FUJIFILM

DREAL CENTRE
UT du Cher et de l'Indre
COURRIER ARRIVE LE
13 FEV. 2013
à BOURGES

DREAL
Unité territoriale du Cher
à l'attention de M. Ludovic MARCELIUS
6 place de la Pyrotechnie
CS 70004
18021 BOURGES Cedex

Bois d'Arcy, le 11.02.13

Objet : Cessation d'activité – FUJIFILM France – 143 rue André Charles Boulle 18230 SAINT DOULCHARD

Monsieur,

Suite à votre visite de notre ancien site de St Doulchard et à votre courrier du 07/11/12 veuillez trouver ci-joint le rapport SOCOTEC : « Analyse quantitative des risques bruts – Risques sur la santé humaine ».

Nous envoyons ce jour copie de ce rapport à la Préfecture du Cher.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, nos sincères salutations.

Didier MARGOTTIN
Directeur Environnement Industriel

→ Sub 18-1
LM et avec l'usage actuel c'est acceptable ? oui

FUJIFILM France S.A.S.
Siège Social - 16 rue Etienne Jules Marey BP 34 - 78391 BOIS D'ARCY Cedex - Tél. : 01 30 14 34 56 - Fax : 01 34 60 16 60 - www.fujifilm.fr - www.fujifilmnet.com
RCS Versailles B308 208 917 - S.A.S. au capital de 9.740.592 € - SIREN 308 208 917 - TVA Intra Communautaire FR 65 308 208 917

SOCOTEC

Bureau HSE Région Centre
5 Rue René Cassin
BP 70001
37390 NOTRE DAME D'OÉ
Tél. : 02.47.70.40.40
Fax : 02.47.70.40.49

FUJIFILM

Site :
143 rue André Charles Boulle
18 230 SAINT DOULCHARD

RAPPORT

Sites et Sols potentiellement pollués – Evaluation des impacts sur les enjeux à protéger
Analyse quantitative des risques bruts – Risques sur la santé humaine
Mission codifiée A320 selon la norme NFX 31-620

- Référence du site : 143 rue André Charles Boulle – 18 230 SAINT DOULCHARD
- Contact : M. MARGOTTIN

- Numéro de dossier : EAG 3286
- Référence du rapport : D13KB/13/020
- Date d'intervention : Décembre 2012
- Date d'édition du rapport : Février 2013

Détermination des risques sanitaires pour les riverains liés à la présence de contamination au droit du site

Vous avez fait appel à nos services et nous vous en remercions
Pour tout complément d'information, votre interlocuteur Socotec est à votre disposition

Vers. 01

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

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

- Superviseur : **Didier REMONT**
- Chef de projet interlocuteur : **Ketty SCHADEGG**
- Rédacteur du rapport : **Ketty SCHADEGG**
- Intervenants : **Ketty SCHADEGG**

▶ Ce rapport comporte 29 pages (annexes comprises) dont 6 pages d'annexes.	
▶ Numéro d'intervention	12/50102
▶ Nombre d'exemplaires	2
▶ Copies : /	
▶ Compléments : /	

Glossaire :

***Contamination** : présence de substance non présente naturellement dans les sols*

***Pollution** : présence de substance non présente naturellement dans les sols entraînant un risque inacceptable pour les cibles à protéger*

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 de SOCOTEC ne sauraient engager la responsabilité de cette dernière.

SOMMAIRE

1 RESUME TECHNIQUE ET NON TECHNIQUE 4

2 PRESENTATION DU SITE 5

3 SCHEMA CONCEPTUEL 8

4 METHODE DE CHOIX DES SUBSTANCES – ANALYSE PREALABLE 9

5 EVALUATION DES DANGERS DES SUBSTANCES CHOISIES 13

6 EVALUATION DES RELATIONS DOSES ET EFFETS ET REPONSES DES SUBSTANCES CHOISIES ... 15

7 EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX SUBSTANCES CHOISIES 16

8 EVALUATION DES RISQUES 17

9 CALCULS DES RISQUES ET INCERTITUDES LIES AUX SUBSTANCES CHOISIES POUR LA SITUATION TEMOIN 19

10 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 21

11 ANNEXES 23

1 RESUME TECHNIQUE ET NON TECHNIQUE

RESUME	
Intitulé de la mission :	Sites et Sols potentiellement pollués Evaluation des impacts sur les enjeux à protéger – Analyse quantitative des risques bruts – Risques sur la santé humaine
Code mission :	A320 - selon la norme NFX31-620 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »
Nom et adresse du client :	FUJIFILM 16 Rue Etienne Jules Marey BP 34 78 390 BOIS D'ARCY
Localisation du site :	Ex. FUJIFILM 143 rue André Charles Boulle 18 230 SAINT DOULCHARD
Référence cadastrale	Parcelles 20 et 21 – section CE
Surface du site :	5 000 m² dont environ 2 700 m² de bâti
Usage passé :	Laboratoire régional de développement de photographies
Usage actuel du site :	G.E.D.H.I.F. (Groupement d'Entraide Départemental aux Handicapés Inadaptés et à leurs Familles) Atelier de travail pour personnes handicapées
Usage futur du site :	Il n'est pas prévu de changement d'usage de ce site
Sous-traitant :	/
Référentiels méthodologiques :	○ **Textes du ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (8 février 2007) :** - Note ministérielle « Sites et sols pollués – Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués » et ses trois annexes. - Circulaire relative à l' « implantation sur sols pollués d'établissements accueillent des populations sensibles ». ○ **Norme NF X 31-620 de juin 2011 :** « Qualité des sols – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » ○ **Norme homologuée NFISO19258 (classement X31-606)** relative au bruit de fond de mars 2006 ○ **Référentiel Certification SSP LNE du 30 mai 2011** ○ **Des normes et fascicules documentaires AFNOR de la série X 31 (sols pollués) et X 30 (déchets).**
Référentiels législatifs, réglementaires, techniques	Fonds géochimiques naturels, INRA 2008, INERIS 2004, JDAC 2001, BRGM 1995, limites de détection
Milieu investigué	Sols et eaux souterraines
Constats / Contaminants présents :	Sulfates dans les eaux souterraines et les sols, Bromures dans les eaux souterraines et les sols, Argent non pris en compte suite à évacuation des terres contaminées, Traces d'hydrocarbures dans les eaux souterraines.
Voies d'exposition retenues :	Scénario d'habitation avec jardin : - exposition aux sols contaminés ; - exposition aux eaux souterraines contaminées ;
Conclusion de l'évaluation sanitaire :	Risque inacceptable en cas d'ingestion d'eaux souterraines Risque acceptable pour l'ingestion de sols
Recommandations :	Mise en place de servitude vis-à-vis de l'usage des eaux souterraines Réalisation de 2 campagnes de prélèvement d'eaux souterraines pour valider la teneur en hydrocarbures inférieure au seuil de potabilité

