

Stocamine

**Stockage souterrain de Wittelsheim :  
évaluation des risques suite au confi-  
nement de déchets dans la mine**  
**Risques dus aux substances chimiques**

Annexes

Document du 21 juillet 2004



Effizienz- und Risiko-Engineering

**BMG ENGINEERING AG**

Hauptsitz Zürich:  
Ifangstrasse 11  
CH-8952 Schlieren-Zürich  
Tel. 01 732 92 92 • Fax 01 730 66 22  
bmg@bmgeng.ch  
www.bmgeng.ch

Büro Basel:  
Grammetstrasse 14  
CH-4410 Liestal  
Tel. 061 927 55 99 • Fax 061 923 25 80  
bmgbasel@bmgeng.ch

Labors:  
Ifangstrasse 11  
CH-8952 Schlieren-Zürich  
Tel. 01 732 92 92 • Fax 01 732 92 21  
labors@bmgeng.ch

## Sommaire des annexes

- Annexe 1 Documents consultés
  - 1.1 Etudes et documents concernant Stocamine
  - 1.2 Contexte réglementaire et administratif
  - 1.3 Données toxicologiques, normes nationales et internationales
  - 1.4 Autres références
  
- Annexe 2 Objectifs réglementaires et synthèse des analyses disponibles
  - 2.1 Aperçu des valeurs légales et toxicologiques
  - 2.2 Air et rejets gazeux
  - 2.3 Echantillons solides
  - 2.4 Eaux de surface
  - 2.5 Eaux souterraines
  - 2.6 Rejets du bassin
  - 2.7 Liste des notes utilisées dans les tableaux
  
- Annexe 3 Identification du danger des substances chimiques
  - 3.1 Quantités des différentes catégories de déchets
  - 3.2 Liste des déchets par catégorie
  - 3.3 Quantité totale de polluants dans le stockage
  - 3.4 Quantités de polluants dans le bloc 15
  - 3.5 Evaluation des polluants prioritaires
  
- Annexe 4 Valeurs toxicologiques de référence, objectifs réglementaires et concentrations ubiquitaires
  
- Annexe 5 Evaluation de l'exposition des biens à protéger
  - 5.1 Synthèse des tests de dégazage effectués à la réception des déchets
  - 5.2 Concentration dans les eaux du puits Joseph
  - 5.3 Cas particulier du bloc 15 en cas d'exercice de la réversibilité
  
- Annexe 6 Option de remblayage pour les puits Amélie 1 et 2
  - 6.1 Paramètres pour le scénario "Amélie et NW en liaison"
  - 6.2 Paramètres pour le scénario "Amélie isolée"
  - 6.3 Evolution des concentrations dans les mines pour le scénario "Amélie et NW en liaison"
  - 6.4 Evolution des concentrations dans les mines "Amélie isolée"
  
- Annexe 7 Scénarios accidentels
  - 7.1 Rupture d'un bouchon en aval du stockage
  - 7.2 Rupture d'un bouchon en amont du stockage

## **Annexe 1**

### **Documents consultés**

- 1.1 Etudes et documents concernant Stocamine
- 1.2 Contexte réglementaire et administratif
- 1.3 Données toxicologiques, normes nationales et internationales
- 1.4 Autres références

**Annexe 1.1 : Etudes et documents concernant Stocamine**

- [1] Le stockage en mine de déchets industriels, Stocamine, février 1996.
- [2] Etude de sûreté d'un projet de stockage de déchets toxiques dans la Mine Amélie. Aspects mécaniques du problème, Ecole des Mines de Paris, document non daté (antérieur à février 1997).
- [3] Estimation des mouvements sismiques à la cote 500 m, Institut de physique du globe de Strasbourg, document non daté (antérieur à février 1997).
- [4] Etude de sûreté d'un projet de stockage de déchets toxiques dans la Mine Amélie. Approche des problèmes liés à l'hydrologie, Ecole des Mines de Paris, document non daté (antérieur à février 1997).
- [5] Stockage profond : évaluation des flux de déchets admissibles, Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets (ANRED), juillet 1990.
- [6] Stockage profond de déchets industriels : étude des dangers, Projet Etudes Conseils Services, Industrie Environnement (PECSIE), 27 mars 1991.
- [7] Mines de Potasse d'Alsace : tenue au séisme du cuvelage du puits Joseph, Electricité de France, 11 mars 1991.
- [8] Etude de sécurité chimique, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, 30 novembre 1990.
- [9] Etude de sécurité chimique sur le projet MDPA de stockage profond des déchets industriels dans la mine Joseph-Else à Wittelsheim, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, document non daté.
- [10] Stockage en mine de déchets toxiques : déchets à exclure, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), 14 septembre 1993.
- [11] Stockage en mine de déchets toxiques : déchets à exclure, INERIS, 21 septembre 1993.
- [12] Etude de sécurité chimique, procédure d'acceptation et de suivi des déchets, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, 21 janvier 1991.
- [13] Avis d'expert relatif à la demande de création d'un stockage souterrain de déchets industriels ultimes, INERIS, octobre 1996.
- [14] Réalisation d'un état initial du site de stockage de déchets industriels de Stocamine, INSA division Polden, décembre 1998.
- [15a] Etude du comportement hydraulique de l'obturation d'un puits par un bouchon de cendres volantes, étude bibliographique, INERIS, 21 décembre 2001.
- [15b] Etude du comportement hydraulique de l'obturation d'un puits par un bouchon de cendres volantes, synthèse (Projet), INERIS, 15 octobre 2002.
- [16a] Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim, bilan des émissions au jour et en fond de mine, ERM France, 20 février 2003.
- [16b] Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim, ERM France, 30 mars 2003.

- [17] Stocamine : rapport final d'expertise, Experts nommés par la Commission Locale d'Information et de Surveillance (CLIS), 24 juillet 2003.
- [18] Audit triennal de Stocamine, 1999-2002, INERIS, septembre 2003
- [19] Suivi des lots, Stocamine, février 1999 à septembre 2002.
- [20] Analyses environnementales courantes, extraits, Stocamine.
- [21] Suivi minier, température et analyses des gaz, Stocamine et MDPA.
- [22] Arrêtés préfectoraux du 3.2.1997, 10.7.2001, 12.9.2002, 17.12.2002, Préfecture du Haut-Rhin.
- [23] Rapport d'activité, Stocamine, décembre 1999 à décembre 2002.
- [24] Manuel Qualité / Environnement, Stocamine 2 juillet 2002.
- [25] Plan des travaux du fond, 1 : 5'000, MDPA, 1<sup>er</sup> octobre 2002.
- [26] Affaissement et dégâts de surface dans le bassin potassique alsacien, MDPA, 7 juillet 1999.
- [27] Caractérisation des cendres volantes, MDPA, 30 mars 2004.

## Annexe 1.2 : Contexte réglementaire et administratif

### Installations classées, décharges et mines

- [R1] Décision du conseil du 19 décembre 2002 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges (2003/33/CE)
- [R2] Loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, intégrée dans le livre V du code de l'environnement.
- [R3] Décret n°95-696 du 9 mai 1995 relatif à l'ouverture des travaux miniers et à la police des mines, modifié par le décret n°2001-209 du 6 mars 2001.
- [R4] Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement.
- [R5] Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.

### Etudes d'impact

- [R6] Décret n° 77- 1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi n°76-663 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.
- [R7] Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature.
- [R8] Décret n° 77- 1141 du 12 octobre 1977 pris pour l'application de l'article 2 de la loi n°76-629 relative à la protection de la nature.

### Evaluation des risques sanitaires pour la population

- [R9] Circulaire du 19 juin 2000 relative aux demandes d'autorisation présentées au titre de la législation sur les installations classées : étude de l'impact sur la santé publique
- [R10] Circulaire du 26 août 2003 relative à la maîtrise de l'inflation normative et à l'amélioration de la qualité de la réglementation
- [R11] Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact, Institut de Veille Sanitaire (InVS), février 2000.
- [R12] Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées, INERIS, version finale, 2003.
- [R13] Gestion des sites (potentiellement) pollués, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), version 2, mars 2000.
- [R14] Gestion des sites pollués, guides relatifs aux Évaluations Détaillées des Risques d'un site, BRGM, version 0, juin 2000.
- [R15] Circulaire du 10 décembre 1999 relative aux sites et sols pollués, principes de fixation des objectifs de réhabilitation.

### Annexe 1.3 : Données toxicologiques, normes nationales et internationales

#### Réglementation nationale et internationale

- [T1] Décret no 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles
- [T2] Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- [T3] Guidelines for Drinking Water Quality, Third edition, 2003, Organisation mondiale de la santé, [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap81.htm](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap81.htm).
- [T4] Air Quality Guidelines - Second Edition, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Danemark, 2000.

#### Evaluation toxicologique et environnementale

- [T5] Fiches de données toxicologiques et environnementales, INERIS, <http://www.ineris.fr/recherches/fiches/fiches.htm>.
- [T6] OMS-Environmental Health Criteria (IPCS), monographies publiées par l'OMS <http://www.inchem.org>.
- [T7] Preliminary Remediation Goals, U.S. Environmental Protection Agency (US EPA), octobre 2002, <http://www.epa.gov/region09/waste/sfund/prg/index.htm>.
- [T8] Valeurs de constat d'impact pour l'eau et les sols, INERIS, valeurs tirées de la réf. [R13].
- [T9] Hazardous Substances Data Bank (HSDB), National Library of Medicine <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>.
- [T10] Health Effects Assessments Summary Tables (HEAST), US-EPA.
- [T11] Méthode de calcul des valeurs de constat d'impact dans les sols, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, novembre 2001.
- [T12] IUCLID Dataset, KCN, European Chemicals Bureau, février 2000.
- [T13] ECOTOX, Ecotoxicology Database, US EPA, <http://www.epa.gov/ecotox/>.
- [T14a] Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.
- [T14b] Directive 92/32/CEE du Conseil du 30 avril 1992 portant sur la septième modification de la directive 67/548/CEE concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.
- [T15] Classification des substances cancérigènes, Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), <http://www.iarc.fr/>.

- [T16] Integrated Risk Information System (IRIS), US EPA  
<http://www.epa.gov/iriswebp/iris/index.html>.
- [T17] Metalle in der Umwelt, Verteilung, Analytik und biologische Relevanz, Verlag Chemie, Weinheim, Deerfield Beach, Basel, 1984
- [T18] OMS-Environmental Health Criteria (IPCS), Concise International Chemical Assessment Documents (CICADs), OMS  
<http://www.inchem.org>.
- [T19] Ergebnisse der Schadwirkung wassergefährdender Stoffe gegen *Daphnia magna* in einem weiterentwickelten standardisierten Testverfahren, Z. Wasser Abwasser Forsch. 15, Nr.1, 1-6, 1982
- [T20] Results of the Harmful Effects of Water Pollutants to *Daphnia Magna* in the 21 Day Reproduction Test, Wat. Res. Vol. 23, No.4, 501-510, 1989
- [T21] Investigation of Correlation between Physicochemical Properties of Metals and Their Toxicity to the Water Flea *Daphnia magna* Straus, EES 18, 109-120, 1989
- [T22] Rippen, Handbuch Umweltchemikalien, Ecomed, 1990.
- [T23] Beyond Acid, Gaffney, J.S., G.E. Streit, W.D. Spall and J.H. Hall, *Environ Sci. Technol.* 21:519-23, 1987.
- [T24] Safety evaluation of certain food additives and contaminants, WHO additives series 48, 2003.

**Annexe 1.4 : Autres documents**

- [A1] Diffusion in Natural Porous Media, P. Grathwohl, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [A2] Environmental Organic Chemistry, R. Schwarzenbach et al., John Wiley & Sons, 2003.
- [A3] Mackay, D., Ying Shiu, W., Ching Ma, K.: Illustrated Handbook of Physical-Chemical and Environmental Fate for Organic Chemicals, 1992
- [A4] Handbook of Chemistry and Physics, 71<sup>st</sup> Edition, CRC Press, inc., 1990-1991.
- [A5] Herbert, H.-J., Moog, H., Hagemann, S.: Experimentelle Untersuchungen und geochemische Modellierung zum Verhalten schwermetallhaltiger chemisch-toxischer Abfälle in Untertagedeponien in Salzformationen, GRS-Bericht GRS-A-2655, Juli 1999
- [A6] Magalhaes, M.C.F.: Arsenic. An environmental problem limited by solubility, Pure Appl. Chem. 74: 1843-1850, 2002
- [A7] Baes, Jr., C.F., Mesmer, R.E.: The hydrolysis of cations, Krieger Publishing Company, 1976
- [A8] Waste-to-energy – An inventory and review about dioxins, The Swedish Association of Waste Management (RVF)  
<http://www.rvf.se/download/09/Summary.pdf>
- [A9] Wagner, S.: Diffuse Transportvorgänge von Gasen und binären Gasgemischen in porösen Festgesteinen und Salzen, Habilitationsschrift, TU Bergakademie Freiberg, 2000
- [A10] Wittke, B.: Permeabilität von Steinsalz – Theorie und Experiment, Geotechnik in Forschung und Praxis (Text- und Anlagenband), WBI-Print 3, Verlag Glückauf, Essen, 1999.
- [A11] Elsen, R.O.: Simulation der Freisetzung und des Transportes von Gasen in Steinsalz infolge der Einlagerung hochradioaktiver Abfälle, Dissertation D 82 TH Aachen, 1990.
- [A12] Hagemann, S.: Thermodynamische Eigenschaften des Bleis in Lösungen der ozeanischen Salze, Dissertation présentée l'université Carolo-Wilhelmina, 1999.
- [A13] Sherwood, T.K., et. al. : Mass transfer, McGraw-Hill, New York, 1975.
- [A14] Berner, U: MIN\_SURF, PSI Internal Report, Paul Scherrer Institute (institut suisse dont l'équivalent français est l'ANDRA), Villigen, Suisse, 1993.
- [A15] Reichert, P. : AQUASIM - A tool for simulation and data analysis of aquatic systems. Wat. Sci. Tech., 30(2):21, 1994.
- [A16] Reichert, P. : AQUASIM 2.0 - Tutorial. Technical report, Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG), 1998.
- [A17] Davies, C. W., Ion Association, Butterworth : Londres, 1962.
- [A18] Banque de données de l'AEN, MINEQL, OCDE, novembre 1986.
- [A19] Caisse nationale (suisse) d'accidents SUVA: "Sicherheitstechnische Kennzahlen von Flüssigkeiten und Gasen", SUVA, Lucerne (1980).

## **Annexe 2**

### **Objectifs réglementaires et synthèse des analyses disponibles**

- 2.1 Aperçu des valeurs légales et toxicologiques
- 2.2 Air et rejets gazeux
- 2.3 Echantillons solides
- 2.4 Eaux de surface
- 2.5 Eaux souterraines
- 2.6 Rejets du bassin
- 2.7 Liste des notes utilisées dans les tableaux

## Air environnant

## Annexe 2.2 : Air et rejets gazeux - air environnant

Emplacement		Point est	Point sud	Point ouest	Point nord	Incendie
Réf.		[14]	[14]	[14]	[14]	
Date		24.-25.3.98	25.-26.3.98	26.-27.3.98	27.-28.3.98	10.09.2002
N° CAS						
<b>Composés Organiques Volatils (COV)</b>		<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>44</b>	<b>102</b>	<b>49</b>	<b>91</b>
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>		<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>19</b>	<b>40</b>	<b>24</b>	<b>53</b>
Benzène	71-43-2	µg/Nm <sup>3</sup>	4.5	5.7	3.9	4.2
Toluène	108-88-3	µg/Nm <sup>3</sup>	9.4	21.3	11.1	45.3
Xylènes	1330-20-7	µg/Nm <sup>3</sup>	1.9	4.7	4.1	1.8
Ethylbenzène	100-41-4	µg/Nm <sup>3</sup>	0.9	1.9	1.9	0.7
<b>Hydrocarbures aliphatiques</b>		<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>6.9</b>	<b>14.7</b>	<b>7.7</b>	<b>7.8</b>
Méthane	74-82-8	ppm				
<b>Hydrocarbures cycliques</b>		<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>1.8</b>	<b>4.7</b>	<b>1.1</b>	<b>1.1</b>
<b>Composés polyaromatiques</b>		<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>0.3</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>
Benzo(a)pyrène	50-32-8	µg/Nm <sup>3</sup>				
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	µg/Nm <sup>3</sup>				
Benzo(a)anthracène	56-55-3	µg/Nm <sup>3</sup>				
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	µg/Nm <sup>3</sup>				
Fluoranthène	206-44-0	µg/Nm <sup>3</sup>				
<b>Composés halogénés</b>		<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>1.6</b>	<b>24</b>	<b>2.8</b>	<b>23</b>
Chloroforme	67-66-3	µg/Nm <sup>3</sup>	0.09	6.9	n.d	1.5
1,2-Dichloroéthane	107-06-2	µg/Nm <sup>3</sup>	0.06	10.2	n.d	14.4
Trichloroéthylène	79-01-6	µg/Nm <sup>3</sup>	0.29	4.2	1.6	3.5
PCB	-					
<b>Cétones</b>		<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>4.9</b>	<b>7.9</b>	<b>5.4</b>	<b>2.6</b>
Acétone	67-64-1	µg/Nm <sup>3</sup>	4.7	5.5	3.0	2.1
Butanone (Méthyl Ethyl Cétone, MEK)	78-93-3	µg/Nm <sup>3</sup>				
<b>Aldéhydes</b>		<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>4.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.9</b>	<b>0.4</b>
Acétaldéhyde	75-07-0	µg/Nm <sup>3</sup>				
Butyraldéhyde	123-72-8	µg/Nm <sup>3</sup>				
Formol	50-00-0	µg/Nm <sup>3</sup>				
Furfuraldéhyde	98-01-1	µg/Nm <sup>3</sup>				
Chloroacétaldéhyde	107-20-0	µg/Nm <sup>3</sup>				
Isovaléraldéhyde	110-62-3	µg/Nm <sup>3</sup>				
<b>Autres</b>						
Esters		µg/Nm <sup>3</sup>	2.7	3.3	4.1	0.7
Acides organiques		µg/Nm <sup>3</sup>	0.8	2.8	0.0	0.6
Composés azotés		µg/Nm <sup>3</sup>	0.5	0.8	0.3	0.6
Phtalates		µg/Nm <sup>3</sup>	0.4	1.1	0.3	1.6
<b>Dioxines et furanes (PCDDs et PCDFs)</b>						
Somme - Total I-TEQ OMS		ng/Nm <sup>3</sup>				
Dioxine (2,3,7,8-TCDD)	1746-01-6	ng/Nm <sup>3</sup>				
<b>Hydrocarbures totaux (HCT) moyen</b>		<b>ppm éq CH<sub>4</sub></b>	<b>5.48</b>	<b>5.22</b>	<b>5.66</b>	<b>4.05</b>
		<b>µg/Nm<sup>3</sup></b>	<b>4100</b>	<b>3905</b>	<b>4234</b>	<b>3030</b>
<b>Composés inorganiques</b>						
<b>Halogénés</b>						
Iode	7553-56-2	µg/Nm <sup>3</sup>				
Chlore	7782-50-5	µg/Nm <sup>3</sup>				
Fluorure	16984-48-8					
<b>Métaux</b>						
Mercuré	7439-97-6	µg/Nm <sup>3</sup>	<0.03	<0.02	<0.02	<0.02
Arsenic	7440-38-2	µg/Nm <sup>3</sup>	<0.06	<0.05	<0.04	<0.04
Aluminium	7429-90-5	µg/Nm <sup>3</sup>				
Plomb	7439-92-1	µg/Nm <sup>3</sup>	0.17	0.59	<0.4	0.12
Zinc	7440-66-6	µg/Nm <sup>3</sup>	0.44	1.33	0.22	<0.04
Cuivre	7440-50-8	µg/Nm <sup>3</sup>	0.67	0.25	0.13	<0.08
Cadmium	7440-43-9	µg/Nm <sup>3</sup>	<0.06	<0.05	<0.04	<0.04
Chrome	7440-47-3	µg/Nm <sup>3</sup>	<0.28	<0.25	<0.22	<0.2
Nickel	7440-02-0	µg/Nm <sup>3</sup>	<0.22	<0.2	<0.18	<0.16
<b>Autres composés</b>						
SO <sub>2</sub>	7446-09-5	µg/Nm <sup>3</sup>				
HCl	7647-01-0	µg/Nm <sup>3</sup>				
NH <sub>3</sub>	7664-41-7	µg/Nm <sup>3</sup>	10.3	<5.2	6.9	8.2
NO <sub>2</sub>	10102-44-0	µg/Nm <sup>3</sup>	190	<35.7	201	<35.71
HCN	74-90-8	µg/Nm <sup>3</sup>	<0.98	<0.7	<0.87	<0.84
Azote organique		µg N/Nm <sup>3</sup>				
CO		µg/Nm <sup>3</sup>				
H <sub>2</sub> S		µg/Nm <sup>3</sup>				
H <sub>2</sub>		Vol%				
CO <sub>2</sub>		Vol%				
O <sub>2</sub>		Vol%				
Poussières		µg/Nm <sup>3</sup>	<139	<123	<112	<112
Amiante	1332-21-4	fibre/l	<1.3	<0.6	<0.6	<0.3







Annexe 2.3 : Echantillons solides - parois de la mine

N° CAS	Environnement	Incendie	Parament - Retour d'air - P5		P1 [16] Déc. 02	P2 [16] Déc. 02	P3 (mur) [16] Déc. 02	P3 (parois) [16] Déc. 02	P4 [16] Déc. 02	P6 [16] Déc. 02	P7 [16] Déc. 02	P8 [16] Déc. 02	P9 [16] Déc. 02	P10 (mur) [16] Déc. 02	P10 (parois) [16] Déc. 02	P11 [16] Déc. 02
			Ref. [18]	Date												
<b>Composés Organiques Volatils (COV)</b>																
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>																
Benzène	71-43-2															
Toluène	108-88-3															
Xylènes	1330-20-7															
Ethylbenzène	100-11-4															
<b>Hydrocarbures aliphatiques</b>																
Méthane	74-82-8															
<b>Hydrocarbures cycliques</b>																
<b>Composés polycycliques</b>																
Benzofuranne	50-32-8															
Benzofluoranthène	205-99-2															
Benzofluranthène	56-65-3															
Benzofluoranthène	207-08-9															
Fluoranthène	208-44-0															
<b>Composés halogénés</b>																
Chloroforme	67-66-3															
1,2-dichloroéthane	107-06-2															
Trichloroéthylène	79-01-6															
<b>PCB</b>																
<b>Coliphages</b>																
Actinine	67-64-1															
Actinone (Méthyl Ethyl Cétoène, MEK)	78-99-3															
<b>Alcools</b>																
Acétaldéhyde	75-07-0															
Butylalcools	123-72-8															
Formol	50-00-0															
Furfuralaldéhyde	98-01-1															
Chloroacétaldéhyde	107-20-0															
Isovalaldéhyde	110-62-3															
<b>Autres</b>																
<b>Esters</b>																
<b>Acides organiques</b>																
<b>Composés azotés</b>																
<b>Phénates</b>																
<b>Composés de terres (PCDBs et PCDFs)</b>																
Somme - Total ITCO OMS	1745-91-6	n°94														
Dioxine (2,3,7,8 TCDD)	n°93															
<b>Hydrocarbures basés (HCB) moyennes</b>																
<b>Composés inorganiques</b>																
<b>Alcools</b>																
Chlore	7553-56-2															
Fluore	7782-50-5															
<b>Métaux</b>																
Mercure	16984-48-8															
<b>Métaux</b>																
Mercure	7439-97-6															
Aluminium	7440-36-2															
Aluminium	7429-90-5															
Plomb	7439-92-1															
Zinc	7440-66-6															
Cuivre	7440-50-8															
Cadmium	7440-43-9															
Chrome	7440-47-3															
Nickel	7440-02-9															
<b>Autres composés</b>																
SO <sub>2</sub>	7446-09-5															
HCl	7647-01-0															
NH <sub>3</sub>	7804-11-7															
NO <sub>2</sub>	10102-44-0															
HCN	74-90-8															
<b>Azote organique</b>																
CO																
H <sub>2</sub> S																
H <sub>2</sub>																
CO <sub>2</sub>																
O <sub>2</sub>																
<b>Fluorés</b>																
Ammoniac	1332-21-4															





Annexe 2.4 : Eaux de surface - ruisseau à proximité du site

	Emplacement		P1 (Rivière 1)	P2 (Rivière 2)	Incendie
	Ref.	Date	[14] avant décembre 1998 en aval du site StocaMine	[14] avant décembre 1998 en aval du site StocaMine en face du piézomètre 413-5-1026	10.09.2002
	N° CAS				
<b>Composés Organiques Volatils (COV) :</b>					
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>					
Benzène	71-43-2	µg/L			
Toluène	108-88-3	µg/L			
Xylènes	1330-20-7	µg/L			
Ethylbenzène	100-41-4	µg/L			
<b>Hydrocarbures aliphatiques</b>					
Méthane	74-82-8				
<b>Hydrocarbures cycliques</b>					
<b>Composés polycycliques</b>					
Benzo(a)pyrène	50-32-8	µg/L			
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	µg/L			
Benzo(a)anthracène	56-55-3	µg/L			
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	µg/L			
Fluoranthène	206-44-0	µg/L			
<b>Composés halogénés</b>					
Chloroforme	67-66-3	µg/L			
1,2-Dichloroéthane	107-06-2	µg/L			
Trichloroéthylène	79-01-6	µg/L			
<b>PCB</b>					
<b>Cétones</b>					
Acétone	67-64-1	µg/L			
Butanone (Methyl Ethyl Cétone, MEK)	78-93-3	µg/L			
<b>Aldéhydes</b>					
Acétaldéhyde	75-07-0	µg/L			
Butyraldéhyde	123-72-8	µg/L			
Formol	50-00-0	µg/L			
Furfuraldéhyde	98-01-1	µg/L			
Chloroacétaldéhyde	107-20-0	µg/L			
Isovaléraldéhyde	110-62-3	µg/L			
<b>Autres</b>					
<b>Esters</b>					
<b>Acides organiques</b>					
<b>Composés azotés</b>					
<b>Phthalates</b>					
<b>Dioxines et furanes (PCDDs et PCDFs)</b>					
<b>Somme - Total i-TEQ OMS</b>					
Dioxine (2,3,7,8-TCDD)	1746-01-6	µg/L			
<b>Hydrocarbures totaux (HCT) moyen</b>		<b>mg/kg</b>	<b>&lt;0.2</b>	<b>&lt;0.2</b>	
<b>Composés inorganiques</b>					
<b>Halogénés</b>					
Iode	7553-56-2	µg/L			
Chlore	7782-50-5	µg/L			
Fluorure	16984-48-6	µg/L	<500	<500	
<b>Métaux</b>					
Mercuré	7439-97-6	µg/L	<0.1	<0.1	
Arsenic	7440-38-2	µg/L	<1	44.00	
Aluminium	7429-90-5	µg/L			
Plomb	7439-92-1	µg/L	31.00	<9	
Zinc	7440-66-6	µg/L	24.00	14.00	
Cuivre	7440-50-8	µg/L	<2	<2	
Cadmium	7440-43-9	µg/L	4.00	<1	
Chrome	7440-47-3	µg/L	<5	<5	
Nickel	7440-02-0	µg/L	6.00	<4	
<b>Autres composés</b>					
SO <sub>2</sub>	7446-09-5	µg/L			
HCl	7647-01-0	µg/L			
NH <sub>3</sub>	7664-41-7	µg/L			
NO <sub>2</sub>	10102-44-0	µg/L			
Cyanures libres	74-90-8	µg/L	<50	<50	
<b>Azote organique</b>					
CO					
H <sub>2</sub> S					
H <sub>2</sub>					
CO <sub>2</sub>					
O <sub>2</sub>					
Conductivité		µS/cm			
Poussières					
Amiante	1332-21-4				

## Annexe 2.6 : Rejets du bassin

	Emplacement Ref. Date	Rejets du bassin [23] jan - déc 1999 Conc. max.		Rejets du bassin [23] jan - déc 2000 Conc. max.		Rejets du bassin [23] jan - déc 2001 Conc. max.		Rejets du bassin [23] 28.12.01 - 30.8.02 Conc. max.		Incendie 10.09.2002	Rejets du bassin [23] 20.9.02 -19.11.02 Conc. max.	
		No. CAS										
<b>Composés Organiques Volatils (COV)</b>												
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>												
Benzène	71-43-2	µg/L										
Toluène	108-88-3	µg/L										
Xylènes	1330-20-7	µg/L										
Ethylbenzène	100-41-4	µg/L										
<b>Hydrocarbures aliphatiques</b>												
Méthane	74-82-8											
<b>Hydrocarbures cycliques</b>												
<b>Composés polycycliques</b>												
Benzo(a)pyrène	50-32-8	µg/L										
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	µg/L										
Benzo(a)anthracène	56-55-3	µg/L										
Benzo(k)fluoranthène	207-09-9	µg/L										
Fluoranthène	206-44-0	µg/L										
<b>Composés halogénés</b>												
Chloroforme	67-66-3	µg/L										
1,2-Dichloroéthane	107-06-2	µg/L										
Trichloroéthylène	79-01-6	µg/L										
<b>PCB</b>												
<b>Cétones</b>												
Acétone	67-64-1	µg/L										
Butanone (Methyl Ethyl Cétone, MEK)	78-93-3	µg/L										
<b>Aldéhydes</b>												
Acétaldéhyde	75-07-0	µg/L										
Butyraldéhyde	123-72-8	µg/L										
Formol	50-00-0	µg/L										
Furfuraldéhyde	98-01-1	µg/L										
Chloroacétaldéhyde	107-20-0	µg/L										
Isovaléraldéhyde	110-62-3	µg/L										
<b>Autres</b>												
Esters												
Acides organiques												
Composés azotés												
Phthalates												
<b>Dioxines et furanes (PCDDs et PCDFs)</b>												
Somme - Total I-TEQ OMS												
	1748-01-6	µg/L										
Dioxine (2,3,7,8-TCDD)												
<b>Hydrocarbures totaux (HCT) moyen</b>		<b>mg/L</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>0.77</b>	<b>2</b>	<b>0.48</b>						<b>4.10</b>
<b>Composés inorganiques</b>												
<b>Halogénés</b>												
Iode	7553-55-2	µg/L										
Chlore	7782-50-5	µg/L										
Fluore	16984-48-8	µg/L	330	230	110	210						
<b>Métaux</b>												
Mercur	7439-97-6	µg/L	<0.5	5.80	<0.5	0.90						<0.5
Arsenic	7440-38-2	µg/L	<5	28	47	35						12
Aluminium	7429-90-5	µg/L	1000	<300	80	220						31
Plomb	7439-92-1	µg/L	11	83	<25	19						6.50
Zinc	7440-66-6	µg/L	30	50	110	170						<100
Cuivre	7440-50-9	µg/L	<30	<50	60	140						50
Cadmium	7440-43-9	µg/L	<10	23	20	<20						<20
Chrome (entre parenthèses: Chrome VI)	7440-47-3	µg/L	<60 (40)	<60 (10)	<60 (<10)	<60 (<10)						<60 (<10)
Nickel	7440-02-0	µg/L	<50	<100	<100	<100						<100
<b>Autres composés</b>												
SO <sub>2</sub>	7446-09-5	µg/L										
HCl	7647-01-0	µg/L										
NH <sub>3</sub>	7664-41-7	µg/L										
NO <sub>2</sub>	10102-44-0	µg/L										
Cyanures libres	74-90-8	µg/L	<100	<100	<100	<100						<100
Azote organique												
CO												
H <sub>2</sub> S												
H <sub>2</sub>												
CO <sub>2</sub>												
O <sub>2</sub>												
Conductivité		µS/cm										
Poussières												
Amiante	1332-21-4											

Point 3 (amont du site)

Annexe 2.5 : Eaux souterraines - Point 3 à l'amont du site

Emploi/usage Cible	N° CAS	Point 3 (µg/L)						Incendie	Point 3 (µg/L)		à l'autre extrémité du site près de la voie de ch.d.f (sur le site)
		17.11.1998	25.05.1999	03.12.1999	20.07.2000 en projet	05.03.2001	30.11.2001		04.04.2002	10.09.2002	
<b>Composés Organiques Volatils (COV)</b>											
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>											
Benzène	71-43-2 µg/L										
Toluène	108-88-3 µg/L										
Xylènes	1330-20-7 µg/L										
Ethylbenzène	100-41-4 µg/L										
<b>Hydrocarbures aliphatiques</b>											
Méthane	74-82-8										
<b>Hydrocarbures cycliques</b>											
<b>Composés polycycliques</b>											
Benzofluoranthène	50-32-8 µg/L										
Benzo[b]fluoranthène	205-99-2 µg/L										
Benzo[a]anthracène	56-55-3 µg/L										
Benzo[k]fluoranthène	207-58-9 µg/L										
Fluoranthène	206-44-0 µg/L										
<b>Composés halogénés</b>											
Chloroforme	67-66-3 µg/L										
1,2-Dichloroéthane	107-06-2 µg/L										
Trichloroéthylène	78-01-6 µg/L										
<b>PCB</b>											
<b>Coliformes</b>											
Actinobactéries	67-66-1 µg/L										
Bactéries (Méthyl Ethyl Cétène, MEC)	78-83-5 µg/L										
<b>Acétylène</b>											
Acétylène	75-07-0 µg/L										
Bihydroéthylène	123-74-8 µg/L										
Pompe	50-06-0 µg/L										
Pentadiéthylène	94-01-1 µg/L										
Chloroacétylène	172-80-9 µg/L										
Acétylène	110-62-3 µg/L										
<b>Esters</b>											
<b>Acides organiques</b>											
<b>Composés azotés</b>											
<b>Phénolates</b>											
<b>Dioxines et furanes (PCDD et PCDF)</b>											
Somme - Total F-TEO CMS	1746-01-6 µg/L										
<b>Hydrocarbures totaux (HCT) moyen</b>											
		0.1		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
<b>Composés Inorganiques</b>											
<b>Alcalinités</b>											
Calcium	7553-86-2 µg/L										
Chlore	7782-50-5 µg/L										
Fluorure	18884-48-8 µg/L										
<b>Métaux</b>											
Argent	7439-97-6 µg/L										
Arseenic	7440-38-2 µg/L										
Aluminium	7439-95-5 µg/L										
Plomb	7439-92-1 µg/L										
Zinc	7440-66-6 µg/L										
Cuivre	7440-50-8 µg/L										
Cadmium	7440-43-9 µg/L										
Chrome (en tant que hexavalent, Chrome VI)	7440-47-3 µg/L										
Nickel	7440-02-0 µg/L										
<b>Autres composés</b>											
HCl	7647-01-0 µg/L										
NH <sub>3</sub>	7804-41-7 µg/L										
NO <sub>2</sub>	10102-44-0 µg/L										
<b>Composés libres</b>											
<b>Azote organique</b>											
CO	74-80-8 µg/L										
H <sub>2</sub> S											
H <sub>2</sub>											
CO <sub>2</sub>											
O <sub>2</sub>											
Conductivité											
Poussières											
Amiante											
	1332-21-4	317	283	270	283	241	274	254	280	236	
µS/cm											
n.l. : Niveau impossible											
n.d. : non détecté											





Piezomètres plus éloignés en aval

Annexe 2.5 : Eaux souterraines - Piezomètres à l'aval éloigné

	Emploiement		N° CAS	Piez. 1025	Piez. 1026	Piez. 1027	Piez. 1028	Piez. 1029	Piez. 1030	Piez. 1031	Piez. 1032	Incidence
	Ref.	Date		(144)	(144)	(144)	(144)	(144)	(144)	(144)	(144)	
<b>Composés Organiques Volatils (COV)</b>												
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>												
Benzène	71-43-2	µg/L										
Toluène	108-88-3	µg/L										
Xylènes	1330-20-7	µg/L										
<b>Hydrocarbures aliphatiques</b>												
Méthane	74-82-6	µg/L										
<b>Hydrocarbures cycliques</b>												
<b>Composés polycycliques</b>												
Benzofluoranthène	50-32-8	µg/L										
Benzopjénone	205-98-2	µg/L										
Benzofluoranthène	58-55-3	µg/L										
Benzofluoranthène	207-06-9	µg/L										
Fluoranthène	208-44-0	µg/L										
<b>Composés halogénés</b>												
Chloroforme	67-66-3	µg/L										
1,2-Dichloroéthane	107-06-2	µg/L										
Trichloroéthylène	79-01-6	µg/L										
PCB												
Chlorure	67-64-1	µg/L										
Acétone	78-06-2	µg/L										
Butanone (Méthyl Ethyl Cétone, MEK)	78-93-3	µg/L										
<b>Alcools</b>												
Acétaldéhyde	75-07-0	µg/L										
Butanaldéhyde	123-72-8	µg/L										
Formal	50-00-0	µg/L										
Furfuraldéhyde	98-01-1	µg/L										
Chloroacétaldéhyde	107-20-0	µg/L										
Isovaléraldéhyde	110-62-3	µg/L										
<b>Amines</b>												
<b>Acides organiques</b>												
<b>Composés sulfurés</b>												
<b>Polynitrés</b>												
<b>Polynitrés et bases (PCDDs et PCDFs)</b>												
<b>Soxanes Total (TECOX)</b>												
Poivre (2,3,7,8-TCDF)	1746-01-6	µg/L										
<b>Hydrocarbures tétra (HCT) moyen</b>												
		mg/kg										
<b>Composés inorganiques</b>												
<b>Halogénés</b>												
Iode	7553-58-2	µg/L										
Chlore	7782-50-5	µg/L										
Fluore	16884-48-8	µg/L										
<b>Métaux</b>												
Mercur	7439-97-6	µg/L										
Arsenic	7440-38-2	µg/L										
Aluminium	7429-90-5	µg/L										
Plomb	7439-92-1	µg/L										
Zinc	7440-66-8	µg/L										
Cuivre	7440-50-8	µg/L										
Cadmium	7440-43-9	µg/L										
Chrome (forme pentavalente Chrome VI)	7440-47-3	µg/L										
Nickel	7440-02-0	µg/L										
<b>Pierres précieuses</b>												
SO <sub>2</sub>	7446-08-5	µg/L										
SO <sub>4</sub>	7837-09-0	µg/L										
NO <sub>2</sub>	7836-10-7	µg/L										
NO <sub>x</sub>	101-02-44-0	µg/L										
Oxygène libre	74-86-8	µg/L										
Acide organique												
CO												
H <sub>2</sub> S												
H <sub>2</sub>												
CO <sub>2</sub>												
O <sub>3</sub>												
Conductivité		µS/cm										
Poussières												
Ambiant												

## Notes des tableaux

## Annexe 2.7 : Liste des notes utilisées dans les tableaux

- <sup>1</sup>Moyenne des concentrations de o-xylène (10 µg/L), m-xylène (47 µg/L) et p-xylène (26 µg/L)
- <sup>2</sup>Moyenne des concentrations de o-xylène (48.2 µg/kg), m-xylène (154 µg/kg) et p-xylène (168 µg/kg)
- <sup>3</sup><http://www.ineris.fr/recherches/fiches/fiches.htm>
- <sup>4</sup>Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail - N° 174, 1<sup>er</sup> trimestre 1999, p. 59-77
- <sup>5</sup>Décret N° 2001-97 du 1<sup>er</sup> février 2001; valeur transitoire: 9.6 mg/m<sup>3</sup> jusqu'au 27 juin 2003
- <sup>6</sup>Recommandation par la Caisse Nationale de l'Assurance Maladie pour benzo(3,4)pyrène
- <sup>7</sup>Valeur pour la somme benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[ghi]pérylène, indéno[1,2,3-cd]pyrène
- <sup>8</sup>Trioxyle d'arsenic, concentration en As
- <sup>9</sup>Vapeurs de mercure 50 µg/m<sup>3</sup>, mercure composés alkylés (en Hg) 10 µg/m<sup>3</sup>, mercure composés arylés et inorganiques (en Hg) 100 µg/m<sup>3</sup>
- <sup>10</sup>Effets directs pour mercure inorganique 0.24 µg/L, et organique 0.01 µg/L
- <sup>11</sup>Mercuré inorganique 27 mg/kg, et organique 23 mg/kg
- <sup>12</sup>Plomb métallique et composés
- <sup>13</sup>Objectif de qualité pour une année civile: 0.25 µg/m<sup>3</sup>, valeur limite 0.5 µg/m<sup>3</sup> (moyenne annuelle)
- <sup>14</sup>Chlorure de zinc, fumées: 1000 µg/m<sup>3</sup>, oxyde de zinc, fumées: 5000 µg/m<sup>3</sup>, oxyde de zinc, poussières et stéarate de zinc: 10000 µg/m<sup>3</sup>
- <sup>15</sup>Fumées: 200 µg/m<sup>3</sup>, poussières 1000 µg/m<sup>3</sup>
- <sup>16</sup>Cadmium et composés
- <sup>17</sup>Métal: 500 µg/m<sup>3</sup>, trioxyle de chrome et composés du chrome (VI) (en Cr) 50 µg/m<sup>3</sup>
- <sup>18</sup>Chromate de tert-butyle, en CrO<sub>4</sub>
- <sup>19</sup>Eau douce: Chrome (III): 4.7 µg/L, chrome (VI): 4.1 µg/L
- <sup>20</sup>Chrome (III): 3200 µg/m<sup>3</sup>, chrome (VI) 35 µg/m<sup>3</sup>
- <sup>21</sup>Cyanures, en CN
- <sup>22</sup>Air Quality Guidelines - Second Edition, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000
- <sup>23</sup>Concentration atteignable par traitement standard, bruit de fond 1-2 µg/L
- <sup>24</sup>Saturation du sol
- <sup>25</sup>Mercury and compounds (mercure et composés)
- <sup>26</sup>Cyanides libres / acide cyanhydrique
- <sup>27</sup>Valeur pour la somme benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[ghi]pérylène, indéno[1,2,3-cd]pyrène
- <sup>28</sup>Valeur pour la somme benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[ghi]pérylène, fluoranthène, indéno[1,2,3-cd]pyrène et benzo[ghi]pérylène
- <sup>29</sup>Spectre des congénères différent de celui des incinérateurs d'ordures ménagères
- <sup>30</sup>Fraction inhalable 10000 µg/m<sup>3</sup>, fraction alvéolaire 5000 µg/m<sup>3</sup>
- <sup>31</sup>Selon l'arrêté du 2 février 1998 modifié concernant les émissions dans l'air pour les installations classées soumises à autorisation, les concentrations doivent être respectées si les débits massiques sont supérieurs aux valeurs fixées dans l'arrêté.
- <sup>32</sup>Valeur pour la somme des métaux As, Se et Fe
- <sup>33</sup>Valeur pour la somme des métaux Sb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, U et Zn
- <sup>34</sup>Pour un débit massique supérieur à 1 kg/h, 50 mg/m<sup>3</sup>, pour un débit massique supérieur à 50 g/h, 5 mg/m<sup>3</sup>
- <sup>35</sup>Valeur pour la somme des substances de l'annexe Va de l'arrêté du 2 février 1998
- <sup>36</sup>Valeur pour la somme des substances de l'annexe Vb de l'arrêté du 2 février 1998
- <sup>37</sup>Valeur pour la somme des substances de l'annexe Vc.1 de l'arrêté du 2 février 1998
- <sup>38</sup>Valeur pour la somme des trihalométhanes
- <sup>39</sup>Valeur pour la somme tétrachloroéthylène et trichloroéthylène
- <sup>40</sup>Valeur correspondant à un excès de risque unitaire de 10<sup>-5</sup>
- <sup>41</sup>0.21 µg/L pour des eaux de dureté inférieure à 50 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, 0.75 µg/L dans le cas contraire

