R.) est la suivante :

- si une VTR existe dans les bases de données ATSDR, US-EPA (IRIS), OMS ou autre source de données des organismes experts français pour la voie d'exposition étudiée (INERIS...), la VTR la plus pénalisante est retenue ;
- en l'absence de données dans les sources citées ci-dessus, la VTR la plus pénalisante sera retenue parmi les valeurs du RIVM ou Health Canada ou OEHA.

Les Valeurs Toxicologiques de Référence disponibles et retenues dans le cadre de la présente Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires sont présentées dans le Tableau 4. La description des valeurs toxicologiques de référence est donnée en annexe 2.

Nota : Les composés résiduels dans les sols ne possèdent pas de VTR sans seuil, donc sont considérés comme sans effets cancérogènes. Aucun ERI ne sera donc calculé.

		VTR Ingestion à seuil	VTR Inhalation à seuil	VTR Ingestion sans seuil	VTR Inhalation sans seuil
	unité	mg/kg/j	mg/m3	(mg/kg/j)-1	(µg/m3)-1
Cuivre 7440-50-8	valeur	1,40E-01	1,00E-03	NC	NC
	organisme	RIVM, 2001	RIVM, 2000		
	organes cibles	Perte de poids	Système immunitaire et système respiratoire		
Zinc 7440-66-6	valeur	3,00E-01	NC	NC	NC
	organisme	USEPA, 1992			
	organes cibles	sang			
Mercure organique	valeur	1,00E-04	-	NC	-
	organisme	USEPA, 2001	-	-	-
	organes cibles	Système nerveux central	-	-	
Mercure inorganique	valeur	-	0,0003		
	organisme	-	USEPA, 1995		
	organes cibles	-	Système nerveux		
Cobalt 7440-48-4	valeur	1,40E-03	5,00E-04	NC	NC
	organisme	RIVM, 2001	ATSDR, 2004		
	organes cibles	Cœur	Poumon		
Sélénium 7782-49-2	valeur	5,00E-03	2,00E-02	NC	NC
	organisme	USEPA, 1991	OEHA, 2001		
	organes cibles	Ongles	Ongles		

Tableau 4 : Valeurs toxicologiques de référence

Le mercure n'est pas considéré comme volatil. Lors de la réalisation du diagnostic du site YARA des piézaires ont été mis en place et ont permis l'analyse du mercure volatil. Ce dernier n'a pas été détecté.

4.7. Évaluation des expositions

4.7.1. Modèles de transfert / exposition utilisés et choix des données d'entrée

Les modèles de transfert et d'exposition utilisés, selon les scénarii, sont présentés dans le Tableau 5. Les équations sont présentées en annexe 3 avec un exemple de feuille de calcul.

Modèle de transfert	Csoil
Evaluation de la contamination de l'air par des poussières venant du sol en extérieur et en intérieur	X

Tableau 5 : Modèles de transfert / exposition utilisées pour l'EQRS

Les données d'entrée pour le modèle de contamination de l'air intérieur et extérieur par les poussières sont données dans le tableau suivant :

	Extérieur	Intérieur	Source
Concentration des poussières dans l'air (mg/m ³)	0,07	0,0525	Csoil
Fraction de sol du site dans les poussières (-)	0,5	0,8	
Rétention dans les poumons	1	1	Pénalisant

Les données d'entrée pour l'évaluation de l'exposition par ingestion sont les suivantes :

	Source	Adulte
Facteur de biodisponibilité	Pénalisant	1
Taux d'ingestion de sol	Csoil	50 mg/j
Poids corporel	Csoil	70 kg
Rétention des poussières dans les poumons	Pénalisant	1