2 PRESENTATION DU SITE

2.1 Identification

2.1.1 Demandeur

FUJIFILM
16 Rue Etienne Jules Marey
BP 34
78 390 BOIS d'ARCY

2.1.2 Site d'intervention

Ex. FUJIFILM
143 rue André Charles Boulle
18 230 SAINT DOULCHARD

2.1.3 Description du site d'intervention

Le site est localisé dans la zone artisanale et industrielle n°1 d'Asnière (ZI « Malitorne »), à l'Est de la commune de Saint Doulchard (18), et en périphérie Nord de la commune de Bourges.

Il occupe les parcelles 20 et 21 de la section CE.

D'une superficie d'environ 5 000 m², le site présente un unique bâtiment d'environ 2 700 m². Les surfaces sont entièrement imperméabilisées (parking), à l'exception des terres sur l'arrière du bâtiment (coté Est), et d'une bande végétale décorative en façade avant.

2.1.4 Description des activités du site d'intervention

L'activité de la société FUJIFILM sur ce site était la production des développements de pellicules photographiques (argentiques) et de diapositives.

Cette activité nécessitait l'usage de plusieurs produits chimiques dont des révélateurs, fixateurs, correcteurs de couleurs, …

Le site a été revendu suite au départ de la société FUJIFILM et est désormais la propriété du GEDHIF (Groupement d'Entraide Départemental aux Handicapés Inadaptés et à leurs Familles) qui l'utilise comme ateliers de travail pour personnes handicapées.

2.2 *Présentation de la mission*

2.2.1 Objectif

Dans le cadre de la cessation d'activité et de la vente du site d'exploitation de la société FUJUFILM, et suite à l'observation de contaminations des sols au droit du site lors d'investigations précédentes, il est demandé par la DREAL de s'assurer de l'absence de risques sanitaires pour les riverains liés à cette contamination.

Cette mission est réalisée selon le contrat référencé ENVS-2/12-266.

Référence et date limite de la validité de la certification LNE :

- Certificat n°22411 révision 1 – validité juillet 2015 – Domaine « Etudes, assistance et contrôle »
- Certificat 22439 révision 1 – validité 5 juillet 2015 – Domaine « Ingénierie et travaux de réhabilitation »

2.2.2 Référentiel

Textes du MEDD du 8 février 2007

Normes homologuées NF X31-620 de juin 2011

Référentiel Certification SSP LNE du 30 mai 2011

Guide du MEDD « La démarche d'analyses des risques résiduels » V0 de février 2007

Circulaire 2006/234 du 30 mai 2006

2.2.3 Intervenants SOCOTEC

Ketty SCHADEGG, Chargée d'affaires HSE, Chef de projet dans le domaine des Sites et Sols Pollués.

2.2.4 Intervenants autres

Néant

2.2.5 Synthèse des études précédentes

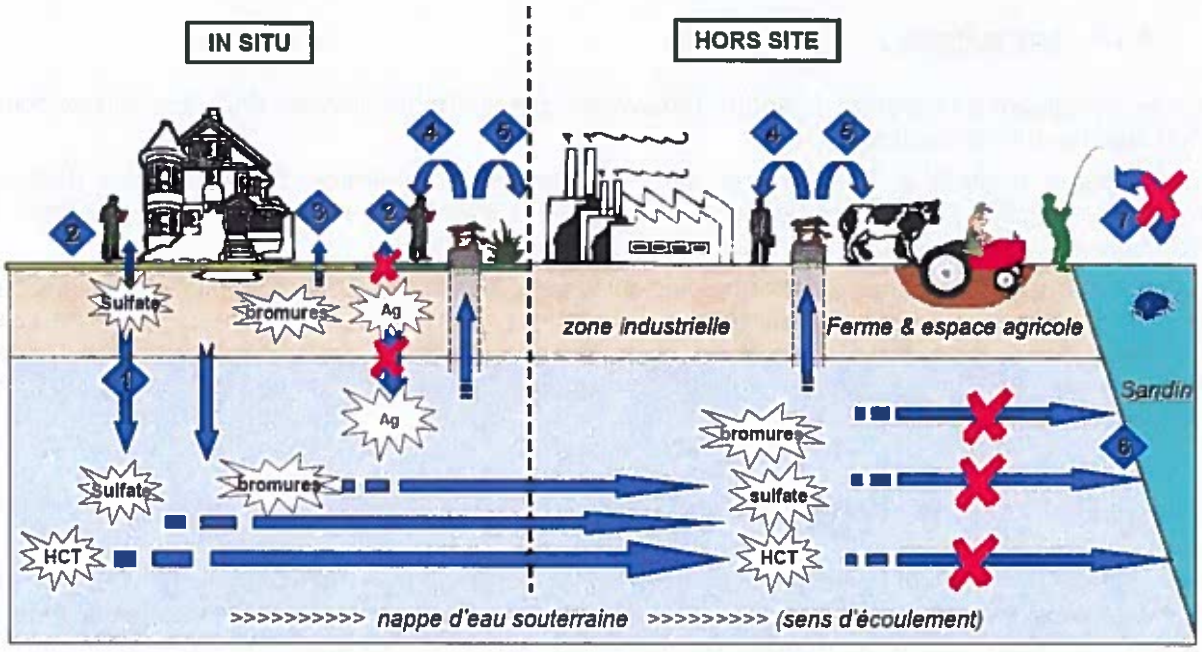
Le tableau suivant reprend les études antérieures menées sur ce site :