## **Annexe 3**

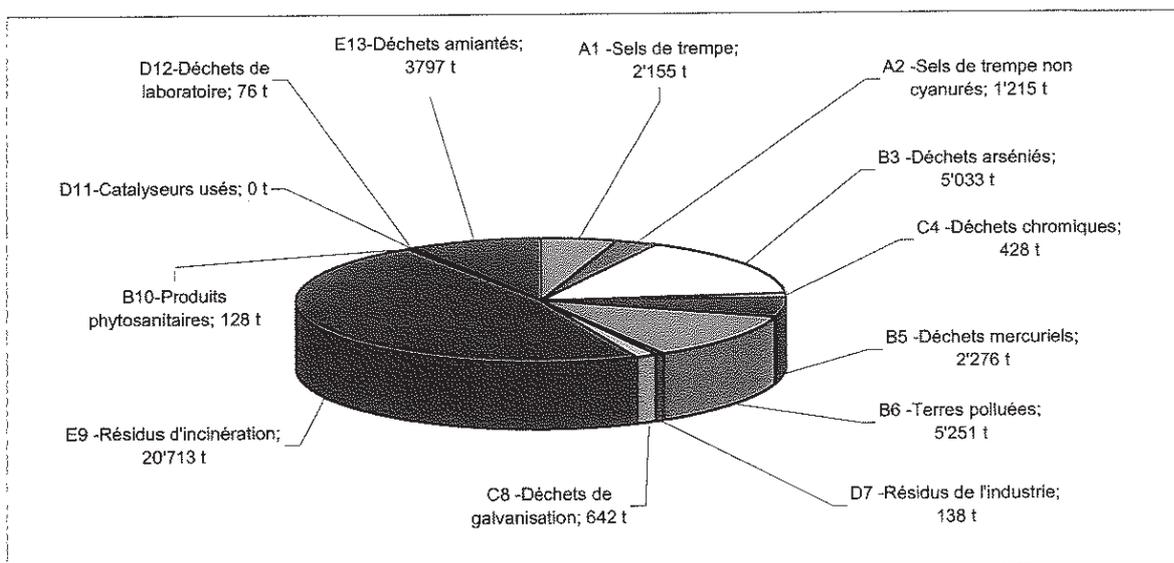
### **Identification du danger des substances**

#### **chimiques**

- 3.1 Quantités des différentes catégories de déchets
- 3.2 Liste des déchets par catégorie
- 3.3 Quantité totale de polluants dans le stockage
- 3.4 Quantités de polluants dans le bloc 15
- 3.5 Evaluation des polluants prioritaires

## Annexe 3.1 : Aperçu des quantités des différentes catégories de déchets

Catégorie	Quantité totale livrée	
	tonnage	%
A1 -Sels de trempe	2'155	5%
A2 -Sels de trempe non cyanurés	1'215	3%
B3 -Déchets arséniés	6'969	16%
C4 -Déchets chromiques	428	1%
B5 -Déchets mercuriels	2'276	5%
B6 -Terres polluées	5'251	12%
D7 -Résidus de l'industrie	138	0%
C8 -Déchets de galvanisation	642	1%
E9 -Résidus d'incinération	20'713	47%
B10-Produits phytosanitaires	128	0%
D11-Catalyseurs usés	0	0%
D12-Déchets de laboratoire	76	0%
E13-Déchets amiantés	3'797	9%
<b>TOTAL</b>	<b>43'786</b>	<b>100%</b>



Annexe 3.2 : liste des déchets par catégorie

DTE XTE LORRE (1)	N° CAP	DESIGNATION	Code déchet EUROPEEN	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Fe	Sb	CN'	CNC'	Radioactivité valeur nette		Humidité sur produit sec		Autres éléments	Remarques
																mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
14 80	01585	Traces métalliques	FR0404201	87	242	418	2373	526		938		72866		61700		0	n.a.	0	n.a.	Na 50%, Cl 46%	Cyanure blanc env. 6700 mg/kg
17 44	01077	BOUES CONCENTRANT CYANURE	ENR01030	1038	2	4						440				15	4,7	n.a.		K 21%, Na 14%	Sels de cyanure
2 46	981209	Sels de temps (Rites/Nraite de Soci	EURO01929	100	23	916	63			196		2157				32	n.a.	n.a.		K 6%, S 9%, Na 18%, Cl 6%	Pas de sables charbonniers; métallures; métaux lourds que n° CAP 00201
7 08	01097	SELS DE TEMPE CYANURES	LAB091027	100	23	916	63			196		2157				32	n.a.	n.a.		K 6%, S 9%, Na 18%, Cl 6%	Cyanure de Na et K env. 20%, cyanate de Na et K env. 22%
307 50	881003	DECHETS DE TRAITEMENT THERMIQUE CYANURE	SAPP01688	204	174	73	75			194		4785				16	10,7	0		K 6%, Na 5%	Pas de rapport d'analyse; sables; métaux lourds que n° CAP 01101
645 52	001101	DECHETS DE TRAITEMENT THERMIQUE CYANURE	TRED06602	827	270	73	75			194		13946				0	1,4	0		Ba 31%, Na 11%, Cl 11%	Pas de rapport d'analyse; supposition; métaux lourds que n° CAP 01101
645 52	001101	DECHETS DE TRAITEMENT THERMIQUE CYANURE	TRED00100	827	270	73	75			194		13946				0	1,4	0		Ba 31%, Na 11%, Cl 11%	Pas de rapport d'analyse; supposition; métaux lourds que n° CAP 01101
485 22	01101	Déchets de traitement thermique cyanure	TRED01102	827	270	73	75	245		184	4423	13946	55			0	1,4	0		Ba 31%, Na 11%, Cl 11%	Cyanure de Na et K env. 18%, cyanate de Na et K env. 20%
5 00	980211	Filtes souillés par des boues cyanurées	TRED00021	410	422	3768	84137	245		1848	4423	3816	55			0	n.a.	n.a.		Ca 4%, Ba 4%	Teneur en Cl: voir n° CAP 00212
38 20	00112	Filtes souillés par des boues cyanurées	TRED00213	410	422	3768	84137	245		1848	4423	3816	55			0	n.a.	n.a.		Ca 4%, Ba 4%	Filtes pour et polyéthylène env. 50%, cyanure de Na env. 12%, de Zn env. 9% et de Cu env. 10%
16 50	881021	GRAVATS SOUILLES PAR DU CYANURE	TRED081015	121	96	63	150	250		34		18337				0	4,4	0		Ca 18%, Si 8%	Pas de rapport d'analyse; supposition; métaux lourds que n° CAP 01098
5 42	80014	GRAVATS SOUILLES PAR DU CYANURE	TRED00412	121	96	63	150	250		34		18337				0	4,4	0		Ca 18%, Si 8%	Pas de rapport d'analyse; supposition; métaux lourds que n° CAP 01098
4 88	00549	Sel de temps	BRAD02042	325	82	33	101	250		34		3046				0	0,29	0		K 9%, Na 10%	Gravats pulvérisés, sables env. 95%, cyanure de Na et K env. 0,5%, cyanate de Na et K env. 0,5%
186 88	01129	Sel de temps	TECH011132	325	80	118	24091									0	n.a.	0,2		Na 9%	Cyanure de sodium et carbonate de sodium
2184 88	10	Déchant de foras de bain de sel																			Cyanure de sodium et carbonate de sodium

n.a. = non analysé  
 - valeur indiquée dans le fiche d'identification et le CAP  
 - valeur indiquée dans le fiche d'identification et le CAP

Annexe 3.2 : liste des déchets par catégorie

OTTE LIVRE (t)	N° CAP	DESIGNATION	Code déchet EUROPEEN	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Fe	Sb	CN <sup>-</sup>	Radioactivité valeur nette	Humidité %	Perte au feu sur produit sec	Autres éléments	Remarques
4.80	001208	SELS DE TREMPER	11 03 02*	1248	369	225	2089					153,26			0	7,6	0	Cu 4%, Ba 25%, Sr 19%, Na 6%, K 4%, Ca 8%	Chlorure de Ba ref. 75%
55.00	881169	SELS DE TREMPER non cyanurés	11 03 02*	251	43	2	1	3				5844			0	26,3	0,11	Cu 4%, Ba 25%, Sr 19%, Na 6%, K 4%, Ca 8%	Pis de rapport d'analyse: suppression: mêmes tenues que n° CAP 010512
28.46	886220	SELS DE TREMPER NON CYANURES	11 03 02*			2	1	3				11			0			Cu 4%, Ba 25%, Sr 19%, Na 6%, K 4%, Ca 8%	Pis de rapport d'analyse: suppression: mêmes tenues que n° CAP 010512
28.86	006232	SELS DE TREMPER NON CYANURES	11 03 02*			2	1	3				11			0			Cu 4%, Ba 25%, Sr 19%, Na 6%, K 4%, Ca 8%	Pis de rapport d'analyse: suppression: mêmes tenues que n° CAP 010512
48.82	010512	SELS DE TREMPER NON CYANURES	11 03 02*			2	1	3				11			0			Cu 4%, Ba 25%, Sr 19%, Na 6%, K 4%, Ca 8%	Pis de rapport d'analyse: suppression: mêmes tenues que n° CAP 010512
2.72	026510	Sels de tempe non cyanurés	11 03 02*			2	1	3				11			0			Cu 4%, Ba 25%, Sr 19%, Na 6%, K 4%, Ca 8%	Carbonate de Ba, de Na et de K env. 15%, chlorure de Ba, de Na et de K env. 19%, NiOH et KOH env.
233.06	011102	Déchets de traitement th. non cyanurés	11 03 02*	436	258	1384	756	181		108		4559			0	8,01	4,33	Cu 13%, Ba 4%, S 4%, NiOH et KOH env. 25%, nitrate de Na et K env. 22%, nitrate de Na et K env. 20%, carbonate de Na et K	env. 8%, chlorure de Ba, Na et K env. 19%, carbonate de Ba env.
201.36	881004	DÉCHETS DE TRAITEMENT THERMIQUE NON	11 03 02*	436	288	1384	756	181		108		4559			0	8,01	4,33	Cu 13%, Ba 4%, S 4%, NiOH et KOH env. 25%, nitrate de Na et K env. 22%, nitrate de Na et K env. 20%, carbonate de Na et K	env. 8%, chlorure de Ba, Na et K env. 19%, carbonate de Ba env.
268.74	801023	DÉCHETS DE TRAITEMENT THERMIQUE NON	11 03 02*	436	298	1384	756	181		108		4559			0	8,01	4,33	Cu 13%, Ba 4%, S 4%, NiOH et KOH env. 25%, nitrate de Na et K env. 22%, nitrate de Na et K env. 20%, carbonate de Na et K	env. 8%, chlorure de Ba, Na et K env. 19%, carbonate de Ba env.
16.72	010828	Filtres avec bores non cyanurés	15 02 02*	21	83864	47559	48314			39		8020			5	7,7	20,5	Cu 8%, Na 7%	Pis de rapport d'analyse: suppression: mêmes tenues que n° CAP 011102
1214.64	12																		Pis de rapport d'analyse: suppression: mêmes tenues que n° CAP 011102
Masse totale (t)																			
0,43 1,10 2,07 1,49 0,17 0,10 3,41 44,83																			

n.a. = non analysé  
teneur indiquée dans la fiche d'identification et le CAP  
teneur inconnue

Annexe 3.2 : Liste des déchets par catégorie

TOTAL LIMITE (t)	N° CAP	DESIGNATION	Code déchet	CdCd		Cr	Ni	Cu	Zn	As	AsH	Hg	Pb	Cd	Fe	Ib	Ch	Pb	Co	Pb	S	Hors-normes	
				EUROPEEN	EUROPEEN																		
26.70	00013	2077 Bâton de jodge	SEPS00013	06 04 03*	482	874	60000	9000	5000	5000	n.a.	7000	364	50000	3208	n.a.	20	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
36.42	00014	Brevet de la 1 <sup>re</sup> / 1 <sup>er</sup> DT	SEPS00014	06 04 03*	198	1951	50000	5000	5000	5000	n.a.	200	5000	5000	5000	5000	n.a.	20	3.7	0.0	0.0	0.0	
34.08	00015	POISSONS DE NETTOYAGE	SEPS00015	06 04 03*	198	149	50000	3000	7423	5000	n.a.	3000	5000	5000	5000	5000	n.a.	20	3.7	0.0	0.0	0.0	
56.38	00012	21.07 Essais Vers - HC Graze	SEPS00012	07 04 07*	53	2000	200000	3000	4000	4000	n.a.	4000	4000	4000	4000	4000	n.a.	0	4.9	2.3	2.3	0.0	
4.44	01124	Composites d'acier - Az 03	ARC01117	15 11 15*	611	295	43	70	10000	1000	n.a.	3611	220	200	200	200	n.a.	0	50.8	7.2	7.2	0.0	
4.38	99109	PLAQUE DE CARRE NICHEL BOULLES	CTRS01110	06 13 02*	46279	50721	70	1000	1000	1000	n.a.	1000	1000	1000	1000	1000	n.a.	0	0.17	0.0	0.0	0.0	
4.34	01051	PLAQUE DE CARRE NICHEL BOULLES	HEL00146	06 13 02*	46279	50721	70	1000	1000	1000	n.a.	1000	1000	1000	1000	1000	n.a.	0	0.17	0.0	0.0	0.0	
14.72	00177	Poivre de calve moulu, conditionné	HEL00132	06 13 02*	208	46279	50721	1000	1000	1000	n.a.	1000	1000	1000	1000	1000	n.a.	0	0.17	0.0	0.0	0.0	
10.08	00109	POISSONS DE COMBUSTION ASENEES	KEA00113	06 04 03*	208	88	11940	20743	20743	20743	n.a.	8643	157	198	874	20795	n.a.	0	0.17	0.0	0.0	0.0	
59.12	02031	Poissens de combustion arseniques	KEFA02027	06 04 03*	208	88	11940	20743	20743	20743	n.a.	8643	157	198	874	20795	n.a.	0	0.17	0.0	0.0	0.0	
4.14	81017	BIJECTE AERIEUX	LAB001010	11 01 89	17	19	27	15	10000	10000	n.a.	34	15	15	1	1	n.a.	0	1.6	0.3	0.3	0.0	
602.16	00160	DOSE DE FER ASENEE	MET001005	06 04 03*	119	460	16287	26587	100000	100000	n.a.	3869	8648	8972	488727	3863	n.a.	0	3.1	0.0	0.0	0.0	
21.82	01070	Poivre Asséché	MET001013	06 04 03*	53	222	201	507	688372	688372	n.a.	448	427	0.5	10000	19	n.a.	0	2.4	0.4	0.4	0.0	
39.38	01027	ANHYDRIQUE ASENEE CARBONATE	MET001015	06 04 03*	83	467	117	461	254206	254206	n.a.	6214	3842	24	18519	281	n.a.	0	21.3	0.9	0.9	0.0	
19.02	99408	POISSON ROUGE	SNV_99408	06 04 03*	5038	18101	421	288	90005	90005	n.a.	1168	1000	1000	1000	1000	n.a.	3	3.2	0.3	0.3	0.0	
120.78	99409	ROUE ASENEE	SNV_99409	06 04 03*	3038	288	19	288	116881	116881	n.a.	1090	1000	1000	1000	1000	n.a.	15	14	2.8	2.8	0.0	
154.23	02050	BOULE ASENEE	SNV_02050	06 04 03*	595	595	31	515	114791	114791	n.a.	564	207	207	207	207	n.a.	0	14.6	n.a	n.a	0.0	
4.68	00068	BICHRETTATE FER BOULLES PARLVNEH	SNV_00065	06 04 03*	748	748	30	30	748	748	n.a.	30	30	30	30	30	n.a.	0	2.9	0.3	0.3	0.0	
21.2	00069	Stems soories par ses compacts	TRE000105	15 02 02*	773	773	1215	412	147999	147999	n.a.	6868	1303	720	720	720	n.a.	0	2.9	4.9	4.9	0.0	
20.36	01020	Poivre granulé arsenique	TRE01022	06 13 01*	773	773	1215	412	147999	147999	n.a.	6868	1303	720	720	720	n.a.	0	2.9	4.9	4.9	0.0	
4.19	01203	Indre-Aluonide	TRE01209	03 03 00*	74	51	174	332	30077	30077	n.a.	505	900	15	17241	27	n.a.	0	27.3	0.3	0.3	0.0	
684.08	01 34	Poissens de chat	QPS01010	04 10 00*	74	51	174	332	30077	30077	n.a.	505	900	15	17241	27	n.a.	0	27.3	0.3	0.3	0.0	

n.a. = non analysé  
 Meur indiqué dans la ligne d'identification et le CAP  
 Meur indiqué par le tableau (total + 100%)

Annexe 3.2 : liste des déchets par catégorie

QTE	TOTAL	N° CAP	DESIGNATION	Code déchet EUROPEEN	Cr	Cr(VI)	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Fe	Sb	CN	Radioactivité valeur nette	Humidité	Perte au feu	Polluants organique	Autre éléments	Remarques	
kg	kg				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	c/s	%	%				
4.10	68027		CATALYSEURS D'OXYDE DE CHROME	ATOC380112	07 07 09	194737	10000	293103	2591	85	295	807	18	527		0	0,95	n.a.				Oxyde de Cr env. 35%, de Cr env. 27%, de Si env. 29%, de Ba env. 11%	
5.89	59672		POUSSEES DE CHROME	LAP286206	18 01 05*	21518	4714	68	172	45	295	116	18	537		0	0,53	n.a.				Cr3 env. 2%, MgCrO4 env. 3%, MgO env. 35%, Silice env. 50%	
5.79	11667		BOUES DE CHROME	LAP286206	18 01 05*	53000	53000	172	878	46	45	82338	72	250000		0	2,8	n.a.				Fe env. 25%, Cu env. 25%, PO4 env. 25%, platinique env. 25%	
21.00	991008		MATERIAUX HETEROGENES SOUILLES	PCE_991008	18 01 38*	188484	188484	315	878	46	45	82338	72	4298	89		3,56	1,4				Pas de rapport d'analyse; suppression: mêmes leuents que les n°s CAP 010114 et 020120	
55.16	581020		BOUES DE CHROME HEXAVALENT	TRED091014	11 01 09*	188484	188484	315	292	92	46	43	6	1382	3		0	8,8	1,4			Teneur en Cr et Cr(VI); voir n° CAP 020120	
16.02	010114		BOUES DE CHROME HEXAVALENT	TRED010138	11 01 09*	188484	188484	39	50	292	92	43	6	1382	3		0	8,8	1,4			Pas de rapport d'analyse; suppression: mêmes leuents que les n°s CAP 010114 et 020120	
15.08	020120		Boues de chrome hexavalent	TRED020121	11 01 09*	188484	188484	603	580	1464	92	164058	138	17478	17		0	1,02	1,4			Graiss env. 97%, Cr3 env. 1%, chromates de Na et K env. 1%, biomomales de Na et K env. 1%	
34.28	020121		Graiss souillés par Cr(VI) hexavalent	TRED060206	17 01 06*	11859	11859	283	1207	177	470	470	17	17478	17		0	5,9	1,23			Pas de rapport d'analyse; suppression: mêmes leuents que n° CAP 020121	
18.59	010115		GRAVATS SOUILLES PAR DU CHROME	TRED002024	17 01 06*	11859	11859	4149	4287	177	470	470	17	17478	17		0	5,9	1,23			Pas de rapport d'analyse; suppression: mêmes leuents que n° CAP 020121	
21.42	002026		GRAVATS SOUILLES PAR DU CHROME	TRED002024	17 01 06*	11859	11859	283	1207	177	470	470	17	17478	17		0	5,9	1,23			Pas de rapport d'analyse; suppression: mêmes leuents que n° CAP 020121	
59.70	006902		FINES REFRACTAIRES AU CHROME	VAL006902	16 01 05*	292583	0	1391	267	267	43183	18	10445	389		35	0,62	3,8				Pas de rapport d'analyse; suppression: mêmes leuents que n° CAP 010912	
22.38	010912		FINES REFRACTAIRES AU CHROME	VAL00705911	16 01 05*	292583	0	1391	267	267	43183	18	10445	389		35	0,62	3,8				Pas de rapport d'analyse; suppression: mêmes leuents que n° CAP 010912	
12.72	00852		BRQUES SOUILLES	VIN_008524	16 01 05*	3800	137	41	147	144	162	16	16	3869		14	10,75	0,78				Cr2O3 env. 30%	
<b>427.24</b>						<b>282</b>	<b>297</b>	<b>193</b>	<b>623</b>	<b>0314</b>	<b>185</b>	<b>0,072</b>	<b>10,2</b>	<b>310</b>	<b>21</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>18,5</b>	<b>0,021</b>	<b>0,011</b>	<b>0,021</b>	<b>0,02</b>	

n.a. = non analysé  
 valeur indiquée dans le fiche d'identification et le CAP  
 valeur inconnue

Annexe 3.2.1 Liste des déchets par catégorie

Code LIBRÉE (1)	N° CAP	DATE CAP	DESIGNATION	Code déchet RUBRIQUE	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Au mg/kg	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Fe mg/kg	Sb mg/kg	CH mg/kg	Humidité valeur min en %	Humidité sur produit en %	Autres éléments organique	Remarques	
4716	011206	01.12.2001	Pastilles barométriques	06 01 01*	1100	843	2724	2693	5000	1456	2166	2274	2413	723	0	0,06	0,3	Hg env. 0,02%	Support armature en acier, env. 0,02%	
236	000335	17.01.1999	Chapeaux en bois (décolorés)	06 01 02*	14703	156	380	196	11038	4508	4508	4508	4508	4508	4508	0	0,06	0,3	Co 4%, Zn 4%, Al 4%, Cu 4%	Support armature en acier, env. 0,02%
1239	011018	14.01.1999	DECOUPE AMERICAINES	06 01 04*	1716	154	1729	2274	10000	12228	69	13705	13705	13705	13705	0	0,06	0,3	Cr 4%, Ni 4%, Cu 4%, Zn 4%, Al 4%, Fe 4%	Crédit adf env. 75%, laiton de machine env. 25%
5134	000112	11.02.2000	DECOUPE AMERICAINES	06 01 04*	129	159	63	10154	1547	202000	17034	145	7301	13	0	0	0,06	0,3	Al 20%, S 20%, Si 17%, Ni 5%, Al 4%, Cu 4%	Crédit adf env. 75%, laiton de machine env. 25%
18172	000813	17.09.1999	Matières colorantes past de machine	06 01 04*	334	63	37	604	174	6302	72	843	2820	13	0	0	0,06	0,3	Al 20%, S 20%, Si 17%, Ni 5%, Al 4%, Cu 4%	Crédit adf env. 75%, laiton de machine env. 25%
174	00021	27.08.2000	SELS DE MERCURE SOLUBLES	06 01 04*	46	71	44	57	72344	0	72	843	2820	13	0	0	0,06	0,3	Al 20%, S 20%, Si 17%, Ni 5%, Al 4%, Cu 4%	Crédit adf env. 75%, laiton de machine env. 25%
27826	000203	20.03.2003	Verres plastiques de machines	06 01 04*	84	61	40	52	59	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,3	Al 20%, S 20%, Si 17%, Ni 5%, Al 4%, Cu 4%	Crédit adf env. 75%, laiton de machine env. 25%
3410	011115	12.11.2001	Poudre de laiton fluorés	06 01 04*	50	159	122	808	29	731	731	202	42703	211	0	11,9	2,2	Al 20%, S 20%, Si 17%, Ni 5%, Al 4%, Cu 4%	Hg env. 0,08%	
436	000329	26.10.2000	Déchets divers	06 01 04*	48	484	35	733	184	0	189	4604	4604	4604	0	2,2	2,2	Al 20%, S 20%, Si 17%, Ni 5%, Al 4%, Cu 4%	Hg env. 0,08%	
820	001107	15.11.1999	Bâches Echappement Gvw	06 01 04*	256	210	478	189	606	650	495	10216	10216	10216	0	2,2	2,2	Al 20%, S 20%, Si 17%, Ni 5%, Al 4%, Cu 4%	Hg env. 0,08%	

n.B. = non analysé  
Moyenne individuelle dans la liste d'identification de la CAP  
Moyenne globale

Annexe 3.2 - liste des déchets par catégorie

CODE ENCREEN	DESIGNATION	Cr	Cr(VI)	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Fe	Sb	CN <sup>-</sup>	Residuats inorganiques	Humidité %	Parts au sur produit %	Polluants organiques	Autres éléments	Remarques
5.32	010230 TERRE POLLUEE PAR DU ZIN	16		7	20	20	17		1001	99	3398	1			0	0		Al 8%, Si 79%	
7.39	001251 CAVALEUR SANS PLOMB ET CUIVRE	1008		150	120	100	8513		155	155	483	17			0	0		K 17%, Ca 3%, Si 4%	
12.56	016223 Sable de sablage	53		15	230	687	813		11	4693	2093	1			0	0		Al 20%, Si 78%	
3.90	000199 Broyat de ciment	35		823	43	1284	142		10435	121	1842	115			0	0		Mg 3%, Si 12%	
25.48	010592 REBUTS DE SELS COMPOSEES	7		64	4268	1950	2942		2	4.3	10.6	0.1			0	0		Na 27%, Mg 4%, Ca 62%, Si 7%	
4.34	850400 GRAVIER SABLIER	32		262	5801	1008	1669		0	0.02	1338	169			0	0		Ca 12%, Si 7%	
584.54	010903 GRAVIER SABLIER	297		68	50	134	137		514	159	1339	54			0	0		Ca 4%, Al 4%, Si 7%	
20.42	010202 PRODUIT DE PRESERVATION DU BOIS	317		54	4848	145	11273		87	16.17	27648	15			2.25	2.25		Droges et Cu, liant de Cu, permoyne au Al	
59.50	000113 SABLE D'ALUMINUM	55		93	819	5341	103		103	239	10177	323			7.3	7.3		Al 4%, Si 94%	
1.80	011106 BOIERS CONTENANT PRINCIPALEMENT CA ++	12		12	7420	2000	8		9050	2	1549	84			0.14	0.14		CaCO3 9%, SiO2 14%	
1.06	024255 Poterie d'émailles	615		45	97	2097	8		135	309	389	1			0.39	0.39		Différents sels minéraux	
195.89	690212 TERRES SOULIEES POS + CUIVRE	118		142	952	1979	2976		614	10	2468	1			0	0		CaCO3 10%, SiO2 9%	
10.89	020925 RECHETS SOULIEES METAUX	1007		162	198	522	374		2761	118	2387	25			0.002	0.002		Al 19%, Si 81%	
16.82	020913 Sable de fer	73		246	88	74	200		78847	0	1633	0			0	0		SiO2 4%, Fe 96%	
35.14	010277 Broyat de ciment	2836		259	363	944	179		893	30	5272	14			12	12		Al 19%, Si 81%	
16.48	000613 REFRACTAIRE DE FOUR	138	0.096	88	10858	4191	664		2493	81	6497	55			21	21		Na 13%, Al 5%, Si 14%, S 62%	
47.72	010594 SEL DE DENEGEMENT INCENDIE	270		321	11	51	84		2761	118	2374	35			0	0		Na 8%, Cl 19%	
4.12	000033 RECHETS SOULIEES METAUX	4704		4197	60	320	1539		2489	0	141462	9			8	8		Ca 3%, S 4%	
14.00	020819 Sable de filtration	25000	25000	30790	75	23	188		55300	0	726	0			0	0		Ca 31%	
0.10	016807 POUSSIERS CANNEVAUX	4		3	200	83	48		3		66	66			0	0		Ca 9%, Ba 1%	
15.80	010951 Broyat de ciment	305		13	926	129	162		162	162	48	1			0	0		Na 19%, Si 81%	
6.84	012116 SILETE DE SOUDE	305		407	926	129	162		162	162	48	1			0	0		Na 19%, Si 81%	
2.82	020205 BAIN ENLAIE DE POTERIE AU Pb EX223	3		12	239	299	48		406	5	138	1			0	0		Ca 6%, Si 94%	
100.32	020513 REFRACTAIRE SOULIEES	130000		9853	247	157100	368		6554	5	19362	30			2	2		Ca 7%, Zr 4%, Mg 10%, Al 3%, Si 8%	
15.86	020461 MACHEFER	3544		1817	284	284	278		2278	49	15851	78			0	0		Al 10%, Si 90%	
269.72	890119 POUSSIÈRE DE BAS DE CHAMBRE	3245		33	30	168	189		189	9	470	12			24	24		Na 9%, Si 91%	
50.84	010153 POUSSIÈRES DE BAS DE CHAMBRES	3246		133	192	647	202		189	0	692626	5			24	24		Na 9%, Si 91%	
4.72	020912 Résidu de combustion	546		87234	497	147	192688		340	248	4084	2454			1.94	1.94		Ca 3%, Si 97%	
9.90	011128 TERRES POLLUEES	385		70300	98	124653	310		17126	225	9340	708			0	0		Si 7%, Al 11%, S 16%	
28.30	010294 Bourre d'hydroxydes	1957		79	520	252	510		12121	225	9340	708			0	0		Si 7%, Al 11%, S 16%	
1.72	020112 Sable de démolition	1470		30	42	361	254		30000	0	598	517			0	0		Si 54%, Fe 10%, S 15%	
16.84	020394 Résidu de démolition	159		78	42	307	414		427	0	598	517			0	0		Si 54%, Fe 10%, S 15%	
6509.87	71	284		12	1	26922	414		529	1	222	8.1			3.28	3.28		Na 85%, Si 14%	

Si... = non analysé  
 Inconnu = Inconnu dans la fiche d'identification et le CAP  
 Inconnu = Inconnu

Annexe 3.2 : liste des déchets par catégorie

QITE	N° CAP	DESIGNATION	CODE EUROPEEN	Code déchet	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Fe	Sb	CN	Radioactivité valeur nette c/s	Humidité sur produit sec %	Perte au feu sur produit sec %	Polychlorés organiques	Autres éléments	Remarques
7.18	990306	Chiffons souillés au beryllium	15 02 02*	ED1690305																	
25.78	981110	DECHETS BERYLLES	11 01 98*	LAB081009																	Be env. 1%, Al env. 35%, acier env. 15%, verre, fibres chiffons etc. env. 37%
46.66	010714	DECHETS BERYLLES	11 01 98*	LAB081010																	Be env. 1%, Al env. 35%, acier env. 15%, verre, fibres chiffons etc. env. 37%
46.66	010714	DECHETS BERYLLES	11 01 98*	LAB0910718																	Be env. 1%, Al env. 35%, acier env. 15%, verre, fibres chiffons etc. env. 37%
6.56	990403	BOUES BERYLLEES	06 04 05*	SAGE304405																	Be poussières env. 5%, poussières métalliques env. 70%, plâtre env. 25%
2.08	990405	Déchets filaires souillés par	12 01 20*	SAGE990404																	Be poussières env. 1%, papiers, chiffons env. 70%, copeaux inox env. 29%
6.59	990404	FILTRES BERYLLES	06 04 03*	SAGE990405																	Filtres et cadres métalliques env. 95%, housage plastique env. 3%, Be env. 2%
4.08	010305	BRISURES DE QUARTZ SOUILLEES PAR	06 04 03*	MICR010308	5180				5180				5				0.001	0	Si 98%		Quartz brisé env. 99%, anseure de gallium env. 1%
1.82	000316	Brasures de quartz souillées par de	06 04 03*	MICR000318	5180				5180				41						Si 25%		Quartz brisé env. 99%, anseure de gallium env. 1%
1.24	020712	Brasures de quartz/Anseure de gallium	15 02 02*	TRUD020713																	Be et oxyde de Be env. 0.1%, plaques métalliques env. 99.9%
27.68	020733	Résonateurs usagés	16 06 05	PEUC020728																	
137.50	13																				
					0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			0.009			

n.a. = non analysé  
teneur indiquée dans la fiche d'identification et le CAP  
teneur inconnue

Annexe 3.2: liste des déchets par catégorie

OTTE LIVRE (t)	N° CAP	DESIGNATION	CODE déchets EUROPEEN	Cr	Cr(VI)	Ni	Cu	Zn	Al	Hg	Pb	Cd	Fe	Sb	CN	Radioactivité valeur nette	Humidité %	Perte au feu sur produit sec	Polluants organiques	Autres éléments	Remarques
3,22	011108	BOUES CONTENANT DES METAUX	ENVR00209	32734	2700	103893	27890	12017		442	2050		1094	375	1,6	0	0,22	0,01		Na 17%, Cl 79%	Chlorure de Fe env. 11%, de Zn env. 4%, de Ni env. 2,5%, soluble de Fe env. 5,5%, de Zn env. 9%, de Ni env. 9,5%, de Cu env. 8%, de Cd env. 1,5%, phosphates de Zn env. 1%, de Cu env. 2,9%, boronate de Na env. 2,5%, chromate de Fe env. 0,5%
38,80	020118	BOUES CONTIENANT DES METAUX Lourds	IND000099	10728	10728	47392	43897	59725			2449	8501	66896	20		0	30,9	7,7		S 7%, Ca 10%	Hydroxydes de Fe env. 11%, de Zn env. 4%, de Ni env. 2,5%, soluble de Fe env. 5,5%, de Zn env. 9%, de Ni env. 9,5%, de Cu env. 8%, de Cd env. 1,5%, phosphates de Zn env. 1%, de Cu env. 2,9%, boronate de Na env. 2,5%, chromate de Fe env. 0,5%
59,44	011109	BOUES de neutralisation acariens	TRED00219	883		46			4000				7178				74,6	0,72		Ca 7%	Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
27,59	020119	BOUES de neutralisation acariens	TRED00210	4205		39553	4010	81180	159		8685		82011				12,65			Ca 4%, Na 6%, P 59%, Cl 17%	Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
11,0	020113	BOUES de phosphatation	TRED01037	137		79	2005	12463	79,5	29	3428		50474				23,5	5,3			Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
12,70	990101	BOUES de phosphatation	TRED08123	2171		15316	2005	38311	79,5	14,5	3428		71543				18	2,65			Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
10,34	000212	BOUES de phosphatation	TRED00022	2171		15316	2005	38311	79,5	14,5	3428		71543				18	2,65			Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
101,80	010112	BOUES DE TRAITEMENT DE SURFACE	TRED01038	10728	10728	47392	43897	59725			2448	8099	86896				45,7	0			Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
253,09	020105	BOUES de traitement de surface	TRED06020	10728		47392		59725	312				86896				45,7	0			Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
162,09	020106	BOUES de traitement de surface	TRED06021	10728		47392		59725					86896				45,7	0			Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
6,76	990410	FILTRES AVEC BOUES NON CYANURES	TRED050410	93		179	47395	48657			627	3371	12652				6,9	4,74			Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
1,64	010822	BOUES de traitement de surface	TRED010814	119		54082											12,9	0			Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%
642,80	13	BOUES d'hydroxydes métalliques	TRED010814	119		179	36975	8198									12,9	0			Phosphates de Fe env. 20%, de Zn env. 15%, de Ni env. 15%, de Cu env. 1%, de Pb env. 1%, de Ca env. 20%, de Mn env. 5%, hydroxydes de Ca 10%, sulfate 15%

Mission: 20240110

Il n'a pas été possible de trouver l'information dans la fiche d'identification et le CAP

Annexe 3.2 : liste des déchets par catégorie

QTE LIMBEE (t)	N° CAP	DESIGNATION	CODE EUROPEEN	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Fe	sh	CH	Radioactivité Bq/kg	Humidité %	Perte au feu sur produit sec	Autres éléments	Remarques
107.68	000510	REFOM	19 01 07*	335	140	534	11087	518	2903	125	7874	208	0.01	0.12	0.01	0.01	Ca 39%, Cl 12%	Pas de rapport d'analyse; supposition: mêmes teneurs que n° CAP 020501	
391.60	020501	REFOM	19 01 07*	335	140	534	11087	518	2903	125	7874	208	0.01	0.12	0.01	0.01	Ca 39%, Cl 12%		
2.84	011112	REFOM	19 01 07*	757	129	628	7677	518	703	37	13648	215	24.1	24.1	24.1	22.6	Ca 12%	Objets en différents métaux (Zn env. 6%, PbO env. 4%, AgCl env. 10%, FeCl3 env. 20%, ...) ; SiO2 env. 30%	
24.02	008824	POUSSIERES DE FOUR DE FONDERIE	10 08 09*	404	201	809	68292	518	603	37	13648	215	24.1	24.1	24.1	22.6	Ca 12%	Objets en différents métaux (Zn env. 6%, PbO env. 4%, AgCl env. 10%, FeCl3 env. 20%, ...) ; SiO2 env. 30%	
11.39	008081	Poussières d'électrodes	10 01 05	26	122	695	57	5685	158	17	1113	31	0.48	0.5	0.09	0.09	K 4%		
370.82	981216	POUSSIERES SOUS ELECTROFILTRE	19 04 02*	613	223	223	7214	281	1980	23	353	211	0.83	0.83	0.05	0.05	Ca 33%, S 19%		
486.56	990301	POUSSIERES SOUS ELECTROFILTRE	19 04 02*	613	223	223	7214	281	1980	23	353	211	0.83	0.83	0.05	0.05	Na 13%, S 10%		
577.95	016808	Poussières sous électrodes	19 04 02*	613	223	223	7214	281	1980	23	353	211	0.83	0.83	0.05	0.05	Na 13%, S 10%		
5.44	000219	CENDRES D'INCINERATION	19 01 07*	24	52	2789	50992	5.5	78271	67	30	208	0.01	0.01	0.01	0.01	Ca 12%	Pas de rapport d'analyse; supposition: mêmes teneurs que n° CAP 010808	
6.00	010219	Pousses de charbon	19 01 07*	112	65	123	127	14	30	67	14	14	0.5	0.5	0.01	0.01	S 15%, Si 3%, P 12%		
69.54	000515	DECHETS DE POLLUEUR POUR A VERRERIE	19 01 11*	1	1	1	12	14	1	1	104	104	0.81	0.81	0	0	Na 29%, Cl 68%	Pas de rapport d'analyse; supposition: mêmes teneurs que n° CAP 010527	
50.54	998815	CENDRES D'INCINERATION	19 01 13*	1486	2003	731	3350	291	877	8	21229	118	0.055	0.055	1.3	0.055	Na 8%, C 33%, S 9%		
42.56	051125	CENDRES D'INCINERATION	19 01 13*	1050	507	536	4473	222	772	8	15470	108	0.03	0.03	0	0.03	Na 8%, C 33%, S 9%		
3313.08	000410	REFOM	19 01 07*	258	62	477	12685	634	3325	108	4887	381	0.11	0.02	0.02	0.02	Ca 34%, Na 7%, Cl 12%	Pas de rapport d'analyse; supposition: mêmes teneurs que n° CAP 020401	
12.96	991009	Cendres d'incinération - Métaux de	19 01 07*	258	62	477	12685	634	3325	108	4887	381	0.11	0.02	0.02	0.02	Ca 34%, Na 7%, Cl 12%		
1642.15	011001	POUSSIERES CALCULEES	19 01 07*	219	88	418	8718	275	2227	58	3513	238	0.02	0	0	0	Br 5%, Ca 14%, Si 4%		
596.62	951011	REFUS DE FILTRATION DES FUMÉES	10 01 01	257	68	350	1861	2988	272	7	9743	50	0.02	0	0	0	Ca 33%, Na 8%, Cl 11%		
1202.25	951002	REFUS DE FILTRATION DES FUMÉES	10 01 01	257	68	350	1861	2988	272	7	9743	50	0.02	0	0	0	Na 14%, Cl 12%		
13.90	010813	POUSSIERES DE BAS DE CHAMBRÉE	19 01 07*	944	239	2502	5203	1454	3983	13	24296	64	0.33	0.06	0	0	Na 10%, Mg 9%, N 17%, Si 2%, S 38%, Cl 8%	Pas de rapport d'analyse; supposition: mêmes teneurs que n° CAP 010808	
62.88	999912	CENDRES SOUS CHAUDIERE	19 01 10*	3245	23	30	168	119	188	9	470	12	0	0.96	0.69	0.69	Na 8%, S 12%		
2.85	020228	SUIVE	19 01 04*	899	183	699	29997	421	635	50	19099	1370	0	0	0	0	Ca 13%, K 3%	Pas de rapport d'analyse; supposition: mêmes teneurs que n° CAP 012108	
16.54	020414	Cendres sans chaudière	19 01 15*	599	183	699	29997	421	635	50	19099	1370	0	0	0	0	Ca 13%, K 3%		
4.86	020421	SUIVE	19 01 04*	899	183	699	29997	421	635	50	19099	1370	0	0	0	0	Ca 13%, K 3%		
46.86	020228	SUIVE	19 01 04*	899	183	699	29997	421	635	50	19099	1370	0	0	0	0	Ca 13%, K 3%		
27.59	020811	Déchets de Sorex	19 01 14*	640	28	27	147	141	147	11	472	360	0	0	0	0	S 7%, Na 7%		
133.95	020220	REFUS DE FILTRATION DES FUMÉES	10 01 01	300	107	51	97654	1020	115	91	672	0	0.8	0.8	0.5	0	Na 12%, Cl 4%, K 10%		
133.95	020220	REFUS DE FILTRATION DES FUMÉES	10 01 01	300	107	51	97654	1020	115	91	672	0	0.8	0.8	0.5	0	Na 12%, Cl 4%, K 10%		
2072.34	42	Résidu de traitement de fumées	10 11 15*	189	443	6588	9910	484	12867	113	2884	877	0	0	0	0	Ca 13%		

n.a. = non analysé  
Remarque indiquée dans la fiche d'identification et le CAP  
S.O.S. = Sans Objet Spécifique