4.7.2. Détermination des doses d'expositions

A l'aide des concentrations d'exposition (environnement) et des facteurs d'expositions (facteurs humains), on détermine la quantité de polluant administrée (part de l'absorption). Cela correspond en fait à déterminer la quantité de polluant mise au contact des surfaces d'échanges (paroi alvéolaire, paroi intestinale, peau) de la population. D'une manière générale, les quantités de polluants administrées s'expriment sous la forme d'une Dose Journalière d'Exposition (DJE) pouvant se définir de la façon suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i \times Q_j \times F \times T}{P \times T_m}$$

Avec :

DJE_{ij} : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j (en mg/kg jour)

C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (eaux, sol, aliment,...) exprimée en mg/kg, mg/m³ ou mg/l

Q_j : quantité de milieu i, c'est à dire de sol, d'eau... administrée par la voie j par jour, exprimé en kg/jour pour les milieux solides et en m³/jour ou l/j pour les milieux gazeux ou liquides

F : fréquence ou taux d'exposition : nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours (sans unité)

P : poids corporel de la cible (kg)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années)

T : durée d'exposition (années)

Si, pour la voie d'exposition j, plusieurs milieux sont concernés, il faut alors calculer une DJE totale :

$$DJE_j = \sum_i DJE_{ij}$$

Dans le cas particulier de polluants atmosphériques et pour la voie unique d'exposition par inhalation, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions chroniques (longues durées), on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par :

$$CI = C_i \times t_i \times F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

CI = concentration moyenne dans l'air inhalé (mg/m³ ou µg/m³),

C_i = concentration dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (mg/m³),

t_i = fraction de temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée,

T : durée d'exposition (en années),

F : fréquence ou taux d'exposition nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours (sans unité),

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en années).

Pour les effets à seuil des polluants, les quantités administrées seront moyennées sur la durée de l'exposition (T_m = T).

Pour les effets sans seuil des polluants, T_m sera assimilé à la durée de vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans).

Cette distinction repose sur l'hypothèse d'un mécanisme d'action différent dans chacun des deux cas. Pour les effets à seuil, le risque est associé au dépassement d'une dose donnée pendant la période d'exposition. Pour les effets sans seuil, on considère que l'effet de chaque dose reçue isolément s'ajoute sans aucune perte et que la survenue de la réponse cancéreuse est fonction de la somme totale des doses reçues ; une forte dose sur une courte période produit le même effet qu'une plus faible dose reçue sur une période plus longue. Dans ce cas, le risque s'exprime sous la forme d'une probabilité d'occurrence qui augmente avec la dose reçue tout au long de la vie.

4.8. Evaluation et caractérisation des risques

Le danger est une propriété intrinsèque d'une substance. Le risque est une probabilité d'expression d'un danger qui dépend du potentiel dangereux et de l'exposition.

Estimation du risque pour les effets à seuil

Pour les effets à seuil, la possibilité de survenue d'un effet toxique chez la cible ne s'exprime pas par le calcul d'une probabilité. Cette probabilité de survenue est représentée par un quotient de danger QD.

$$QD = DJE / Rfd$$

Lorsque cet indice est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut plus être exclue.

Estimation du risque pour les effets sans seuil

Pour les effets sans seuil, un excès de risque individuel (ERI) est calculé en multipliant la dose journalière d'exposition (DJE) par l'excès de risque unitaire par voie orale (ERU_o) ou la concentration inhalée (CI) par l'excès de risque unitaire par inhalation (ERU_i).

$$ERI = DJE \times ERU_o \text{ ou } ERI = CI \times ERU_i$$

Aux faibles expositions, l'hypothèse est faite d'une relation linéaire entre l'effet et l'exposition, l'ERU_o et l'ERU_i sont donc des constantes.

L'ERI représente la probabilité qu'un individu a de développer l'effet associé à la substance pendant sa vie du fait de l'exposition considérée.

4.8.1. Résultats des calculs de risques

Les quotients de danger (QD) et les excès de risque individuels (ERI) calculés pour chaque substance et pour chaque scénario sont présentés dans la suite.