Date	*Objet*	*Référence du dossier*	*Conclusion(s)*
Mars 2007	Diagnostic initial	S220180	Contamination des sols par des sulfates, des bromures et de l'argent
Octobre 2007	Dossier de cessation d'activité	S220183	Mise en sécurité du site effectuée
Mai 2007	Diagnostic complémentaire	S226712	Contamination généralisée des sols par les sulfates et les bromures. Contamination à l'argent très localisée.
Février 2008	Pose de piézomètre	S237797	Contamination par les sulfates et les bromures de la nappe superficielle. Pas d'usage sensible de la nappe identifié.
Août 2008	Campagne de prélèvement et d'analyse des eaux souterraines	S250555	Contamination par les sulfates et les bromures de la nappe superficielle.
Février 2009	Campagne de prélèvement et d'analyse des eaux souterraines	S264323	Contamination par les sulfates et les bromures de la nappe superficielle. Une forte présence d'hydrocarbures a été détectée sur le piézomètre 4.
Mai 2009	Pompage de 4,5 m^3 d'eau dans le piézomètre 4 afin d'éliminer les hydrocarbures.	*(société ISS)*	Les BSD ont été fournis.
Juin 2009	Campagne de prélèvement et d'analyse des eaux souterraines	S269575	Contamination par les sulfates et les bromures de la nappe superficielle. La teneur en hydrocarbure a diminué sur le piézomètre 4.
Janvier 2010	Plan de Gestion	S269575	Synthèse des voies de transfert possibles de la contamination : - Inhalation / ingestion d'argent sur l'arrière du site ; - Ingestion d'eau souterraine contaminée hors site ; - Ingestion d'eau souterraine hors site par les animaux et végétaux Mesures de gestion proposées : - évacuation des terres sur l'arrière du site ; - servitude d'usage interdisant l'utilisation des eaux souterraines à des fins de consommation humaine ; - réalisation d'une servitude afin d'intégrer dans le document d'urbanisme l'interdiction de réalisation de puits à des fins de consommation humaine en aval du site
Février 2010	Travaux de dépollution des sols	S283280	Evacuation des terres contaminées à l'argent sur l'arrière du site par la Sté VALGO BSD fournis

3 SCHEMA CONCEPTUEL

A la demande de la DREAL, le scénario le plus défavorable est pris en considération, au cas où le site changerait d'usage. Il est donc considéré l'implantation d'une habitation sur le terrain, avec prélèvement et utilisation des eaux souterraines.

En l'absence de données sur les eaux souterraines en aval hydraulique du site (refus de prélèvements et analyses par le propriétaire d'un puits en aval lors de la réalisation d'investigations, ce scénario sera extrapolé à un usage hors.



Légende :

- Du sol vers la nappe
- Du sol vers l'air extérieur
- Du sol vers l'air intérieur
- De la nappe vers l'homme
- De la nappe vers les animaux et les végétaux
- De la nappe vers le Sandin
- Du Sandin vers l'homme
- Terres non recouvertes
- Terres recouvertes

En cas de réhabilitation du site avec destruction du bâtiment et enlèvement du parking et sans recouvrement ultérieur par de la terre propre, les sulfates et bromures seraient accessibles en superficie.

Les terres contenant de l'argent ont été excavées puis la zone a été recouverte de terre propre.

Les voies de transfert seraient donc sur site :

- ingestion/inhalation de terres contaminées aux bromures et aux sulfates ;
- ingestion d'eau souterraine contaminée aux hydrocarbures, bromures et sulfates ;
- ingestion de légumes arrosés à partir des eaux souterraines.

4 METHODE DE CHOIX DES SUBSTANCES – ANALYSE PREALABLE

La démarche méthodique proposée permet une analyse simplifiée des effets des substances dangereuses pour la santé humaine et un choix des sources de contamination, des substances dangereuses, des transferts et des milieux d'exposition qui font l'objet d'une analyse détaillée des risques sur la santé humaine.

4.1 Sélection des substances :

Les contaminants présents sont les suivants :

4.1.1 Les sulfates :

En se combinant à l'oxygène, le soufre hexavalent, présent naturellement dans les milieux donne l'ion sulfate, qui est bivalent (SO_4^{2-}).

Les sulfates existent à l'état naturel dans de nombreux minéraux, dont la baryte ($BaSO_4$), l'epsomite ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) et le gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). L'interconversion réversible des sulfates et des sulfures dans le milieu naturel est appelée «cycle du soufre».

Le soufre, principalement sous la forme d'acide sulfurique, est l'un des produits chimiques les plus utilisés dans les sociétés industrialisées. La majeure partie du soufre est transformée en acide sulfurique, dont près de 60 % sert à la production d'engrais au phosphate et au sulfate d'ammonium. Dans le cas présent, l'utilisation d'acide sulfurique pourrait être à l'origine des fortes concentrations observées.

❖ Comportements

Les sulfates de sodium, potassium et de magnésium sont tous hydrosolubles, alors que les sulfates de calcium, de baryum et des métaux lourds ne le sont pas. Les sulfates dissouts peuvent réagir, en milieu acide et anaérobie pour former du sulfure d'hydrogène H_2S. Les pH neutres à basiques observés sur les échantillons analysés (pH = 7,8 à 9) permettent de confirmer que cette réaction sera peu, ou pas réalisée et donc la faible teneur attendue en sulfure d'hydrogène.

Les sulfates sont indispensables à la croissance des végétaux et sont assimilés en fonction des besoins de la plante.

❖ Effets toxiques

Les sulfates dans les sols présentent un caractère très peu toxique (le sulfate de magnésium, également appelé sel d'Epsom, est utilisé en pharmacopée dans le cas de traitement de la peau, de l'asthme, pour des problèmes de croissances des ongles, en additif pour bains minéralisés, ...).

La dose létale chez l'humain est de 45 g sous forme de sulfate de potassium ou de zinc. La dose létale minimale de sulfate de magnésium signalée chez des mammifères est 200 mg/kg[1]

Les doses de sulfates de 1 000 à 2 000 mg (de 14 à 29 mg/kg p.c.) ont, chez l'humain, un effet cathartique entraînant la purgation du tube digestif.

Cependant, leur présence dans les eaux souterraines à une concentration supérieure 1 000 mg/l engendre un risque en cas d'ingestion, en effet, celui-ci présente un effet laxatif, et donc potentiellement dangereux notamment pour les enfants, les femmes enceintes, mais également les animaux vulnérables (jeunes, en phase de gestation ou d'allaitement).