Annexe 3.2 : liste des déchets par catégorie

QTE LIVRE (t)	N° CAP	DESIGNATION	Code déchets	CODE EUROPEEN	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Au mg/kg	Ash <sub>1</sub> ppm	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Fe mg/kg	Sb mg/kg	Radionucléide valeur nette cts	Humidité % sur séch sec	Perte au feu sur séch sec %	Polluants organiques	Autres éléments	Remarques
5 62	980809	Produits phytosanitaires arseniés	TRED980418	05 01 08*	71	62	12215	742	147969		5297	13823	814	10887	3544	15	2.3	1.94		Kash env. 55%, arsénium de chaux env. 20%, ZAI env. 10%, de Na env. 2%, de Cu env. 3%, de Pb env. 2%, arsénite de chaux env. 10%, ZAI env. 10%, de Na env. 2%, de Cu env. 3%, de Pb env. 2%, arsénite de chaux env. 10%, ZAI env. 10%, de Na env. 2%, de Cu env. 3%, de Pb env. 2%, arsénite de chaux env. 10%, ZAI env. 10%, de Na env. 2%, de Cu env. 3%, de Pb env. 2%	
1 24	000804	Produits phytosanitaires azotés	TRED060704	02 01 08*	71	62	12215	742	147969		5297	13823	814	10887	3544	15	3.05	1.94		Kash env. 55%, arsénium de chaux env. 20%, ZAI env. 10%, de Na env. 2%, de Cu env. 3%, de Pb env. 2%, arsénite de chaux env. 10%, ZAI env. 10%, de Na env. 2%, de Cu env. 3%, de Pb env. 2%, arsénite de chaux env. 10%, ZAI env. 10%, de Na env. 2%, de Cu env. 3%, de Pb env. 2%	
103 74	010221	ARSENITE DE SOUDE (PYRAL)	SEPS010223	05 04 03*	6	7	8	48617	189333	0.05	363	112		210	61		0.8			As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> env. 25%, Zinco (ZnH <sub>2</sub> N <sub>2</sub> S <sub>2</sub> Zn) env. 20.2%, Ségrophor env. 18%, Antimoniaise env. 8%, Rhodope env. 1%, chaux env. 27%	
127 80	3				0.001	0.001	0.065	5.856	28.874		0.079	0.108	0.006	0.096	0.052		0.133				

n.a. = non analysé  
leur valeur indiquée dans la fiche d'identification et la CAP  
leur valeur inconnue

Annexe 3.2 : liste des déchets par catégorie

QTE TOTALE LUVREE (t)	Code déchet	CODE EUROPEEN	DESIGNATION	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Fe	Sb	CN	Radioactivité valeur nette cfs	Humidité %	Perte au feu sur produit sec %	Remarques / Polluants organiques
15.70	000318	15.05.05*	PRODUITS DE LABORATOIRE INERTES	468	89	81	1324	7987	110045	58805	76	13893	15419		0	38.5	5.2	Produit de laboratoires inorganiques 40%, eau 30%, chaux 10%, vermiculite 20%
3.22	000318	15.05.05*	PRODUITS DE LABORATOIRE INERTES	95	9	4	1218	11	110045	6	1	1400	11			41.3	40.9	Produit de laboratoires inorganiques 40%, eau 30%, chaux 10%, vermiculite 20%
9.88	000218	07.02.03*	Mélange d'acideur															Polystyrène, cyclohexane, résine époxydiques, résine échangeuse d'ion
76.00																		
				0.008	0.002	0.001	0.082	0.124	1.728	0.120	0.001	0.276	0.249					
				Masse totale (t)														

n.a. = non analysé  
 valeur indiquée dans la fiche d'identification et le CAP  
 valeur inconnue

E13 Déchets amiantés

Annexe 3.2 : liste des déchets par catégorie

N° CAP	DESIGNATION	CODE DÉCHETS	EUROPEEN	Cr	Cr(VI)	Ni	Cu	Zn	As	AsH <sub>3</sub>	Hg	Pb	Cd	CN	Reductibilité	c/s	Code déchet	
																	mg/kg	mg/kg
5.88	AMIANTE	EMC3981016	17 08 01*	mg/kg														
2.38	PANOCEL	MEY981103	17 08 05*	mg/kg														
0.60	PANOCEL	MEY981104	17 08 05*	mg/kg														
1.94	PANOCEL	MEY981105	17 08 05*	mg/kg														
0.50	PANOCEL	MEY981107	17 08 05*	mg/kg														
1.40	PANOCEL	MEY981112	17 08 05*	mg/kg														
1.50	FIBRO-CIMENT	MEY981111	17 08 05*	mg/kg														
0.20	CALORIFUGE	RAD1861202	17 08 05*	mg/kg														
0.78	PANOCELS	DOL8881204	17 08 05*	mg/kg														
0.78	TUYAU CALORIFUGE	MCP981205	17 08 05*	mg/kg														
0.24	PANOCELS	QNK981209	17 08 05*	mg/kg														
2.64	CALORIFUGES A BASE D'AMIANTE + MERCURE	SOL1981208	17 08 05*	mg/kg														
0.12	AMIANTE ciment	CTS 990105	17 08 05*	mg/kg														
1.50	CALORIFUGE + TRESSSES	KIND990108	17 08 05*	mg/kg														
12.00	FIBRO-CIMENT	KIND990107	17 08 05*	mg/kg														
0.36	CALORIFUGE	CFM990109	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	CFM990110	17 08 05*	mg/kg														
0.08	MATER AMIANTE	ACM 990203	17 08 05*	mg/kg														
0.08	Calorifuge + faux plafond	DOU990201	17 08 05*	mg/kg														
0.24	Remblaiement de sol + panocel	BAL 799012	17 08 05*	mg/kg														
0.68	PANOCEL	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
2.30	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
3.44	DALLE DE SOL	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
0.38	DECHET AMIANTE	TRE990207	17 08 05*	mg/kg														
0.68	DECHETS AMIANTES	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
0.48	PANOCEL	REG990212	17 08 05*	mg/kg														
2.24	PANOCEL	BAL 799012	17 08 05*	mg/kg														
0.28	Remblaiement de sol + panocel	LUV990201	17 08 05*	mg/kg														
0.08	Calorifuge + faux plafond	DOU990201	17 08 05*	mg/kg														
0.08	MATER AMIANTE	ACM 990203	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	AUS990110	17 08 05*	mg/kg														
0.36	CALORIFUGE	CFM990109	17 08 05*	mg/kg														
12.00	FIBRO-CIMENT	KIND990107	17 08 05*	mg/kg														
0.36	CALORIFUGE	CFM990110	17 08 05*	mg/kg														
0.08	MATER AMIANTE	ACM 990203	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	AUS990110	17 08 05*	mg/kg														
0.08	Calorifuge + faux plafond	DOU990201	17 08 05*	mg/kg														
0.24	Remblaiement de sol + panocel	BAL 799012	17 08 05*	mg/kg														
0.68	DECHETS AMIANTES	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
0.38	DECHET AMIANTE	TRE990207	17 08 05*	mg/kg														
2.30	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
3.44	DALLE DE SOL	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
2.90	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	CFM990110	17 08 05*	mg/kg														
0.36	CALORIFUGE	CFM990109	17 08 05*	mg/kg														
0.08	MATER AMIANTE	ACM 990203	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	AUS990110	17 08 05*	mg/kg														
0.08	Calorifuge + faux plafond	DOU990201	17 08 05*	mg/kg														
0.24	Remblaiement de sol + panocel	BAL 799012	17 08 05*	mg/kg														
0.68	DECHETS AMIANTES	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
0.38	DECHET AMIANTE	TRE990207	17 08 05*	mg/kg														
2.30	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
3.44	DALLE DE SOL	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
2.90	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	CFM990110	17 08 05*	mg/kg														
0.36	CALORIFUGE	CFM990109	17 08 05*	mg/kg														
0.08	MATER AMIANTE	ACM 990203	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	AUS990110	17 08 05*	mg/kg														
0.08	Calorifuge + faux plafond	DOU990201	17 08 05*	mg/kg														
0.24	Remblaiement de sol + panocel	BAL 799012	17 08 05*	mg/kg														
0.68	DECHETS AMIANTES	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
0.38	DECHET AMIANTE	TRE990207	17 08 05*	mg/kg														
2.30	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
3.44	DALLE DE SOL	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
2.90	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	CFM990110	17 08 05*	mg/kg														
0.36	CALORIFUGE	CFM990109	17 08 05*	mg/kg														
0.08	MATER AMIANTE	ACM 990203	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	AUS990110	17 08 05*	mg/kg														
0.08	Calorifuge + faux plafond	DOU990201	17 08 05*	mg/kg														
0.24	Remblaiement de sol + panocel	BAL 799012	17 08 05*	mg/kg														
0.68	DECHETS AMIANTES	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
0.38	DECHET AMIANTE	TRE990207	17 08 05*	mg/kg														
2.30	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
3.44	DALLE DE SOL	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
2.90	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	CFM990110	17 08 05*	mg/kg														
0.36	CALORIFUGE	CFM990109	17 08 05*	mg/kg														
0.08	MATER AMIANTE	ACM 990203	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	AUS990110	17 08 05*	mg/kg														
0.08	Calorifuge + faux plafond	DOU990201	17 08 05*	mg/kg														
0.24	Remblaiement de sol + panocel	BAL 799012	17 08 05*	mg/kg														
0.68	DECHETS AMIANTES	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
0.38	DECHET AMIANTE	TRE990207	17 08 05*	mg/kg														
2.30	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
3.44	DALLE DE SOL	REG990211	17 08 05*	mg/kg														
2.90	DECHET AMIANTE	CON599030	17 08 05*	mg/kg														
0.28	CALORIFUGE	CFM990110	17 08 05*	mg/kg														
0.36	CALORIFUGE	CFM990109	17 08 05*	mg/kg														
0.08	MATER AMIANTE	ACM 990203	17 08 05*</															





E13 Déchets amiantés

N° CAP	DESIGNATION	CODE EUROPEEN	Cr	Cr (Y)	Ni	Cu	Zn	As	AsH <sub>3</sub>	Hg	Pb	Cd	CN	Radioactivité	ch
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	ppm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	valeur nette	

Contenu hétérogène, à l'exception des fibres d'amiante, les déchets ne présentent pas de danger pour l'environnement

0.75	020415	Comb. Filtres Poyanes, Trassés	PCRC020403												
4.64	020419	Colb-Comb. Filtres-Polyane	HCS020409												
9.50	020420	Faux plafond armanté-Francoel	COL_020410												
5.74	020421	Raques en fibre-ciment	MAR020411												
0.42	020422	Fibre-Ciment	SEA_020415												
0.06	020424	Combimont-Filtes-Poyane	WOL020412												
0.26	020425	Fibre-ciment	WOL020413												
0.86	020426	Combimont-Filtes-Polyane	ATA020420												
6.99	020427	Ficoag-Combimont-Filtes-Polyane	SEIN020419												
8.88	020428	Dalles de sol	ATA020420												
9.94	020429	Ficoag + Epi combinés de Travaux	RCS020418												
1.56	020432	Ficoag + Epi combinés + Epi isolés	SMC020426												
21.26	020502	Colb, Filtes, Comb. Polyane, Dalles	LRC020432												
10.00	020513	Dalles de sol + Colbe amiantifère	CAS020507												
3.81	020515	Amiante	SNCF020509												
22.75	020516	Amiante + Epi	EPNL020510												
0.86	020517	Dalles, colbe, comb. filtes, polyane	BMY_020522												
1.08	020525	Dalles, colbe, comb. filtes, polyane	DEF020526												
0.12	020529	Joints amiantés	DFEF020526												
0.22	020539	Cartrage (nylon Amiante)	FSC020538												
0.08	020534	Amiante	FTEN020541												
0.86	020606	Amiante	ARM020603												
1.44	020609	Ficoag	DOUB020605												
3.74	020611	Ficoag	OPAC020606												
16.46	020619	Colb, combinés, filtes, polyane	OPAC020606												
0.88	020619	Praccol, filtes, combinés, filtes, polyane	MAF020618												
0.72	020620	Cartrage, combinés, filtes, polyane	DFPA020617												
4.04	020704	Fico-cement	GANT020629												
417.28	020708	Déchets pyrochimiques variés	SOLU020626												
4.75	020715	Placs mécaniques divers	SNCF020703												
0.86	020716	Placs, combinés, filtes, polyane	SNIM020716												
0.48	020723	Colb, comb. filtes, polyane	VOS020721												
0.86	020724	Résistance avec amiant	SNCF020722												
9.60	020727	Dalles de sol en vinyl amiant + colbe	POLU020726												
0.74	020735	Praccol, comb. filtes, polyane, dalles	NEST020735												
0.80	020738	Faux-placod. comb. filtes, polyane	CHIL020739												
0.14	020739	Amiante (cordobates, joints, ...)	MDPA020732												
10.30	020742	Plaqueaux faux-placod PANOCCELL	BRAVA020740												
0.28	020807	Epi-Filtes-Poyane	SCIC020804												
2.08	020818	Chape de sol, comb. polyane, filtes	SEIN020810												
0.20	020819	Dalles de sol, colbe, comb. polyane	SEIN020810												
8.90	020905	Traces amiantés	TEPE020928												
0.50	020901	Joints amiantés	ISCP020902												
0.42	990714	PANOCCEL	ATEL990716												
2797.00	504														

Annexe 3.4 - Quantités de polluants dans le lait 15

Code Laiterie (1)	DATE CAP (2)	DESIGNATION (3)	Code déchet (4)	Cr (mg/kg)	CoV0 (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Al (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	CND (mg/kg)	Biotransformé valeur usuelle (µg/kg)	Fluorés (µg/kg)	Pesticides résidus (µg/kg)	Autres éléments (µg/kg)	Remarques (18)
A1	04.08.02.11.2001	Chèvres de laitier (laitier) type A1	TREDD11022	270	270	73	73	71	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
158	12.05.2001	Chèvres de laitier (laitier) type 158	TREDD11022	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174
A2	10.08.02.11.2001	Chèvres de laitier (laitier) type A2	TREDD11022	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438
14.08.13.03.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 14.08.13.03.2002	TREDD11022	208	n.a.	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208
14.08.30.06.2001	Chèvres de laitier (laitier) type 14.08.30.06.2001	TREDD11022	208	n.a.	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208
109.209	20.06.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 109.209	VAL0002628	87234	87234	87234	87234	87234	87234	87234	87234	87234	87234	87234	87234	87234	87234	87234
21	20.06.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 21	VAL0002628	69247	69247	69247	69247	69247	69247	69247	69247	69247	69247	69247	69247	69247	69247	69247
135	09.07.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 135	VAL0002628	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648
7.7	23.07.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 7.7	PEU0007278	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
29.05.24.01.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 29.05.24.01.2002	TREDD01020	4205	2053	4010	8100	159	8000	6859	6859	6859	6859	6859	6859	6859	6859	6859	6859
68	07.08.2001	Chèvres de laitier (laitier) type 68	COPAR03242	813	813	223	224	281	1880	23	363	211	363	211	363	211	363	211
208.60	01.10.2001	Chèvres de laitier (laitier) type 208.60	TREDD01022	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813
208.60	01.10.2001	Chèvres de laitier (laitier) type 208.60	TREDD01022	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813
208.35	03.04.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 208.35	VAL0002628	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449
19.70	03.07.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 19.70	VAL0002628	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449
1.04	23.07.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 1.04	SETR0007998	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999	3999
813	21.08.2002	Chèvres de laitier (laitier) type 813	TREDD01022	399	399	399	399	399	399	399	399	399	399	399	399	399	399	399
1775.56																		

1. n. a. = non analysé  
2. valeur usuelle  
3. valeur usuelle

Annexe 3.5 : Evaluation des polluants prioritaires

Substance	Quantité (t)	Composés chimiques principaux (cf. liste des déchets)	Solubilité dans l'eau [T5, T6, A2, A4] (à 25°C, mg/L)	Pression de vapeur [T5, T6, A2, A4] (à 25°C et pression totale = 1 bar, Pa)	Toxicité Classification [T14b]	EC <sub>50</sub> Daphnies (µg/L) <sup>(5)</sup>	Persistence
Cr(VI)	29 [Cv1, 103 Cr <sub>6i</sub> ]	(Di)-chromates de Na, K et Ca > 90%	> 100'000	(Di)-chromates non concernés (en)	Muta.Cat.2, T+; R26, R46, R49	350	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> détoxification et immobilisation par réduction en Cr(III)
Ni	71	Supposition: Ni métallique et oxydes de Ni	"insoluble"	Ni et NiO	Carc.Cat.1; R43, R49, R53	1000	Ni pas de dégradation
Cu	115	Supposition: oxydes de Cu	"insoluble" à bien soluble (sels)	Cu <sub>2</sub> O et Cu <sub>2</sub> O	Xn; R22	9 à 341	Cu, CuO pas de dégradation
Zn	351	Supposition: oxydes de Zn	peu soluble (oxydes, 1.6 mg/L) à bien soluble (sels)	ZnO et ZnCl <sub>2</sub>	C, N; R34, R50, R53	2800 à >800000	Zn, ZnO pas de dégradation
As	2566	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > 90%	18'000 à 37'000, resp. 200 mL de gaz dans 1 L d'eau <sup>(7)</sup>	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> resp. AsH <sub>3</sub>	Carc.Cat.1; T+, C, N; R28, R34, R45, R50, R53	3200 à 6200	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> détoxification et immobilisation par réduction en As(III)
Hg	47	Supposition: Hg métallique et oxyde de Hg et sels de Hg	0.0656 à 69'000	HgO et HgCl <sub>2</sub>	0.01 à 0.26 <sup>(8)</sup>	5 à 15	HgCl <sub>2</sub> pas de dégradation
Pb	237	Supposition: oxydes de Pb	17	PbO	non disponible (point de fusion > 330°C)	75 à 930	PbCl <sub>2</sub> pas de dégradation
Cd	138	Supposition: Cd métallique et oxydes de Cd	5	CdO	non disponible (point de fusion > 320°C)	24 à 1900	Cd, CdCl <sub>2</sub> pas de dégradation
Sb	107	Supposition: oxydes de Sb	"très peu soluble"	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	non disponible (point de fusion > 630°C)	423450	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> pas de dégradation
CN <sup>-</sup>	107	KCN et NaCN	> 100'000 (HCN miscible avec l'eau)	Seils de CN et HCN	T+, N; R32, R50, R53, R26/27/28	1900	KCN biodégradation en présence d'oxygène
CNO <sup>-</sup>	212	KCNO et NaCNO	> 100'000	NaCNO env. 10 <sup>-7</sup>	HCNO	pas d'information	décomposition et biodégradation
PCB	<0.25 <sup>(1)</sup>	Mélange de différents PCBs	0.16	Congénère 28	10 <sup>-7.7</sup>	1 à 24	Seul mélange, OMS, 1992
Dioxines	<0.0004 <sup>(2)</sup>	Mélange de différents dioxines	1.90E-05	rem. (4)	10 <sup>-6.7</sup>	rem. (4)	très persistant
ACBT <sup>(6)</sup>	29	Amino-4-chlor-trifluorométhylbenzène (CAS 121-50-6)	1.10E+04	rem. (6)	15	rem. (6)	facilement biodégradable, sensible à l'air et à la lumière
Ziram	28		65	non concerné (sel)	Muta.Cat.3; Xn, Xi; R22, R66, R69/37/38	48	Hydrolyse et biodégradation

(1) 1643 t de déchet avec une teneur en PCB d'env. 150 ppm  
 (2) Dioxines - teneur moyenne dans les résidus d'incinération 0.14 à 18 µg/kg (concentrations 1-TEQ en dioxines et furanes de mâchefères de 21 usines testées en Suède [A8] => 20713 t de déchet avec une teneur en dioxines < 20 ppb)  
 (3) Métal élémentaire et oxydes de métal  
 (4) 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine [A2]  
 (5) Ocre de préférence des références consultées: [T19, T20], [T6, T21], [T13]  
 (6) Les propriétés de l'acido-4-chlor-trifluorométhylbenzène sont extraites de la fiche de données de sécurité conforme à la directive 91/155/CEE. la solubilité est mesurée à 60°C, la valeur EC<sub>50</sub> est mesurée pour les poissons  
 (7) C.-à-d. env. 0.6 g/L en équilibre avec 1 bar d'AsH<sub>3</sub>(g)  
 (8) La pression de vapeur du mercure varie en fonction de la température T (K) selon l'équation p<sub>Hg</sub>(Pa) = 10<sup>(10.122 - 3190/T)</sup>, réf. [A4]  
 (9) La constante d'Henry est de 0.000133 atm m<sup>3</sup>/mol selon J.S. Gaffney et al. 1987

Indications de danger des substances et préparations dangereuses

T	Toxique	E	Explosif
T+	Très toxique	O	Comburant
C	Corrosif	F	Facilement inflammable
Xn	Nocif	F+	Extrêmement inflammable
Xi	Irritant	Xi	Irritant
N	Dangereux pour l'environnement		

Nature des risques particuliers attribués aux substances et préparations dangereuses

R22	Nocif en cas d'ingestion	R52	Nocif pour les organismes aquatiques
R26	Très toxique par inhalation	R53	Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique
R28	Très toxique en cas d'ingestion	R51/53	Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique
R32	Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique	R61	Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant
R33	Danger d'effets cumulatifs	R62	Risque possible d'altération de la fertilité
R34	Provoque des brûlures	R68	Possibilité d'effets irréversibles
R40	Effet cancérogène suspecté - preuves insuffisantes	R20/22	Nocif par inhalation et par ingestion
R43	Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau	R21/22	Nocif par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion
R45	Peut provoquer le cancer	R26/27/28	Très toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion
R46	Peut provoquer des altérations génétiques héréditaires.	R36/37/38	Irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau
R49	Peut provoquer le cancer par inhalation	R48/23/25	Toxique; risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par ingestion
R50	Très toxique pour les organismes aquatiques	R48/24/25	Toxique; risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau et par ingestion

APERCU PAR CATEGORIE	Masse de déchets (t)	Cr	Cr(VI)	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Fe	Sb	CN'	CNO'	Perte au feu
		(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
A1 -Sels de trempé	2'155	2	1	1	5	4					30		159	212	
A2 -Sels de trempé non cyanurés	1'215		1	1	2	1					5				45
B3 -Déchets arséniés	6'969	3	10	56	63	2'523	19	150	22	533	99				261
C4 -Déchets chromiques	428	58	27	1	7			17		10					3
B5 -Déchets mercuriels	2'276			1	3		26	1		73					0
B6 -Terres polluées	5'251	25	29	25	26	4		6	113	118	2				36
D7 -Résidus de l'industrie	138														
C8 -Déchets de galvanisation	642	6	2	26	7	33		1	1	40					2
E9 -Résidus d'incinération	20'713	8	3	13	13	214	15	61	2	151	5				7
B10-Produits phytosanitaires	128				6	24									0
D12-Déchets de laboratoire	76						2	1							21
<b>TOTAL (sans les déchets amiantés)</b>	<b>39'989</b>	<b>103</b>	<b>29</b>	<b>71</b>	<b>115</b>	<b>351</b>	<b>2'566</b>	<b>47</b>	<b>237</b>	<b>138</b>	<b>961</b>	<b>107</b>	<b>159</b>	<b>212</b>	<b>377</b>

### Description de la procédure suivie

#### 1) Choix des substances prises en compte

Les substances prises en compte couvrent les substances pour lesquelles un catégorie spécifique de déchets est définie (A1 : cyanures et cyanates; B3 : As; C4 : Cr et Cr(VI); B5 : Hg) ainsi que les métaux lourds rencontrés fréquemment dans les résidus d'incinération (Cd, Zn, Pb). Par souci de complétude, les masses de Ni, Cu, Fe et Sb ont également été évaluées. Les autres substances rencontrées sont discutées au cas par cas.

#### 2) Procédure suivie pour la quantification des polluants

Les fiches de déclaration des clients ainsi que les analyses du laboratoire Stocamine ont été systématiquement évaluées. Il est à noter qu'une même fiche peut correspondre à plusieurs numéros CAP dans la mesure où ces derniers ont été renouvelés chaque année même si la nature du déchet livré restait la même. Une évaluation détaillée des polluants contenus dans les déchets amiantés n'a pas été menée car ces déchets provenant de chantier de désamiantage sont par nature très hétérogènes et ne présentent pas de danger pour l'environnement autres que ceux relatifs aux fibres d'amiante.

Dans la mesure où la teneur en polluants est indiquée par le client, cette valeur a été reprise pour l'évaluation des quantités totales de polluants. Dans le cas contraire, les valeurs d'analyses ont été exploitées pour calculer la masse de polluants contenus dans les différents types de déchets. Les valeurs d'analyses et celles fournies par les clients peuvent dans certains cas différer de manière importante. De manière générale, les teneurs indiquées par les clients sont supérieures à celles mesurées par Stocamine. L'approche choisie fournit donc l'évaluation la plus pessimiste de la quantité totale de polluants stockés avec les déchets.

3) Remarques relatives aux résultats

Substances	Catégories de déchets	Commentaires
Cr	C4 57%, B6 25%	Pour les déchets correspondant aux CAP 991008, 000832, 020118 et 010112 la teneur indiquée en Cr(VI) est supérieure à celle indiquée pour le Crtot. Pour ces déchets, le teneur en Cr(VI) a été utilisée pour le calcul de la masse totale de chrome (approche pessimiste). Le chrome est présent sous forme de chromate (Cr(VI)) ou de Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Cr(III)) En majorité sous forme de chromates (Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> et CaCrO <sub>4</sub> ), également sous forme de CrO <sub>3</sub> et de dichromates. 91% de la quantité totale de chrome hexavalent provient de déchets Tredi (124 t de déchets). Les analyses de Stocamine suggèrent que la teneur effective en chromates est très inférieure à celle indiquée par le client.
Cr(VI)	C4 94%	29% de la masse de nickel est contenue dans les "Plaques pochettes négatives" de l'ADEME-Délégation Aquitaine (CAP 020613, 236 tonnes de déchets avec 8.7% de Ni)
Ni	B6 40%, C8 37%	Le cuivre est réparti dans un nombre important de lots différents
Cu	B3 48%, B6 21%	28% du zinc provient des résidus d'incinération de SITDCE COLMAR (7700 tonnes de déchets avec 1.3% de Zn)
Zn	E9 61%, B3 18%	En large majorité sous forme d' As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (As(III)) et également sous forme d' As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (As(V)) et d'arsénate (As(V)). 82% de la quantité totale d'arsenic provient des déchets de l'Ademe-Salsigne (n° CAP 000811, 2937 tonnes avec env. 96% d' As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
As	B3 98%	
Hg	B3 40%, B5 55%	29% de la masse totale de mercure provient des déchets mercuriels asséchés de Tredi St Vulbas (CAP 10317, 276 tonnes de déchets avec 5% de Hg) et 19% des matériaux de Rhodia (1812 t avec entre 0.008 et 1% de mercure).
Pb	B3 63%, E9 26%	33% de la masse totale de Pb provient de l'oxyde de fer arsénié de METALEUROP S.A. (CAP 001009, 902 tonnes avec 8.6% de Pb) et 28% provient des déchets de l'Ademe-Salsigne (n° CAP 000811, 2937 tonnes avec 2.2% de Pb)
Cd	B6 82%, B3 16%	76% de la quantité totale de Cd provient des "Plaques pochettes négatives" de l'ADEME-Délégation Aquitaine (CAP 020613, 236 tonnes avec 45% de Cd)
Fe	B3 55%, E9 16%	En large majorité sous forme de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Fe(III)) et également sous forme de FeO (Fe(II)). 46% du fer provient de l'oxyde de fer arsénié de METALEUROP S.A. (CAP 001009, 902 tonnes avec env. 70% de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Sb	B3 93%, E9 5%	48% de la quantité totale d'antimoine provient des déchets de l'Ademe-Salsigne (n° CAP 000811, 2937 tonnes avec env. 2% de Sb), 33% de l'antimoine provient de l'oxyde de fer arsénié de METALEUROP S.A. (CAP 001009, 902 tonnes avec env. 4% de Sb)
CN <sup>-</sup>	A1 100%	En majorité sous forme cyanures de Na et de K. 96% de la quantité totale de cyanures provient des déchets de traitement thermique de Tredi (1834 tonnes avec 18% de cyanures de Na et de K)
CNO <sup>-</sup>	A1 100%	En majorité sous forme cyanates de Na et de K. 99.6% de la quantité totale de cyanates provient des déchets de traitement thermique de Tredi (1834 tonnes avec 20% de cyanates de Na et de K)

4) Polluants organiques

Perte au feu sur B3 69% produit sec

62% de la quantité totale perdue au feu est observée avec les déchets arséniés n° CAP 000811. Cette perte de poids au feu correspond probablement à la sublimation d'As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et non pas à la combustion de matière organique.

Polluants organiques

Les substances organiques suivantes sont mentionnées dans différents lots de la catégorie B6 : PCB (en tout 1643 t de déchets avec env. 150 mg/kg de PCB), polybutylène téréphthalate (4,5 t de déchets avec 10% de polybutylène), amino-4-chlor-trifluorométhylbenzène (CAS 121-50-6, 584 t de déchets avec 5% de colorants), boues de viscosse (18,6 t de déchets), hydrocarbures (69,1 t de déchets).

B10

CAP 010221 (arsénite de soude (pyral), en tout 121 t) les substances organiques suivantes sont mentionnées **Zirame** (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>S<sub>4</sub>Zn, pesticide et fongicide) env. 28 t, Soprophor (dispersant, émulsifiant) env. 19t, antimousse (formule chimique inconnue) env. 10 t, Rhodopol (épaississant) env. 1 t.

D12

Les substances suivantes sont mentionnées (9 t de déchets) : polyamines cycloaliphatiques, résines époxydiques, résine échangeuse d'ion.

5) Radioactivité

Radioactivité

Tous les déchets contrôlés sont non radioactifs

6) Autres substances contenues dans les déchets

		PRG Tap Water
		Niveau de risque 10 <sup>-5</sup>
		µg/L
Mo	Teneur maximale: 5% (CAP 990612)	
Zr	Teneur maximale: 4% (CAP 010912)	180
Sr	Teneur maximale: 12% (CAP 011015)	
Bi	Teneur maximale: 20% (CAP 000814)	22000
Se	Teneur maximale: 2% (CAP 010127)	
B	Teneur maximale: 3.8% (CAP 011015)	180
Eu	Teneur maximale: 3% (CAP 011015)	7300
Be	Teneur maximale: 5% (CAP 990403)	
V	Teneur maximale: 4% (CAP 020129)	73
Sn	Teneur maximale: 32% (CAP 990410)	260
		22000

Elément essentiel pour les animaux et les plantes, toxique à hautes doses [T17]  
 Elément peu étudié et peu toxique [T17]  
 Elément peu toxique et se trouvant p.ex. dans l'eau de mer [T17]  
 Elément peu toxique [T17]  
 Elément essentiel pour les animaux et les plantes, toxique à hautes doses [T17]  
 Elément peu toxique et se trouvant p.ex. dans l'eau de mer [T17]  
 Teneur moyenne dans l'écorce terrestre : 2.1 ppm  
 Elément rel. toxique mais contenu en quantité réduite dans la mine (env.1 - 2 t)  
 Elément probablement essentiel, facilement éliminable par le corps [T17]  
 Elément peu toxique sous forme minérale [T17]

## **Annexe 4**

**Valeurs toxicologiques de référence, objectifs  
réglementaires et concentrations ubiquitaires**

## Annexe 4 : Valeurs toxicologiques de référence, objectifs réglementaires et concentrations ubiquitaires

N°CAS	As et composés	Cd et composés	Cr(VI)	Hg et composés inorg.	Pb et composés	HCN et sels	PBC (mélange)	2,3,7,8-TCDD (dioxine)
Classification CIRC [15]	7440-38-2	7440-43-9	18540-28-9	7487-94-7	7439-92-1	74-90-8	1336-36-3	1745-01-6
Version fiche de données INERIS [15]	N°2-1 / nov. 2003	N°2-2 / jan. 2004	N°2-2 / jan. 2004	N°2-1 / déc. 2003	N°2 / mai 2002	pas classé	2A	1
Exposition chronique par ingestion [15, 17]	ERU <sub>o</sub> (mg/kg/d) <sup>(1)</sup>	1.50E+00	non défini	non défini	non défini	pas de fiche	pas de fiche	pas de fiche
	MRL <sub>o</sub> (mg/kg/d)	3.00E-04	0.0001 <sup>(6a)</sup>	non défini	0.0003 <sup>(6a)</sup>	non défini	non défini	2.3E-09 <sup>(6a)</sup>
	Conc. tolérable <sup>(6)</sup> (µg/L)	0.23	35	non défini	25	0.012 <sup>(6a)</sup>	0.00002 <sup>(6a)</sup>	2.3E-09 <sup>(6a)</sup>
Exposition chronique par inhalation [15, 17]	SF <sub>o</sub> (mg/kg/d) <sup>(1)</sup>	1.50E+00	non défini	non défini	non défini <sup>(2)</sup>	non défini	0.7	8.2E-05
	RI <sub>o</sub> (mg/kg/d)	3.00E-04	5.00E-04	3.00E-03	3.00E-04	2.00E-02	2.00E+00	1.50E+05
	Conc. tolérable <sup>(6)</sup> (µg/L)	0.23	18	105	11	2.00E-02	non défini	non défini
Concentration sans effet prévisible sur l'environnement aquatique [15, 13]	ERU <sub>i</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	4.30E-03	1.80E-03	0.04 <sup>(3)</sup>	non défini	non défini	données	2.3E-06
	MRL <sub>i</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	non défini	non défini	5.10E-06	2.00E-01	non défini	insuffisantes <sup>(6b)</sup>	non défini
	Conc. tolérable <sup>(6)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	2.33E-03	5.56E-03	5.10E-06	2.00E-01	non défini	non défini	8.1E-06 <sup>(7)</sup>
Concentrations ubiquitaires dans l'environnement (voir annexe 2 pour l'environnement de Stocamine)	SF <sub>i</sub> (mg/kg/d) <sup>(1)</sup>	1.51E+01	6.30E+00	2.94E+02	non défini <sup>(2)</sup>	non défini	2.00E+00	1.50E+05
	RI <sub>i</sub> (mg/kg/d)	non défini	non défini	2.20E-06	8.57E-05	8.57E-04	non défini	non défini
	Conc. tolérable <sup>(6)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	2.33E-03	5.56E-03	1.19E-04	3.00E-01	3.00E+00	1.75E-02	2.33E-07
Objectif réglementaires F [17] et UE [12]	PNEC <sub>eau</sub> (µg/L)	0.21/0.75 <sup>(8)</sup>	4.40	4.10	0.24 / 0.01 <sup>(8)</sup>	env. 0.5 <sup>(8)</sup>	A définir en fonction de la chaîne alimentaire considérée	
	PNEC <sub>air/matrice</sub> (µg/L)	4.40	0.44	3.40	5.00	5.00		
	Eaux souterraines amont <sup>(11a)</sup> (µg/L)	<3	<0.3	<10	<0.5	<2 à 13	<100	Eau potable, 0.0001 à 0.0005 <sup>(6b)</sup>
Objectif réglementaires OMS [14]	Eaux de surface <sup>(12)</sup> (µg/L)	<1 à 44	<5 à 14	<20	<0.2 à 2.9	<100		Eau potable, 3E-09 <sup>(6b)</sup>
	Air environnement (µg/m <sup>3</sup> )	<0.05	<1 à 4	<5 (Cr <sub>10h</sub> )	<0.1	<50	pas mesuré	<1 <sup>(6)</sup>
	Air environnement (µg/m <sup>3</sup> )	10	5	50 (Cr <sub>10h</sub> )	<0.02	0.17 à 0.59	3E-03 <sup>(5)</sup>	1E-07 <sup>(15)</sup>
		0.0067 <sup>(4)</sup>	0.005	non défini	1	50	non défini	non défini

- (1) Classe 1: l'agent est cancérigène pour l'homme; classe 2A: l'agent est probablement cancérigène pour l'homme; classe 2B: l'agent peut être cancérigène pour l'homme; classe 3: l'agent ne peut être classé  
(2) Un seul d'exposition sans risque ne peut pas être défini, voir [www.epa.gov/oeppage/superfund/programs/lead/prods.htm#guidance](http://www.epa.gov/oeppage/superfund/programs/lead/prods.htm#guidance)  
(3) 0.21 µg/L pour des eaux de dureté inférieure à 50 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, 0.75 µg/L dans le cas contraire  
(4) Valeur calculée pour l'exposition la plus critique, c.-à-d. une consommation d'eau potable de 2 L/j durant 70 ans par un individu de 70 kg; pour le plomb, la valeur est calculée pour un nourrisson de 5 kg consommant 0.75 L/j  
(5) Valeur calculée pour l'exposition la plus critique, c.-à-d. pour une inhalation d'air de 20 m<sup>3</sup>/j durant 70 ans par un individu de 70 kg  
(6) Dose journalière tolérable définie par l'OMS  
6a : Guideline for drinking water quality, third edition (draft), 2003  
6b : Polychlorinated biphenyls, human health aspects, 2003  
6c : Safety evaluation of certain food additives and contaminants, WHO additives series 48, 2003  
(7) Calculé à partir de la valeur MRL<sub>o</sub> selon 6c, réf. [124]  
(8) Valeur pour les effets directs du mercure inorganique, resp. en cas de formation de méthylmercure  
(9) Valeur NOEC la plus basse divisée par un facteur 10, réf. [113]  
(10) ICAD document n°32 de l'OMS, Geneva 2001, réf. [118]  
(11a) Domaine des concentrations mesurées à l'amont du site, réf. [14, 20]  
(11b) Domaine des concentrations mesurées à l'aval du site, réf. [14, 20]  
(12) Domaine des concentrations mesurées en 1998, réf. [14]  
(13) Air Quality Guidelines - Second Edition, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000, réf. [14]  
(14) Valeur calculée pour un excès de risque unitaire de 10<sup>-6</sup>  
(15) Concentration moyenne en Europe selon [13]  
(16) Données pour les USA tirées de: Rippen - Handbuch Umweltschadstoffe, 1990, réf. [122]

## **Annexe 5**

### **Evaluation de l'exposition des biens à protéger**

- 5.1 Synthèse des tests de dégazage effectués à la réception des déchets
- 5.2 Concentration dans les eaux du puits Joseph
- 5.3 Cas particulier du bloc 15 en cas d'exercice de la réversibilité

### Annexe 5.1 : Synthèse des tests de dégazage effectués à la réception des déchets

Domaine des concentrations indiquées par les appareils			
Substance	Appareil	Domaine des concentrations	
AsH <sub>3</sub>	Tube Dräger	0.2 à 200 mg/m <sup>3</sup>	resp. 0.05 à 60 ppm
	PAC III, Dräger	0.03 à 60 mg/m <sup>3</sup>	resp. 0.01 à 20 ppm
HCN	Tube Dräger	2 à 30 mg/m <sup>3</sup>	resp. 2 à 30 ppm
Hg°	Tube Dräger	0.05 à 2 mg/m <sup>3</sup>	resp. 0.005 à 0.2 ppm
	Shawcity MVI	10 <sup>-4</sup> à 2 mg/m <sup>3</sup>	resp. 10 <sup>-5</sup> à 0.2 ppm