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

- Pour les effets à seuil : à l'addition des quotients de danger, uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible,
- Pour les effets sans seuil : à l'addition de tous les excès de risque individuel.

Source : Circulaire du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable du 8 février 2007.

En première approche maximisante, les quotients de danger ont été additionnés sans distinction des mécanismes d'action et des organes cibles.

Rappel : Circulaire du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable du 8 février 2007.

Les critères d'acceptabilité des risques calculés sont ceux qui sont usuellement retenus au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé. Ces critères doivent donc impérativement être les suivants :

- Pour les effets à seuils, le quotient de danger théorique doit être inférieur à 1 ; l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue lorsque la valeur du quotient de danger est supérieure à 1 ;
- Pour les effets sans seuils, l'excès de risque individuel théorique doit être inférieur à 1.10^{-5} (probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées).

De plus dans le cadre d'exposition hors site et dans la démarche de l'IEM (Interprétation de l'Etat des Milieux, démarche pour des expositions à l'extérieur d'un site industriel pour des usages constatés et fixés), le ministère a défini des intervalles de gestion, présentés dans le tableau ci-dessous (Source guide IEM, V0, 8/02/2007) :

Intervalle de gestion des risques Substances		L'interprétation des résultats	Les actions à engager	
à effet de seuil	sans effet de seuil		Sur les milieux	Sur les usages
Inférieur à 0,2	Inférieur à 10 ⁻⁶	L'état des milieux est compatible avec les usages constatés	S'assurer que la source de pollution est maîtrisée	la mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels qui sont compatibles avec l'état des milieux
Compris entre 0,2 et 5	Compris entre 10 ⁻⁴ et 10 ⁻⁶	Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion	Le retour d'expériences La mise en œuvre de mesures de gestion simples et de bon sens La réalisation d'une évaluation quantitative des risques réfléchie peut permettre de gérer la situation sans mener des actions lourdes	la mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels qui sont compatibles avec l'état des milieux
Supérieur à 5	Supérieur à 10 ⁻⁴	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages	La définition et la mise en œuvre d'un plan de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages	
Dans tous les cas, il convient de s'assurer que la source de pollution est maîtrisée				

4.8.2. Scénario 1 : adultes et enfants résidents sur le site

Les quotients de danger ont été additionnés sans distinction des organes cibles et des modes d'action. Par principe de précaution, cette démarche est sécuritaire et maximisante, par rapport à la démarche préconisée dans le guide IEM (Interprétation de l'Etat des Milieux du 8/02/2007 V0) qui recommande (dans le cadre de l'utilisation de la grille de calcul) de ne pas procéder à l'additivité des risques liés aux différentes substances d'une même voie d'exposition, ni à l'additivité des risques entre les différentes voies d'exposition.

Les quotients de danger sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Substances	Enfants hospitalisés			Adultes hospitalisés		
	Concentration d'exposition	VTR	Quotient de danger	Concentration d'exposition	VTR	Quotient de danger
	mg/m3	mg/m3	sans unité	mg/m3	mg/m3	sans unité
Cuivre	2,23E-06	1,00E-03	2,23E-03	2,23E-06	1,00E-03	2,23E-03
Mercure	7,56E-09	3,00E-04	2,52E-05	7,56E-09	3,00E-04	2,52E-05
Zinc	3,28E-06	ND	ND	3,28E-06	ND	ND
Cobalt	1,60E-07	5,00E-04	3,19E-04	1,60E-07	5,00E-04	3,19E-04
Sélénium	8,40E-08	2,00E-02	4,20E-06	8,40E-08	2,00E-02	4,20E-06

	Enfants	Adultes
QD total	2,57E-03	2,57E-03

QD : quotient de danger

Les quotients de danger totaux sont inférieurs (d'un facteur 100) aux différentes valeurs limite définies et sont donc compatibles en termes de risque sanitaire sur la base des hypothèses retenues et des données disponibles pour l'exposition des résidents de l'hôpital.