1 Ministère fédéral canadien de la santé (Santé Canada - www.hc-sc.gc.ca)

❖ Valeur seuil

La réglementation fixe une valeur seuil de **250 mg/L** pour les eaux souterraines destinées à la consommation humaine[2], cependant certaines eaux minérales présentent des teneurs en sulfates supérieures à la valeur guide.

L'OMS recommande de respecter une concentration maximale de **500 mg/l** dans l'eau de boisson, cette valeur sera assimilée à une valeur toxicologique dans la suite de l'étude.

Les sulfates ne sont pas volatiles, et l'absence de formation de sulfure d'hydrogène (composé volatile présentant un caractère toxique). En raison du pH basique des sols, la formation de sulfure d'Hydrogène est improbable et le risque lié à l'inhalation est considéré comme négligeable.

Les sulfates ne sont pas considérés comme cancérigènes.

4.1.2 Les bromures

L'ion bromate est présent dans de nombreux sels tels que le bromate de potassium et le bromate de sodium.

Les sels de bromures sont utilisés dans l'industrie (chimie, photographie, ...) mais également pour leurs propriétés bactéricides et fongicides (stérilisation des eaux de piscine, agriculture, ...).

❖ Comportements

Solubles dans l'eau, les bromures ne s'adsorbent que légèrement sur les sols et sédiments. Ce sont des oxydants forts qui réagissent avec la matière organique pour former un composé intermédiaire, l'hypobromite OBr^-. Cette réaction se fait pour un pH supérieur à 8, et en présence d'ozone et de matière organique. L'hypobromite réagit ensuite avec une dose excessive d'ozone pour former le bromate.

Des valeurs de pH moindres peuvent conduire à la formation d'acide hypobromeux, qui peut lui-même conduire à la formation de composés organiques bromés tels que le bromoforme, l'acide monobromoacétique et dibromoacétique, le dibromoacétonitrile, la bromopicrine et plus particulièrement le bromure de cyanogène.

Dans le cas présent, le pH élevé tend à considérer que la formation d'acide hypobromeux est improbable. La faible quantité d'ozone dans les sols rend l'apparition d'acide hypobromeux peu probable et celle de bromates très improbable.

Les bromures sont utilisés par les végétaux dans le cadre de leur développement, cependant, les études ne font pas mentions de bioaccumulation susceptible de présenter un danger pour l'homme.

❖ Effets toxiques

Les bromures ont des propriétés sédatives du système nerveux central, à l'origine d'une utilisation thérapeutique désormais obsolète (remplacé par le phénobarbital). Absorbés par voie intestinale ou pulmonaire, ils se répartissent dans les liquides extracellulaires ou les globules rouges. Ils sont

[2] annexe I de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique

lentement éliminés par voies urinaire (demi-vie plasmatique de 10 à 12 jours chez l'homme) et ne font pas l'objet de bioaccumulation par les organismes vivants.

Les bromures sont encore utilisés comme relaxant anticonvulsivant, associés au phénobarbital, chez les animaux (zone thérapeutique journalière entre **800 et 2 000 mg/l** chez le chien).

Une intoxication chronique se traduit par des troubles neuropsychiques (comportement, marche, mémoire, ...) gastro-intestinaux et cutanés.

On peut noter une toxicité à partir de **500 mg/l** cependant la dose exacte ou durée d'exposition aboutissant à une intoxication restent floue en raison de la variabilité de la susceptibilité individuelle.

Les bromures ne sont pas considérés comme cancérigènes.

- Valeur seuil

Il n'existe qu'une valeur de référence pour les bromures. Il s'agit d'une valeur issue des recherches de NFS Intl. (Public Health Safety and Company basée dans le Michigan).

La valeur de référence, établie en 2012, est **$RfD_{ingestion} = 7.10^{-1}$ mg/kg.j**

Cette valeur a été déterminée sur la base d'une étude de Van Gelderen et al. (1993) à partir d'études menées sur 7 jours sur des humains.

Cette valeur sera considérée dans la suite de l'étude.

4.1.3 L'argent

Bien que particulièrement toxique de nombreuses espèces (bactéries, champignons, organismes à sang froid), l'argent est plutôt bien supporté par l'être humain.

L'argent peut se présenter sous forme de sels d'argents dont l'absorption sera variable en fonction de sa spéciation, de la solubilité du composé dans le milieu biologique considéré, ainsi que de la granulométrie du composé.

L'argent est absorbé par voies digestive (18 % de la quantité ingérée sont absorbés), pulmonaire (près de 90 %) et très faiblement cutanée.

Le caractère non volatil de l'argent limite les risques d'inhalation de celui-ci, et l'existence d'une déposition locale de l'argent sur les muqueuses en limite l'absorption. Il est transporté lié aux hématies et aux globulines. Il se distribue rapidement au niveau du foie et du cerveau. Le stockage se fait dans le système réticulo-endothélial. L'élimination est presque exclusivement fécale (demi-vie de 1 et 50 jours) et très faiblement urinaire et sudorale (< 8 %).

Un excès d'argent dans le sang, au-delà d'un certain seuil, provoque une maladie dite argyrisme qui donne à la peau et au blanc de l'œil un teint gris-bleuâtre, voire noirâtre.

Suite à l'évacuation des terres contaminées à l'argent sur l'arrière du site, les concentrations résiduelles sont similaires à celles de **sols normaux. Il n'est plus considéré de contamination des sols liée à la présence d'argent.**

L'absence d'argent dans des concentrations notables dans les eaux souterraines permettent de considérés l'absence de risques, sur site et hors site, lié à ce contaminant.

4.1.4 Hydrocarbures totaux

Les hydrocarbures totaux sont issus de dérivés pétroliers et se présentent généralement sous la forme de carburants ou fluides utilisés en production (huiles).

Ce sont des éléments dont les caractéristiques physico-chimiques évoluent en fonction du nombre d'atomes de carbone qui constituent les chaines principales.

Dans le cas présent, les hydrocarbures observés sont principalement constitués d'éléments de chaines carbonées contenant 28 à 40 atomes de carbone, soient des composés plutôt lourds, peu solubles et peu volatils.