CLASSE	CAP	Lot	AsH <sub>3</sub> (ppm)
B3, déchets arséniés	000812	1773	0
		2079	0
		2294	0
	000813	1814	0
		1670	0
	000811	1914	0
		2230	0
		2078	0
	000814	2089	0
		2105	0
		1801	0
	000815	2102	0
		2293	0
		011022	2952
	000704	1633	0.02
	010125	2257	0
		2493	0
	020307	3483	0
		3703	0
		3985	0
	010514	2620	0
		3044	0
	010127	2235	0
		2246	0
		2249	0
	001026	1753	0
	001009	1688	0
		1909	0
		2276	0
	010740	3057	0
		3062	0
	010915	2867	0
	000509	1373	0
		1381	0
		1400	0
	020507	3766	0
		3788	0
	000508	1367	0
	000803	1681	0
	010827	2823	0
3267		0	
3827		0	
011203	3239	0	
010818	2741	0	
	2894	0	
	3170	0	

CLASSE	CAP	Lot	HCN (ppm)
A1, sels de trempe	010803	2781	0
	000201	1622	0
	010907	2904	0
		3973	0
	011101	2994	2
		3517	0
		3904	0
	020122	3369	6
		3426	0
	010918	2850	0
		3094	0
	020429	3817	0
	011129	3323	0
		3609	1
		3911	0

CLASSE	CAP	Lot	Hg (mg/m <sup>3</sup> )
B5, déchets mercuriels	011206	3176	0.002
		3224	0
		3405	0
	000110	1088	0
		1524	0
	990305	897	0
	010229	2438	0
	981016	746	0
	990813	888	0
		1081	0
		1461	0
	010503	2848	0
		3636	0
	000921	2563	0
	010317	2372	0.04
		2489	0
		2660	0.007
	020503	3632	0
	011115	3161	0.01
	991106	1405	0
000329	1404	0	
991105	1379	0	
991107	1397	0	

## Annexe 5.2 : Concentrations dans les eaux du puits Joseph

RESULTATS D'ANALYSES  
Echantillons reçus le 31/07/97

Éléments à mesurer	Eau Puits Joseph (puits-d)	Éléments à mesurer	Eau Puits Joseph (puits-d)
pH	7,80	Conductivité à 25° C	1,77 mS/cm
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,16 mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0,10 mg/l
F <sup>-</sup>	< 0,20 mg/l	Cl <sup>-</sup>	476 mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	52,5 mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	13,7 mg/l
Ca <sup>++</sup>	39,9 mg/l	Na <sup>+</sup>	280 mg/l
Mg <sup>++</sup>	4,75 mg/l	K <sup>+</sup>	23 mg/l
As	< 0,89 µg/l	Hg	< 0,73 µg/l
Cr-VI	< 0,010 mg/l	CN <sup>-</sup> libre	< 0,002 mg/l
Cu	< 0,20 mg/l	Cd	< 0,04 mg/l
Zn	< 0,04 mg/l	Fe	0,60 mg/l
Ni	< 0,20 mg/l	Cr	< 0,20 mg/l
Al	< 1,0 mg/l	Su	< 3,0 mg/l
Pb	< 0,50 mg/l	Hydrocarbures totaux	0,19 mg/l

### Annexe 5.3 : Cas particulier du bloc 15 en cas d'exercice de la réversibilité

#### Annexe 5.3.1 : Cas particulier du bloc 15 - Evaluation des concentrations dans le bloc 15 au moment de son ennoyage

Polluants	Masse totale (t)	Solubilité (g/L)	Amélie et NW en liaison		Amélie isolée	
			Conc. air (g/L)	Conc. eau (g/L)	Conc. air (g/L)	Conc. eau (g/L)
As	4.0	≥70	6.00E-08	0.5	6.00E-08	0.5
Cd	53.0	> 1	négligeable	7.2	négligeable	7.2
Cr	0.0E+00	>10	négligeable	0.0E+00	négligeable	0.0E+00
Hg	0.1	> 1	4.00E-08	1.4E-02	4.00E-08	1.4E-02
Pb	2.3	env. 3	négligeable	0.3	négligeable	0.3
CN-	5.0	>100	5.15E-03	0.7	5.15E-03	0.7
PCB	0.0E+00	2.6E-06	négligeable	0.0E+00	négligeable	0.0E+00
Dioxines	2.0E-05	3.1E-10	négligeable	3.1E-10	négligeable	3.1E-10

#### Annexe 5.3.2 : Cas particulier du bloc 15 - Diffusion dans les pores remplis d'eau à travers les murs de séparation et à travers les serremments - Evaluation du flux stationnaire

Polluants	Amélie et NW en liaison / Amélie isolée			
	D <sub>e,w</sub> (m <sup>2</sup> /s)	Diffusion à travers le murs de séparation	Diffusion à travers les serremments	Flux total par diffusion
		Flux (kg/a)	Flux (kg/a)	Flux (kg/a)
As	3.9E-12	9.8E-04	5.9E-04	1.6E-03
Cd	3.9E-12	1.3E-02	7.7E-03	2.1E-02
Cr	3.9E-12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Hg	3.9E-12	2.5E-05	1.5E-05	4.0E-05
Pb	3.9E-12	5.6E-04	3.3E-04	8.9E-04
CN-	7.7E-12	2.4E-03	1.5E-03	3.9E-03
PCB	1.9E-12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Dioxines	1.9E-12	2.8E-13	1.7E-13	4.4E-13

Epaisseur des murs de séparation 4 m  
 Surface totale des murs de séparation 59 m<sup>2</sup>  
 Epaisseur des serremments 5 m  
 Surface totale des bouchons 44 m<sup>2</sup>  
 Porosité remplie d'eau 0.08 (en supposant une porosité 10x supérieure à celle du sel non perturbée)  
 Concentration à la source: selon l'annexe 5.3.1

Annexe 5.3.3 : Cas particulier du bloc 15 - Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur NW

### Paramètres pour le scénario de déstockage sauf bloc 15 (Mine Amélie + bloc NW)

	[Mica]	(m <sup>3</sup> )	7 400	env. 48 % du volume initial, en tenant compte de la porosité des déchets
Volume total de la mine Amélie à un niveau supérieur à celui du stockage	V <sub>Stoc</sub>	(m <sup>3</sup> )	7 400	env. 48 % du volume initial, en tenant compte de la porosité des déchets
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	V <sub>Ah</sub>	(m <sup>3</sup> )	2 210 000	
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	V <sub>Ah1</sub>	(m <sup>3</sup> )	110 500	5%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	V <sub>Ah2</sub>	(m <sup>3</sup> )	2 099 500	95%
Volume total de la mine Amélie à un niveau inférieur à celui du stockage	V <sub>Ab</sub>	(m <sup>3</sup> )	3 280 000	
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	V <sub>Ab1</sub>	(m <sup>3</sup> )	656 000	20%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	V <sub>Ab2</sub>	(m <sup>3</sup> )	2 624 000	80%
Volume du reste du bloc NW	V <sub>NW</sub>	(m <sup>3</sup> )	5 450 000	
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	V <sub>NW1</sub>	(m <sup>3</sup> )	2 725 000	50%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	V <sub>NW2</sub>	(m <sup>3</sup> )	2 725 000	50%
Volume de l'ensemble des mines	V <sub>mines</sub>	(m <sup>3</sup> )	10 940 000	

	[Mica]	(m <sup>3</sup> /a)	A partir de la fermeture des mines	A partir de l'ennoyage du secteur NW (t = 179a)	A partir de l'ennoyage du stockage (t = 286 a)	A partir de l'ennoyage complet (t = 359 a)	(= 10'000 a)
Débit d'entrée dans la partie haute de la mine Amélie	Q <sup>n</sup> <sub>Ah</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	1464	1464	1464	154	154
Débit d'entrée dans la partie basse de la mine Amélie	Q <sup>n</sup> <sub>Ab</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	9840	9840	9840	191	191
Débit d'entrée dans le reste du secteur NW	Q <sup>n</sup> <sub>NW</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	19 200	19 200	19 200	65	65
Débit de sortie dans le secteur NW	Q <sup>out</sup> <sub>NW</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	410	410
Débit Ah1 -> Ab1	Q <sup>Ah</sup> <sub>Ab</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	1464	1464	0	154	154
Débit Ah1 -> Ah2	Q <sup>Ah1</sup> <sub>Ah2</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	0	0	28 979	0	0
Débit Ah1 -> Stoc	Q <sup>Ah</sup> <sub>Stoc</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	0	0
Débit Stoc -> Ah1	Q <sup>Stoc</sup> <sub>Ah</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	0	0	12	0	0
Débit Stoc -> Ab1	Q <sup>Stoc</sup> <sub>Ab</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	0	0
Débit Ab1 -> Ah1	Q <sup>Ab</sup> <sub>Ah</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	0	0	29 028	0	0
Débit Ab1 -> Ab2	Q <sup>Ab1</sup> <sub>Ab2</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	0	24 403	0	0	0
Débit Ab1 -> Stoc	Q <sup>Ab</sup> <sub>Stoc</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	0	0	12	0	0
Débit Ab1 -> NW1	Q <sup>Ab</sup> <sub>NW</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	11 304	0	0	345	345
Débit NW1 -> Ab1	Q <sup>NW</sup> <sub>Ab</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	0	19 200	19 200	0	0
Débit NW1 -> NW2	Q <sup>NW1</sup> <sub>NW2</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	15 252	0	0	0	0
Fraction des polluants remontant des mines pouvant atteindre le quaternaire par le biais des puits	f	(-)	0	0	0	50%	50%

### Débit d'eau à travers les mines en fonction du temps

## Annexe 5.3.4 : Cas particulier du bloc 15 - Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants si la mine Amélie demeure isolée

**Paramètres pour le scénario de déstockage sauf bloc 15 (Mine Amélie seule)**

Volume de l'exploitation minière	[Mica]	$V_{Stoc}$	( $m^3$ )	7 400	env. 48 % du volume initial, en tenant compte de la porosité des déchets	A partir de la fermeture des mines ( $t = 0$ )	A partir de l'ennoyage du stockage ( $t = 290$ )	A partir de l'ennoyage complet ( $t = 486$ )	$t = 10'000$
Volume d'eau dans le boc 15 au moment de l'ennoyage	[Mica]	$V_{Stoc}$	( $m^3$ )	7 400	env. 48 % du volume initial, en tenant compte de la porosité des déchets	1464	1464	44	44
Volume de la mine Amélie à un niveau supérieur à celui du stockage	[Mica]	$V_{Ah}$	( $m^3$ )	2'210'000		0	0	0	0
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ah1}$	( $m^3$ )	110'500	5%	9840	9840	0	0
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ah2}$	( $m^3$ )	2'099'500	95%	0	0	44	44
Volume de la mine Amélie à un niveau inférieur à celui du stockage	[Mica]	$V_{Ab}$	( $m^3$ )	3'280'000		1464	0	44	44
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ab1}$	( $m^3$ )	426'400	13%	0	10'739	0	0
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ab2}$	( $m^3$ )	2'853'600	87%	0	0	0	0
<b>Débit d'eau à travers les mines en fonction du temps</b>									
Débit d'entrée dans la partie haute de la mine Amélie	[Mica]	$Q_{Ah}^{in}$	( $m^3/a$ )	1464		1464	1464	44	44
Débit d'entrée dans la partie basse de la mine Amélie	[Mica]	$Q_{Ab}^{in}$	( $m^3/a$ )	9840		9840	9840	0	0
Débit de sortie à partir de la partie basse de la mine Amélie	[Mica]	$Q_{Ab}^{out}$	( $m^3/a$ )	0		0	0	44	44
Débit Ah1 -> Ab1	[Mica]	$Q_{Ah1}^{Ab}$	( $m^3/a$ )	1464		1464	0	44	44
Débit Ah1 -> Ah2	[Mica]	$Q_{Ah1}^{Ah2}$	( $m^3/a$ )	0		0	10'739	0	0
Débit Ah1 -> Stoc	[Mica]	$Q_{Ah}^{Stoc}$	( $m^3/a$ )	0		0	0	0	0
Débit Stoc -> Ah1	[Mica]	$Q_{Stoc}^{Ah}$	( $m^3/a$ )	0		0	4	0	0
Débit Stoc -> Ab1	[Mica]	$Q_{Stoc}^{Ab}$	( $m^3/a$ )	0		0	0	0	0
Débit Ab1 -> Ah1	[Mica]	$Q_{Ab1}^{Ah}$	( $m^3/a$ )	0		0	9'836	0	0
Débit Ab1 -> Ab2	[Mica]	$Q_{Ab1}^{Ab2}$	( $m^3/a$ )	9834		9834	0	0	0
Débit Ab1 -> Stoc	[Mica]	$Q_{Ab}^{Stoc}$	( $m^3/a$ )	0		0	4	0	0
Fraction des polluants remontant des mines pouvant atteindre le quaternaire par le biais des puits	[Mica]	f	(-)	0		0	0	50%	50%

## **Annexe 6**

### **Option de remblayage pour les puits Amélie 1 et 2**

- 6.1 Paramètres pour le scénario "Amélie et NW en liaison"
- 6.2 Paramètres pour le scénario "Amélie isolée"
- 6.3 Evolution des concentrations dans les mines pour le scénario "Amélie et NW en liaison"
- 6.4 Evolution des concentrations dans les mines "Amélie isolée"

Annexe 6.1 :

Cas bouchons de cendres de moindre épaisseur - Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest

<b>Paramètres pour le scénario de lessivage (communication entre la mine Amélie et le reste du bloc NW)</b>		y compris porosité des déchets				
Volume du stockage au moment de l'envoyage, y compris accès et déchets	V <sub>Stoc</sub> (m <sup>3</sup> )	8.00E+04				
Volume total de la mine Amélie à un niveau supérieur à celui du stockage	V <sub>Ah</sub> (m <sup>3</sup> )	2.21E+06				
Volume du système avec circulation d'eau après envoyage des mines	V <sub>Ah1</sub> (m <sup>3</sup> )	1.11E+05	5%			
Volume du système sans circulation d'eau après envoyage des mines	V <sub>Ah2</sub> (m <sup>3</sup> )	2.10E+06	95%			
Volume total de la mine Amélie à un niveau inférieur à celui du stockage	V <sub>Ab</sub> (m <sup>3</sup> )	3.28E+06				
Volume du système avec circulation d'eau après envoyage des mines	V <sub>Ab1</sub> (m <sup>3</sup> )	6.56E+05	20%			
Volume du système sans circulation d'eau après envoyage des mines	V <sub>Ab2</sub> (m <sup>3</sup> )	2.62E+06	80%			
Volume du reste du bloc NW	V <sub>NW</sub> (m <sup>3</sup> )	5.45E+06				
Volume du système avec circulation d'eau après envoyage des mines	V <sub>NW1</sub> (m <sup>3</sup> )	2.73E+06	50%			
Volume du système avec circulation d'eau après envoyage des mines	V <sub>NW2</sub> (m <sup>3</sup> )	2.73E+06	50%			
Volume de l'ensemble des mines	V <sub>mines</sub> (m <sup>3</sup> )	1.09E+07				
<b>Débit d'eau à travers les mines en fonction du temps</b>						
Débit d'entrée dans la partie haute de la mine Amélie	Q <sup>in</sup> <sub>Ah</sub> (m <sup>3</sup> /a)	840	A partir de l'envoyage du secteur NW (t = 182 a)	A partir de l'envoyage du stockage (t = 292 a)	A partir de l'envoyage complet (t = 366 a)	t = 10'000 a
Débit d'entrée dans la partie basse de la mine Amélie	Q <sup>in</sup> <sub>Ab</sub> (m <sup>3</sup> /a)	9'840	9'840	9'840	157	157
Débit d'entrée dans le reste du secteur NW	Q <sup>in</sup> <sub>NW</sub> (m <sup>3</sup> /a)	19'200	19'200	19'200	49	49
Débit de sortie dans le secteur NW	Q <sup>out</sup> <sub>NW</sub> (m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	260	260
Débit Ah1 -> Ab1	Q <sup>Ah</sup> <sub>Ab1</sub> (m <sup>3</sup> /a)	840	840	0	49	54
Débit Ah1 -> Ah2	Q <sup>Ah</sup> <sub>Ah2</sub> (m <sup>3</sup> /a)	0	0	28'386	0	0
Débit Ah1 -> Stoc	Q <sup>Ah</sup> <sub>Stoc</sub> (m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	5	0
Débit Stoc -> Ah1	Q <sup>Stoc</sup> <sub>Ah</sub> (m <sup>3</sup> /a)	0	0	29	0	0
Débit Stoc -> Ab1	Q <sup>Stoc</sup> <sub>Ab</sub> (m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	5	0
Débit Ab1 -> Ah1	Q <sup>Ab</sup> <sub>Ah</sub> (m <sup>3</sup> /a)	0	0	29'011	0	0
Débit Ab1 -> Ab2	Q <sup>Ab</sup> <sub>Ab2</sub> (m <sup>3</sup> /a)	0	23'904	0	0	0
Débit Ab1 -> Stoc	Q <sup>Ab</sup> <sub>Stoc</sub> (m <sup>3</sup> /a)	0	0	29	0	0
Débit Ab1 -> NW1	Q <sup>Ab</sup> <sub>NW</sub> (m <sup>3</sup> /a)	10'680	0	0	211	211
Débit NW1 -> Ab1	Q <sup>NW</sup> <sub>Ab</sub> (m <sup>3</sup> /a)	0	19'200	19'200	0	0
Débit NW1 -> NW2	Q <sup>NW</sup> <sub>NW2</sub> (m <sup>3</sup> /a)	14'940	0	0	0	0
Fraction des polluants remontant des mines pouvant atteindre le quaternaire par le biais des puits	f	(-)	0	0	50%	50%

Annexe 6.2 : Cas bouchons de cendres de moindre épaisseur - Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants si la mine Amélie demeure isolée

### Paramètres pour le scénario de lessivage (mine Amélie isolée du reste du bloc NW)

Volume de l'exploitation minière	$V_{Stoc}$	$(m^3)$	y compris porosité des déchets
Volume du stockage au moment de l'ennoyage		8.00E+04	
Volume de la mine Amélie à un niveau supérieur à celui du stockage	$V_{Ah}$	2.21E+06	
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ah1}$	1.11E+05	5%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ah2}$	2.10E+06	95%
Volume de la mine Amélie à un niveau inférieur à celui du stockage	$V_{Ab}$	3.28E+06	
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ab1}$	4.26E+05	13%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ab2}$	2.85E+06	87%

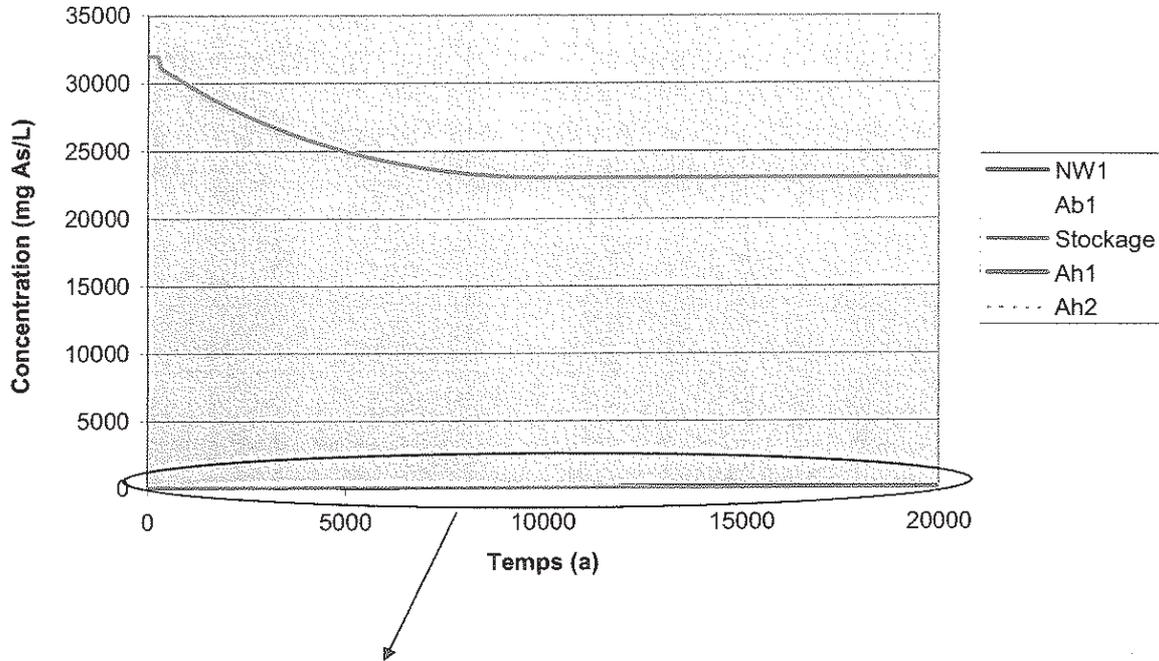
### Débit d'eau à travers les mines en fonction du temps

	A partir de la fermeture des mines ( $t = 0$ a)	A partir de l'ennoyage du stockage ( $t = 307$ a)	A partir de l'ennoyage complet ( $t = 514$ a)	$t = 10'000$ a
Débit d'entrée dans la partie haute de la mine Amélie	$Q_{Ah}^{in}$ ( $m^3/a$ )	840	16	16
Débit d'entrée dans la partie basse de la mine Amélie	$Q_{Ab}^{in}$ ( $m^3/a$ )	9'840	0	0
Débit de sortie à partir de la partie basse de la mine Amélie	$Q_{Ab}^{out}$ ( $m^3/a$ )	0	16	16
Débit Ah1 -> Ab1	$Q_{Ah}^{Ab}$ ( $m^3/a$ )	840	14	16
Débit Ah1 -> Ah2	$Q_{Ah}^{Ah2}$ ( $m^3/a$ )	0	0	0
Débit Ah1 -> Stoc	$Q_{Ah}^{Stoc}$ ( $m^3/a$ )	0	10'146	0
Débit Stoc -> Ah1	$Q_{Stoc}^{Ah}$ ( $m^3/a$ )	0	0	0
Débit Stoc -> Ab1	$Q_{Stoc}^{Ab}$ ( $m^3/a$ )	0	10	0
Débit Ab1 -> Ah1	$Q_{Ab}^{Ah}$ ( $m^3/a$ )	0	0	0
Débit Ab1 -> Ab2	$Q_{Ab}^{Ab2}$ ( $m^3/a$ )	0	9'830	0
Débit Ab1 -> Stoc	$Q_{Ab}^{Stoc}$ ( $m^3/a$ )	9'292	0	0
		0	10	0
Fraction des polluants remontant des mines pouvant atteindre le quaternaire par le biais des puits	f (-)	0	0	50%
				50%

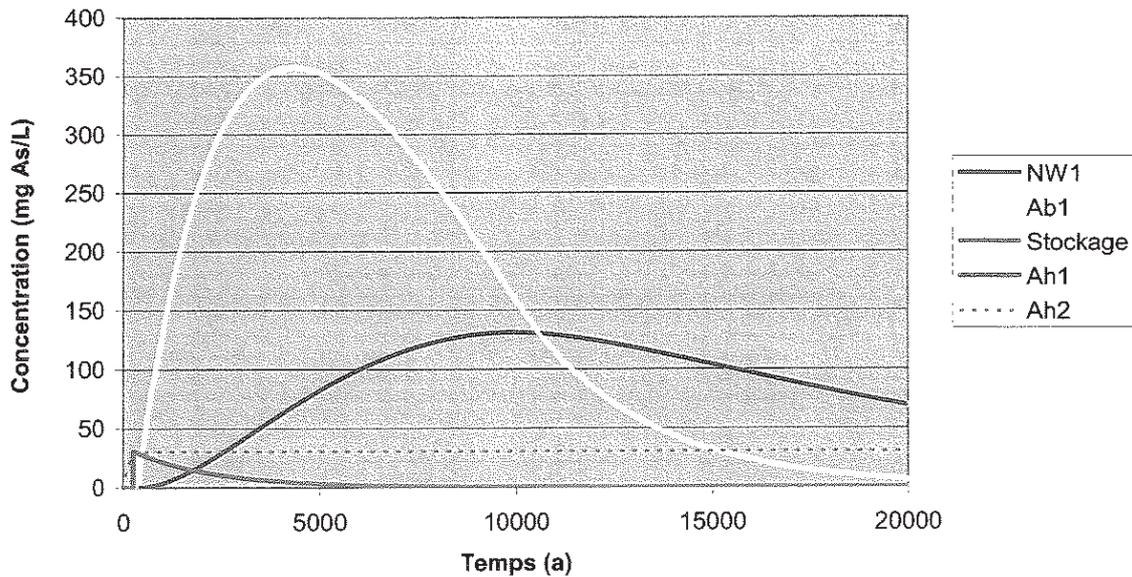
Annexe 6.3 :

Cas bouchons de cendres de moindre épaisseur - Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur NW

Evolution des concentrations dans les mines



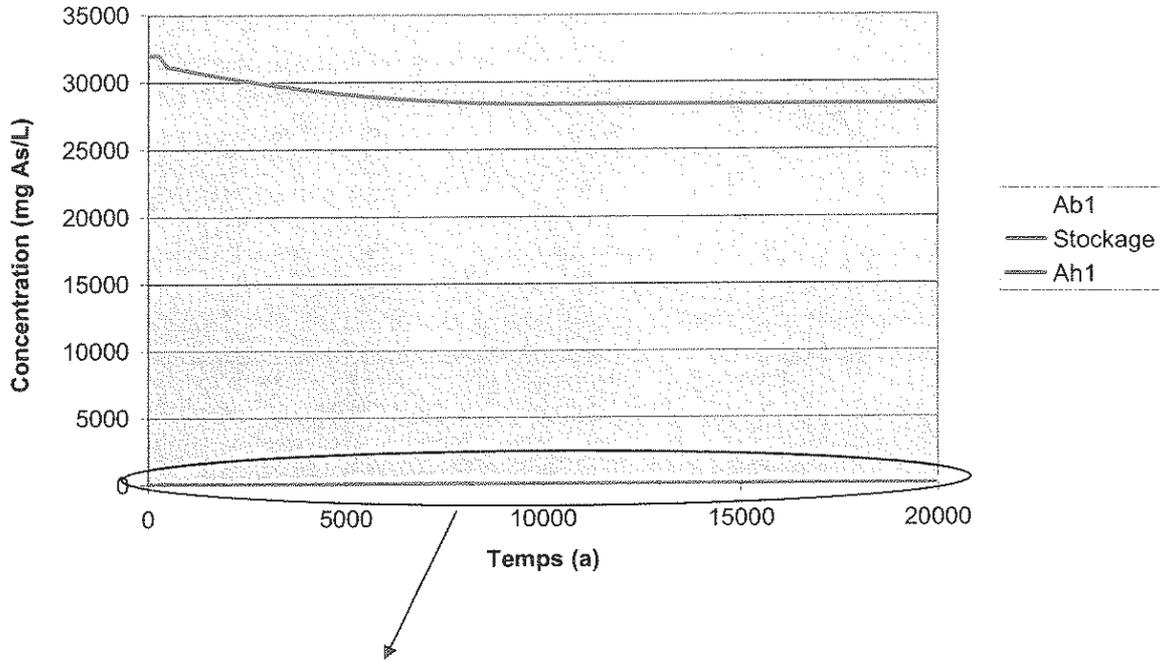
Evolution des concentrations dans les mines



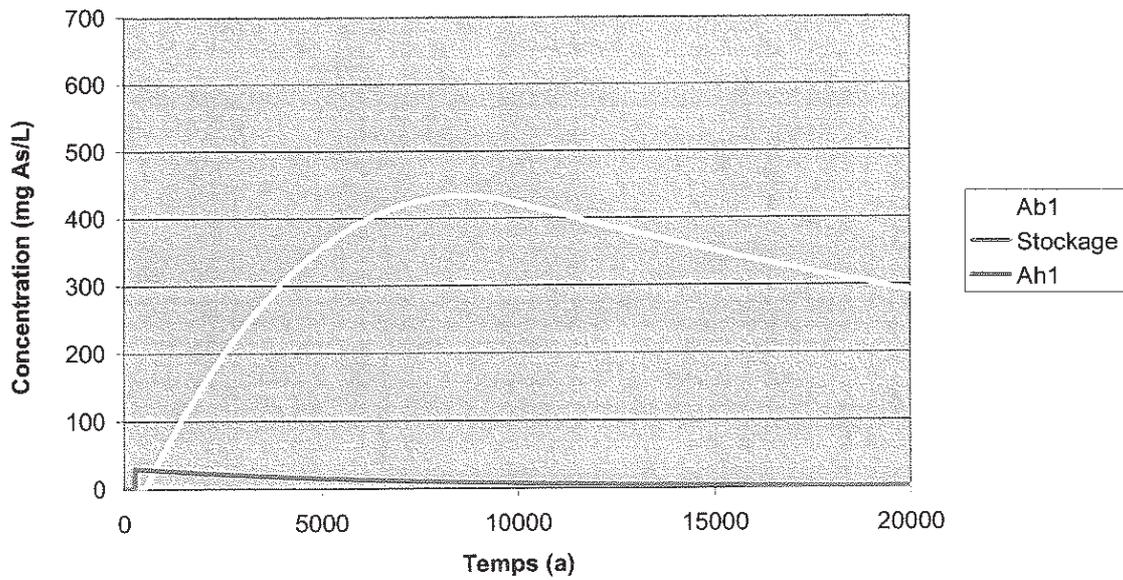
Annexe 6.4 :

Cas bouchons de cendres de moindre épaisseur - Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines si la mine Amélie demeure isolée

Evolution des concentrations dans les mines



Evolution des concentrations dans les mines



## **Annexe 7**

### **Scénarios accidentels**

- 7.1 Rupture d'un bouchon en aval du stockage
- 7.2 Rupture d'un bouchon en amont du stockage

### Annexe 7.1 : Rupture d'un bouchon en aval du stockage

Annexe 7.1.1 : Rupture d'un bouchon en aval du stockage - Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur NW

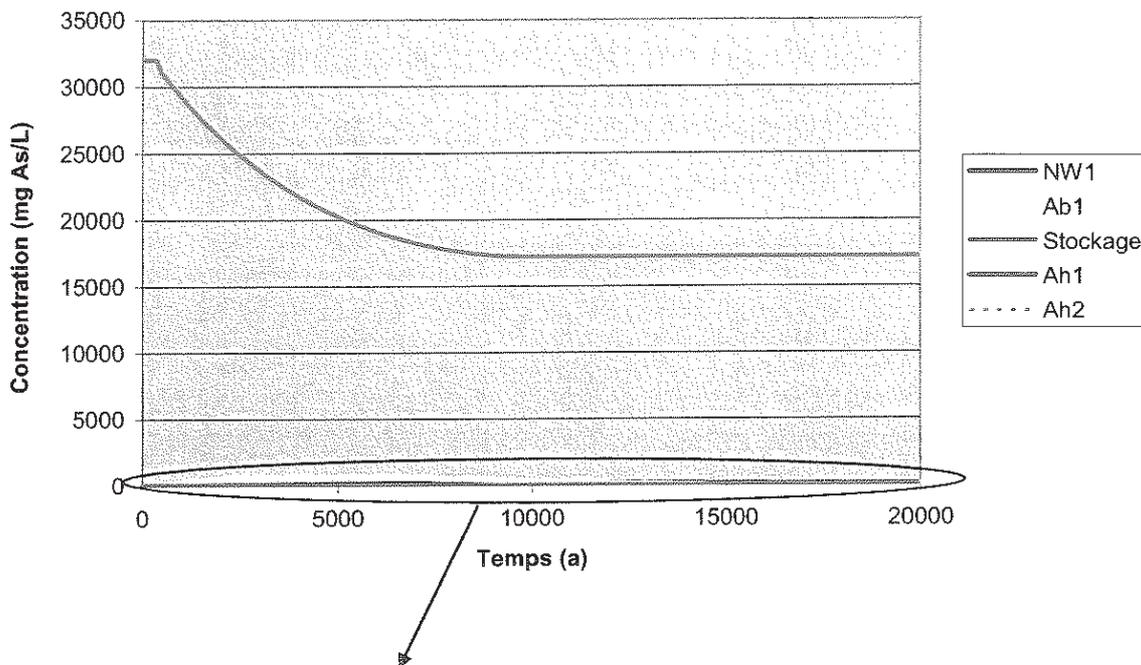
<b>Paramètres pour le scénario de rupture du bouchon d'un des puits Ungersheim (Mine Amélie + bloc NW)</b>		80'000 Y compris porosité des déchets	
	[Mica]	V <sub>Stoc</sub> (m <sup>3</sup> )	
Volume du stockage au moment de l'envoyage, y compris accès et déchets	[Mica]	V <sub>Stoc</sub>	80'000
Volume total de la mine Amélie à un niveau supérieur à celui du stockage	[Mica]	V <sub>Ah</sub>	2'210'000
Volume du système avec circulation d'eau après envoyage des mines	[Mica]	V <sub>Ah1</sub>	110'500
Volume du système sans circulation d'eau après envoyage des mines	[Mica]	V <sub>Ah2</sub>	2'099'500
Volume total de la mine Amélie à un niveau inférieur à celui du stockage	[Mica]	V <sub>Ab</sub>	3'280'000
Volume du système avec circulation d'eau après envoyage des mines	[Mica]	V <sub>Ab1</sub>	666'000
Volume du système sans circulation d'eau après envoyage des mines	[Mica]	V <sub>Ab2</sub>	2'624'000
Volume du reste du bloc NW	[Mica]	V <sub>NW</sub>	5'450'000
Volume du système avec circulation d'eau après envoyage des mines	[Mica]	V <sub>NW1</sub>	2'725'000
Volume du système sans circulation d'eau après envoyage des mines	[Mica]	V <sub>NW2</sub>	2'725'000
Volume de l'ensemble des mines	[Mica]	V <sub>mines</sub>	10'940'000

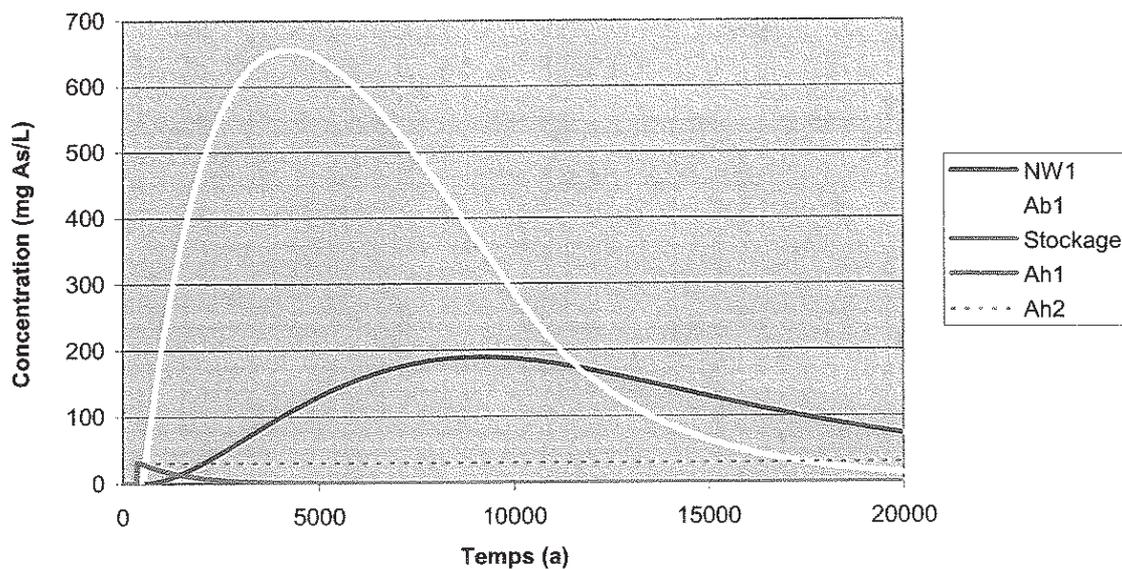
<b>Débit d'eau à travers les mines en fonction du temps</b>							
	[Mica]	A partir de la fermeture des mines	A partir de l'envoyage du secteur NW (t = 252a)	A partir de l'envoyage du stockage (t = 404 a)	A partir de l'envoyage complet (t = 506 a)	t = 10'000 a	
		(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /a)	(m <sup>3</sup> /a)		
Débit d'entrée dans la partie haute de la mine Amélie	[Mica]	Q <sup>m</sup> <sub>Ah</sub>	840	840	840	95	95
Débit d'entrée dans la partie basse de la mine Amélie	[Mica]	Q <sup>m</sup> <sub>Ab</sub>	1'560	1'560	1'560	104	104
Débit d'entrée dans le reste du secteur NW	[Mica]	Q <sup>m</sup> <sub>NW</sub>	19'200	19'200	19'200	176	176
Débit de sortie dans le secteur NW	[Mica]	Q <sup>out</sup>	0	0	0	375	375
Débit Ah1 -> Ab1	[Mica]	Q <sup>Ah</sup> <sub>Ab</sub>	840	840	0	86	95
Débit Ah1 -> Ah2	[Mica]	Q <sup>Ah</sup> <sub>Ah2</sub>	0	0	20'520	0	0
Débit Ah1 -> Stoc	[Mica]	Q <sup>Ah</sup> <sub>Stoc</sub>	0	0	0	10	0
Débit Stoc -> Ah1	[Mica]	Q <sup>Stoc</sup> <sub>Ah</sub>	0	0	21	0	0
Débit Stoc -> Ab1	[Mica]	Q <sup>Stoc</sup> <sub>Ab</sub>	0	0	0	10	0
Débit Ab1 -> Ah2	[Mica]	Q <sup>Ab</sup> <sub>Ah</sub>	0	0	20'739	0	0
Débit Ab1 -> Stoc	[Mica]	Q <sup>Ab</sup> <sub>Stoc</sub>	0	17'280	0	0	0
Débit Ab1 -> NW1	[Mica]	Q <sup>Ab</sup> <sub>NW</sub>	0	0	21	0	0
Débit NW -> Ab	[Mica]	Q <sup>NW</sup> <sub>Ab</sub>	2'400	0	0	199	199
Débit NW1 -> NW2	[Mica]	Q <sup>NW1</sup> <sub>NW2</sub>	0	19'200	19'200	0	0
Fraction des polluants remontant des mines pouvant atteindre le quaternaire par le biais des puits	[Mica]	f	0	0	0	50%	50%

**Annexe 7.1.2 : Rupture d'un bouchon en aval du stockage - Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines**

**Evolution des concentrations dans les mines**



**Evolution des concentrations dans les mines**



### Annexe 7.2 : Rupture d'un bouchon en amont du stockage

Annexe 7.2.1 : Rupture d'un bouchon en amont du stockage - Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur NW

Paramètres pour le scénario de rupture du bouchon du puits Joseph ou Elise (Mine Amélie + bloc NW)		Y compris accès et déchets		Y compris porosité des déchets	
	[Mica]	$V_{Stoc}$ (m <sup>3</sup> )	80'000	$V_{compris}$ (m <sup>3</sup> )	80'000
Volume total de la mine Amélie à un niveau supérieur à celui du stockage	[Mica]	$V_{Ah}$	2210'000		
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ah1}$	110'500	5%	
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ah2}$	2'099'500	95%	
Volume total de la mine Amélie à un niveau inférieur à celui du stockage	[Mica]	$V_{Ab}$	3'280'000		
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ab1}$	656'000	20%	
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ab2}$	2'624'000	80%	
Volume du reste du bloc NW	[Mica]	$V_{NW}$	5'450'000		
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{NW1}$	2'725'000	50%	
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{NW2}$	2'725'000	50%	
Volume de l'ensemble des mines	[Mica]	$V_{mines}$	10'940'000		

Débit d'eau à travers les mines en fonction du temps	A partir de la fermeture des mines	A partir de l'ennoyage du secteur NW (t = 252a)	A partir de l'ennoyage du stockage (t = 404 a)	A partir de l'ennoyage complet (t = 506 a)	t = 10'000 a
Débit d'entrée dans la partie haute de la mine Amélie	$Q_{in}^{Ah}$	840	840	1'079	1'079
Débit d'entrée dans la partie basse de la mine Amélie	$Q_{in}^{Ab}$	1'560	1'560	92	92
Débit de sortie dans le reste du secteur NW	$Q_{out}^{NW}$	19'200	19'200	49	49
Débit Ah1 -> Ab1	$Q_{Ah1}^{Ab}$	0	0	1'220	1'220
Débit Ah1 -> Ah2	$Q_{Ah1}^{Ah2}$	840	0	971	1'079
Débit Ah1 -> Stoc	$Q_{Ah1}^{Stoc}$	0	20'520	0	0
Débit Stoc -> Ah1	$Q_{Stoc}^{Ah1}$	0	0	108	0
Débit Stoc -> Ab1	$Q_{Stoc}^{Ab}$	0	0	0	0
Débit Ab1 -> Ah1	$Q_{Ab1}^{Ah}$	0	0	108	0
Débit Ab1 -> Ab2	$Q_{Ab1}^{Ab2}$	0	20'739	0	0
Débit Ab1 -> Stoc	$Q_{Ab1}^{Stoc}$	0	0	0	0
Débit Ab1 -> NW1	$Q_{Ab1}^{NW}$	0	0	0	0
Débit NW -> Ab	$Q_{NW}^{Ab}$	2'400	0	1'171	1'171
Débit NW1 -> NW2	$Q_{NW1}^{NW2}$	0	19'200	0	0
Fraction des polluants remontant des mines pouvant atteindre le quaternaire par le biais des puits	f	0	0	50%	50%