4.8.3. Scénario 2 : travailleurs sur le site

Les quotients de danger sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Substances	Ingestion			Inhalation de poussières extérieures			Inhalation de poussières intérieures		
	Concentration d'exposition	VTR	Quotient de danger	Concentration d'exposition	VTR	Quotient de danger	Concentration d'exposition	VTR	Quotient de danger
	mg/kg/j	mg/kg/j	sans unité	mg/m3	mg/m3	sans unité	mg/m3	mg/m3	sans unité
Cuivre	2,28E-05	1,40E-01	0,00016299	1,86E-07	1,00E-03	0,00018635	2,24E-07	1,00E-03	0,00022362
Mercure	7,75E-08	1,00E-04	0,00077495	6,33E-10	3,00E-04	2,1096E-06	7,59E-10	3,00E-04	2,5315E-06
Zinc	3,36E-05	3,00E-01	0,00011194	2,74E-07	ND	ND	3,29E-07	ND	ND
Cobalt	1,64E-06	1,40E-03	0,00116858	1,34E-08	5,00E-04	2,6721E-05	1,60E-08	5,00E-04	3,2066E-05
Sélénium	8,61E-07	5,00E-03	0,00017221	7,03E-09	2,00E-02	3,516E-07	8,44E-09	2,00E-02	4,2192E-07

	Travailleurs
QD total	2,86E-03

QD : quotient de danger

Le quotient de danger total est inférieur aux différentes valeurs limite définies et sont donc compatibles en terme de risque sanitaire sur la base des hypothèses retenues et des données disponibles pour l'exposition des travailleurs à l'hôpital.

5. CONCLUSION SYNTHÈSE NON TECHNIQUE

La société YARA a cessé ses activités sur son site d'Issoudun. Dans le cadre de cette cessation d'activité, YARA a fait réaliser un plan de gestion et a proposé des usages futurs de type « industriel », c'est-à-dire non résidentiel et sans présence de cibles sensibles (enfants).

Le site a fait l'objet d'un plan de gestion, des mesures de gestion ont été mises en œuvre pour rétablir une compatibilité de l'état des sols avec les usages futurs prévus, de type industriel, usage non sensible (rapport APAVE 11185464-EV0067 de juillet 2011). Les mesures ont été validées sur le plan sanitaire par une analyse des risques résiduels (annexée au plan de gestion du site).

YARA a également souhaité connaître les risques sanitaires encourus par les usagers de l'hôpital présents à proximité du site.

Les hypothèses du calcul sont les suivantes :

- données disponibles sur le site à la date de la rédaction du rapport (concentrations dans les sols, caractéristiques des sols)
- usages constatés du site (adultes et enfants hospitalisés et adultes travaillant sur le site)

Cette analyse des risques résiduels tient compte des différentes mesures de gestion prévues sur le site YARA dans le cadre du plan de gestion.

Les résultats de l'EQRS sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Scénario 1 : adultes et enfants résidents sur le site :

Scénario d'exposition	Cible	Quantification du risque QD total et ERI	Risques sanitaires acceptables ou inacceptables
Résidents	Enfants	QD : 2,57.10 ⁻³	Acceptable
	Adultes	QD : 2,57.10 ⁻³	Acceptable

Tableau 6 : Résultats de l'évaluation des risques

Scénario 2 : adultes travaillant sur le site :

Scénario d'exposition	Cible	Quantification du risque QD total et ERI	Risques sanitaires acceptables ou inacceptables
Travailleurs	Adultes	QD : 2,86.10 ⁻³	Acceptable

Ces deux scénarios sont les plus défavorables car les concentrations sur le site de l'hôpital sont fort probablement inférieures aux concentrations résiduelles retrouvées dans le sol sur le site de l'usine.