Ces composés n'ont été observés dans les eaux d'un piézomètre que ponctuellement. Les traitements des eaux impactées a permis de réduire la concentration de 100 mg/l à 0,57 mg/L. Cette concentration est inférieure au seuil de potabilité des eaux, aussi est-il considéré que, **ce contaminant ne présente pas de risque pour la santé.**

4.1.5 Synthèse

La synthèse des caractéristiques des contaminants observés est reprise ci-après

Contaminant	*Localisation*	*Concentrations maximales*	*Commentaire*
Sulfates	Sol Eaux souterraines	5200 mg/kg MS 1 200 mg/l	Elément très soluble et peu volatil susceptible d'être entrainer par des eaux d'infiltration en l'absence de recouvrement des terres, et de se dégrader en sulfate d'hydrogène dans des sols acides (pH < 7) ce qui n'est pas le cas sur site. Pas de bioaccumulation dans les végétaux. Effets toxiques très faibles (utilisé en pharmacopée, absence de valeur toxicologique). Dans les eaux, effets laxatifs pour des teneurs supérieures à 1 000 mg/L tant pour les adultes que pour les animaux – référence de qualité à 250 mg/l. Goût perceptible dans les eaux à partir de 500 mg/L **Risque principal : ingestion (eau et/ou sols)** **Valeur retenue : 1 000 mg/L.j**
Bromures	Sol Eaux souterraines	94 mg/kg MS 169 mg/l	Les bromures sont solubles, peu volatils et peu toxiques. A pH supérieur à 8, ils peuvent réagir avec l'ozone pour former l'hypobromite et éventuellement des bromates (très peu probable en raison de la faible quantité d'ozone). **Risque principal : ingestion (eau et/ou sols)** **Valeur de référence : $RfD_{ingestion} = 7.10^{-1}$ mg/kg.j**
Argent	Sol	6,4 mg/kg MS	La concentration résiduelle est conforme aux concentrations généralement présentes dans des sols normaux de 10 mg/kg MS.
Hydrocarbures Totaux	Eau	0,57 mg/L	Peu solubles et peu volatils. La concentration résiduelle est conforme à la valeur de 1 mg/l (seuil de potabilité).

Les polluants retenus pour la modélisation sont donc les **sulfates et les bromures** associés à un risque **d'ingestion d'eaux ou de sols.**

5 EVALUATION DES DANGERS DES SUBSTANCES CHOISIES

L'évaluation du potentiel danger des substances consiste à identifier les effets néfastes qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme.

Pour évaluer ces dangers, il est nécessaire de connaître, pour chaque substance :

- ses caractéristiques physico-chimiques, qui permettent de déterminer son comportement dans l'environnement (mobilité, volatilité, solubilité…) ;
- ses effets sur la santé (dangers associés, relations dose/effets, organes-cibles, voies d'exposition…) : effets systémiques, cancérigènes, tératogènes, mutagènes, effets sur la reproduction et le développement ;
- ses produits de dégradation, leur potentiel de formation et leurs caractéristiques.

Les effets des substances sont quantifiés selon deux approches :

- l'approche déterministe ou toxicologique, qui considère des effets à seuil : effets pour lesquels on peut définir une dose journalière tolérable ou admissible (DJT ou DJA), ou une concentration maximale tolérable ou admissible (CMT ou CMA), correspondant aux niveaux maximum d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes pour l'homme.
- cette approche est appliquée pour les effets systémiques des substances.
- l'approche stochastique, qui considère des effets sans seuil : effets susceptibles de survenir quelque soit le niveau d'exposition (aucun niveau d'exposition sans risque). On définit alors des excès de risque unitaire correspondant à la probabilité d'occurrence supplémentaire de l'effet pour un individu exposé par rapport à un individu non exposé. Les méthodes utilisées pour déterminer ces excès de risque unitaire visent à protéger les populations, y compris les plus sensibles.
- Les effets cancérigènes doivent être traités dans l'évaluation des risques sanitaires comme des effets sans seuil.

Les dangers associés à ces polluants ont été recherchés et intégrés dans le cadre de la présente étude. Cette recherche a été essentiellement basée sur les classements des substances dangereuses de la directive CE n°67/548/CE, les classements du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), les « Risk Assessment Guidelines » de l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis (US EPA) et les fiches toxicologiques de l'INERIS et de l'INRS.

Les données collectées sont reprises ci-après.

Substance	***Solubilité***	***Volatilité***	***Comportement***			***Biodégradation sous produits***
			Dans l'air	***Dans l'eau***	***Dans les sols***	
Bromure	soluble	Forme ionique solubilisée	-	En solution dans l'eau, faiblement adsorbé sur les sols et sédiments		Formation d'hypobromite (en présence O_3, MO et pH>8) Formation acide hypobromeux (en présence à pH< 8)
Sulfates	soluble	Forme ionique solubilisée	-	Sous forme ionique	Adsorbés ou précipités sous forme de cristaux	Formation de H_2S en milieu acide et anaérobie

Substance	***Voies d'exposition***		***Organe cible***	***Effets sur l'homme (toxicité chronique)***
	Principale	***Secondaire***		
Bromures	Ingestion	-	Système nerveux	Troubles neuropsychiques, gastro-intestinaux et cutanés
Sulfates	Ingestion	-	Intestins	Effet laxatif

6 EVALUATION DES RELATIONS DOSES ET EFFETS ET REPONSES DES SUBSTANCES CHOISIES

La circulaire n°2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact définit des règles concernant l'utilisation des valeurs toxicologiques de référence.

Conformément au guide méthodologique « La démarche d'Analyse des Risques Résiduels », le choix des VTR « doit être conduit conformément aux instructions du ministère de la santé, la circulaire du 30 mai 2006 fixant désormais les règles en la matière. »

Les valeurs toxicologiques de référence prises en considération dans l'étude sont mentionnées dans le tableau ci-après, en tenant compte des recommandations de la circulaire du 30 mai 2006.

Substances	***Effets à seuil Ingestion (effets chroniques)***	
	VTR	*Source*
Bromures	**$RfD_{ingestion}$ = 7. 10^{-1} mg/kg.j**	NSF_{int} (2011)
Sulfates	**V_{ref} = 500 mg/L.j**	OMS

Seul le risque ingestion est considéré en raison de l'absence de volatilité des substances.