Annexe 7.2.2 : Rupture d'un bouchon en amont du stockage - Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants si la mine Amélie demeure isolée

### Paramètres pour le scénario de rupture du bouchon du puits Joseph ou Else (Mine Amélie seule)

	[Mica]	$V_{Stoc}$	( $m^3$ )	47000	Les déchets sont écrasés et leur porosité résiduelle est négligée
Volume de l'exploitation minière					
Volume du stockage au moment de l'ennoyage					
Volume de la mine Amélie à un niveau supérieur à celui du stockage	[Mica]	$V_{Ah}$	( $m^3$ )	2210'000	
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ah1}$	( $m^3$ )	110'500	5%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ah2}$	( $m^3$ )	2'099'500	95%
Volume de la mine Amélie à un niveau inférieur à celui du stockage	[Mica]	$V_{Ab}$	( $m^3$ )	3'280'000	
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ab1}$	( $m^3$ )	426'400	13%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	[Mica]	$V_{Ab2}$	( $m^3$ )	2'853'600	87%

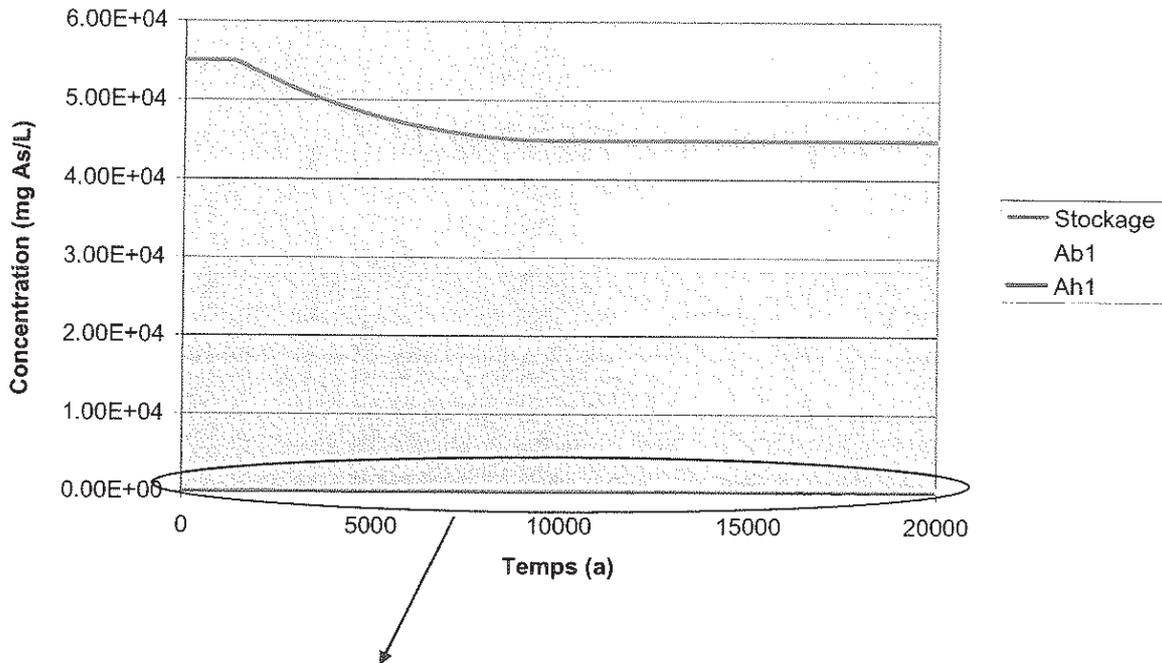
### Débit d'eau à travers les mines en fonction du temps

	[Mica]	$Q^{in Ah}$	( $m^3/a$ )	840	A partir de l'ennoyage des mines (t = 0)	A partir de l'ennoyage du stockage (t = 1367)	A partir de l'ennoyage complet (t = 2288)	t = 10'000
Débit d'entrée dans la partie haute de la mine Amélie	[Mica]	$Q^{in Ah}$	( $m^3/a$ )	840	840	840	20	20
Débit d'entrée dans la partie basse de la mine Amélie	[Mica]	$Q^{in Ab}$	( $m^3/a$ )	1560	1560	1560	0	0
Débit de sortie à partir de la partie basse de la mine Amélie	[Mica]	$Q^{out}$	( $m^3/a$ )	0	0	0	20	20
Débit Ah1 -> Ab1	[Mica]	$Q^{Ah1}$	( $m^3/a$ )	840	840	0	18	20
Débit Ah1 -> Ah2	[Mica]	$Q^{Ah2}$	( $m^3/a$ )	0	0	2'280	0	0
Débit Ah1 -> Stoc	[Mica]	$Q^{Stoc}$	( $m^3/a$ )	0	0	0	2	0
Débit Stoc -> Ah1	[Mica]	$Q^{Stoc Ah}$	( $m^3/a$ )	0	0	2	0	0
Débit Stoc -> Ab1	[Mica]	$Q^{Stoc Ab}$	( $m^3/a$ )	0	0	0	2	0
Débit Ab1 -> Ah1	[Mica]	$Q^{Ab1}$	( $m^3/a$ )	0	0	1'558	0	0
Débit Ab1 -> Ab2	[Mica]	$Q^{Ab2}$	( $m^3/a$ )	2088	2088	0	0	0
Débit Ab1 -> Stoc	[Mica]	$Q^{Ab Stoc}$	( $m^3/a$ )	0	0	2	0	0
Fraction des polluants remontant des mines pouvant atteindre le quaternaire par le biais des puits	[Mica]	f	(-)	0	0	0	50%	50%

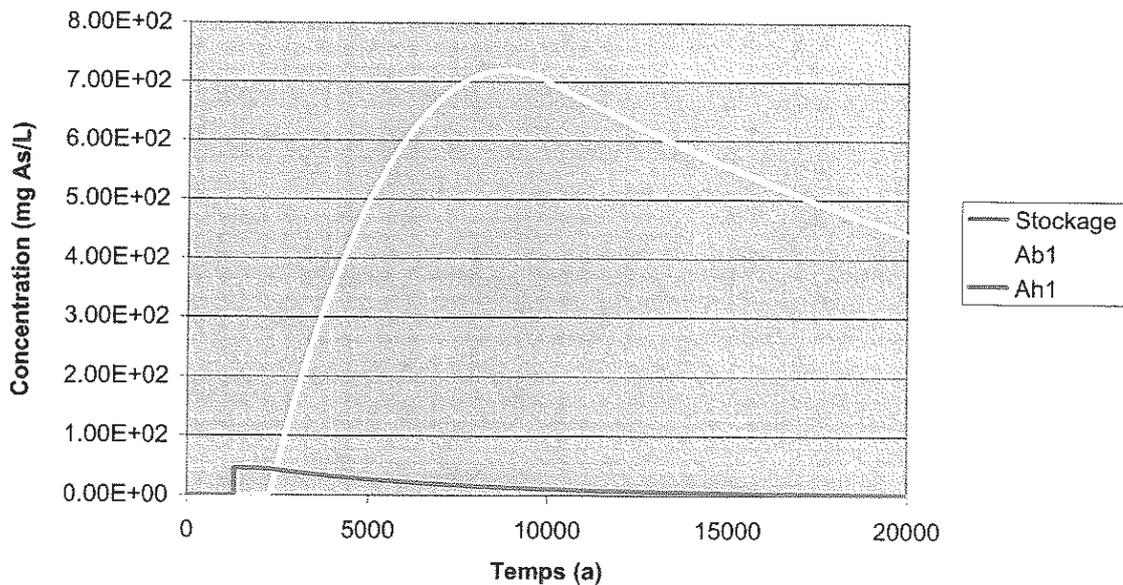
Annexe 7.2.4 :

Rupture d'un bouchon en amont du stockage - Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines si la mine Amélie demeure isolée

Evolution des concentrations dans les mines



Evolution des concentrations dans les mines



Stocamine

**Stockage souterrain de Wittelsheim :  
évaluation des risques suite au confi-  
nement de déchets dans la mine**  
**Risques dus aux substances chimiques**

Texte

Document du 21 juillet 2004



**BMG ENGINEERING AG**

Hauptsitz Zürich:  
Ifangstrasse 11  
CH-8952 Schlieren-Zürich  
Tel. 01 732 92 92 • Fax 01 730 66 22  
bmg@bmgeng.ch  
www.bmgeng.ch

Büro Basel:  
Grammetstrasse 14  
CH-4410 Liestal  
Tel. 061 927 55 99 • Fax 061 923 25 80  
bmgbasel@bmgeng.ch

Labors:  
Ifangstrasse 11  
CH-8952 Schlieren-Zürich  
Tel. 01 732 92 92 • Fax 01 732 92 21  
labors@bmgeng.ch

## Résumé technique

### 1 Introduction

En février 1997, la société Stocamine a reçu l'autorisation d'exploiter un centre de stockage souterrain de déchets industriels dangereux (DID) sur le territoire de la commune de Wittelsheim, env. 10 km au Nord-Ouest de la ville de Mulhouse. Stocamine a démarré son activité le 10 février 1999. Suite à un incendie en septembre 2002 dans le bloc 15 du stockage, Stocamine a décidé de ne pas poursuivre l'exploitation du stockage.

Actuellement, environ 44'000 t de déchets sont entreposés dans le stockage. Suite aux risques miniers, il n'est plus possible d'accéder au bloc 15; les déchets de ce bloc demeureront donc dans tous les cas confinés dans la mine.

Afin de se déterminer sur la variante optimale pour l'homme et l'environnement, Stocamine a engagé une étude pluridisciplinaire afin d'évaluer les deux variantes suivantes :

- confinement du bloc 15 et exercice de la réversibilité pour les déchets des autres blocs;
- confinement de l'ensemble des déchets dans la mine.

Le présent rapport évalue les risques à moyen et long terme (50, 100 et 1'000 ans) de ces deux variantes. Cette étude s'appuie d'une part sur le rapport géologique, hydrogéologique et géotechnique de MICA Environnement et d'autre part sur les conclusions des études et expertises antérieures menées par diverses Ecoles Nationales et d'autres organisations indépendantes (INERIS, INSA, etc.).

L'évaluation des risques liés aux substances chimiques suite au confinement définitif d'une partie (c.-à-d. des déchets du bloc 15) ou de l'ensemble des déchets dans le stockage a été menée selon l'approche suivante :

- (i) évaluation des impacts chimiques actuels sur l'environnement;
- (ii) identification des polluants stockés représentant une source potentielle de danger pour l'homme et l'environnement;
- (iii) évaluation toxicologique des polluants et définition d'objectifs de protection;
- (iv) modélisation du transport de polluants en direction des biens à protéger;
- (v) quantification de l'exposition des biens à protéger;
- (vi) évaluation d'options de fermeture;
- (vii) évaluation des incertitudes et de scénarios accidentels;
- (viii) caractérisation du risque et conclusions.

### 2 Evaluation des impacts chimiques actuels sur l'environnement

L'eau, l'air et les sols aux environs du stockage ont fait l'objet de nombreuses analyses chimiques. Ces analyses ont été réalisées avant le démarrage des opérations de stockage, durant la phase d'exploitation ainsi que pendant et après l'incendie de 2002.

Les analyses des eaux de surface réalisées avant le début de l'exploitation ont mis en évidence des traces d'arsenic (44 µg/L) et de plomb (31 µg/L).

Des traces de plomb (13 µg/L), de cadmium (14 µg/L) et de mercure (3 µg/L) ont été mesurées localement dans les eaux souterraines. Ces substances ne proviennent cependant pas du stockage, puisqu'elles ont été mesurées en amont de ce dernier et/ou avant le début de l'activité de Stocamine. Les substances mesurées proviennent vraisemblablement de l'activité industrielle régionale.

Des traces d'arsenic (de 3 à 5 µg/L, correspondant approximativement à la limite de détection) ont également été mesurées ponctuellement dans les eaux souterraines. Une variation des concentrations, suite à l'activité de Stocamine, n'est pas observable dans la mesure où les analyses réalisées avant le début de stockage avaient une limite de détection relativement élevée (60 µg/L). Il peut cependant être raisonnablement admis que l'arsenic mesuré ne provient pas du stockage mais est d'origine naturelle (c.-à-d. géogène), comme le suggèrent les analyses des eaux de surface et du sol.

A l'exception d'un échantillon prélevé avant le début du stockage, toutes les teneurs en métaux lourds dans le sol étaient inférieures aux valeurs de constat d'impact (VCI) pour un usage sensible. Il est à noter que la teneur géogène du sol en arsenic est relativement élevée (jusqu'à 35 mg/kg, teneur mesurée avant le début de l'activité de stockage). Les mesures réalisées après l'incendie n'ont pas mis en évidence d'impact sur les sols.

Les seuls impacts du stockage sur l'air furent des rejets temporaires durant l'incendie de 2002. Les mesures des rejets d'air de 2003 et 2004 ne montrent en revanche aucune augmentation des émissions par rapport à la situation avant le début du stockage.

En conclusion, à l'exception des rejets temporaires durant l'incendie, aucun impact du stockage sur l'environnement n'a été mis en évidence.

### **3 Identification des polluants stockés représentant une source potentielle de danger pour l'homme et l'environnement**

Le contenu du stockage est documenté de manière détaillée par l'exploitant. Pour chaque type de déchets, les fiches de déclaration des clients et les analyses réalisées par Stocamine ont été systématiquement évaluées. Afin d'identifier les polluants prioritaires, c.-à-d. les substances représentant le danger potentiel le plus important pour l'homme et l'environnement, les critères suivants ont été appliqués :

- quantités stockées,
- mobilité des substances considérées,
- toxicité des substances et
- persistance dans l'environnement.

En outre, les polluants prioritaires ont été choisis de manière que les différentes catégories de substances soient représentées :

- Parmi les métaux, le *chrome*, l'*arsenic* et le *mercure* ainsi que, dans une moindre mesure le *cadmium* et le *plomb* sont les polluants prioritaires.
- Parmi les sels, les *cyanures* sont, d'autant par leur quantité que par leur mobilité, à considérer comme substances prioritaires. Les cyanures sont cependant biodégradables.
- La fraction de polluants organiques dans les déchets représente moins de 1% de la masse stockée. Les polluants organiques peuvent être considérés comme secondaires. Par souci d'exhaustivité, les *dioxines* et les *diphényles polychlorés (PCB)* ont été pris en compte pour la suite des évaluations.

#### 4 Evaluation toxicologique des polluants et objectifs de protection

En cas de dissémination de polluants selon les cheminements exposés au chapitre 5, les biens à protéger potentiellement exposés sont la nappe phréatique et les eaux de surface drainant la nappe. Des objectifs de protection, c'est à dire des valeurs d'immissions tolérables, ont été établis pour un éventuel captage d'eau potable et pour la Thur. Les critères suivants ont été appliqués :

- exigences réglementaires actuelles pour l'eau potable;
- "bruit de fond", c.-à-d. état actuel de la pollution;
- seuils pour une toxicité chronique.

Les objectifs de protection établis sont présentés ci-dessous et comparés avec la masse totale de polluants dans le stockage.

Tableau 1 : Masse de polluants dans le stockage et objectifs de protection

Polluants	Masse (t) Stockage	Objectifs de protection (µg/L)	
		Captages	Eaux de surface
Arsenic	2566	10 (norme réglementaire)	4-40 (PNEC - bruit de fond)
Cadmium	138	5 (norme réglementaire)	0.2-4 (PNEC - bruit de fond)
Chrome et Cr(VI)	103	50 (norme réglementaire)	4 (PNEC)
Mercure	47	1 (norme réglementaire)	0.2-3 (PNEC - bruit de fond)
Plomb	237	10 (norme réglementaire)	5-30 (PNEC - bruit de fond)
Cyanures	159	50 (norme réglementaire)	0.5 (PNEC)
PCB	0.25	0.2 (toxicité)	(la pollution potentielle par le biais de la mine est négligeable par rapport aux autres sources de pollution)
Dioxines	4.1E-04	2.0E-06 (toxicité)	

Les objectifs de protection pour un captage d'eau correspondent aux valeurs limites pour les eaux de consommation, telles que définies dans le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine. Ces objectifs correspondent également aux valeurs de constat d'impact (VCI) définies pour les eaux à usage sensible. En l'absence d'un tel seuil, la concentration tolérable d'un point de vue toxicologique est définie comme objectif de protection.

Pour les eaux de surface, les concentrations en dessous desquelles aucun effet sur l'environnement n'est à prévoir (valeurs PNEC, Predicted No Effect Concentration)

ont été retenues comme objectifs de protection. Le tableau 1 indique également le bruit de fond actuel.

## 5 Modélisation du transport de polluants en direction des biens à protéger

Après la mise en place de serrements de sel autour du stockage et le remblayage des puits, les déchets seront isolés de la biosphère par les barrières suivantes :

- emballage des déchets,
- serrements de sel,
- zone salifère et
- remblais des puits en cendres volantes.

L'évaluation des risques à moyen et long terme pour l'homme et l'environnement repose sur l'analyse de l'efficacité des différentes barrières. La barrière formée par l'emballage des déchets est négligée (hypothèse pénalisante). Les barrières formées par les serrements de sel à mettre en place et par les remblais des puits sont prises en compte pour la suite des calculs.

Les déchets sont stockés sous forme solide. Le transfert éventuel de polluants ne peut se faire qu'après une remobilisation soit par dissolution dans de l'eau, soit sous forme gazeuse. Après cette remobilisation, un transport de polluants peut être envisagé selon les cheminements suivants :

- 1) transport de composés dissous ou gazeux à travers la zone salifère;
- 2) transport de gaz à travers les zones salifères perturbées par les travaux miniers;
- 3) transport de polluants dissous par des eaux circulant à travers le système minier.

La figure ci-dessous présente de manière simplifiée le système minier et les cheminements de polluants envisageables.

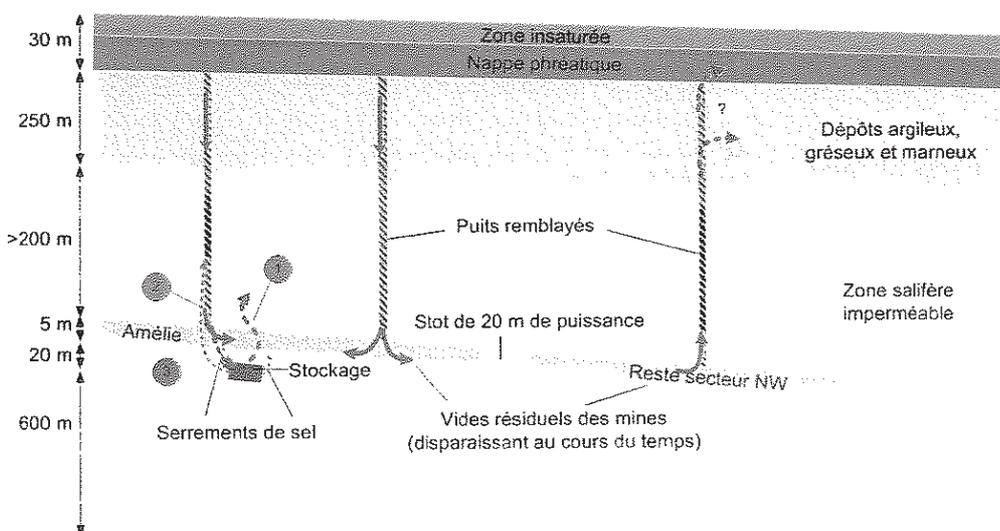


Fig. 1 : Schéma simplifié des mines (remarque : la figure n'est pas à l'échelle)

Il est à noter que pour tous les cheminements envisagés, les polluants doivent transiter par la nappe phréatique, car cette dernière recouvre toute la région. Les eaux de la nappe sont captées par différents ouvrages. Ces eaux s'écoulent en direction du Nord-Est et sont drainées par la Thur.

*Les paragraphes 5.1 à 5.4 traitent des émissions potentielles de polluants en cas de confinement de l'ensemble des déchets. Le cas particulier du bloc 15, en cas d'exercice de la réversibilité pour les déchets des autres blocs, est discuté au paragraphe 6.3.*

#### 5.1 *Evaluation du transport à travers la zone salifère*

Les évaluations menées démontrent qu'un transport à travers la barrière naturelle formée par la zone salifère ne peut se faire que par diffusion (c.-à-d. par un mécanisme de transport dû à l'agitation moléculaire). Un tel transport est très lent et le flux engendré à 50, 100 ou 1'000 ans est quasiment nul.

#### 5.2 *Evaluation d'un transport de gaz*

Les résultats de la modélisation montrent que les microfissures apparues lors du foudroyage des terrains ne remontent pas au-delà des couches salifères. Les observations de terrain de MDPA ont mis en évidence des remontées de fissures jusqu'à une trentaine de mètres au-dessus des zones foudroyées. Un transport de gaz jusqu'à la surface ne peut donc pas se faire le long de ces fissures. Le seul secteur, par lequel des gaz pourraient théoriquement transiter, est la zone perturbée de l'encaissant le long des puits. Ce transport a été quantifié sur la base d'études menées en Allemagne.

Les évaluations montrent qu'à l'exception de l'acide cyanhydrique, le transport de polluants gazeux en direction de la nappe phréatique est négligeable. Les émissions potentielles d'acide cyanhydrique demeurent très modestes et les concentrations engendrées dans les biens à protéger sont très inférieures aux objectifs de protection. Ainsi, si un captage devait se situer en aval de la zone d'émission, les concentrations de cyanure dans l'eau captée demeureraient très inférieures aux normes réglementaires actuelles pour l'eau potable (voir aussi paragraphe 5.4).

#### 5.3 *Evaluation d'un lessivage de polluants*

Comme discuté dans l'étude MICA, les puits remblayés avec des matériaux très peu perméables (des cendres volantes) représentent la seule entrée d'eau à considérer. Après que l'eau ait comblé les vides résiduels des mines, l'établissement d'une circulation d'eau entre les puits amont et les puits aval n'est pas certain et peut être bloqué par les phénomènes de fermeture naturelle des galeries.

Dans l'hypothèse d'une circulation d'eau, les émissions calculées seraient nulles jusqu'à l'envoyage complet des mines (environ 500 ans après la fermeture du stockage) et n'augmenteraient ensuite que très lentement. Ainsi, 1'000 ans après la fermeture du stockage, les émissions cumulées des différents polluants considérés seraient inférieures à 1 kg/an. Les concentrations engendrées dans les biens à pro-

téger seraient très inférieures aux objectifs de protection définis dans le tableau 1 (voir aussi paragraphe 5.4).

Les émissions maximales, telles qu'estimées par le modèle, auraient lieu environ 10'000 ans après la fermeture du stockage. A cette date, le flux massique d'arsenic (le polluant dont les émissions sont potentiellement les plus importantes) sortant de la zone salifère serait d'environ 25 kg par an.

Si la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest ne communiquent pas par le stot de 20 m de puissance les séparant (voir figure 1 et rapport MICA), les émissions maximales seraient environ 6 fois inférieures.

Il faut noter que les prévisions pour cette échéance très longue de 10'000 ans ne sont guère fiables, car le modèle ne tient pas compte de la fermeture progressive des vides miniers sous le poids des terrains. Dans tous les cas considérés (y compris à très long terme, à savoir plusieurs milliers d'années), les impacts sur les biens à protéger demeurerait tolérables, même au moment des émissions maximales (voir aussi paragraphe 5.4).

#### 5.4 *Quantification de l'exposition des biens à protéger*

Pour estimer l'exposition de la biosphère, il a été supposé que tous les polluants transportés hors des horizons salifères soient directement ou indirectement drainés vers la Thur. Les concentrations résultantes dans la Thur seraient toujours nettement inférieures aux objectifs de protection définis dans le tableau 1.

Pour estimer l'exposition d'éventuels captages d'eau potable, la répartition des polluants quittant la zone salifère a été estimée (répartition entre les eaux du tertiaire et du quaternaire, répartition entre les différents puits de "sortie"). Il a été supposé qu'un captage soit implanté en aval d'un ancien puits par lequel des eaux polluées ou de l'acide cyanhydrique gazeux pourraient remonter. Sur cette base et malgré les nombreuses hypothèses pessimistes appliquées (voir paragraphe 7.1), les augmentations des concentrations seraient inférieures aux objectifs de protection définis dans le tableau 1 et ceci même à très long terme (plusieurs milliers d'années). L'eau captée serait conforme aux exigences réglementaires actuelles.

En conclusion, en cas d'évolution normale du stockage et des travaux miniers, les émissions à partir du stockage sont très faibles et n'engendreraient pas d'impact intolérable sur les biens à protéger considérés. Les scénarios accidentels sont discutés au paragraphe 7.2.

## 6 **Evaluation d'options de fermeture**

### 6.1 *Option pour la fermeture des puits Amélie 1 et 2, variante de confinement définitif*

Les évaluations ont été menées en supposant que les puits proches du stockage, c.-à-d. les puits Joseph, Else, Amélie 1 et 2, soient remblayés avec des cendres volantes sur la plus grande hauteur possible.

Sur la base du modèle de circulation d'eau, il apparaît qu'un remblayage "classique" des puits Amélie 1 et 2 (en aval du stockage) n'a pas d'incidence significative sur le niveau des émissions potentielles. Un remblayage "classique" de ces deux puits,

c.-à-d. avec des bouchons de cendres volantes de moindre épaisseur, est donc suffisant dans le cas du confinement définitif de l'ensemble des déchets.

Les puits Joseph et Else (situés en amont du stockage) devront en revanche être remblayés sur la plus grande hauteur possible en cendres volantes.

## 6.2 *Serrements de sel pour le confinement de l'ensemble des déchets et galerie de contournement du stockage*

Les évaluations des émissions ont été menées en tenant compte des serrements de sel à mettre en place pour confiner le stockage : en effet, ces serrements sont nécessaires pour assurer la sécurité à long terme du stockage.

Les calculs ont été effectués en supposant que le sel gemme utilisé pour les serrements du stockage soit exploité dans la zone en cours d'aménagement au moment de l'incendie de 2002. Il serait cependant possible de créer une galerie contournant le stockage. Une telle galerie permettrait de réduire encore de moitié la fraction de l'eau pouvant circuler par le stockage. La création d'une telle galerie représenterait une précaution supplémentaire mais n'est pas indispensable à la sécurité à long terme du stockage.

## 6.3 *Exercice de la réversibilité et confinement définitif des déchets du bloc 15*

En cas d'exercice de la réversibilité pour les déchets des autres blocs et du confinement des déchets du bloc 15, les risques à long terme pour l'environnement ne seraient pas significatifs. En effet, le bloc 15, site de l'incendie de 2002, ne contient que des quantités réduites de déchets (1'776 t, c.-à-d. moins de 5% de la masse totale). En outre, ce bloc est situé dans la partie supérieure du stockage, laquelle est en dehors du système de circulation des eaux pouvant percoler par les puits.

De ce fait, en cas d'exercice de la réversibilité, tous les puits (y compris les puits Joseph et Else) pourront être remblayés de manière "classique", c.-à-d. avec des bouchons de cendres de moindre épaisseur par rapport à la variante de confinement définitif de l'ensemble des déchets.

# 7 **Evaluation des incertitudes et scénarios accidentels**

## 7.1 *Evaluation des incertitudes*

Les évaluations ont été menées en appliquant diverses hypothèses pénalisantes, notamment :

- Au moment de l'ennoyage, il est supposé que *les sels et les métaux contenus dans les déchets se dissolvent rapidement et complètement* dans le volume confiné du stockage.
- La *concentration des polluants gazeux au pied des puits est supposée être la même qu'à proximité immédiate du stockage.*
- La *valeur de perméabilité appliquée ( $5.8 \cdot 10^{-7}$  m/s) pour estimer les débits d'entrée et de sortie d'eau à travers les bouchons de cendres volantes est*

*sécuritaire* puisque aucune arrivée d'eau n'a été observée dans les puits déjà remblayés.

- Au vu des précautions prises (serrements de sel de forte épaisseur), *il est vraisemblable que les écoulements à travers la zone confinée du stockage soient quasiment nuls*. Le modèle appliqué part de l'hypothèse défavorable que 10% de l'eau percolant par les puits Joseph et Else transite à travers le stockage.

*En conclusion, le calcul de l'exposition des biens à protéger dans le cas d'une évolution "normale" des mines et du stockage est sécuritaire (c.-à-d. majorant pour l'évaluation des risques) puisqu'il découle d'une cascade d'hypothèses défavorables.*

## 7.2 Scénarios accidentels

Une réflexion systématique a été réalisée pour identifier les scénarios accidentels qui pourraient avoir un impact sur l'homme et l'environnement. Ceux qui représentent un risque potentiel, ont été évalués pour le cas du confinement définitif de l'ensemble des déchets à l'intérieur de la mine (voir aussi rapport MICA). Les cas les plus pénalisants du point de vue des émissions potentielles de polluants sont discutés ci-dessous.

### Explosion

Il est peu probable qu'un mélange inflammable de gaz et une source d'ignition soient présents de manière concomitante après la fermeture des mines. Même si des dégagements localisés de gaz devaient s'enflammer, cette inflammation n'aurait que peu de conséquences puisque, contrairement à ce qui pourrait se passer dans une mine de charbon, une explosion de poussières n'est pas possible dans une mine de sel.

### Rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits en amont ou en aval du stockage

La rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits en amont du stockage induirait un lessivage important des déchets. Les flux maximaux de polluants seraient multipliés d'un facteur 20 à 25 par rapport au scénario "standard". Le maximum du pic d'émissions serait atteint environ 2'000 ans après la rupture du bouchon. A ce moment-là, les concentrations des polluants dans l'eau d'un éventuel captage, en aval d'un des puits par lequel de l'eau pourrait remonter depuis les mines, pourraient être supérieures d'un facteur 15 aux normes réglementaires actuelles pour l'eau potable. Afin de diminuer la probabilité d'occurrence d'un tel scénario, *il faudra permettre le fluage des cendres dans la zone entre le cuvelage et l'encaissant et renforcer le blocage des remblais à la base des puits* (voir rapport MICA).

La rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits en aval du site dans le secteur Nord-Ouest du bassin de Wittelsheim induirait une augmentation des émissions d'un facteur 2 à 3. A 50, 100 ou 1'000 ans, les émissions demeureraient tolérables car l'augmentation des concentrations dans les eaux de surface ou dans des eaux captées serait inférieure aux objectifs de protections définis dans le tableau 1. A très long terme (plusieurs milliers d'années), un dépassement d'un facteur 3 à 4 des

normes réglementaires actuelles pour l'eau potable ne pourrait être exclu dans les eaux d'un captage situé en aval du puits défectueux.

Comme indiqué dans le rapport technique traitant de la situation hydrogéologique et géotechnique, si une rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits en amont ou en aval du stockage devait malgré les précautions prises se produire, l'étanchéité du puits défectueux pourrait être restaurée à l'aide d'injections.

### Forage dans le stockage

Un forage atteignant la zone de stockage pourrait théoriquement provoquer une remontée de gaz ou d'eau importante.

Outre les conséquences mécaniques d'un tel évènement (remontée du tubage), une remontée de gaz par le forage pourrait entraîner la libération d'acide cyanhydrique.

La remontée d'eau n'est possible qu'à long terme après que la pression de l'eau se soit équilibrée avec la pression des terrains. Suite à la convergence naturelle du sel et à la présence des serremments de sel autour du stockage, il est vraisemblable que les débits d'eau à travers les vides résiduels des mines et le forage soient limités et puissent être stoppés en colmatant le forage. Comme indiqué dans le rapport MICA, un volume maximal de saumure d'environ 150'000 m<sup>3</sup> pourrait théoriquement être expulsé, un tel volume pourrait conduire à la remontée vers la surface de l'ensemble des polluants dissous dans le stockage.

*Nous recommandons donc que les forages profonds dans le périmètre du stockage soient soumis à autorisation.*

Malgré la quantité limitée de déchets dans le bloc 15, un forage traversant ce bloc pourrait, tout comme dans le cas du confinement de l'ensemble des déchets, conduire à une libération non tolérable de polluants. La quantité de cadmium (53 t) contenue dans les déchets de ce bloc serait par exemple suffisante pour engendrer une pollution importante du sol et des eaux à proximité du forage. *En conséquence, un contrôle par l'administration des forages profonds est également nécessaire en cas d'exercice de la réversibilité.*

## **8 Quantification du risque et préconisations**

### *8.1 Confinement de l'ensemble des déchets*

#### Quantification du risque

En cas d'évolution "normale" du stockage, les risques pour l'homme et l'environnement sont acceptables. En effet, même en appliquant de nombreuses hypothèses défavorables, les évaluations menées montrent que les émissions éventuelles seront toujours inférieures aux seuils tolérables.

L'évaluation des scénarios accidentels a montré qu'une rupture d'un bouchon d'un puits en amont du stockage ou un forage à travers le stockage pourraient entraîner des émissions non tolérables. Ces risques accidentels sont maîtrisables au moyen de mesures de nature aussi bien technique qu'administrative (voir ci-dessous).

### Mesures préconisées pour la diminution des risques

Les mesures suivantes sont nécessaires pour garantir la sécurité (voir aussi le rapport MICA) :

- mise en place de serrements de sel pour confiner la zone de stockage selon le mode décrit dans le rapport MICA;
- remblayage des puits Joseph et Else en cendres volantes sur la plus grande hauteur possible et en permettant le fluage des cendres entre le cuvelage et l'encaissant;
- contrôle des forages profonds par l'administration dans le périmètre des mines et surtout du stockage.

En outre, les mesures supplémentaires suivantes sont recommandées pour réduire le risque résiduel :

- fermeture ultra sécuritaire des puits Joseph et Else selon le mode décrit dans le rapport MICA;
- réalisation d'une galerie contournant le stockage et drainant les eaux pouvant éventuellement pénétrer par le puits Joseph;
- indication du périmètre des mines et du stockage sur un monument inaltérable érigé sur les puits rebouchés.

Les évaluations ont été menées en partant de l'hypothèse que les puits Amélie 1 et 2 soient entièrement remblayés en cendres volantes. Sur la base du modèle de circulation, il apparaît que cette précaution n'est pas indispensable (voir paragraphe 6.1) et que ces puits peuvent être remblayés avec des bouchons "classiques".

Comme la sécurité à long terme du stockage est tributaire de l'efficacité et de la durabilité des serrements de sel et des bouchons des puits, ces ouvrages miniers doivent être planifiés et exécutés avec un soin tout particulier sous la responsabilité de l'exploitant. Les travaux réalisés devront être documentés.

## 8.2 *Exercice de la réversibilité*

### Quantification du risque

En cas d'exercice de la réversibilité, les risques résiduels (suite au confinement des déchets du bloc 15) pour l'homme et l'environnement sont très faibles. En effet, même en appliquant de nombreuses hypothèses défavorables, les évaluations menées montrent que les émissions éventuelles seront toujours très inférieures aux seuils tolérables.

Afin d'éviter un relargage en surface de polluants à la suite d'un forage atteignant le bloc 15, les futurs forages profonds dans le périmètre du bloc 15 devront faire l'objet d'un contrôle par l'administration.

Les risques dus aux substances chimiques sont liés aux opérations de déstockage et concernent en premier lieu le personnel intervenant (voir rapport de l'ISPS). Les risques en surface pour l'environnement sont les mêmes que ceux liés aux opéra-

tions de stockage. Ces risques sont décrits dans les études réalisées avant le début du stockage.

#### Mesures préconisées pour la diminution des risques

Pour confiner les déchets du bloc 15, la mise en place de 6 serrements de sel d'environ 5 m d'épaisseur est proposée (voir rapport MICA et rapport de synthèse). Tous les puits peuvent être remblayés selon le schéma "classique".

Comme indiqué ci-dessus, les futurs forages profonds dans le périmètre du bloc 15 devront faire l'objet d'un contrôle par l'administration.

Les mesures préconisées pour la diminution des risques lors des travaux de déstockage (aspiration à la source, port d'un équipement de protection individuelle adapté, etc.) sont décrites dans le rapport de l'ISPS ainsi que dans le rapport de synthèse.

Les précautions à prendre lors de la manipulation au jour des déchets sont les mêmes que pour la phase de stockage des déchets et sont décrites dans les études réalisées antérieurement.