Pour l'ensemble des scénarios considérés (résidents de l'hôpital ou travailleurs), avec les hypothèses retenues (maximisantes), les teneurs résiduelles dans les sols du site YARA sont compatibles avec les usages existants de l'hôpital voisin.

6. INCERTITUDES

6.1. Incertitudes portant sur la définition des cibles et des usages

L'évaluation quantifiée des risques sanitaires a été menée en considérant les caractéristiques des aménagements existants, sur le site voisin de YARA.

6.2. Concentrations retenues

Les concentrations retenues dans les sols pour les calculs de risques sont les valeurs maximales résiduelles, après mise en place des mesures de gestion.

Les substances non détectées dans les sols (concentration inférieure à la limite de quantification) n'ont pas été prises en compte à ce niveau de l'EQRS.

6.3. Caractéristiques physico-chimiques des polluants et valeurs toxicologiques de référence

En ce qui concerne les valeurs physico-chimiques et toxicologiques, la valeur la plus pénalisante a été retenue à chaque fois que nous disposions de plusieurs sources de données, dans la limite où cette valeur a été validée par un organisme international.

Les relations dose-réponse utilisées dans la présente étude sont celles disponibles en l'état actuel des connaissances.

6.4. Incertitudes liées aux modèles utilisés

Le modèle utilisé est un modèle empirique défini par Csoil, sur la base de facteurs de concentration de poussières dans l'air ambiant. Ces facteurs ont été définis sur la base d'études réalisées par le RIVM.

BIBLIOGRAPHIE

Réglementation

Code de l'Environnement

Circulaire du **8 février 2007** relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués

Circulaire du **8 février 2007** relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles.

Circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du **30 mai 2006** 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 des études d'impact.

Guides et rapports (liste non exhaustive - cf. portail Internet site et sols pollués Ministère de l'Ecologie et de Développement Durable)

Ministère de l'Ecologie et de Développement Durable - guides relatifs aux « Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués » - **8 février 2007**

INERIS - rapport d'étude n° INERIS-DRC-05-41113-ETSC/R01a - pratique INERIS de choix des valeurs toxicologiques de référence dans les évaluations de risque sanitaire - **21/03/06**

INERIS - Formation RC06 « EQRS liée aux sites et sols pollués » - Session 2010 (septembre-octobre 2010) - divers supports de formations

INERIS – rapport d'étude DRC-08-94380-11776C – **17/03/2009** – point sur les valeurs toxicologiques de référence (VTR) mars 2009

INERIS - Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols - MATE - **novembre 2001**

Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes - applications dans un contexte d'Evaluation Détaillée des Risques pour les ressources en eau - document du BRGM 300 - **2001**

Guide « Gestion des sites pollués - Diagnostic approfondi et Evaluations Détaillées des Risques » (Version 0 de juin 2000).

Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols - document général - version 1 - GT sols pollués - santé publique - **22/04/99**

National Institute of Public Health and the environment Bilthoven, The Netherlands - report n°715810014 - the VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds - MFW Waitz, JI Freijer, P Kreule, FA Swartjes - **may 1996**

OPPBTP – Intervention sur sols pollués – prévention du risque chimique – janvier 2012

Conditions d'utilisation du rapport

Le présent rapport (dans son intégralité) :

- *est réalisé pour le donneur d'ordre selon le contrat passé avec le CETE APAVE NORD OUEST*
- *est la propriété exclusive du donneur d'ordre*
- *est basé sur les limites et incertitudes à la date de sa rédaction des :*
 - *connaissances techniques, réglementaires, normatives et scientifiques disponibles et applicables...*
 - *informations transmises au CETE APAVE NORD-OUEST*
- *est limité à une emprise spatiale précise à la date de son élaboration*

Le présent rapport est un tout indissociable, une utilisation partielle ou toute interprétation, ou décisions prises à l'issue de son élaboration et/ou en dehors de ses limites de validité ne saurait engager la responsabilité du CETE APAVE NORD-OUEST.

ANNEXES