Il n'existe pas de valeurs relatives à des effets sans seuils, ces substances n'étant pas considérées comme cancérigènes

La détermination des valeurs toxicologiques de référence prend en considération un facteur de sécurité pour la variabilité intra-espèce spécialement destiné à prendre en compte l'incertitude liée à la sensibilité particulière de certains individus d'une population, comme les enfants, les sujets âgés, les femmes enceintes... En théorie, elles peuvent donc être utilisées pour une population générale incluant les groupes sensibles ou fragiles.

7 EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX SUBSTANCES CHOISIES

Cette partie comprend préalablement la détermination des concentrations des milieux d'exposition en particulier à l'aide des modèles de transfert.

A partir des caractéristiques des contaminants, il est établi que le transfert des contaminants vers les cibles potentielles se fait par ingestion des eaux et sols.

Les paramètres d'exposition pris en compte sont les suivants :

Cibles potentiellement présentes	*Adultes*	*Enfants*
Masse corporelle moyenne (kg)	70	22
Masse journalière de sols superficiels absorbés (mg/j)	480	50
Volume d'eau souterraine consommée (L)	2	1
Durée d'exposition – air	365 j/an 24h/24	365 j/an 24h/24
Durée d'exposition – sols superficiels (avec jardin)	5 j/an 30 ans	19,5 j/an 6ans
Durée d'exposition – eau de boisson	365 j/an 30 ans	365 j/an 6 ans
Quantité d'air inhalée	74 m^3/j	74 m^3/j

Le terme « enfant » désigne des individus de 0 à 6 ans.

Il est considéré que l'eau de la nappe est utilisée dans le cadre de l'alimentation en eau potable de l'habitation.

8 EVALUATION DES RISQUES

8.1 Modalités de calcul des risques

8.1.1 Risques liés aux effets à seuil (non cancérigènes)

Afin d'évaluer le risque lié à la toxicité non cancérigène d'une substance, on calcule un quotient de danger QD. Pour les risques liés à l'inhalation :

$$QD = CI\ (mg/m^3) / CMT\ (mg/m^3)$$

Avec CI : concentration moyenne inhalée

Conformément aux textes et guides du MEDAD en date du 08 février 2007, le risque est considéré comme acceptable si le quotient de danger est inférieur à 1.

Les résultats détaillés des calculs sont présentés en Annexe. Les quotients de danger obtenus sont repris ci-après.

8.1.2 Risques liés aux effets sans seuil (cancérigènes)

Afin d'évaluer le risque lié aux effets cancérigènes des substances, on calcule un excès de risque individuel ERI. Pour les risques liés à l'inhalation :

$$ERI = CI\ (\mu g/m^3) \times ERUi\ (\mu g/m^3)^{-1}$$

L'ERI représente la probabilité d'occurrence que la cible a de développer l'effet associé à la substance pendant sa vie du fait de l'exposition considérée.

Conformément aux textes et guides du MEDAD en date du 08 février 2007, le risque est considéré comme acceptable si l'ERI est inférieur à 10-5.

Dans le cas présent, les substances choisies ne sont pas considérées comme cancérigène, il ne sera donc pas procédé à une détermination d'excès de risque.

8.1.3 Sommation des niveaux de risque

Les niveaux de risque obtenus pour chaque substance pour chaque voie d'exposition à l'intérieur et à l'extérieur sont cumulés, pour les calculs réalisés à partir des sols d'une part, et pour les calculs réalisés à partir des eaux souterraines d'autre part.

8.2 Résultats des calculs de risques

Le tableau de calcul d'analyse des risques est donné en annexe.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Substances	Adultes		Enfants	
	QD lié à l'ingestion d'eau de boisson	QD lié à l'ingestion de sols	QD lié à l'ingestion d'eau de boisson	QD lié à l'ingestion de sols
Sulfates	2,45	3,49E-5	3,9	1,35 E-4
Bromures	6,9	1,26 E-5	11	4,89 E-5
Total	9,35		14,9	

8.3 Interprétation des résultats des calculs de risque

Les calculs des risques sanitaires liés à l'inhalation réalisés à partir des sols et des eaux souterraines mettent en évidence un niveau de risque inacceptable au regard des recommandations du MEEDDAT pour l'ingestion d'eau souterraine et de sols sur le site (quotients de danger cumulés supérieurs à 1).

Les risques sanitaires sont dus à l'ingestion des eaux souterraines. En effet, en l'absence d'ingestion de ces eaux, les quotients de dangers cumulés seraient de 4,75 E-5 pour les adultes et de 1,84 E-4 pour les enfants, soient très inférieurs à 1.

Les incertitudes liées à l'ensemble des résultats obtenus sont discutées au chapitre 10 ci-après.

9 CALCULS DES RISQUES ET INCERTITUDES LIES AUX SUBSTANCES CHOISIES POUR LA SITUATION TEMOIN

Au vu des nombreuses hypothèses nécessairement effectuées dans le cadre du calcul des risques sanitaires, des imprécisions et incertitudes existent. Celles-ci doivent également faire l'objet d'une évaluation qualitative ou quantitative afin de pouvoir conclure.

9.1.1 Concentrations des polluants

Incertitudes liées à l'échantillonnage

Les concentrations en polluants ont été déterminées à partir des résultats d'analyses des échantillons prélevés sur site, dans le cadre des investigations réalisées.

Les prélèvements réalisés sont des prélèvements ponctuels, effectués à un moment donné en un point donné. Ils présentent donc une incertitude quant à leur représentativité.

Les modalités de conditionnement et conservation des échantillons sont susceptibles d'induire une incertitude liée à la perte de composé par volatilisation ou transformation. Afin de réduire ces pertes, les échantillons ont été conditionnés par SOCOTEC en flaconnage adapté et conservés à température optimale (en glacière) avant transmission aux laboratoires d'analyses.

Concernant les eaux souterraines, plusieurs campagnes de mesures ont été réalisées afin de vérifier dans le temps l'état de contamination de la nappe.

Incertitudes liées à l'analyse par le laboratoire

Tout résultat d'analyse présente une incertitude liée aux conditions de mise en œuvre de cette analyse par le laboratoire. Les variations des niveaux de risque sont proportionnelles aux variations des concentrations.