## Sommaire

Résumé technique .....	i
Liste des figures .....	xv
Liste des tableaux .....	xvii
Sommaire des annexes.....	xx
Liste des abréviations.....	xxi
<b>1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1 Situation initiale .....	1
1.2 Investigations précédentes et données disponibles .....	2
1.3 Objectifs poursuivis .....	4
1.4 Procédure suivie.....	5
<b>2 Caractérisation du site .....</b>	<b>7</b>
2.1 Situation.....	7
2.2 Contexte géologique et hydrogéologique .....	8
2.3 Populations et biens à protéger à considérer .....	9
2.4 Impacts chimiques actuels sur l'environnement .....	9
2.4.1 Air et rejets du puits Else .....	10
2.4.2 Sols.....	11
2.4.3 Eaux de surface.....	12
2.4.4 Eaux souterraines.....	12
2.4.5 Impacts chimiques actuels, conclusions.....	12
<b>3 Identification du danger des substances chimiques.....</b>	<b>13</b>
3.1 Catégories de déchets.....	13
3.2 Inventaire des polluants stockés dans l'ensemble du stockage .....	14
3.2.1 Composés inorganiques.....	14
3.2.2 Composés organiques.....	16
3.3 Inventaire des polluants stockés dans le bloc 15 .....	16
3.4 Identification des polluants prioritaires .....	17
3.4.1 Critères appliqués.....	17
3.4.2 Résultats.....	19
<b>4 Evaluation toxicologique des polluants et objectifs de protection .....</b>	<b>20</b>
4.1 Sources consultées .....	20
4.2 Valeurs toxicologiques de référence pour l'homme et les mammifères .....	20
4.3 Concentrations sans effet sur l'environnement aquatique.....	21
4.4 Définition des critères de protection pour la population et l'environnement aquatique.....	21

5	Evaluation de l'exposition des biens à protéger.....	23
5.1	Schéma conceptuel du stockage.....	23
5.2	Rappel des biens à protéger potentiellement exposés.....	25
5.3	Remobilisation des polluants.....	26
5.3.1	Dissolution et concentration des polluants après ennoyage du stockage .....	27
5.3.2	Mobilisation et concentration des polluants sous forme gazeuse .....	29
5.3.3	Concentrations des polluants dans la zone confinée au moment de l'ennoyage .....	31
5.3.4	Considérations sur la cinétique de la mobilisation des polluants .....	31
5.4	Modélisation d'un éventuel transport en direction de la nappe phréatique, mécanismes considérés .....	33
5.5	Diffusion à travers la zone salifère .....	35
5.5.1	Description du système .....	35
5.5.2	Considérations théoriques.....	35
5.5.3	Paramètres du système considéré .....	36
5.5.4	Flux de polluants en fonction du temps .....	39
5.5.5	Conclusions pour la diffusion.....	40
5.6	Transport de gaz à travers la zone perturbée le long des puits .....	41
5.6.1	Description du système .....	41
5.6.2	Considérations théoriques.....	42
5.6.3	Paramètres du système considéré .....	43
5.6.4	Flux de polluants en fonction du temps .....	43
5.6.5	Conclusions pour le transport de gaz par la zone perturbée le long des puits .....	46
5.7	Lessivage par des eaux circulant à travers les mines .....	47
5.7.1	Description du système .....	47
5.7.2	Paramètres du système considéré .....	48
5.7.3	Flux de polluants en fonction du temps .....	56
5.7.4	Conclusions pour le lessivage de polluants.....	61
5.8	Quantification de l'exposition des biens à protéger .....	62
5.8.1	Eaux de surface.....	62
5.8.2	Captage d'eau potable.....	64
5.9	Cas particulier du bloc 15 en cas d'exercice de la réversibilité .....	66
5.9.1	Inventaire des déchets et des polluants .....	66
5.9.2	Transport à travers la zone salifère non perturbée.....	66
5.9.3	Transport de gaz à travers la zone perturbée du sel le long des puits .....	66
5.9.4	Lessivage de polluants .....	66
5.9.5	Quantification de l'exposition des biens à protéger .....	70

6	Options de fermeture .....	73
6.1	Options de remblayage pour les puits Amélie 1 et 2 .....	73
6.2	Option pour les serrements de sel confinant le stockage, galerie de contournement.....	77
6.3	Exercice de la réversibilité et confinement des déchets du bloc 15 .....	77
7	Evaluation des incertitudes et scénarios accidentels .....	78
7.1	Evaluation des incertitudes pour l'évolution normale des mines .....	78
7.2	Evaluation des scénarios accidentels.....	79
7.2.1	Risque d'explosion.....	79
7.2.2	Rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits en aval du stockage .....	80
7.2.3	Rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits en amont du stockage .....	83
7.2.4	Forage à l'intérieur du stockage .....	86
7.3	Scénarios accidentels en cas d'exercice de la réversibilité .....	87
8	Quantification du risque et préconisations .....	88
8.1	Confinement de l'ensemble des déchets.....	88
8.1.1	Quantification du risque .....	88
8.1.2	Mesures préconisées pour la diminution des risques.....	88
8.2	Exercice de la réversibilité.....	89
8.2.1	Quantification du risque .....	89
8.2.2	Mesures préconisées pour la diminution des risques.....	89

## Liste des figures

Fig. 1.1 :	Procédure suivie pour l'évaluation des risques sanitaires en fonction du niveau des connaissances.....	5
Fig. 2.1 :	Emplacement du stockage (rectangle rouge) et des puits de la mine Amélie (points rouges) échelle env. 1 : 10'000 .....	7
Fig. 3.1 :	Quantités des différentes catégories de déchets.....	14
Fig. 5.1 :	Schéma conceptuel du stockage .....	23
Fig. 5.2a :	Aperçu des mécanismes de transport évalués .....	33
Fig. 5.2b :	Importance relative des transports par advection et diffusion en fonction de la perméabilité des matériaux traversés [A9] .....	34
Fig. 5.3 :	Description schématique de la diffusion de composés dissous ou gazeux à travers la zone salifère au dessus du stockage .....	35
Fig. 5.4 :	Coefficient effectif de diffusion ( $D_{eg}$ ) de l'hydrogène mesuré en laboratoire .....	37
Fig. 5.5a :	Profils de concentration d'arsenic suite à la diffusion au travers des pores du sel remplis d'eau .....	39
Fig. 5.5b :	Profils de concentration d'arsenic suite à la diffusion au travers des pores du sel remplis d'air .....	40
Fig. 5.6 :	Description schématique du transport de polluants à travers la zone perturbée du sel le long des puits .....	41
Fig. 5.7 :	Perméabilité de la zone perturbée le long d'un forage .....	42
Fig. 5.8a :	Description schématique du lessivage de polluants suite à une circulation d'eau à travers les mines en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest (scénario "Amélie et NW en liaison") .....	47
Fig. 5.8b :	Description schématique du lessivage de polluants suite à une circulation d'eau à travers les mines en l'absence de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest (scénario "Amélie isolée") .....	47
Fig. 5.9 :	Système modélisé pour le lessivage de polluants en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest .....	51
Fig. 5.10 :	Système modélisé pour le lessivage de polluants pour la mine Amélie isolée du reste du secteur Nord-Ouest .....	54
Fig. 5.11 :	Evolution du volume d'eau dans les différents compartiments des mines, scénario "Amélie et NW en liaison" .....	56
Fig. 5.12 :	Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines, scénario "Amélie et NW en liaison" .....	57

Fig. 5.13 :	Evolution du volume d'eau dans les différents compartiments des mines, scénario "Amélie isolée" .....	58
Fig. 5.14 :	Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines, scénario "Amélie isolée" .....	59
Fig. 5.15 :	Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines en cas d'exercice de la réversibilité, scénario "Amélie et NW en liaison" .....	68

## Liste des tableaux

Tab. 1.1 :	Aperçu des principaux sujets traités dans les études antérieures (selon la liste de l'annexe 1.1) .....	3
Tab. 3.1 :	Quantités des différentes catégories de déchets.....	13
Tab. 3.2 :	Inventaire des polluants inorganiques stockés, ensemble du stockage .....	15
Tab. 3.3 :	Evaluation des polluants prioritaires (valeurs en conditions standards, voir détails à l'annexe 3.5) .....	18
Tab. 4.1 :	Masse de polluants dans le stockage et objectifs de protection .....	21
Tab. 5.1 :	Caractéristiques de la nappe alluviale et des biens à protéger considérés .....	25
Tab. 5.2 :	Evaluation de la solubilité des métaux.....	29
Tab. 5.3 :	Evaluation des concentrations dans le volume confiné du stockage au moment de l'ennoyage.....	31
Tab. 5.4 :	Evaluation du flux stationnaire maximal de polluants pouvant être transportés par diffusion .....	39
Tab. 5.5a :	Evaluation des flux de polluants pouvant être transportés par la zone perturbée le long des puits, scénario "Amélie et NW en liaison" .....	44
Tab. 5.5b :	Evaluation des flux de polluants pouvant être transportés par la zone perturbée le long des puits, scénario "Amélie isolée" .....	45
Tab. 5.6 :	Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest .....	52
Tab. 5.7 :	Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants si la mine Amélie demeure isolée.....	55
Tab. 5.8 :	Evaluation du flux de polluants pouvant sortir de la zone salifère suite au lessivage du stockage.....	60
Tab. 5.9a :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions (dégazage et lessivage), scénario "Amélie et secteur NW en liaison".....	63
Tab. 5.9b :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions (dégazage et lessivage), scénario "Amélie isolée" .....	63
Tab. 5.10a :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions (dégazage ou lessivage), scénario "Amélie et secteur NW en liaison".....	65
Tab. 5.10b :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions (dégazage ou lessivage), scénario "Amélie isolée" .....	65

Tab. 5.11 :	Evaluation du flux de polluants pouvant sortir de la zone salifère suite au lessivage du stockage en cas d'exercice de la réversibilité .....	69
Tab. 5.12a :	Variante d'exercice de la réversibilité : évaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions à partir du stockage, scénario "Amélie et secteur NW en liaison" .....	71
Tab. 5.12b :	Variante d'exercice de la réversibilité : évaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions à partir du stockage, scénario "Amélie isolée".....	71
Tab. 5.12c :	Variante d'exercice de la réversibilité : évaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions à partir du stockage, scénario "Amélie et secteur NW en liaison" .....	72
Tab. 5.12d :	Variante d'exercice de la réversibilité : évaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions à partir du stockage, scénario "Amélie isolée".....	72
Tab. 6.1a :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions à partir du stockage en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2, scénario "Amélie et secteur NW en liaison".....	75
Tab. 6.1b :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions à partir du stockage en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2, scénario "Amélie isolée" .....	75
Tab. 6.1c :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions à partir du stockage en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2, scénario "Amélie et secteur NW en liaison".....	76
Tab. 6.1d :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions à partir du stockage en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2, scénario "Amélie isolée" .....	76
Tab. 7.1a :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à la rupture d'un bouchon en aval du stockage dans le secteur Nord-Ouest.....	82
Tab. 7.1b :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à la rupture d'un bouchon en aval du stockage dans le secteur Nord-Ouest.....	82
Tab. 7.2a :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à la rupture d'un bouchon en amont du stockage, scénario "Amélie et NW en liaison" .....	84

Tab. 7.2b :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à la rupture d'un bouchon en amont du stockage, scénario "Amélie isolée" .....	84
Tab. 7.2c :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à la rupture d'un bouchon en amont du stockage, scénario "Amélie et NW en liaison" .....	85
Tab. 7.2d :	Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à la rupture d'un bouchon en amont du stockage, scénario "Amélie isolée" .....	85

## Sommaire des annexes

- Annexe 1 Documents consultés
  - 1.1 Etudes et documents concernant Stocamine
  - 1.2 Contexte réglementaire et administratif
  - 1.3 Données toxicologiques, normes nationales et internationales
  - 1.4 Autres références
- Annexe 2 Objectifs réglementaires et synthèse des analyses disponibles
  - 2.1 Aperçu des valeurs légales et toxicologiques
  - 2.2 Air et rejets gazeux
  - 2.3 Echantillons solides
  - 2.4 Eaux de surface
  - 2.5 Eaux souterraines
  - 2.6 Rejets du bassin
  - 2.7 Liste des notes utilisées dans les tableaux
- Annexe 3 Identification du danger des substances chimiques
  - 3.1 Quantités des différentes catégories de déchets
  - 3.2 Liste des déchets par catégorie
  - 3.3 Quantité totale de polluants dans le stockage
  - 3.4 Quantités de polluants dans le bloc 15
  - 3.5 Evaluation des polluants prioritaires
- Annexe 4 Valeurs toxicologiques de référence, objectifs réglementaires et concentrations ubiquitaires
- Annexe 5 Evaluation de l'exposition des biens à protéger
  - 5.1 Synthèse des tests de dégazage effectués à la réception des déchets
  - 5.2 Concentration dans les eaux du puits Joseph
  - 5.3 Cas particulier du bloc 15 en cas d'exercice de la réversibilité
- Annexe 6 Option de remblayage pour les puits Amélie 1 et 2
  - 6.1 Paramètres pour le scénario "Amélie et NW en liaison"
  - 6.2 Paramètres pour le scénario "Amélie isolée"
  - 6.3 Evolution des concentrations dans les mines pour le scénario "Amélie et NW en liaison"
  - 6.4 Evolution des concentrations dans les mines "Amélie isolée"
- Annexe 7 Scénarios accidentels
  - 7.1 Rupture d'un bouchon en aval du stockage
  - 7.2 Rupture d'un bouchon en amont du stockage

## Liste des abréviations

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ANRED	Agence Nationale pour la Récupération et l'Elimination des Déchets
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CAP	Certificat d'Acceptation Préalable
CET	Centre d'Enfouissement Technique
CI	Concentration Inhalée
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer (organisation de l'OMS)
CLIS	Commission Locale d'Information et de Surveillance
DID	Déchets Industriels Dangereux
DIS	Déchets Industriels Spéciaux
DJE	Dose journalière d'exposition
DJT	Dose journalière tolérable. Pour les substances sans effet de seuil (=substances cancérigènes, un risque de $10^{-5}$ correspondant aux recommandations de OMS est en général considéré comme tolérable. Si les techniques disponibles ne permettent pas de façon réaliste d'atteindre le niveau de $10^{-5}$ , un niveau supérieur peut être retenu, sans toutefois dépasser $10^{-4}$ voir réf. [R15]).
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EDF	Electricité de France
EDR	Evaluation détaillée de risques
ERI	Excès de risque individuel : probabilité pour un individu exposé de développer la maladie considérée du fait de la source de pollution étudiée (pour une exposition par voie orale, $ERI = DJE \cdot ERU_o$ ; pour une exposition par inhalation, $ERI = CI \cdot ERU_i$ )
ERU	Excès de risque unitaire : probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de contracter un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose de toxique.
$ERU_i$	$ERU$ pour la voie d'administration respiratoire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup> , cette valeur correspond au facteur de pente $SF_i$ multiplié par le volume d'air inhalé quotidiennement ( $20 \text{ m}^3/\text{j}$ ) et divisé par le poids moyen d'un homme (70 kg).
$ERU_o$	$ERU$ pour la voie d'administration orale ( $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ ) <sup>-1</sup> , cette valeur correspond au facteur de pente $SF_o$ , tel que défini par l'US EPA.
ESR	Evaluation simplifiée de risques
FID	Fiche d'identification des déchets

ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INRS	Institut National de la Recherche et de la Sécurité
InVS	Institut de Veille Sanitaire
IR	Indice de Risque : rapport entre la dose journalière d'exposition et la dose journalière tolérable (IR = DJE/DJT)
ISPS	Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité
I-TEG	Equivalent toxique international pour les dioxines
MDPA	Mines de Potasse d'Alsace
MRL	Maximum Reasonable Level (mg/kg/d) : dose journalière acceptable pour des effets avec seuil. Cette valeur correspond à la dose de référence, RfD, telle que définie par l'US EPA.
NOEC	No Observable Effect Concentration (concentration sans effet sur l'organisme considéré)
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PCB	Diphényles polychlorés
PECSIE	Projet Etudes Conseils Services, Industrie Environnement
PNEC	Predicted No Effect Concentration : concentration sans effet prévisible sur l'environnement
PRG	Preliminary Remediation Goal (objectif préliminaire d'assainissement, tel que défini par l'US EPA). Concentration en dessous de laquelle le risque sanitaire pour l'homme est considéré comme tolérable.
REFIOM	Résidus d'Epuración des Fumées d'Incinération d'Ordures Ménagères
RfD	Dose de référence (mg/kg/d) : dose journalière acceptable pour des effets avec seuil. Cette valeur correspond à la valeur MRD.
SF	Slope Factor : facteur de pente, voir définition de l'excès de risque unitaire (ERU).
SFi	SF pour la voie d'administration respiratoire (mg/kg/j) <sup>-1</sup> .
SF <sub>o</sub>	SF pour la voie d'administration orale (mg/kg/j) <sup>-1</sup> , cette valeur correspond à l'excès de risque unitaire oral ERU <sub>o</sub> .
US EPA	Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis d'Amérique
VCI	Valeur de Constat d'Impact : les VCI permettent de constater l'impact d'une pollution sur le sol ou l'eau en fonction de l'usage de ces derniers.
VCI <sub>eaux usage sensible</sub>	Ces valeurs pour les eaux ont été déterminées à partir du décret n° 2001-1120 du 20 décembre 2001 et, en cas d'absence de valeur dans ce décret, à partir de la directive CE 98/83 et de la monographie de l'OMS.

$VCI_{\text{eaux usage non sensible}}$	Ces valeurs sont obtenues en multipliant les valeurs $VCI_{\text{eaux usage sensible}}$ par un facteur 2 pour les éléments majeurs ou par un facteur 5 pour les éléments en traces.
$VCI_{\text{sol usage sensible}}$	Ces valeurs sont basées sur les critères français (lorsqu'ils existent), les valeurs allemandes (scénario résidentiel) ou les valeurs d'intervention I des Pays-Bas (voir aussi réf. [T11]).
$VCI_{\text{sol usage non sensible}}$	Ces valeurs sont basées sur les critères français (lorsqu'ils existent) ou les valeurs allemandes pour les scénarios spécifiques. A défaut ces valeurs sont calculées à partir des valeurs d'intervention des Pays-Bas multipliées par un facteur 2 à 5 (voir aussi réf. [T11]).
VDSS	Valeur de Définition de Source-Sol : ces valeurs permettent de définir la source de pollution constituée par un sol. La valeur VDSS correspond à la moitié de la valeur $VCI_{\text{sol usage sensible}}$ , mais doit être au minimum de 2 à 5 fois supérieure au bruit de fond géochimique.
VLE	Valeur Limite d'Exposition (hygiène industrielle)
VME	Valeur Moyenne d'Exposition (hygiène industrielle)
VTR	Valeur toxicologique de référence : valeur établie sur la base de la relation entre la dose ou le niveau d'exposition et la gravité des effets.

# 1 Introduction

## 1.1 Situation initiale

En février 1997, la société Stocamine a reçu l'autorisation d'exploiter un centre de stockage souterrain de déchets industriels dangereux (DID) sur le territoire de la commune de Wittelsheim, env. 10 km au Nord-Ouest de la ville de Mulhouse.

Stocamine a démarré son activité le 10 février 1999. Le stockage était prévu à l'origine pour accueillir 320'000 t de déchets. Suite à un incendie en septembre 2002 dans le bloc 15 du stockage, Stocamine a décidé de ne pas poursuivre l'exploitation du stockage.

Actuellement, environ 44'000 t de déchets sont entreposés dans le stockage. Suite aux risques miniers, il n'est plus possible d'accéder au bloc 15; les déchets de ce bloc demeureront donc dans tous les cas confinés dans la mine.

L'autorisation d'exploitation, accordée à l'origine pour une durée de 30 ans, prévoit qu'à échéance de l'autorisation, l'exploitant retire les déchets ou procède à la fermeture définitive de la zone de stockage. Afin de se déterminer sur la variante optimale pour l'homme et l'environnement, Stocamine a engagé une étude pluridisciplinaire afin d'évaluer les deux variantes suivantes :

- exercice de la réversibilité, c.-à-d. reprise des déchets (à l'exception des déchets du bloc 15) et élimination dans d'autres sites de stockage;
- confinement des déchets dans la mine et fermeture définitive du stockage.

L'évaluation de ces deux variantes est menée par l'Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité (ISPS) en collaboration avec le cabinet MICA Environnement (MICA) et BMG Engineering AG (BMG). Les différents aspects des deux variantes sont traités dans quatre rapports distincts :

- Le rapport de Mica Environnement "*Etude géologique, hydrogéologique et géotechnique du centre de stockage de Stocamine, Wittelsheim (Haut Rhin)*" traite de la situation géologique, hydrogéologique et géotechnique du stockage et des mines en communication avec ce dernier.
- Le rapport de l'Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité (ISPS) "*Détermination des dangers*" traite des aspects d'hygiène et de sécurité pour le personnel intervenant.
- Le présent rapport traite des risques pour l'homme et l'environnement suite au confinement définitif d'une partie (déchets du bloc 15) ou de l'ensemble des déchets dans la mine.
- Finalement, le rapport de synthèse de l'ISPS "*Etude d'impact*" résume les principaux résultats des rapports ci-dessus et compare les avantages et inconvénients des deux variantes.

Ces quatre rapports traitent des aspects liés aux substances chimiques actuellement stockées. Il est à noter que l'évaluation des aspects strictement miniers de la

fermeture du site (avec ou sans déstockage des déchets) n'est pas incluse dans les présentes études.

*Le présent rapport s'appuie sur les résultats de l'étude de MICA Environnement. La lecture de cette dernière est indispensable à la compréhension des hypothèses et calculs du présent document.*

Le déroulement et les mesures techniques à prendre (mesures de confinement, remblayage des puits, etc.) pour la réalisation des deux variantes sont présentés dans le rapport de synthèse et dans le rapport de MICA. La lecture du rapport de synthèse de l'ISPS facilite la bonne compréhension du présent document.

## 1.2 Investigations précédentes et données disponibles

De nombreuses études ont été menées avant le démarrage des opérations de stockage, durant l'activité de stockage, ainsi que pendant et après l'incendie de septembre 2002. Outre les évaluations réalisées par l'exploitant, les organisations suivantes ont participé aux études antérieures :

- Ecole des Mines de Paris;
- Institut de physique du globe de Strasbourg;
- Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets (ANRED);
- Projet Etudes Conseils Services, Industrie Environnement (PECSIE);
- Mines de Potasse d'Alsace (MDPA);
- Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse;
- Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS);
- INSA division Polden;
- Cabinet ERM;
- Experts nommés par la Commission Locale d'Information et de Surveillance (CLIS).

La liste des documents consultés est rapportée à l'annexe 1. Les sujets traités dans les principaux rapports sont résumés dans le tableau 1.1.

Tab. 1.1 : Aperçu des principaux sujets traités dans les études antérieures (selon la liste de l'annexe 1.1)

N°	Titre	Cadre réglementaire	Sécurité et hygiène	Nature des déchets	Evaluation des impacts	Analyses air, eaux et sols	Géologie, hydrogéologie	Mesures techniques lors de la fermeture	Valorisation des déchets
[1]	Le stockage en mine de déchets industriels	Aperçu		Chartes d'admission	Aperçu		Aperçu	1 <sup>ère</sup> réflexions	
[2]	Etude de sûreté d'un projet de stockage de déchets toxiques dans la Mine Amélie. Aspects mécaniques du problème						Géotechnique		
[3]	Estimation des mouvements sismiques à la cote 500 m						Sismique		
[4]	Etude de sûreté d'un projet de stockage de déchets toxiques dans la Mine Amélie. Approche des problèmes liés à l'hydrologie				Evaluation des risques		Hydrogéologie, évaluation de risque		
[5]	Stockage profond : évaluation des flux de déchets admissibles			Prévisions					
[6]	Stockage profond de déchets industriels : étude des dangers		Evaluation risques d'accidents	Caractéristiques des catégories de déchets	Impacts lors d'accidents				
[7]	Mines de Potasse d'Alsace : tenue au séisme du coulage du puits Joseph			Nature et compatibilité des déchets			Géotechnique		Autres filières d'élimination
[8]	Etude de sécurité chimique		Evaluation risques d'accidents						
[9]	Etude de sécurité chimique sur le projet MDPA de stockage profond des déchets industriels dans la mine Joseph-Eise à Wittelsheim			Déchets exclus	Comportement du sol				
[10]	Stockage en mine de déchets toxiques : déchets à exclure (14.9.1993)			Déchets exclus					
[11]	Stockage en mine de déchets toxiques : déchets à exclure (21.9.1993)			Stabilité sismique					
[12]	Etude de sécurité chimique, procédure d'acceptation et de suivi des déchets								
[13]	Avis d'expert relatif à la demande de création d'un stockage souterrain de déchets industriels ultimes	Aperçu	Evaluation risques d'accidents		Evaluation des risques		Hydrogéologie, évaluation de risques		
[14]	Réalisation d'un état initial du site de stockage de déchets industriels de Stocamine				Etat initial				
[15a]	Etude du comportement hydraulique de l'obturation d'un puits par un bouchon de cendres volantes							Remblyage des puits	Remblyage des puits
[15b]	Etude du comportement hydraulique de l'obturation d'un puits par un bouchon de cendres volantes, synthèse							Remblyage des puits	Remblyage des puits
[16a]	Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim, bilan des émissions au jour et en fond de mine								
[16b]	Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim								
[17]	Stocamine : rapport final d'expertise	Aperçu	Evaluation incendie	Aperçu	Etat après incendie	Etat après incendie			
[18]	Audit triennal de Stocamine		Evaluation incendie	Synthèse	Etat après incendie	Etat après incendie			
[19]	Suiv des lots			Fiches détaillées					
[20]	Analyses environnementales courantes								
[21]	Suiv minier, température et analyses des gaz								Eau, air et sol
[22]	Arrêtés préfectoraux	Autorisations							Air de la mine
[23]	Rapport d'activité								
[24]	Manuel Qualité / Environnement		Procédure	Quantités					Air de la mine

En ce qui concerne la sécurité à long terme du stockage, ces études ont mené aux conclusions suivantes (INERIS, avis d'expert [13]) :

- "Le site se trouve dans des conditions extrêmement favorables du point de vue de la lithologie et de la tectonique."
- "Le scénario de référence (communication établie par les puits et travaux miniers) est bien choisi."
- "Dans le cadre de ce scénario, l'élément essentiel de la sûreté est la qualité du rebouchage des puits."
- "Il est possible de diminuer la perméabilité des circuits entre l'aquifère et la surface :
  - en précisant la perméabilité réelle des bouchons (...)
  - en recherchant si nécessaire une amélioration de la technique de rebouchage (...)
  - en mettant en place si nécessaire une barrière à proximité du stockage (...)"

Suite à ces conclusions, des études ont été menées par l'INERIS en collaboration avec MDPA pour préciser les caractéristiques des bouchons à utiliser lors du remblayage (réf. [15a et 15b]). La variante de remblayage avec des cendres volantes a été retenue par Stocamine et seule l'épaisseur des bouchons de cendres à mettre en place est discutée dans le cadre des évaluations menées par l'ISPS, MICA et BMG.

### 1.3 Objectifs poursuivis

L'objectif principal des études engagées par Stocamine est de fournir des éléments de décision dans le choix d'une solution qui garantisse sur le court terme comme sur le long terme :

- la santé et sécurité des populations riveraines;
- la santé et la sécurité du personnel intervenant;
- la qualité de l'environnement du site.

Les solutions envisageables sont présentées sous forme de *concept*. Une fois le choix de la variante fixé, un projet de réalisation, définissant de manière détaillée le déroulement technique et la logistique des opérations, devra être établi.

Le présent rapport traite des risques pour l'homme et l'environnement suite au confinement définitif d'une partie (déchets du bloc 15) ou de l'ensemble des déchets dans la mine.

*Les impacts directs et indirects des substances chimiques sur l'homme et l'environnement sont évalués à 50, 100 et 1'000 ans après la fermeture du stockage, en tenant compte de différents scénarios d'évolution des mines et de scénarios accidentels. L'évaluation des aspects strictement miniers du stockage et des mines sort du cadre de notre étude.*

La présente étude s'appuie sur les résultats des évaluations menées antérieurement et ayant déjà fait l'objet d'expertises. Les aspects pour lesquels de nouvelles informations sont disponibles sont réévalués en détail. Ainsi, sur la base des connaissances acquises lors du stockage, de la quantité et de la nature des déchets effectivement stockés et des résultats des évaluations menées par le cabinet MICA, la mobilisation et le transport des polluants, l'exposition des biens à protéger et finalement les risques pour l'homme et l'environnement sont réévalués en partant d'hypothèses volontairement pénalisantes (c.-à-d. d'hypothèses majorantes pour l'évaluation des risques).

### 1.4 Procédure suivie

Les évaluations ont été menées en adéquation avec le guide méthodologique "Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées – Risques dus aux substances chimiques" [R12], selon le schéma de la figure 1.1.

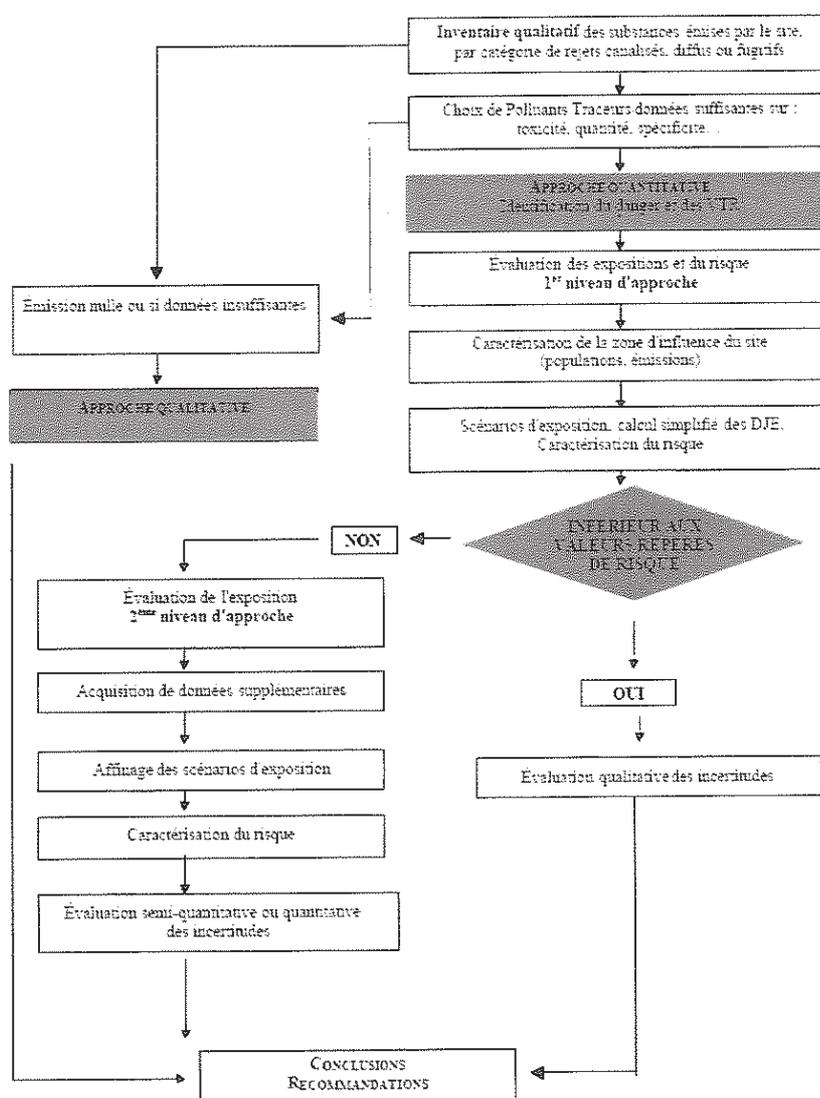


Fig. 1.1 : Procédure suivie pour l'évaluation des risques sanitaires en fonction du niveau des connaissances

Dans un premier temps, une synthèse des données disponibles a été réalisée. Un inventaire des substances émises par le site a été établi sur la base des analyses chimiques réalisées antérieurement (*chapitre 2*).

Afin d'évaluer les émissions futures suite au confinement définitif d'une partie (déchets du bloc 15) ou de l'ensemble des déchets dans les mines, l'inventaire des substances stockées a été établi sur la base des données fournies par les producteurs et des analyses de Stocamine. Les polluants prioritaires ont été identifiés sur la base des quantités stockées, de leur toxicité, mobilité et persistance dans l'environnement (*chapitre 3*).

Pour les polluants prioritaires, c.-à-d. les substances représentant la source de danger la plus importante pour l'homme et pour l'environnement, des concentrations tolérables de polluants ont été établies sur la base des critères légaux, des valeurs toxicologiques de références (VTR) et du bruit de fond (d'origine soit géogène soit anthropogène). Ces concentrations tolérables (ou objectifs de protection) ont été établies pour les biens à protéger les plus sensibles (voir *chapitre 4*).

En s'appuyant sur les résultats de l'étude hydrogéologique et géotechnique du cabinet MICA Environnement, les mécanismes de dissémination potentielle des polluants ont été évalués. Les quantités de polluants pouvant quitter le système minier selon les différents mécanismes de dissémination ont été ensuite estimées en appliquant en cas d'incertitudes des hypothèses pénalisantes (*chapitre 5*).

Différentes options de fermeture des mines sont discutées au *chapitre 6*.

Les incertitudes des modèles appliqués ainsi que la probabilité et les conséquences d'éventuels accidents sont discutées au *chapitre 7*.

Sur la base des évaluations menées, les risques liés aux substances chimiques sont caractérisés au *chapitre 8*. Des mesures sont proposées pour la diminution des risques.

## 2 Caractérisation du site

### 2.1 Situation

Le site de stockage est situé sur l'ancien carreau de la mine Joseph-Else, au Sud de l'Alsace à env. 10 km au Nord-Ouest de la ville de Mulhouse. L'emplacement du stockage est rapporté à la figure 2.1.



Fig. 2.1 : Emplacement du stockage (rectangle rouge) et des puits de la mine Amélie (points rouges) échelle env. 1 : 10'000

## 2.2 Contexte géologique et hydrogéologique

La situation géologique et hydrogéologique du stockage est décrite en détail dans le rapport MICA. Seuls les points les plus importants sont brièvement rappelés ci-dessous.

Le stockage de Stocamine a été implanté dans la mine Amélie, au sein de formations salifères très épaisses et imperméables. L'hypothèse de la formation d'un diapir dans la zone de stockage dans le prochain millénaire est peu probable. Dans tous les cas, il faudrait un minimum d'un million d'années avant qu'il n'atteigne la nappe des alluvions. Le transport d'eau ou de gaz par le biais de failles ou suite à un séisme n'est pas non plus à redouter (voir rapport MICA et réf. [3]). *Le seul mécanisme envisageable pour le transport de polluants à travers les formations salifères non perturbées par les travaux miniers est donc la diffusion moléculaire. Ce transport est quantifié au paragraphe 5.5.*

Le stockage a été creusé de 23 à 25 mètres en dessous de l'exploitation des couches de potasse. Cette exploitation, réalisée à grande profondeur, n'a pas d'autre incidence en surface qu'un affaissement de type souple. Les résultats de la modélisation montrent que les microfissures apparues lors du foudroyage des terrains ne peuvent en aucun cas remonter au-delà des couches salifères. Les observations de terrain de MDPA indiquent ainsi des remontées de fissures jusqu'à une trentaine de mètres au-dessus des zones foudroyées. *Un transport d'air ou de polluants gazeux vers la surface ne peut donc pas se faire par le biais de ces fissures. Comme les cendres volantes utilisées pour remblayer les puits seront saturées en eau, la zone perturbée le long des puits (zone localement fissurée et ameublie) représente le seul cheminement envisageable pour des remontées de gaz. Les quantités de gaz pouvant transiter par cette zone sont évaluées au paragraphe 5.6.*

Les puits représentent le seul vecteur d'eau dans la mine à considérer. L'eau percolant au travers des remblais des puits est susceptible d'envoyer la mine. Deux scénarios d'envoyage sont à considérer : (i) la mine Amélie constitue un système isolé (scénario "Amélie isolée"), et (ii) la mine Amélie communique avec les mines voisines du secteur Nord-Ouest (NW) qui constituent le bassin de Wittelsheim (scénario "Amélie et NW en liaison"). Ce dernier scénario est considéré comme le plus vraisemblable, contrairement aux conclusions des études antérieures.

Selon le scénario considéré, la durée d'envoyage des mines varie entre 500 et plus de 2'000 ans. Une fois les vides résiduels de la mine remplis d'eau, une circulation entre les puits topographiquement les plus hauts et les puits topographiquement les plus bas peut s'établir si (et seulement si) l'eau chargée en saumure et remontant de la mine est diluée par des arrivées d'eau non salées du tertiaire. Une circulation d'eau entre les puits en amont et les puits en aval n'est donc pas certaine et pourrait être bloquée par les phénomènes de fermeture naturelle de la mine. *La probabilité de voir remonter vers la surface ces eaux salées (et potentiellement chargées en polluants) apparaît comme faible (voir rapport MICA). Les quantités de polluants pouvant être entraînés en cas de circulation d'eau sont discutées au paragraphe 5.7.*

Une réflexion systématique a été réalisée pour identifier les scénarios accidentels qui pourraient avoir un impact sur l'homme et l'environnement (voir le détail dans le

rapport MICA). *La probabilité et les conséquences des principaux accidents sont discutées au paragraphe 7.2.*

### 2.3 Populations et biens à protéger à considérer

Dans l'état actuel du stockage, le vecteur principal de propagation d'une éventuelle pollution à partir du stockage souterrain est le système de ventilation. L'air et le sol (en cas de déposition de poussières) sont donc les biens à protéger potentiellement exposés. Pour cette raison, l'air et le sol ont fait l'objet d'un suivi régulier durant la phase de stockage sans qu'un impact du stockage n'ait été mis en évidence (voir paragraphe 2.4).

Après la fermeture du stockage et le remblayage des puits, un éventuel transfert de polluants vers l'écosystème ne pourrait se faire que par le biais de la nappe phréatique s'étendant sur l'ensemble de la région. La nappe alluviale est alimentée par l'Ill et par les rivières Vosgiennes (la Thur et la Doller). Dans le secteur étudié, la Thur draine la nappe alluviale vers le Nord-Est (voir aussi paragraphe 5.2).

De par sa transmissivité, la nappe phréatique est exploitée par des forages industriels et agricoles ainsi que pour l'alimentation en eau potable [13]. *Pour la suite des évaluations, il est admis que la nappe phréatique demeurera à l'avenir une source d'approvisionnement en eau. Il est cependant évident que l'emplacement des captages ne sera pas le même qu'actuellement.* Pour l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux à long terme, une exposition chronique de l'homme est prise en compte en considérant qu'un individu consomme sa vie entière de l'eau tirée de la nappe phréatique.

En outre, une exposition chronique de l'environnement aquatique est considérée en partant de l'hypothèse que la Thur draine directement ou indirectement l'ensemble des polluants pouvant provenir des mines.

### 2.4 Impacts chimiques actuels sur l'environnement

L'eau, l'air et les sols aux environs du stockage ont fait l'objet de nombreuses analyses chimiques. Ces analyses ont été réalisées avant le démarrage des opérations de stockage, durant la phase d'exploitation ainsi que pendant et après l'incendie de 2002. Une compilation des principaux résultats pour

- l'air à l'intérieur et aux environs de la mine (annexe 2.2),
- les échantillons de sols (annexe 2.3),
- les eaux de surface (annexe 2.4) et
- les eaux souterraines (annexe 2.5)

est présentée à l'annexe 2. Ces résultats sont discutés ci-dessous et comparés avec les valeurs suivantes (voir annexe 2.1) :

- valeurs de constat d'impact pour l'eau et le sol à usage sensible (VCI);
- objectifs de qualité pour l'air environnant établis par l'INERIS;

- valeurs moyennes d'exposition (VME) et valeurs limites d'exposition (VLE) pour l'hygiène industrielle (voir rapport de l'ISPS);
- normes françaises et européennes pour l'eau potable;
- valeurs de l'OMS pour l'air et l'eau;
- "Preliminary Remediation Goal" (PRG c.-à-d. les objectifs préliminaires d'assainissement) définis pour l'eau, l'air et les sols par l'office de protection de l'environnement des Etats-Unis.

#### 2.4.1 Air et rejets du puits Else

Les analyses de l'air et des rejets du puits Else (c.-à-d. le puits par lequel l'air ventilé ressort des mines) sont présentées à l'annexe 2.2.

##### 2.4.1.1 Air à l'intérieur de la mine

Les concentrations de mono- et dioxyde de carbone (CO et CO<sub>2</sub>), de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>), d'ammoniaque (NH<sub>3</sub>), d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S), d'hydrogène (H<sub>2</sub>), de mercure (Hg), d'acide cyanhydrique (HCN) et d'arsine (AsH<sub>3</sub>) ont fait l'objet d'un suivi régulier. Ces analyses ont mis en évidence de manière ponctuelle des traces des substances suivantes : CO (2 à 5 mg/m<sup>3</sup>), NH<sub>3</sub> (au maximum 3 mg/m<sup>3</sup> en février 2002), et AsH<sub>3</sub> (au maximum 0.2 mg/m<sup>3</sup> en février 2002, cette valeur n'a pas été confirmée par les mesures ultérieures).

En octobre 2002, c.-à-d. après le déclenchement de l'incendie, la concentration de benzène dans le stockage était de 2 mg/m<sup>3</sup>, celle du chloracétaldéhyde de 4.2 mg/m<sup>3</sup> et celle de l'acétaldéhyde de 3.4 mg/m<sup>3</sup>. Il s'agit de gaz produits par l'incendie et ayant été évacués depuis par le système d'aération. Des traces d'acide cyanhydrique (0.1 mg/m<sup>3</sup>) et de dioxines furent également mesurées (équivalent toxique international, I-TEG = 0.8 ng/m<sup>3</sup>).

##### 2.4.1.2 Rejets du puits Else

Les mesures réalisées en mars 1998, c.-à-d. avant le début du stockage, ont mis en évidence les substances suivantes :

- hydrocarbures totaux : 160 ppm eq. CH<sub>4</sub> (c.-à-d. environ 110 mg/m<sup>3</sup>);
- BTEX : 4'000 µg/m<sup>3</sup> (dont 14 µg/m<sup>3</sup> de benzène et 3'300 µg/m<sup>3</sup> de toluène);
- hydrocarbures aliphatiques (total = 1'500 µg/m<sup>3</sup>) et cycliques (1'400 µg/m<sup>3</sup>).

Suite à l'incendie, les mesures de septembre et d'octobre 2002 ont mis entre autres en évidence les substances suivantes :

- BTEX : 3'000 µg/m<sup>3</sup> en septembre puis 1'000 µg/m<sup>3</sup> en octobre;
- acétaldéhyde 2'700 µg/m<sup>3</sup> en septembre puis 600 µg/m<sup>3</sup> en octobre;
- traces d'acide chlorhydrique, de iode et de chlore.

Les polluants gazeux mis en évidence correspondent à des gaz d'incendie et/ou à des gaz d'échappement des engins de chantier.

Les concentrations en hydrocarbures totaux étaient de 230 ppm en avril 2003 et de 120 ppm en octobre 2003. Les mesures de l'année 2003 ne montrent donc aucune augmentation par rapport à la situation rencontrée avant le début du stockage.

Les concentrations suivantes ont été mesurées dans les rejets du puits Else le 5 mai 2004 :

- hydrocarbures totaux : 145 ppm eq. CH<sub>4</sub>;
- BTEX : 1'800 µg/m<sup>3</sup> (correspondant à la concentration du toluène, la concentration des autres substances étant inférieure à la limite de détection);
- toutes les concentrations des solvants couramment utilisés à des fins industrielles étaient inférieures à la limite de détection. Les substances analysées sont des cétones, des esters et des solvants halogénés volatils dont la présence sous forme de traces dans les déchets stockés aurait pu être envisagée.

*En conclusion, les mesures actuelles des rejets d'air ne mettent pas en évidence d'impact des déchets ou de l'incendie sur l'air rejeté.*

#### 2.4.1.3 Alentours de la mine

Des mesures ont été réalisées avant le début du stockage dans les environs du site. Ces mesures ont mis en évidence des traces d'hydrocarbures (hydrocarbures totaux : 5 ppm eq. CH<sub>4</sub>) et de BTEX (30 µg/m<sup>3</sup>) dont 5 µg/m<sup>3</sup> de benzène.

*Comme l'air rejeté par les puits ne montre pas de pollution significative, un impact sur l'air environnant est exclu sur la base des connaissances actuelles.*

#### 2.4.2 Sols

Les analyses des échantillons de sol sont présentées à l'annexe 2.3.

Un échantillon prélevé avant le début du stockage dans la zone des installations de surface contenait des débris de démolition et des mâchefers (indiquant une activité industrielle sur le site antérieure au stockage). Cet échantillon présentait des teneurs en métaux lourds supérieures aux valeurs VCI.

Toutes les teneurs en métaux lourds mesurées avant le début du stockage dans les échantillons prélevés aux environs des mines étaient inférieures aux valeurs VCI correspondantes, à l'exception d'un point (P<sub>est-50</sub> : teneur en Cu 700 mg/kg, VCI<sub>usage sensible</sub> = 190 mg/kg; VCI<sub>usage non sensible</sub> = 950 mg/kg).

Il est à noter que la teneur géogène du sol en arsenic est relativement élevée (jusqu'à 35 mg/kg, valeur mesurée avant le début de l'activité de Stocamine).

*Les mesures réalisées après l'incendie n'ont pas mis en évidence d'impact significatif de l'incendie ou des déchets sur les sols.*

### 2.4.3 Eaux de surface

Les analyses des eaux de surface (ruisseau s'écoulant à proximité du stockage) sont présentées à l'annexe 2.4.

Le ruisseau s'écoulant à proximité du site a fait l'objet d'une analyse avant le début du stockage. Cette analyse a mis en évidence des concentrations relativement importantes d'arsenic (44 µg/L) et de plomb (31 µg/L).

A notre connaissance, ces eaux n'ont plus été analysées depuis le début de l'activité de Stocamine.

### 2.4.4 Eaux souterraines

Les analyses des eaux souterraines (nappe alluviale du quaternaire) sont présentées à l'annexe 2.5.

Des traces de plomb (13 µg/L), de cadmium (14 µg/L) et de mercure (3 µg/L) ont été mesurées localement dans les eaux souterraines. Ces substances ne proviennent cependant pas du stockage, puisqu'elles ont été mesurées en amont de ce dernier et/ou avant le début de l'activité de Stocamine. Les substances mesurées proviennent vraisemblablement de l'activité industrielle régionale.

Des traces d'arsenic (de 3 à 5 µg/L, correspondant approximativement à la limite de détection) ont également été mesurées ponctuellement dans les eaux souterraines. Une variation des concentrations suite à l'activité de Stocamine n'est pas observable dans la mesure où les analyses réalisées avant le début du stockage avaient une limite de détection relativement élevée (60 µg/L). Il peut cependant être raisonnablement admis que l'arsenic mesuré ne provient pas du stockage mais est d'origine naturelle (c.-à-d. géogène), comme le suggèrent les analyses des eaux de surface et du sol.

*Aucune augmentation significative des concentrations de polluants n'a été mise en évidence depuis le début du stockage.*

### 2.4.5 Impacts chimiques actuels, conclusions

Les seuls impacts du stockage mis en évidence par les mesures de surveillance de l'environnement sont les rejets temporaires de polluants gazeux durant la phase de l'incendie. Les mesures de 2003 et 2004 ne montrent aucune augmentation des émissions par rapport à la situation avant le début du stockage.

*En conclusion, à l'exception des rejets gazeux durant l'incendie (et stoppés depuis la fin de l'incendie), aucun impact du stockage sur l'environnement n'a été mis en évidence.*

### 3 Identification du danger des substances chimiques

Le contenu du stockage et l'emplacement des déchets dans la mine sont documentés de manière détaillée par l'exploitant. Dans le cadre de l'identification du danger des substances chimiques, toutes les catégories de déchets ont été prises en compte à l'exception des déchets amiantés (3'800 t). Ces déchets sont très hétérogènes et ne présentent pas de risques sanitaires autres que ceux relatifs aux fibres d'amiante. Ces fibres ne représentent un risque sanitaire qu'en cas de déstockage (inhalation de fibres suite à la rupture d'un emballage) et leur problématique est traitée dans le cadre du rapport de l'ISPS sur les aspects de santé et sécurité pour le personnel intervenant.

Pour chaque type de déchets, les fiches de déclaration des clients et les analyses réalisées par Stocamine ont été systématiquement évaluées. Il est à noter qu'une même fiche peut correspondre à plusieurs numéros de certificat d'acceptation préalable (CAP) dans la mesure où ces numéros sont renouvelés chaque année même si la nature du déchet reste la même.

Comme les analyses réalisées par Stocamine ne donnent qu'une indication ponctuelle sur la teneur en polluants, ces valeurs n'ont été retenues que dans le cas où les teneurs en polluants n'étaient pas indiquées par le producteur de déchets. Les teneurs déclarées par le producteur de déchets sont en générales supérieures aux valeurs mesurées par Stocamine. *Les quantités de polluants dans le stockage ont été estimées sur la base des informations fournies par le producteur de déchets, ce qui représente l'hypothèse la plus défavorable* (la masse de polluants estimée est supérieure ou égale à la masse effectivement stockée).

#### 3.1 Catégories de déchets

Les quantités des différentes catégories de déchets sont présentées dans le tableau 3.1 et illustrées à la figure 3.1 (page suivante). Au total, environ 44'000 t de déchets sont actuellement stockés par Stocamine. Les listes de déchets par catégorie, incluant une synthèse des analyses disponibles, sont rapportées à l'annexe 3.2.

Tab. 3.1 : Quantités des différentes catégories de déchets

Catégorie	Quantité totale livrée	
	tonnage	%
A1 -Sels de trempe	2'155	5%
A2 -Sels de trempe non cyanurés	1'215	3%
B3 -Déchets arséniés	6'969	16%
C4 -Déchets chromiques	428	1%
B5 -Déchets mercuriels	2'276	5%
B6 -Terres polluées	5'251	12%
D7 -Résidus de l'industrie	138	0%
C8 -Déchets de galvanisation	642	1%
E9 -Résidus d'incinération	20'713	47%
B10-Produits phytosanitaires	128	0%
D11-Catalyseurs usés	0	0%
D12-Déchets de laboratoire	76	0%
E13-Déchets amiantés	3'797	9%
<b>TOTAL</b>	<b>43'786</b>	<b>100%</b>

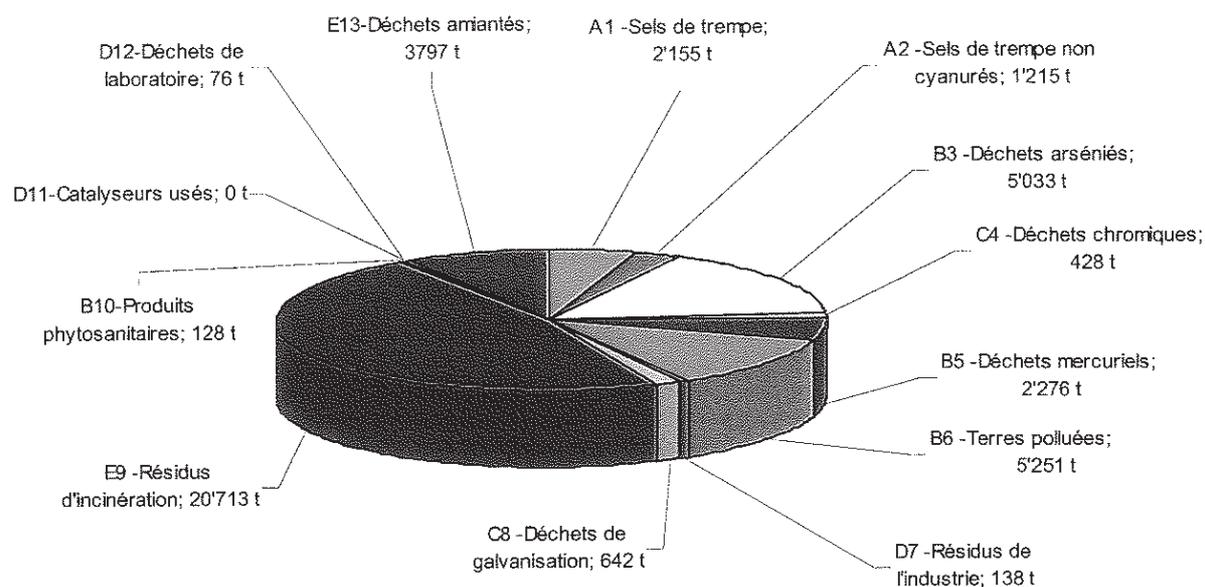


Fig. 3.1 : Quantités des différentes catégories de déchets

## 3.2 Inventaire des polluants stockés dans l'ensemble du stockage

### 3.2.1 Composés inorganiques

Dans la mesure où une analyse élémentaire a été réalisée pour quasiment l'ensemble des déchets stockés, un inventaire quantitatif des métaux lourds stockés peut être établi sur la base des données présentées à l'annexe 3.2. Un bilan de masse quantitatif a également été établi pour les cyanures et cyanates (catégorie A2) sur la base des teneurs indiquées par le producteur de déchets. Le tableau 3.2 (page suivante) présente le bilan de masse établi pour les composants inorganiques (voir aussi annexe 3.3).

Les quantités totales des principaux composés inorganiques sont les suivantes : As (2'600 t) > Fe (960 t) > Zn (350 t) > Pb (240 t) > CNO<sup>-</sup> (210 t) > CN<sup>-</sup> (160 t). Il est à noter que les polluants sont répartis de manière très hétérogène : p.ex. environ 91% du Cr(VI) contenu dans le stockage provient de boues livrées par un seul et même producteur.

Tab. 3.2 : Inventaire des polluants inorganiques stockés, ensemble du stockage

APERCU PAR CATEGORIE	Masse de déchets (t)	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Fe	Sb	CN	CNO	Perte au feu
		(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
A1 -Sels de trempé	2'155	2	1	5	4					30		159	212	
A2 -Sels de trempé non cyanurés	1'215		1	2	1					5				45
B3 -Déchets arsénisés	6'969	3	10	56	63	2'523	19	150	22	533	99			261
C4 -Déchets chromiques	428	58	1	7				17		10				3
B5 -Déchets mercuriels	2'276			1	3		26	1		73				0
B6 -Terres polluées	5'251	25	29	25	26	4		6	113	118	2			36
D7 -Résidus de l'industrie	138													
C8 -Déchets de galvanisation	642	6	2	7	33			1	1	40				2
E9 -Résidus d'incinération	20'713	8	3	13	214	15		61	2	151	5			7
B10-Produits phytosanitaires	128				6	24								0
D12-Déchets de laboratoire	76						2	1						21
<b>TOTAL (sans les déchets amiantés)</b>	<b>39'989</b>	<b>103</b>	<b>29</b>	<b>71</b>	<b>115</b>	<b>2'566</b>	<b>47</b>	<b>237</b>	<b>138</b>	<b>961</b>	<b>107</b>	<b>159</b>	<b>212</b>	<b>377</b>

### 3.2.2 Composés organiques

Comme indiqué dans le tableau 3.2, les mesures de la perte de poids au feu ne suggèrent pas la présence de quantités importantes de polluants organiques. En effet la perte de poids au feu est inférieure à 1% de la masse de déchets stockés. Environ 60% du total de la perte de poids au feu a été observée pour des déchets arséniés. Il est vraisemblable que pour ces déchets la perte de poids au feu correspond à la sublimation d'As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et non pas à la combustion de matière organique.

Comme indiqué précédemment (paragraphe 2.4.1.2), les analyses de l'air rejeté ne suggèrent pas non plus la présence de polluants organiques volatils dans le stockage.

Certains lots des catégories B6 (terres polluées) et B10 (produits phytosanitaires) contiennent des traces de diphényles polychlorés (PCB), de matières colorantes, de résidus de peinture et de Zyram (un produit phytosanitaire). En outre, les résidus d'incinération, cat. E9 ainsi que les déchets du bloc 15 contiennent des traces de dioxines (la teneur moyenne dans les résidus d'épuration des fumées d'incinération d'ordures ménagères, REFIOM, est d'environ 20 ppb d'équivalent de toxicité de la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine, c.-à-d. 20 ppb I-TEG, [A8]). Par rapport aux polluants inorganiques, les quantités de polluants organiques sont cependant modestes (p.ex. env. 250 kg de PCB et moins d'un kg de dioxines, voir aussi annexe 3.5).

### 3.3 Inventaire des polluants stockés dans le bloc 15

La quantité de déchets stockés dans le bloc 15 avant l'incendie était de 1'776 t. L'inventaire des polluants dans le bloc 15 a été établi de manière analogue à l'inventaire réalisé pour l'ensemble du stockage. Les quantités estimées sont présentées à l'annexe 3.4. Il est à noter qu'à l'exception du cadmium (53 t dans le bloc 15, c.-à-d. 38% de la quantité totale de Cd), le bloc 15 contient moins de 5% de la masse totale des différents polluants considérés.

L'incendie du bloc 15 a conduit à une augmentation des concentrations de dioxines à proximité et à l'intérieur de ce bloc. Les concentrations mesurées sur les parois à l'intérieur du stockage (au maximum 6 ppb, voir p.1 de l'annexe 2.3) sont cependant inférieures aux teneurs généralement rencontrées dans les REFIOM (env. 20 ppb [A8]). Les dioxines produites lors de l'incendie représentent donc en premier lieu un risque supplémentaire pour les travailleurs à l'intérieur de la mine (voir rapport de l'ISPS) mais ne modifient pas sensiblement le risque à long terme pour la population et l'environnement après un confinement définitif des déchets.

### 3.4 Identification des polluants prioritaires

#### 3.4.1 Critères appliqués

Afin d'identifier les polluants prioritaires, c.-à-d. les substances représentant le danger potentiel le plus important pour l'homme et l'environnement, les substances contenues dans le stockage ont été évaluées sur la base des critères suivants :

- quantités stockées,
- mobilité des substances considérées,
- toxicité des substances et
- persistance dans l'environnement.

Cette évaluation est qualitative et vise à choisir parmi les substances stockées celles qui devront faire l'objet d'une étude plus détaillée. Pour cette raison, à l'exception du critère "quantité" (voir paragraphes 3.2 et 3.3), les autres critères sont semi-quantitatifs :

- la mobilité des polluants a été évaluée sur la base de la solubilité et de la pression de vapeur en condition standard (c.-à-d. à 25°C et en l'absence de sel);
- la toxicité des substances a été évaluée sur la base de la classification selon la directive 92/32/CEE [T14b] et sur la base de la toxicité aiguë pour les daphnies [T13, T19-21] ( $EC_{50}$ , concentration avec un effet sur 50% des organismes);
- finalement, la persistance dans l'environnement a été évaluée en tenant compte des possibilités de détoxification suite à une dégradation abiotique ou par des microorganismes.

La toxicité et la mobilité des polluants prioritaires sont discutées de manière plus approfondie aux chapitres 4 et 5.

Les polluants prioritaires ont été choisis de manière que les différentes catégories de substances stockées (métaux<sup>1</sup>, ions et sels, composés organiques) soient représentées.

La matrice d'évaluation des polluants prioritaires est rapportée à l'annexe 3.5. Le tableau 3.3 présente les résultats de cette évaluation.

---

<sup>1</sup> De par sa position dans le tableau périodique des éléments et de par ses propriétés chimiques, l'arsenic est à classer parmi les semi-métaux. Dans le présent document, l'arsenic est discuté sous la rubrique "métaux".

Tab. 3.3 : Evaluation des polluants prioritaires (valeurs en conditions standards, voir détails à l'annexe 3.5)

Substance	Quantité	Mobilité		Mammifères	Toxicité aiguë Syst. aquat.	Persistance	Catégorie
		Solubilité	Pression de vap.				
Cr(VI)/Cr <sub>tot</sub>	+ /+++	+++	0	+++	++	++	métal
Ni	+	0	0	+	+	+++	métal
Cu	++	+ /+++	0	+	++	+++	métal
Zn	++	+ /+++	0	+	+	+++	métal
As	+++	+++	0 à +++	+++	+	++	semi-métal
Hg	++	+ /+++	0/+	+++	+++	+++	métal
Pb	++	++	0	+	++	+++	métal
Cd	++	+	0	++	++	+++	métal
Sb	++	0	0	+	0	+++	métal
CN <sup>-</sup>	++	+++	+++	+++	+	+	sel
CNO <sup>-</sup>	++	+++	+++	+	+ (estimation)	0	sel
PCB	0	+	0	+++	+++	+++	subst. org
Dioxines	0	0	0	+++	+++	+++	subst. org
ACBT (colorant)	+	+++	+	+	+	+ /0	subst. org
Ziram	+	++	0	+	++	0	subst. org
Explications	+++ : > 1000 t ++ : de 100 à 1000 t + : de 10 à 100 t 0 : < 10 t	+++ : > 1'000 mg/L ++ : de 10 à 1000 mg/L + : de 0.1 à 10 mg/L 0 : < 0.1 mg/L	+++ : > 2'500 Pa ++ : de 50 Pa à 2'500 Pa + : de 0.1 à 50 Pa 0 : < 0.1 Pa ou temp. de fusion > 200°C	+++ : T+, PCB, dioxines ++ : T + : reste	+++ : EC <sub>50</sub> < 10 µg/L ++ : de 10 à 500 µg/L + : de 500 à 25'000 µg/L 0 : EC <sub>50</sub> > 25'000 µg/L	+++ : pas de dégradation ++ : persistant + : biodégradable 0 : dégradation abiotique	

Polluants prioritaires

Polluants de deuxième priorité mais pris en compte dans la suite des évaluations par souci d'exhaustivité

### 3.4.2 Résultats

Parmi les métaux (et semi-métaux), le chrome (en particulier sous forme de CrVI), l'arsenic et le mercure sont à considérer comme polluants prioritaires. Il s'agit d'ailleurs des métaux pour lesquels des classes spécifiques ont été définies pour le stockage (déchets chromiques C4, déchets arséniés B3, déchets mercuriels B5). Même si ces métaux ne sont pas à considérer comme prioritaires selon les critères ci-dessus, le plomb et le cadmium sont également pris en compte pour la suite des évaluations par souci d'exhaustivité.

Les cyanures sont, d'autant par leur quantité que par leur mobilité (sous forme dissoute ou sous forme gazeuse), à considérer comme substances prioritaires. Il est à noter qu'en présence d'oxygène, les cyanures dissous dans l'eau sont relativement bien biodégradables.

Comme indiqué précédemment, les quantités de composés organiques sont relativement modestes. Afin de couvrir également la classe des substances organiques, les dioxines et PCB sont pris en compte pour la suite des évaluations.

Il faut finalement souligner que la radioactivité des déchets a été systématiquement contrôlée : tous les déchets ont été déclarés non radioactifs.

## 4 Evaluation toxicologique des polluants et objectifs de protection

### 4.1 Sources consultées

Les références des différents documents consultés sont rapportées à l'annexe 1.3. Les principales sources d'informations sont les suivantes :

- fiches publiées par l'INERIS (pour le détail des fiches voir <http://www.ineris.fr/recherches/fiches/fiches.htm>);
- monographies de l'OMS;
- banques de données de l'agence de protection de l'environnement des Etats-Unis (US EPA).

Si une même organisation a publié plusieurs documents sur une substance (ce qui est notamment le cas de l'OMS pour les dioxines), le document le plus récent a été retenu.

### 4.2 Valeurs toxicologiques de référence pour l'homme et les mammifères

Afin d'évaluer la toxicité chronique des polluants prioritaires, les valeurs suivantes ont été systématiquement compilées (voir annexe 4) :

- ERU (Excès de Risque Unitaire, valeur tirée des fiches de l'INERIS ou de l'OMS) : probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de contracter un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose de toxique.
- MRL (Maximum Reasonable Level, valeur tirée des fiches de l'INERIS ou de l'OMS) : dose journalière acceptable pour des effets avec seuil (c.-à-d. pour des effets autres que le cancer).
- SF (Slope Factor, valeur tirée des banques de données de l'US EPA) : facteur de pente utilisé par l'US EPA et dont la définition est la même que celle de la valeur ERU.
- RfD (Dose de référence tirée des banques de données de l'US EPA) : dose journalière acceptable utilisée par l'US EPA et dont la définition est la même que celle de la valeur MRL.

A partir de ces valeurs, une concentration tolérable de polluants a été calculée pour l'air et pour l'eau en considérant un individu de 70 kg ingérant pendant 70 ans 2 L d'eau par jour et respirant 20 m<sup>3</sup> d'air par jour. Pour les substances non cancérigènes, la concentration d'un polluant est considérée comme tolérable si aucun effet n'est à prévoir sur la durée de l'exposition (70 ans). Pour les substances potentiellement cancérigènes, la concentration est considérée comme tolérable si le risque de cancer est inférieur ou égal à 1 / 100'000. Concernant les effets cancérigènes, l'existence ou non d'un seuil de toxicité fait l'objet de nombreux débats [R14].

Cette approche correspond à celle adoptée par le cabinet ERM [16] dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires suite à l'incendie. Il est à noter que les valeurs

retenues pour les dioxines proviennent d'une publication [T24] postérieure au rapport ERM et sont légèrement moins contraignantes que celles du rapport ERM.

#### 4.3 Concentrations sans effet sur l'environnement aquatique

Afin d'évaluer les risques éventuels sur l'environnement aquatique suite à la présence de polluants, les concentrations en dessous desquelles aucun effet sur l'environnement n'est à prévoir (valeurs PNEC, Predicted No Effect Concentration) ont été compilées pour les polluants prioritaires.

Pour le cyanure, la valeur PNEC a été établie à partir de la concentration sans effet la plus basse (valeur NOEC, No Observable Effect Concentration) déterminée pour l'organisme le plus sensible parmi les organismes testés. Un facteur d'incertitude de 10 a été pris en compte (PNEC = NOEC/10).

Les valeurs PNEC des polluants prioritaires sont présentées à l'annexe 4.

#### 4.4 Définition des critères de protection pour la population et l'environnement aquatique

Les objectifs de protection pour des captages d'eau potable et pour l'environnement aquatique ont été établis pour les polluants prioritaires en tenant compte des trois critères suivants (voir annexe 4):

- exigences réglementaires;
- "bruit de fond", c.-à-d. état actuel de pollution des milieux considérés (voir paragraphe 2.4);
- seuils de toxicité tels que définis dans les paragraphes 4.2 et 4.3.

Les objectifs de protection établis sont présentés dans le tableau 4.1 et comparés avec la masse totale de polluants dans le stockage.

Tab. 4.1 : Masse de polluants dans le stockage et objectifs de protection

Polluants	Masse (t) Stockage	Objectifs de protection (µg/L)	
		Captages	Eaux de surface
Arsenic	2566	10 (norme réglementaire)	4-40 (PNEC - bruit de fond)
Cadmium	138	5 (norme réglementaire)	0.2-4 (PNEC - bruit de fond)
Chrome et Cr(VI)	103	50 (norme réglementaire)	4 (PNEC)
Mercure	47	1 (norme réglementaire)	0.2-3 (PNEC - bruit de fond)
Plomb	237	10 (norme réglementaire)	5-30 (PNEC - bruit de fond)
Cyanures	159	50 (norme réglementaire)	0.5 (PNEC)
PCB	0.25	0.2 (toxicité)	(la pollution potentielle par le biais de la mine est négligeable par rapport aux autres sources de pollution)
Dioxines	4.1E-04	2.0E-06 (toxicité)	

Les objectifs de protection pour un captage d'eau correspondent aux valeurs limites pour les eaux de consommation, telles que définies dans le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine. Ces ob-

jectifs correspondent également aux valeurs de constat d'impact (VCI) définies pour les eaux à usage sensible. En l'absence d'un tel seuil, la concentration tolérable d'un point de vue toxicologique a été retenue comme objectif de protection.

Pour les eaux de surface, les concentrations en dessous desquelles aucun effet sur l'environnement n'est à prévoir (valeurs PNEC, Predicted No Effect Concentration) ont été retenues. Le tableau 4.1 indique également le bruit de fond.

## 5 Evaluation de l'exposition des biens à protéger

L'exposition des biens à protéger est évaluée dans le présent chapitre. Les paragraphes 5.1 à 5.8 traitent de la variante de confinement de l'ensemble des déchets. Le cas particulier du bloc 15, en cas d'exercice de la réversibilité pour les autres blocs, est discuté au paragraphe 5.9. Les scénarios d'accidents sont présentés au paragraphe 7.2.

### 5.1 Schéma conceptuel du stockage

Les évaluations sont menées en partant de l'hypothèse que les puits les plus proches du stockage (Joseph et Else en amont du stockage ainsi qu'Amélie 1 et 2 en aval du stockage) seront remblayés en cendres volantes sur la plus grande épaisseur possible. Les options de fermeture pour les puits Amélie 1 et 2 sont discutées au paragraphe 6.1.

Les autres puits de la mine Amélie et du reste du secteur Nord-Ouest sont déjà remblayés ou les travaux sont en cours. La technique adoptée pour ce remblayage est décrite dans les rapports [15a] et [15b] et a été approuvée par la DRIRE.

Pour le confinement de la zone de stockage, il est prévu de mettre en place des serrements de sel d'une épaisseur variant entre 20 et 50 m selon les emplacements (voir rapport MICA). Ces serrements de sel sont pris en compte dans le cadre de l'évaluation des émissions. Les évaluations ont été menées en supposant que le sel nécessaire à la réalisation des serrements (volume total de 8'500 à 12'000 m<sup>3</sup>) soit exploité dans la zone en cours d'aménagement au moment de l'incendie. Une autre option pour l'exploitation de ce sel est discutée au paragraphe 6.2.

La figure 5.1 présente le schéma conceptuel du stockage :

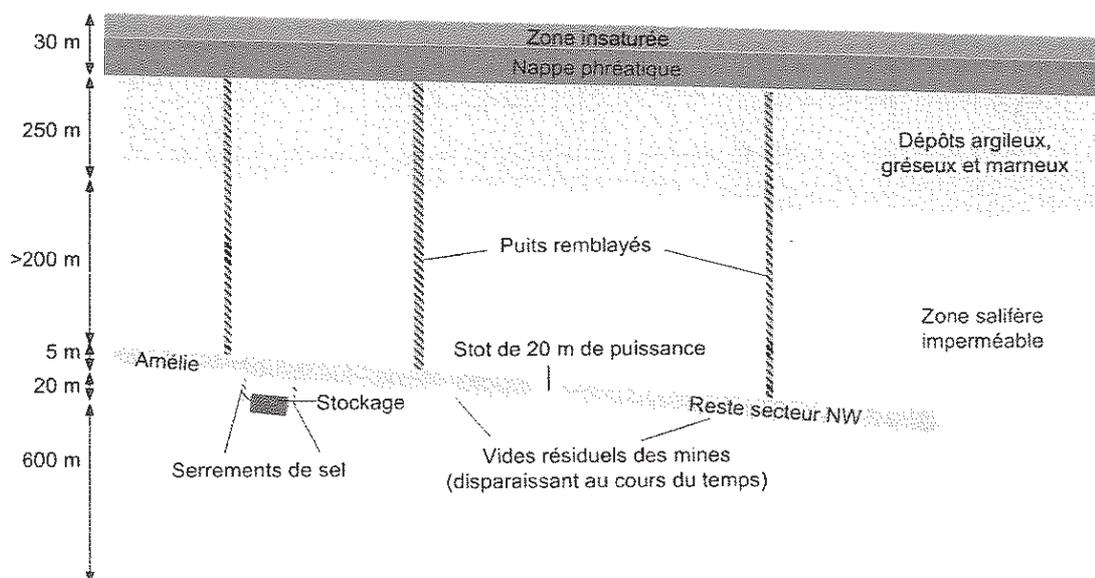


Fig. 5.1 : Schéma conceptuel du stockage

- Le puits sur la gauche du schéma représente les puits en amont du stockage (c.-à-d. Joseph et Else).
- Le puits au centre du schéma représente les autres puits de la mine Amélie (c.-à-d. les puits Max, Amélie 1 et Amélie 2).
- La mine Amélie est séparée du reste du secteur Nord-Ouest par un stot de 20 m, lequel pourrait potentiellement laisser circuler de l'eau (voir rapport MICA et paragraphe 5.7).
- Les puits du reste du secteur Nord-Ouest (représentés schématiquement par le puits sur la droite du schéma) sont les puits Schoenensteinbach, Rodolphe 1 et 2, Alex, Ungersheim 1 et 2, Staffelfelden, Marie, Louise et Berwiller.
- Le volume des différents compartiments des mines est discuté au paragraphe 5.7 et dans le rapport MICA.

Il est à noter que la hauteur des mines et le diamètre des puits sont fortement exagérés sur ce schéma par rapport à l'épaisseur de la zone salifère. Des coupes de terrain à l'échelle et des plans présentant l'ensemble des puits peuvent être consultés dans le rapport MICA.

Après la mise en place des serrements de sel et le remblayage des puits, les polluants et l'écosystème sont isolés par les barrières suivantes :

- emballage des déchets,
- serrements de sel confinant la zone de stockage (voir rapport principal et rapport MICA),
- barrière formée par la zone salifère et
- remblais des puits en cendres volantes.

L'évaluation des risques à long terme pour l'homme et pour l'environnement repose sur l'analyse de l'efficacité des différentes barrières. La barrière formée par l'emballage des déchets est négligée (hypothèse sécuritaire). Les barrières formées par les serrements de sel à mettre en place et par les remblais des puits sont prises en compte pour la suite des calculs.

## 5.2 Rappel des biens à protéger potentiellement exposés

Après la fermeture du stockage et le remblayage des puits, un éventuel transfert de polluants vers l'écosystème ne pourrait se faire que par le biais de la nappe phréatique (voir étude MICA et paragraphe 2.3). Cette nappe alluviale est alimentée par l'III et par les rivières vosgiennes (la Thur et la Doller). Dans le secteur étudié, la Thur draine la nappe alluviale vers le Nord-Est (réf. [13] et rapport MICA). Selon leur niveau respectif, la Thur draine ou alimente la nappe. Pour la suite des évaluations, la situation où les eaux de la nappe s'exfiltrent dans la Thur est considérée.

De par sa transmissivité, la nappe phréatique est exploitée par des captages industriels et agricoles ainsi que pour l'alimentation en eau potable [13]. Ces derniers ont des débits supérieurs ou égaux à 100 m<sup>3</sup>/h soit 900'000 m<sup>3</sup>/a [13].

Le débit moyen de la Thur à Staffelfelden (directement au Nord de Wittelsheim) est d'environ 5.55 m<sup>3</sup>/s soit environ 175 millions m<sup>3</sup>/a.

Les principales caractéristiques de la nappe phréatique et des biens à protéger en aval du site sont résumées dans le tableau 5.1.

Tab. 5.1 : Caractéristiques de la nappe alluviale et des biens à protéger considérés

<b>Caractéristiques de la nappe phréatique</b>				
Perméabilité régionale de la nappe phréatique	[4, 13, 14, Mica]	k	(m/s)	5.00E-04
Perméabilité dans le secteur Joseph-Else	[4, Mica]	k	(m/s)	1.00E-04
Gradient moyen	[14]	i	(-)	5.00E-03
Epaisseur de la zone saturée	[4, 13, 14]	H	(m)	2.50E+01
<b>Caractéristiques des biens à protéger considérés</b>				
Débit minimal d'un éventuel captage d'eau	[4, 13]	Q <sub>captage</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	9.00E+05
Thur à Staffelfelden, débit moyen	[données SAGE]	Q <sub>Thur</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	1.75E+08
Thur à Staffelfelden, débit d'étiage	[données SAGE]	Q <sub>Etiage</sub>	(m <sup>3</sup> /a)	2.68E+07

Les atteintes pouvant éventuellement être portées à des captages d'eau potable (le bien à protéger le plus sensible) et à l'écosystème de la Thur sont discutées au paragraphe 5.8.

### 5.3 Remobilisation des polluants

Les déchets sont stockés sous forme solide. Un transport de polluants ne peut se faire qu'après une remobilisation par dégazage ou dissolution dans de l'eau. Ces aspects sont discutés ci-dessous.

En absence d'eau, les déchets sont chimiquement inertes. A l'exception d'un faible dégazage (voir ci-dessous), aucune variation sensible de la composition chimique des produits stockés n'est à envisager tant que le stockage demeurera sec.

En cas d'ennoyage et suite à la dissolution progressive d'une partie des déchets stockés, il est vraisemblable qu'un certain nombre de réactions chimiques se produisent entre les composés dissous. Les réactions suivantes peuvent être envisagées (voir aussi [6]) :

- formation d'acide cyanhydrique suite à la réaction des sels cyanurés (cat. A1) avec de l'eau ou des acides (voir aussi paragraphe 5.3.2);
- éventuellement, dégagement d'oxydes d'azote suite à des réactions d'oxydo-réduction des déchets des sels de trempé (cat. A1 et A2) avec d'autres déchets;
- les déchets mercuriels (cat. B5) et les terres polluées (cat. B6) ne réagiront que peu ou pas en présence d'eau;
- réactions d'oxydoréduction des déchets chromiques (cat. C4) et des déchets de galvanisation (cat. C8) avec d'autres déchets;
- réactions d'oxydoréduction des déchets arséniés (cat. B3) et des produits phytosanitaires (cat. B10), sans dégagement significatif de gaz (voir aussi paragraphe 5.3.2);
- les résidus de l'industrie (cat. D7) et les déchets de laboratoire (cat. D12), dont les quantités sont relativement modestes, ont été inertisés avant leur stockage et ne réagiront donc que peu ou pas;
- les résidus d'incinération (cat. E9) et les déchets amiantés (cat. E13) peuvent être considérés comme pratiquement inertes.

Le dégazage d'acide cyanhydrique est discuté plus en détail au paragraphe 5.3.2. La formation d'oxydes d'azote ne présente en soit pas de risque pour l'homme et l'environnement après la fermeture définitive des mines. Ces gaz ne sont à considérer que si du personnel se trouve à proximité immédiate de la source d'émission (ce qui n'est évidemment pas le cas après la fermeture définitive des mines).

Les réactions d'oxydoréduction sont susceptibles d'être exothermes. Cependant, comme les déchets pouvant potentiellement réagir entre eux sont séparés par des déchets inertes, les réactions ne peuvent se produire qu'après dissolution et transport des composés dissous. Ces réactions dans l'eau seraient donc très lentes et ne sont guère susceptibles de conduire à une augmentation sensible de la température à l'intérieur du stockage.

### 5.3.1 Dissolution et concentration des polluants après ennoyage du stockage

#### 5.3.1.1 Evaluation de la composition des eaux au moment de l'ennoyage

La composition des eaux pénétrant dans le stockage ne peut être prédite de manière assurée. En première approche, la concentration des ions principaux à l'intérieur du stockage peut être évaluée sur la base des eaux récoltées dans le puisard du puits Joseph (voir annexe 5.2). Ces eaux ont un pH de 7.8 et contiennent env. 14 mg/L de nitrate et 50 mg/L de sulfate. Ces eaux sont en aérobie.

Après fermeture des puits et un ennoyage des mines, les eaux qui pénétreront dans le stockage seront saturées en NaCl et KCl (concentration totale d'environ 6 mol/L, correspondant à environ 400 g/L). La teneur des autres ions variera en fonction d'une éventuelle activité biologique à l'intérieur du stockage : une activité microbienne pourrait conduire à la transformation de nitrate en azote et en ammonium ainsi qu'à la transformation du sulfate en sulfure.

#### 5.3.1.2 Evaluation de la solubilité des polluants prioritaires à l'intérieur du stockage

##### A) Sels

En cas d'ennoyage du stockage, les sels (cyanures) pourront complètement se dissoudre dans le volume du stockage, respectivement dans le volume confiné par les serremments de sel.

##### B) Polluants organiques

La solubilité des polluants organiques dans des eaux salées peut être estimée selon l'équation suivante [A2] :

$$\log (C_w^{\text{sat}} / C_{w,\text{sel}}^{\text{sat}}) = K^{\text{s}} \cdot [\text{Sel}]$$

Avec  $C_w^{\text{sat}}$  la solubilité de la substance organique dans de l'eau distillée,  $C_{w,\text{sel}}^{\text{sat}}$  la solubilité de la substance dans de l'eau salée,  $K^{\text{s}}$  la constante de Sestchenow (env. 0.3 (L/mol) pour les PCB et les dioxines) et [Sel] la concentration totale de sel en mol/L (6 mol/L pour les eaux dans la mine).

Les PCB et dioxines ont été identifiés comme familles de polluants prioritaires. Ces familles sont composées de différentes substances de solubilité variable. Pour évaluer la solubilité des PCB, la solubilité du congénère 28 (162 µg/L dans de l'eau distillée), c.-à-d. une substance relativement soluble de la famille des PCB est utilisée comme valeur de référence. Pour évaluer la solubilité des dioxines, la solubilité de la 2,3,7,8-TCDD (19.4 ng/L), c.-à-d. une substance relativement soluble et toxique de la famille des dioxines, est utilisée comme valeur de référence.

En appliquant l'équation ci-dessus, la solubilité des PCB et des dioxines dans de l'eau saturée en sel peut être estimée à :

- PCB :  $C_{w,sel}^{sat} = 10^{-(0.3 \text{ (L/mol)} \cdot 6 \text{ mol/L})} \cdot 162 \text{ } \mu\text{g/L} = 2.6 \text{ } \mu\text{g/L}$
- Dioxines :  $C_{w,sel}^{sat} = 10^{-(0.3 \text{ (L/mol)} \cdot 6 \text{ mol/L})} \cdot 19.4 \text{ ng/L} = 308 \text{ pg/L}$

En cas d'ennoyage du stockage, la concentration dans l'eau des PCB et des dioxines sera limitée par leur (très faible) solubilité.

### C) Métaux

La solubilité des métaux dans l'eau dépend de différents paramètres dont en particulier, le pH, les conditions d'oxydoréduction et la concentration des ions principaux. Il n'est pas possible d'établir ces valeurs pour le long terme avec certitude.

Afin d'estimer la concentration des métaux au moment de l'ennoyage potentiel du stockage, les trois approches suivantes ont été retenues :

- Evaluation de la concentration nominale en cas de dissolution de l'ensemble des métaux dans le volume confiné du stockage (80'000 m<sup>3</sup> ou 47'000 m<sup>3</sup> selon le scénario considéré, ces chiffres sont présentés dans le rapport MICA ainsi qu'au paragraphe 5.7).
- Synthèse des données disponibles dans la littérature pour des solutions saturées en sel.
- Calcul, à l'aide du logiciel MIN\_SURF, de la solubilité pour une solution saturée en sel et de même composition que celle décrite au paragraphe 5.3.1.<sup>12</sup> Ce logiciel a été développé pour l'évaluation de la mobilité des déchets de l'industrie nucléaire sur la base du document de l'OCDE de nov. 1986 [A18]. L'effet de la force ionique est pris en compte à l'aide de l'équation de Davies [A17].

---

<sup>2</sup> Comme hypothèse défavorable, il est supposé que l'activité microbienne est très réduite et que par conséquent il n'y a pas de précipitation des métaux sous forme de sulfures métalliques.

Les résultats de cette évaluation sont présentés dans le tableau 5.2.

Tab. 5.2 : Evaluation de la solubilité des métaux

Métal	Concentration nominale en cas de dissolution complète dans le volume confiné		Estimation MIN_SURF		Littérature [A5]
	Amélie et NW en liaison (g/L)	Amélie isolée (g/L)	Solubilité calculée (g/L)	Espèces chimiques limitant la solubilité (g/L)	Solution saturée en sel (g/L)
As	32	55	50	$Cd_3(AsO_4)_2$ , $Ca_3(AsO_4)_2$ , $Mg_3(AsO_4)_2$	≥70
Cd	1.7	2.9	0.22	$Cd_3(AsO_4)_2$	pas de données
Pb	3.0	5.0	0.05	PbOHCl (selon le pH) $PbCl_2$ (pH < 7)	env. 3 (limitée par le $PbCl_2$ )
Cr	1.3	2.2	>10	sel	pas de données
Hg	0.6	1.0	> 1	-	≥ 200

En tenant compte du fait que les valeurs estimées, à l'aide de MIN\_SURF, sont entachées d'une incertitude d'un facteur d'environ 10, il apparaît que tous les métaux considérés peuvent théoriquement se dissoudre complètement dans le volume confiné du stockage. La plupart des concentrations sont cependant très proches de la limite de solubilité.

### 5.3.2 Mobilisation et concentration des polluants sous forme gazeuse

Parmi les polluants prioritaires considérés, l'arsenic, le mercure et les cyanures sont susceptibles de s'échapper des déchets sous forme gazeuse (sous forme d' $AsH_3$ ,  $Hg^0$  resp. HCN).

#### 5.3.2.1 Concentrations des polluants gazeux à l'intérieur des emballages

Les déchets des classes B3, B5 et A1 ont fait l'objet d'un test de dégazage avant leur acceptation et leur stockage. Dans ce cadre-là, la concentration en arsine ( $AsH_3$ ), en mercure métallique ( $Hg^0$ ) et en acide cyanhydrique (HCN) dans l'air interstitiel à l'intérieur des emballages a été mesurée. Un extrait des résultats de ces mesures est présenté à l'annexe 5.1.

Pour la grande majorité des déchets, les concentrations mesurées étaient inférieures à la limite de détection de l'appareil utilisé. Les concentrations maximales sont les suivantes :

- $AsH_3$  : 0.02 ppm (correspondant à 0.06 mg/m<sup>3</sup>);
- $Hg^0$  : 0.005 ppm (correspondant à 0.04 mg/m<sup>3</sup>);
- HCN : 6 ppm (correspondant à 7 mg/m<sup>3</sup>);

#### 5.3.2.2 Dégazage à l'intérieur du stockage

Les mesures réalisées à l'intérieur du stockage (voir annexe 2.2 p.1) n'ont jamais mis en évidence la présence de mercure. Des traces d'arsine n'ont été mises en évidence que lors d'une mesure en 2002. Des traces d'acide cyanhydrique (0.1 mg/m<sup>3</sup>) ont été mesurées au retour d'air du bloc 15 durant l'incendie. Lors de

l'ensemble des autres mesures, les concentrations étaient inférieures à la limite de détection (voir aussi paragraphe 2.4.1.1).

### 5.3.2.3 Evolution après la fermeture du stockage

Après la fermeture du stockage et donc l'arrêt de la ventilation, les polluants dégazés à partir des déchets pourraient en principe s'accumuler dans le stockage. Les concentrations de gaz pouvant être atteintes suite à cette accumulation sont discutées ci-dessous.

En absence d'eau, les déchets sont chimiquement inertes; le dégazage correspondra donc uniquement à l'établissement d'un équilibre thermodynamique entre les polluants contenus dans les déchets et l'air à l'intérieur du stockage. Un tel équilibre existe déjà à l'intérieur des emballages, avec cependant un volume d'air en équilibre beaucoup plus restreint. Les concentrations à l'intérieur de la zone de stockage demeureront donc inférieures ou égales à celles mesurées à l'intérieur des emballages. En première approximation et comme hypothèse la plus pénalisante, il est supposé que tant que le stockage restera sec, la concentration de polluants gazeux à l'intérieur du stockage correspondra à la concentration maximale mesurée dans les emballages (voir paragraphe 5.3.2.1).