Concentrations utilisées dans les calculs et extension des pollutions

Pour les eaux souterraines au droit du site, les concentrations considérées dans le cadre de la présente étude correspondent aux valeurs maximales des teneurs mesurées au cours des différentes campagnes de mesures.

Dans le cas des sols, compte tenu du scénario d'ingestion de sols superficiels, il a été considéré les concentrations maximales observées sur l'horizon 0-1 m de profondeur.

Les concentrations considérées ont été appliquées à toute la surface du site.

9.1.2 Caractéristiques intrinsèques des substances

Les transferts des polluants d'un compartiment de l'environnement à l'autre dépendent des caractéristiques intrinsèques des polluants. Celles-ci sont susceptibles de varier d'une base de données à l'autre, d'une étude à l'autre. La cohérence des valeurs utilisées avec celles disponibles dans l'ensemble des bases de données consultées a cependant été vérifiée.

Les caractéristiques considérées correspondent généralement aux valeurs proposées par l'INERIS dans ses fiches toxicologiques.

9.1.3 Caractéristiques du site

Compte tenu des voies de transfert considérées (ingestion de sols et d'eaux souterraines), il n'a pas été pris en compte de caractéristiques particulières pour les bâtiments sur site.

9.1.4 Incertitudes liées à l'exposition des cibles

Les expositions des cibles sont évaluées à partir de caractéristiques moyennes.

La biodisponibilité pour l'homme des polluants ingérés, inhalés ou absorbés par contact cutané à partir d'une matrice sol, végétale ou animale constitue une incertitude majeure de l'évaluation des risques sanitaires. Les risques sont calculés sur la base de tests toxicologiques effectués à partir de matrices présentant a priori une efficacité supérieure en termes d'absorption des contaminants par rapport aux matrices de l'étude. Cette démarche, qui correspond à l'état de l'art actuel, est à priori pénalisante.

9.1.5 Incertitudes liées aux valeurs toxicologiques de référence

L'évaluation de la toxicité des substances a été réalisée à partir des valeurs toxicologiques de référence disponibles dans les six bases de données dont l'utilisation est préconisée par la circulaire 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 (US EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA).

A quelques exceptions près, qui ont été discutées et argumentées, basées sur des choix a priori précautionneux, le choix des VTR considérées a été effectué conformément à la circulaire DGS/SD.7B n°2006-234 du 30 mai 2006. Ce choix est a priori conservateur mais présente un biais puisqu'il ne tient nullement compte des qualités scientifiques des différentes valeurs.

Dans le cas des sulfates, il n'existe actuellement aucune VTR disponible dans les différentes bases de données. Aussi a-t'il été considéré une valeur guide de l'OMS relative à l'ingestion d'eaux souterraines.

9.1.6 Incertitudes liées aux calculs des risques

Les valeurs seuils définissant les risques acceptables, définies dans les textes et guides du MEDAD en date du 08 février 2007, sont à considérer pour un même effet pour la santé et un même organe cible.

Dans le cadre de la présente étude, les risques ont été cumulés quelque soit l'effet et l'organe cible correspondants.

Cette approche, menée sur la base du principe de précaution, est conservatrice pour les quotients de danger par rapport à celle définie au niveau national, qui préconise de n'additionner les quotients de danger que pour les substances ayant le même mécanisme d'action et le même organe cible.

9.1.7 Conclusion concernant l'évaluation des incertitudes

Notre approche a été basée sur des hypothèses réalistes ou sécuritaires. La situation la plus pénalisante a été prise en considération chaque fois que c'était possible. L'étude réalisée est donc globalement conservatrice.

10 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans le cadre de la cessation d'activité de l'entreprise FUJIFILM sur la commune de Saint Doulchard, et de la vente de ce site, SOCOTEC a procédé depuis mars 2007 à plusieurs campagnes de prélèvements et d'analyses de sols destinées à caractériser l'état de contamination du site.

Dans ce contexte, il a été procédé à une évaluation des risques sanitaires afin de vérifier la compatibilité d'un futur usage sensible avec la contamination résiduelle.

Scénario d'aménagement et voies d'exposition considérés dans l'évaluation quantitative des risques sanitaires :

Dans le cadre de cette étude, il a été considéré la démolition des bâtiments existants pour implantation d'une habitation avec :

- jardin potager
- prélèvement d'eau destinée à la consommation.

Les cibles considérées sont donc des adultes et enfants habitant sur site.

Au vu des caractéristiques du site considéré et des polluants présents, les voies d'exposition considérées sont :

- l'ingestion de sols par contact direct avec ceux-ci ;
- l'ingestion d'eaux souterraines.

L'inhalation n'a pas été considérée du fait du caractère non volatil des contaminants.

L'ingestion de végétaux n'a pas été considérée du fait de l'absence de bioaccumulation des substances dans les plantes.

Substances considérées dans l'évaluation quantitative des risques sanitaires :

Sur la base de l'ensemble des études réalisées sur site, des excavation et traitements d'eaux souterraines effectués, et des hypothèses effectuées en terme d'aménagement du site, les substances retenues pour l'évaluation des risques sanitaires sont limitées aux substances suivantes :

- Les sulfates dans les sols et les eaux souterraines sous l'ensemble du site ;
- Les bromures dans les sols et les eaux souterraines au droit du site.

Pour les sols, les concentrations considérées dans le cadre de la présente étude correspondent aux teneurs maximales observées entre 0 et 1 m de profondeur dans les différentes campagnes de prélèvement.

Pour les eaux, mes concentrations considérées correspondent aux teneurs maximales observées au cours des différentes campagnes de prélèvement (à l'exception des hydrocarbures, non pris en considération en raison d'un traitement spécifique de la nappe pour ce contaminant ayant réduit sa concentration résiduelle à une valeur inférieure au seuil de potabilité).

Interprétation des résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires :

Sur la base des hypothèses effectuées, des niveaux de risque **inacceptables** au vu des recommandations des textes et guides du MEEDDAT en date du 08 février 2007 ont été mis en évidence pour **l'ingestion d'eaux souterraines**.

Des niveaux de risques acceptables sont cependant considérés pour l'ingestion des sols.

Dans ce cadre, l'état de contamination du site est considéré comme incompatible en l'état avec le scénario envisagé.

Limitation de l'étude, contrainte d'aménagement et recommandations :

Cette étude a été menée sur la base des connaissances actuelles de l'état du site, et d'un scénario établi dans le cadre d'un réaménagement éventuel pour un usage sensible.

Toute modification concernant le site ou son usage futur, ou tout nouvel élément, pourraient modifier les résultats de cette étude.

Compte tenu des résultats de la présente évaluation quantitative des risques sanitaires, les mesures de gestion à mettre en place sont :

- la mise en place de servitudes destinées à limiter l'usage des eaux souterraines pour l'approvisionnement en eau potable au droit du site mais également en aval de celui-ci en l'absence de données supplémentaires quand à la qualité des eaux souterraines à proximité, périmètre ?
- le maintien d'une surveillance des eaux souterraines sur 2 à 3 campagnes afin de confirmer une teneur en hydrocarbures inférieure au seuil de potabilité.

11 ANNEXES

ANNEXE 1 : Plan de situation du site 1 page
ANNEXE 2 : Données d'entrées et résultats des modélisations des transferts 1 page
ANNEXE 3 : Valeurs toxicologiques de référence disponibles pour les substances choisies 1 page

Ketty SCHADEGG
Chargée d'affaires HSE

Le 7 février 2013

– Fin du rapport –

ANNEXE 1 : PLAN DE SITUATION DU SITE

Laboratoire
FUJIFILM
ST-DOULCHARD
BOURGES
Asnières-
-les-Bourges
Zone Industrielle
de
Bourges-Asnières
le Petit
Tutty
Yèvre
Riv.
Fenestrelay

ANNEXE 2 : DONNEES D'ENTREES ET RESULTATS DES MODELISATIONS

SUBSTANCE

dénomination	Masse molaire	DJA ingestion	C air ambiant extérieur poussières de sol	C sol superficiel horizon (0-0.05m)	C air ambiant extérieur substance dans poussières des sols	Masse corporelle adultes	Masse corporelle enfants	C sol intermédiaire horizon (0.5-1.0m)	MS sol intermédiaire horizon (0.5-1.0m)	Masse volumique apparente sol intermédiaire horizon (0.5-1.0m)	Masse volumique réelle sèche sol intermédiaire horizon (0.5-1.0m)	Température sol intermédiaire horizon (0.5-1.0m)	C eau canalisation	C eau de puits	Durée d'exposition air ambiant extérieur adultes		Durée d'exposition air ambiant extérieur enfants		Durée d'exposition sols superficiels adultes	
	g/mol	mg/kg j	kg MS m3	mg/kg MS	mg/m3	kg MC	kg MC	mg/kg MS	%	kg/m3	kg/m3	K	mg/L	mg/L	j (24h/24h)	an	j (24h/24h)	an	j (24h/24h)	an
Bromures	79.9	7.00E-01	3.29E-06	94	3.09E-04	70	22	94	85.1	1500	2650	288	1.69E+02	169	365	30	365	6	5	30
Sulfates	96	14	3.50E-06	5200	1.82E-02	70	22	5200	85.1	1500	2650	288	1.20E+03	1200	365	30	365	6	5	30

TOTAL

dénomination	Durée d'exposition sols superficiels enfants		Durée d'exposition eau de boisson adultes		Durée d'exposition eau de boisson enfants		Quantité d'air extérieur inhalé adultes	Quantité d'air extérieur inhalé enfants	Quantité d'eau de boisson ingérée adultes	Quantité d'eau de boisson ingérée enfants	Quantité de sols superficiels ingérés adultes	Quantité de sols superficiels ingérés enfants	INGESTION QR eau de boisson moyen 1 an adultes	INGESTION QR eau de boisson moyen 1 an enfants	INGESTION QR sol superficiel moyen 1 an adultes	INGESTION QR sol superficiel moyen 1 an enfants	INGESTION TOTAL QR adultes	INGESTION TOTAL QR enfants
	j (24h/24h)	an	j (24h/24h)	an	j (24h/24h)	an	m3/j	m3/j	L/j	L/j	kg/j	kg/j						
Bromures	18.5	6	365	30	365	6	74	74	2	1	4.80E-04	1.50E-04	6.90E+00	1.10E+01	1.28E-05	4.89E-05	6.90E+00	1.10E+01
Sulfates	18.5	6	365	30	365	6	74	74	2	1	4.80E-04	1.50E-04	2.45E+00	3.90E+00	3.49E-05	1.35E-04	2.45E+00	3.90E+00

TOTAL

9.35E+00	1.49E+01

ANNEXE 3 : VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE DISPONIBLES POUR LES SUBSTANCES CHOISIES

VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE (VTR)

Substance chimique	Source	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude	VTR	Année d'évaluation
SOLVANTS AROMATIQUES					
Sulfates	*ATSDR*	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion	-	-	
	US EPA	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion	-	-	
	OMS	*Inhalation*	-	-	2004
		Ingestion (effets sans seuil – eau de boisson)	-	***VG = 500 mg/L***	
	RIVM	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion	-	-	
	OEHHA	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion	-	-	
	NFS Intl	*Inhalation*			
		Ingestion			
Bromures	*ATSDR*	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion	-	-	
	US EPA	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion	-	-	
	OMS	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion	-	-	
	RIVM	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion	-	-	
	OEHHA	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion	-	-	
	NFS Intl	*Inhalation*	-	-	-
		Ingestion (effets à seuil)	*10*	***RfD = 7 10^{-1} mg/kg.j***	2011

US EPA : United States Environmental Protection Agency
ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry
OMS : Organisation Mondiale de la Santé (WHO : World Health Organisation)
RIVM : Institut National de la Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas
OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency
NFS Intl : NFS International – The Public Health and Safety Company™ - Michigan
ECAO : Environmental Criteria Assessment Office, Superfund Health Risk Technical Support Center, Cincinnati
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
HHRAP : Human Health Risk Assessment Protocol
ND : non disponible
RfD : Dose de Référence / RfC : Concentration de Référence
VG : valeur guide

Les valeurs figurant en gras dans le tableau correspondent aux valeurs prises en considération dans l'évaluation détaillée des risques.