En cas d'ennoyage du stockage, la formation d'arsine ou de mercure métallique suite à une réaction des déchets est très improbable. En effet, la formation de ces substances impliquerait des conditions fortement réductrices. Dans de telles conditions, le sulfate contenu dans l'eau (provenant des couches de gypse et d'anhydride, voir rapport MICA et annexe 5.2), serait réduit en sulfure, entraînant la précipitation de sulfures de mercure et d'arsenic). Une augmentation des concentrations de mercure métallique ou d'arsine suite à l'ennoyage du stockage peut donc quasiment être exclue.

En revanche, en cas d'entrée d'eau dans le stockage, les sels cyanurés seraient dissous dans l'eau entraînant la formation d'acide cyanhydrique et de complexes cyanurés de différents métaux. Comme l'acide cyanhydrique est un gaz miscible avec l'eau, un équilibre s'établirait entre l'eau et l'air à l'intérieur du stockage, resp. à l'intérieur de la zone confinée par les serremments de sel. La concentration d'équilibre dans l'air ( $C_{\text{air}}$ ) et l'eau ( $C_{\text{eau}}$ ) est décrite par la constante d'Henry (H) :

$$H = C_{\text{air}}/C_{\text{eau}}$$

Selon Gaffney [T23] la constante d'Henry de l'acide cyanhydrique est de 0.133 atm L/mol à 25°C. La température d'équilibre à la profondeur du stockage est d'environ 35°C (voir rapport MICA). La constante d'Henry varie en fonction de la température selon l'équation suivante [A2] :

$$\ln H \approx -\Delta H_{\text{vap}}/R \cdot 1/T + \text{constante}$$

Avec  $\Delta H_{\text{vap}}$  l'enthalpie de vaporisation de l'acide cyanhydrique (27.8 kJ/mol [A4]), T la température en Kelvin et R la constante des gaz parfaits (8.31 J/(mol K)). Sur la

base de cette équation, la constante d'Henry à 35°C peut être calculée comme étant environ égale à 0.19 atm L/mol ou  $7.6 \cdot 10^{-3}$  (sans unité).

Selon le scénario considéré, le volume confiné rempli d'eau au moment de l'ennoyage sera d'environ 80'000 resp. 47'000 m<sup>3</sup> (voir paragraphe 5.7 et rapport MICA pour les détails sur le volume du stockage au moment de l'ennoyage). La concentration de cyanure dans l'eau qui résulterait de la dissolution de l'ensemble des sels cyanurés serait de 159 t / 80'000 m<sup>3</sup> resp. de 159 t / 47'000 m<sup>3</sup>, c.-à-d. d'environ 2.0 g/L, resp. 3.4 g/L.

En supposant que l'ensemble du cyanure dissous dans l'eau soit sous forme d'acide cyanhydrique, la concentration d'acide cyanhydrique gazeux dans l'air en équilibre avec l'eau dans la zone confinée serait donc de  $2.0 \text{ g/L} \cdot 7.6 \cdot 10^{-3}$ , c.-à-d. environ 15 mg/L (respectivement de  $3.4 \text{ g/L} \cdot 7.6 \cdot 10^{-3}$ , c.-à-d. 26 mg/L). Un ennoyage éventuel du stockage impliquerait donc une augmentation très importante des concentrations d'acide cyanhydrique dans l'air de la mine. La concentration calculée est pénalisante car il est vraisemblable qu'une fraction significative des cyanures dissous dans l'eau forme des complexes avec les différents métaux, diminuant ainsi la concentration d'HCN libre susceptible de "passer" dans l'air.

### 5.3.3 Concentrations des polluants dans la zone confinée au moment de l'ennoyage

Le tableau 5.3 présente les concentrations calculées des polluants prioritaires à l'intérieur de la zone confinée du stockage au moment de l'ennoyage. Les concentrations sont indiquées séparément pour les deux scénarios d'ennoyage considérés, selon si la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest (NW) sont en liaison hydraulique ou non.

Tab. 5.3 : Evaluation des concentrations dans le volume confiné du stockage au moment de l'ennoyage

Polluants	Masse totale (t)	Solubilité (g/L)	Amélie et NW en liaison		Amélie isolée	
			Conc. air (g/L)	Conc. eau (g/L)	Conc. air (g/L)	Conc. eau (g/L)
As	2'566	≥70	6.00E-08	32	6.00E-08	55
Cd	138	env. 2	négligeable	1.7	négligeable	2.9
Cr	103	>10	négligeable	1.3	négligeable	2.2
Hg	47	> 1	4.00E-08	0.6	4.00E-08	1.0
Pb	237	env. 3	négligeable	3.0	négligeable	5.0
CN <sup>-</sup>	159	>100	0.02	2.0	0.03	3.4
PCB	0.25	2.58E-06	négligeable	2.58E-06	négligeable	2.58E-06
Dioxines	0.0004	3.08E-10	négligeable	3.08E-10	négligeable	3.08E-10

### 5.3.4 Considérations sur la cinétique de la mobilisation des polluants

Dans les paragraphes précédents, il a été supposé qu'un équilibre thermodynamique entre les déchets, l'eau et l'air à l'intérieur de la zone confinée s'établisse rapidement, permettant ainsi la mobilisation des polluants. Cette hypothèse est pessimiste (respectivement pénalisante) pour les raisons suivantes :

- L'emballage des déchets n'est pas pris en compte. Dans la réalité, cet emballage, en particulier pour les déchets de classe 0 (emballés en majorité

dans des fûts métalliques), ralentit le lessivage, resp. le dégazage des polluants.

- Le calcul de la dissolution de l'arsenic, du plomb, du cadmium ou du mercure dans la zone confinée présuppose une répartition homogène des polluants à l'intérieur du stockage. Comme discuté au paragraphe 3.2.1, les déchets sont de composition très hétérogène; ceci implique que la dissolution des polluants est localement limitée par leur solubilité. Les concentrations moyennes calculées (et appliquées pour la suite des évaluations) sont donc pénalisantes car supérieures aux valeurs effectives en cas d'ennoyage.
- Selon la date à laquelle l'ennoyage du stockage a lieu, les déchets seront complètement écrasés par le sel. La dissolution des polluants ne pourra se faire que très progressivement suite au contact entre l'eau à l'intérieur de la zone confinée et les déchets ("léchage" des déchets par l'eau en bordure des blocs).

Pour la suite des évaluations, l'hypothèse d'un équilibre thermodynamique est appliquée malgré les réserves émises ci-dessus. Lors de l'interprétation des résultats, il faudra cependant se rappeler qu'il s'agit du cas le plus défavorable.

#### 5.4 Modélisation d'un éventuel transport en direction de la nappe phréatique, mécanismes considérés

Comme indiqué au paragraphe 2.2, un transport de polluants vers les biens à protéger est envisageable selon les cheminements suivants (voir figure 5.2a) :

- transport de composés dissous ou gazeux à travers la zone salifère non perturbée (voir paragraphe 5.5);
- transport de gaz à travers la zone perturbée du sel le long des puits (voir paragraphe 5.6);
- transport des polluants par des eaux circulant à travers le système minier (voir paragraphe 5.7).

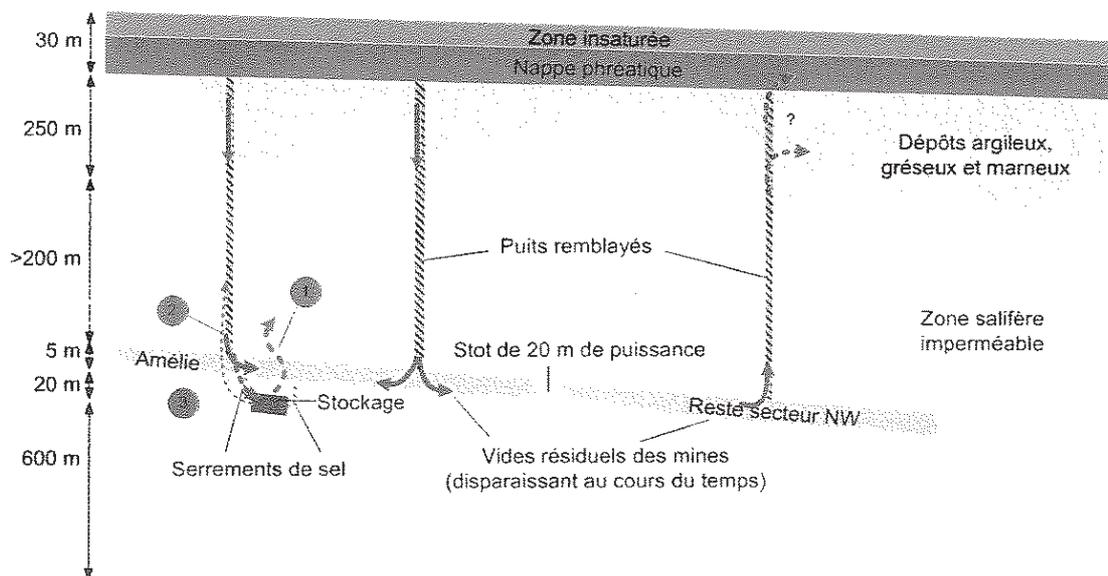


Fig. 5.2a : Aperçu des mécanismes de transport évalués

Il est à noter qu'un transport en direction de la biosphère selon les cheminements (1) et (2) est envisageable indépendamment de l'établissement ou non d'une circulation d'eau à travers le système minier. Le transport (3) présuppose l'établissement d'une circulation d'eau, phénomène jugé possible mais pas certain (voir rapport MICA).

Comme indiqué à la figure 5.2b (page suivante), le transport par diffusion moléculaire (transport selon le gradient de concentration) est le mécanisme dominant pour les matériaux de très faible perméabilité alors que le transport par advection (c.-à-d. le transport selon le gradient de pression, à savoir  $dp/dz$  à la figure 5.2b) est le mécanisme dominant pour les matériaux plus perméables.

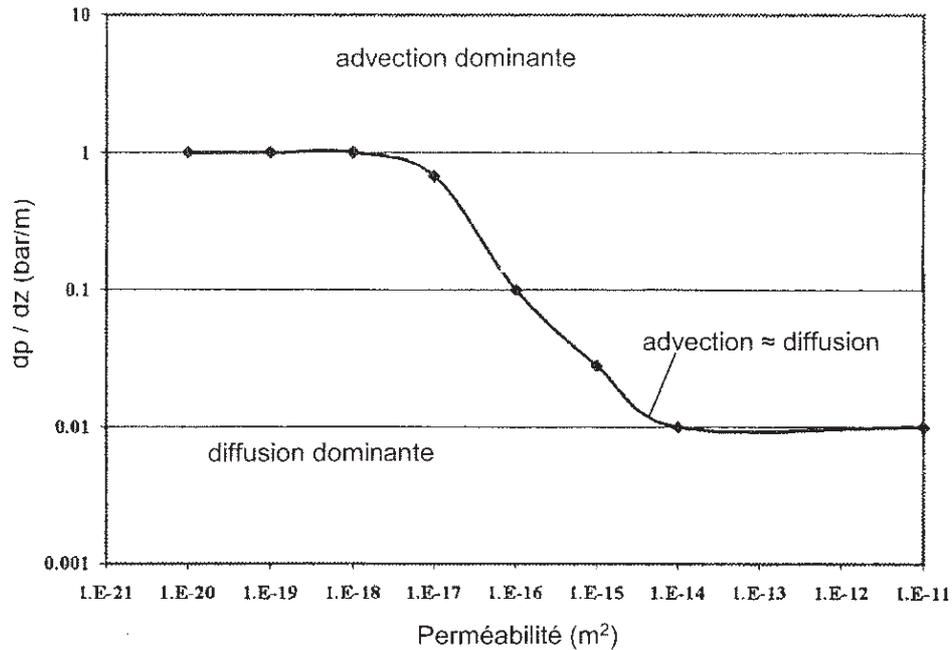


Fig. 5.2b : Importance relative des transports par advection et diffusion en fonction de la perméabilité des matériaux traversés [A9]

Ainsi, un transport d'eau ou de gaz par advection à travers la zone salifère non perturbée peut être exclu sur la base de la perméabilité  $K$  de  $10^{-21}$  m<sup>2</sup> mesurée dans les mines à une distance de 16 m d'une voie d'accès [13]. *En conséquence, seule la diffusion de composés dissous ou gazeux est à considérer pour évaluer le transport à travers la zone salifère non perturbée (paragraphe 5.5).*

La perméabilité estimée des cendres volantes pour l'eau est de  $5.8 \cdot 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s (voir rapport MICA), correspondant à une valeur  $K$  d'environ  $10^{-14}$  m<sup>2</sup>. De par la technique de remblayage utilisée et la pression d'eau exercée sur le bouchon, les cendres volantes seront saturées en eau, impliquant qu'un transport de polluants gazeux n'est pas possible. *En conséquence, seule l'advection de composés dissous est à considérer pour le transport à travers les bouchons des puits (paragraphe 5.7).*

Lors du forage des puits, la zone salifère à proximité immédiate du forage (c.-à-d. l'encaissant des puits) a été perturbée (formation de fissures et d'une zone légèrement ameublie, voir paragraphe 5.6). La porosité et la perméabilité de l'encaissant sont supérieures à celles de la zone salifère non perturbée (perméabilité  $K$  de l'encaissant d'environ  $10^{-16}$  m<sup>2</sup>). *En conséquence, seule l'advection de composés gazeux est à considérer pour le transport à travers la zone perturbée de l'encaissant (paragraphe 5.6).* Un tel transport présuppose que l'encaissant n'est pas saturé en eau (hypothèse défavorable).

Le transport à travers les serremments de sel à mettre en place autour du stockage se fera de manière préférentielle par le biais de fissures (fissures dans les serremments ou dans les couches salifères en contact avec les serremments). Le transport de polluants par advection est dominant, sauf dans le cas particulier du bloc 15 où la circulation d'eau après ennoyage des mines est nulle. Pour ce cas particulier, les calculs de dissémination de polluants prennent en compte la diffusion (paragraphe 5.9).

## 5.5 Diffusion à travers la zone salifère

### 5.5.1 Description du système

Le scénario de diffusion à travers la zone salifère non perturbée est présenté schématiquement à la figure 5.3.

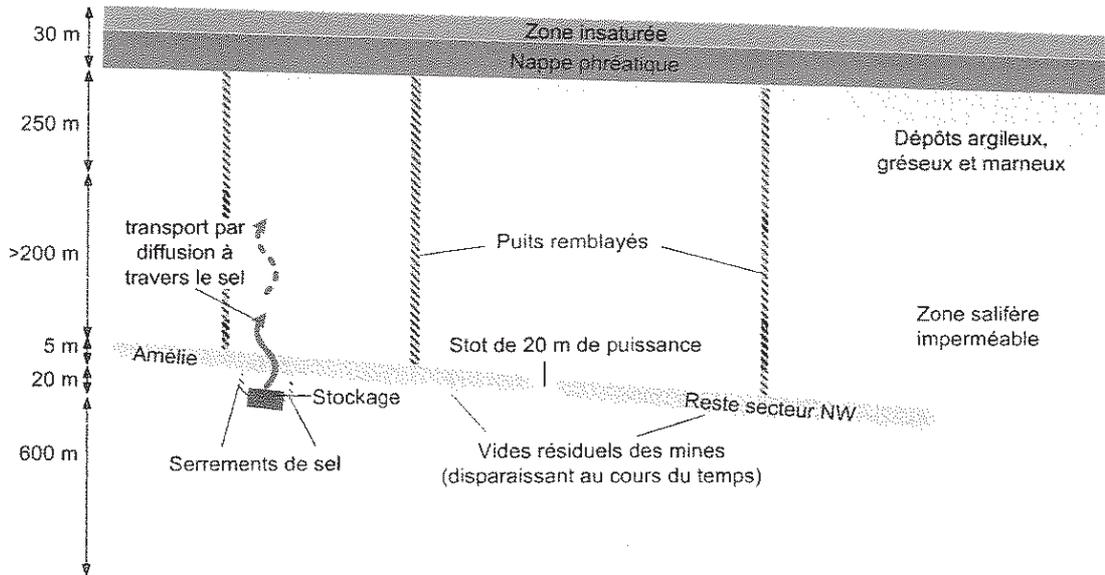


Fig. 5.3 : Description schématique de la diffusion de composés dissous ou gazeux à travers la zone salifère au dessus du stockage

La diffusion à travers les bancs de sel aura principalement lieu à partir du stockage puisque c'est dans cette zone que les concentrations de polluants sont les plus importantes.

### 5.5.2 Considérations théoriques

La variation des concentrations en fonction du temps (t) suite à la diffusion dans un système poreux peut être décrite par l'équation différentielle suivante [A1] :

$$\frac{\partial C_{g/w}}{\partial t} = \frac{D_{eg/w}}{n \cdot R} \cdot \frac{\partial^2 C_{g/w}}{\partial z^2} - k \cdot C_{g/w} = D_{ag/w} \cdot \frac{\partial^2 C_{g/w}}{\partial z^2} - k \cdot C_{g/w}$$

Avec

$C_{g/w}$  la concentration du polluant dans l'air (a) interstitiel ou dans l'eau (e) interstitielle du sel en fonction du temps t et de la distance verticale z mesurée depuis le toit du stockage,

$D_{eg/w}$  le coefficient de diffusion effectif dans les pores,

n la porosité du milieu (remplie d'air et/ou d'eau),

R le facteur de retardation suite à l'adsorption,

- $D_{ag/w}$  le coefficient apparent de diffusion dans l'air (g) ou dans l'eau (w) du milieu poreux et
- k la vitesse de dégradation.

Dans le cadre des présentes évaluations et comme hypothèse la plus défavorable, il est supposé que les polluants considérés n'adsorbent pas sur les solides ( $R = 1$ ) et ne sont pas dégradés. L'équation ci-dessus peut donc être simplifiée comme suit :

$$\frac{\partial C_{g/w}}{\partial t} = \frac{D_{eg/w}}{n} \cdot \frac{\partial^2 C_{g/w}}{\partial z^2} = D_{ag/w} \cdot \frac{\partial^2 C_{g/w}}{\partial z^2}$$

A très long terme, un état stationnaire s'établit entre la source de pollution (le stockage) et la nappe phréatique. A l'état stationnaire, le flux de polluants par unité de surface ( $F_{stat}$ ) est décrit par l'équation suivante [A1] :

$$F_{stat} = D_{eg/w} \cdot \frac{C_{g/w}^0}{d} = D_{ag/w} \cdot n \cdot \frac{C_{g/w}^0}{d}$$

Avec

- $C_{g/w}^0$  la concentration au niveau du stockage (voir tableau 5.3) et
- d l'épaisseur de la couche au travers de laquelle s'effectue la diffusion (au minimum 225 m pour la zone salifère au dessus du stockage, en négligeant les dépôts argileux, gréseux et marneux au-dessus de la zone salifère).

Le temps nécessaire pour atteindre cet état stationnaire  $t_{stat}$  est approximativement égal à [A1] :

$$t_{stat} = \frac{d^2 \cdot n}{2 \cdot D_{eg/w}}$$

Le flux total de polluants est obtenu en multipliant  $F_{stat}$  par la surface totale de la zone confinée (surface des blocs et des galeries à l'intérieur de la zone confinée, c.-à-d. environ 90'000 m<sup>2</sup>, sans tenir compte de la diminution de cette surface avec le temps suite aux phénomènes de convergence).

Le coefficient de diffusion  $D_e$  dépend (i) des propriétés du milieu poreux (ii) du vecteur (air ou eau) par lequel s'effectue la diffusion et (iii) des caractéristiques physico-chimiques du polluant considéré. Ces paramètres sont discutés au paragraphe suivant.

### 5.5.3 Paramètres du système considéré

#### 5.5.3.1 Caractéristiques du sel

Les caractéristiques des dépôts de sel et le transport par advection ou diffusion de substances à travers ces dépôts ont fait l'objet de nombreuses études (p.ex. réf. [A9] à [A11]). La plupart de ces investigations ont cependant été menées en laboratoire avec des sels broyés, recristallisés et, dans certains cas, recompressés. Les

paramètres mesurés lors de telles expériences, comme par exemple la perméabilité, le coefficient de diffusion ou la porosité représentent un cas très défavorable puisque la compaction des dépôts naturels de sel est bien supérieure à celle obtenue sur des échantillons reconstitués.

Ainsi Wagner [A9] et Wittke [A10] ont mesuré des valeurs de perméabilité  $K$  pour les sels compactés de  $2 \cdot 10^{-15}$  à  $7 \cdot 10^{-21} \text{ m}^2$  alors que la perméabilité mesurée in-situ dans les mines était de  $10^{-21} \text{ m}^2$ .

La porosité des échantillons de sel varie entre 0.08 et 0.001 avec une valeur médiane de 0.008 [A9, A10]. Cette dernière valeur est supposée correspondre à la porosité moyenne des bancs de sel non perturbés.

### 5.5.3.2 Coefficient de diffusion pour les gaz

La figure 5.4 présente les coefficients effectifs de diffusion ( $D_{eg}$  noté  $D_e$  sur la figure) de l'hydrogène mesurés en fonction de la pression [A9].

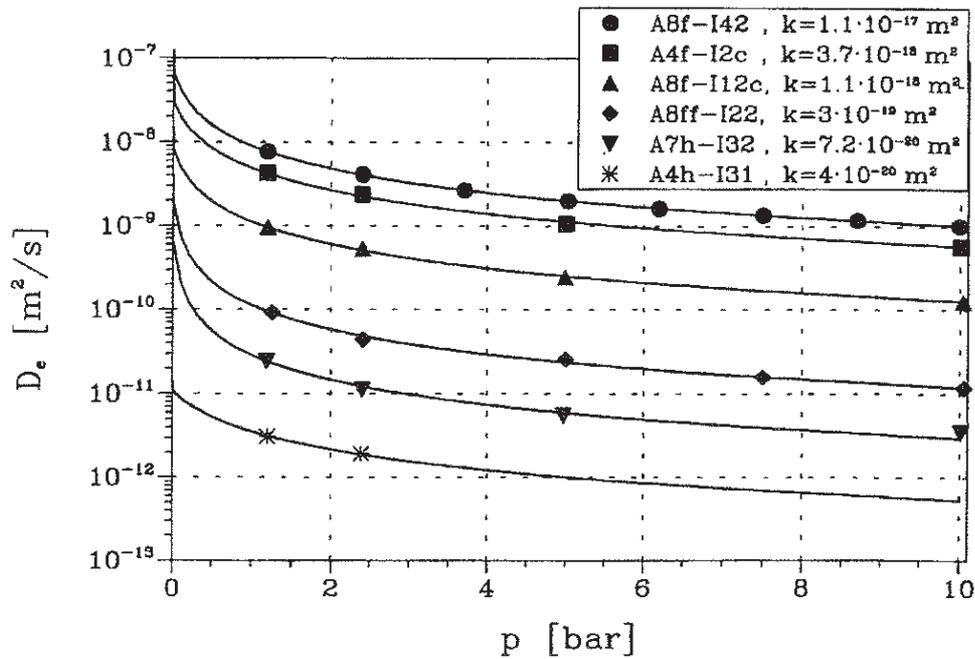


Fig. 5.4 : Coefficient effectif de diffusion ( $D_{eg}$ ) de l'hydrogène mesuré en laboratoire

Pour les échantillons compactés à chaud (A7h-I32 de perméabilité  $7 \cdot 10^{-20}$  et A4h-I31 de perméabilité  $4 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2$ , c.-à-d. de perméabilité la plus proche de celle mesurée in-situ dans les mines d'Alsace,  $10^{-21} \text{ m}^2$  [13]), le coefficient effectif de diffusion de l'hydrogène est de  $3 \cdot 10^{-11}$  et  $4 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$  à 1 bar.

Comme indiqué à la figure 5.4, le coefficient de diffusion est inversement proportionnel à la pression. Ceci implique pour le cas du stockage, que l'augmentation progressive de la pression à l'intérieur des mines après leur fermeture définitive conduira à une diminution des phénomènes de diffusion.

Le coefficient de diffusion varie en fonction de la masse molaire de la substance considérée : plus la masse molaire est grande, plus le coefficient de diffusion est petit. Le coefficient de diffusion de l'hydrogène (H<sub>2</sub>, avec une masse molaire de 2 g/mol) est donc supérieur à celui de l'acide cyanhydrique (env. 27 g/mol), de l'arsine (env. 77.9 g/mol) ou du mercure métallique (env. 200.6 g/mol).

En l'absence de valeur établie pour les polluants prioritaires considérés, le coefficient de diffusion mesuré pour l'hydrogène dans l'échantillon compacté A7h-I32 ( $D_e = 3 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  pour une pression de 1 bar) est appliqué pour estimer le transport par diffusion des polluants gazeux contenus dans le stockage.

De par les hypothèses pénalisantes appliquées lors de l'évaluation du transport des composés gazeux, le flux calculé de polluants surestime fortement le flux effectif.

### 5.5.3.3 Coefficient de diffusion pour les composés dissous

Dans la littérature évaluée, aucune valeur pour les coefficients de diffusion de composés dissous à travers le sel n'est disponible. Les coefficients effectifs et apparents de diffusion à travers les pores remplis d'eau ( $D_{ew}$  et  $D_{aw}$ ) peuvent être grossièrement évalués sur la base de la porosité de la zone salifère selon l'équation suivante [A1] :

$$D_{ew} = D_{aq} \cdot n^{2.2}$$

$$D_{aw} = D_{aq} \cdot n^{1.2}$$

Avec  $D_{aq}$ , le coefficient de diffusion du composé considéré dans l'eau, et  $n$  la porosité du sel remplie d'eau.

Les valeurs publiées sur la fraction des pores du sel occupé par de l'eau montrent une grande variabilité. L'hypothèse la plus pénalisante, c.-à-d. que la totalité de la porosité disponible est occupée par de l'eau, est appliquée pour la suite des évaluations ( $n = 0.008$ , voir paragraphe 5.5.3.1).

Le coefficient de diffusion dans l'eau ( $D_{aq}$ ) peut être grossièrement évalué selon la relation de Sherwood et al. [A13] pour les ions (métaux et CN<sup>-</sup>) et selon la loi de Graham (voir [A2]) pour les dioxines et PCB. Les coefficients de diffusion dans l'eau sont approximativement les suivants :

- Métaux :  $\leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  (selon l'état d'oxydation)
- CN<sup>-</sup> :  $2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$
- Dioxines et PCB :  $0.5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$

### 5.5.4 Flux de polluants en fonction du temps

Le flux maximal de polluants pouvant être transportés par diffusion à l'état stationnaire est présenté dans le tableau 5.4. Comme indiqué précédemment, les calculs de flux reposent sur de nombreuses hypothèses pénalisantes conduisant à une surestimation importante des flux calculés.

Tab. 5.4 : Evaluation du flux stationnaire maximal de polluants pouvant être transportés par diffusion

Polluants	$D_{e,g}$ (m <sup>2</sup> /s)	$D_{e,w}$ (m <sup>2</sup> /s)	Amélie et NW en liaison		Amélie isolée	
			diff. air Flux (kg/a)	diff. eau Flux (kg/a)	diff. air Flux (kg/a)	diff. eau Flux (kg/a)
As	3.0E-11	2.4E-14	2.3E-08	9.9E-03	2.3E-08	1.7E-02
Cd		2.4E-14		5.3E-04		9.0E-04
Cr		2.4E-14		4.0E-04		6.7E-04
Hg	3.0E-11	2.4E-14	1.5E-08	1.8E-04	1.5E-08	3.1E-04
Pb		2.4E-14		9.1E-04		1.6E-03
CN <sup>-</sup>	3.0E-11	4.9E-14	5.7E-03	1.2E-03	9.7E-03	2.1E-03
PCB		1.2E-14		4.0E-10		4.0E-10
Dioxines		1.2E-14		4.7E-14		4.7E-14

Distance de diffusion 225 m (en négligeant les couches hors de la zone salifère)  
 Surface de la source 90'000 m<sup>2</sup> (surface de la zone confinée, y compris les galeries)  
 Porosité remplie d'eau 0.008 (cf. texte)  
 Concentration à la source selon tableau 5.3

La figure 5.5 présente les profils de concentration pour la diffusion de l'arsenic après 1'000, 10'000 et 100'000 ans.

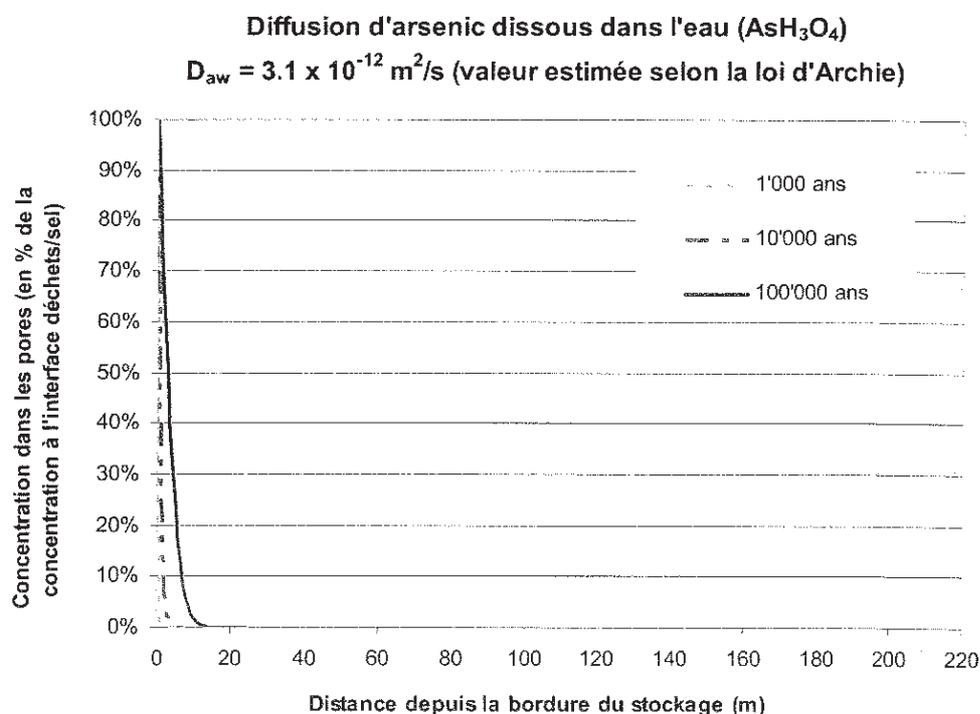


Fig. 5.5a : Profils de concentration d'arsenic suite à la diffusion au travers des pores du sel remplis d'eau

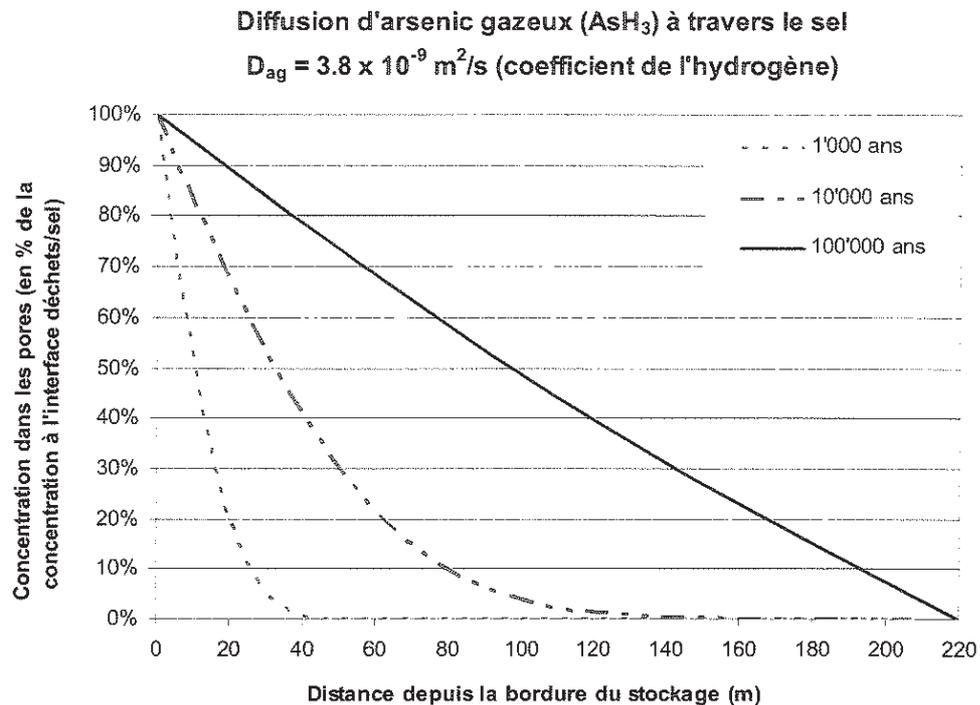


Fig. 5.5b : Profils de concentration d'arsenic suite à la diffusion au travers des pores du sel remplis d'air

Comme démontré à la figure 5.5a, même après 100'000 ans, les polluants dissous n'ont pas quitté les niveaux de sel. Le temps nécessaire pour atteindre un état stationnaire ( $t_{stat}$ ), pour lequel les flux sont indiqués dans le tableau 5.4, est d'environ 260 millions d'années ( $t_{stat} = 225^2 \cdot 0.008 / (2 \cdot 2.4 \cdot 10^{-14}) = 8.3 \cdot 10^{15} \text{ s} = 260 \text{ millions a}$ ).

Dans le cas de la diffusion de polluants gazeux, un état stationnaire s'établit après environ 200'000 ans. Comme indiqué dans le tableau 5.4, le flux de polluants demeure cependant très limité.

### 5.5.5 Conclusions pour la diffusion

Le transport de polluants par diffusion à travers la barrière salifère non perturbée est très limité (au maximum de l'ordre de 0.02 kg/a pour l'arsenic). En outre, il faudrait plus de 100 millions d'années avant qu'un tel flux s'établisse. *A 50, 100 ou 1'000 ans après la fermeture du stockage, les polluants ne peuvent en aucun cas atteindre la nappe phréatique respectivement la biosphère suite à une diffusion à travers la zone salifère.*

## 5.6 Transport de gaz à travers la zone perturbée le long des puits

### 5.6.1 Description du système

Le scénario du transport de polluants gazeux à travers la zone perturbée de l'encaissant des puits est présenté schématiquement à la figure 5.6.

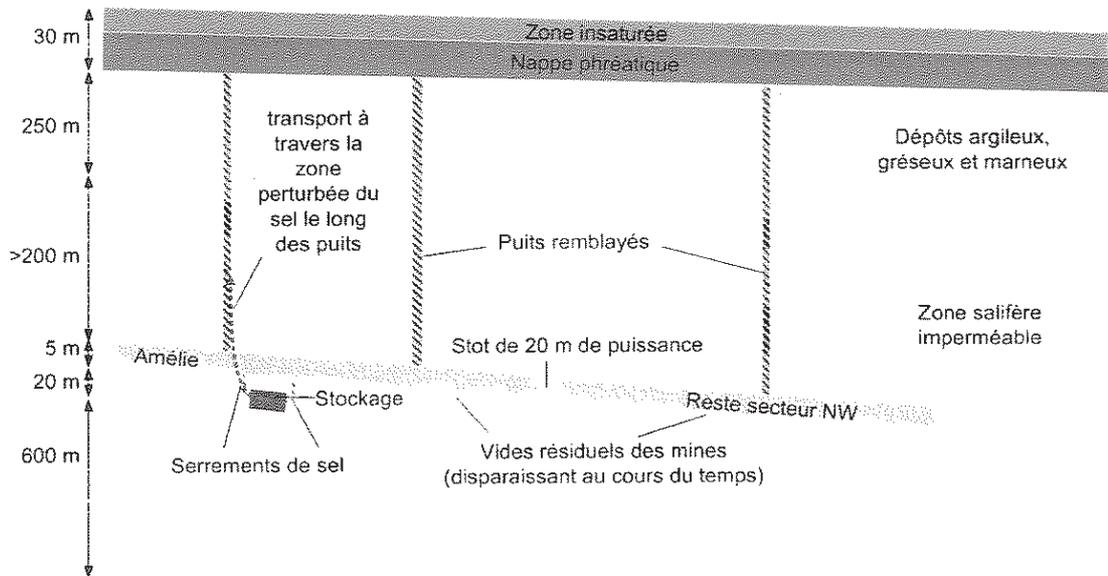


Fig. 5.6 : Description schématique du transport de polluants à travers la zone perturbée du sel le long des puits

Lors du forage des puits, les matériaux salifères à proximité immédiate du forage ont été perturbés (formation de fissures et zone légèrement ameublie), créant une zone de porosité et de perméabilité supérieures à celles des matériaux non perturbés. Le présent paragraphe évalue le transport de polluants gazeux le long de cette zone perturbée.

La figure 5.7 (page suivante) présente les perméabilités mesurées en bordure d'un forage de 48 cm de rayon [A10].

Les éléments suivants peuvent être tirés de cette figure :

- à la bordure immédiate du forage, la perméabilité du sel est de 4 ordres de grandeur (facteur 10'000) supérieure à celle du sel non perturbé;
- la zone perturbée a une largeur correspondant au rayon du forage.

Des observations similaires ont été faites en Allemagne à proximité d'un puits minier [A10] :

- immédiatement à proximité du puits, la perméabilité du sel était de  $3 \cdot 10^{-18} \text{ m}^2$ ;
- à une distance de 1.2 m, la perméabilité était de  $1 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2$ .

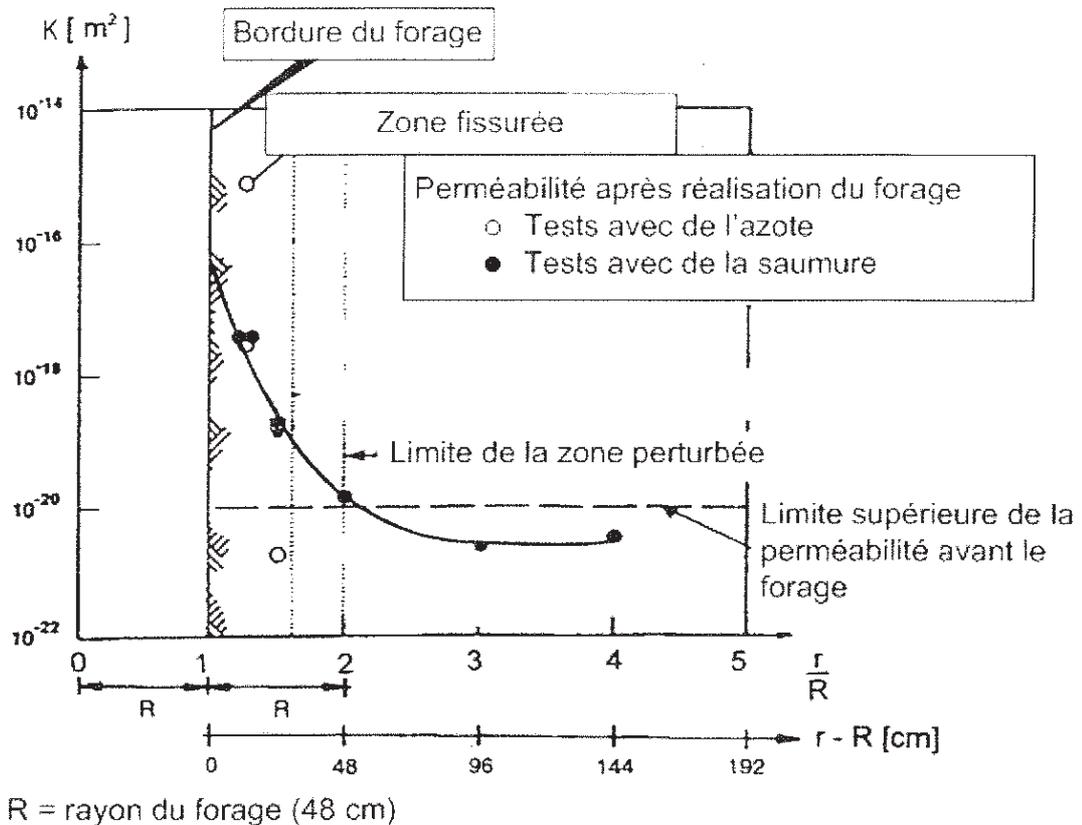


Fig. 5.7 : Perméabilité de la zone perturbée le long d'un forage

Pour la suite des évaluations, l'hypothèse est que le long des puits Joseph et Else la perméabilité est de  $10^{-16} m^2$  (valeur à l'interface forage/sel sur le graphique 5.7) sur une largeur correspondant au rayon du puits (hypothèse pénalisante puisque la perméabilité décroît avec l'éloignement du bord du puits). La surface de la zone perturbée correspond à environ  $50 m^2$  par puits pour des puits de rayon de 2.3 m tels que les puits Joseph et Else.

### 5.6.2 Considérations théoriques

Le flux de gaz par unité de surface ( $F_{air}$ ) à travers un système poreux peut être décrit par l'équation suivante [A10] :

$$F_{air} = \frac{K}{\eta_g} \cdot \frac{\partial p}{\partial z}$$

Avec

$K$  la perméabilité du milieu considéré

$\eta_g$  la viscosité dynamique du (mélange de) gaz

$p$  la pression (resp.  $dp/dz$ , la différence de pression entre la mine et la surface divisée par la distance à la surface)

Pour un polluant de concentration  $C_g$  dans l'air de la mine, le flux de polluants par unité de surface est décrit par ( $F_{\text{polluant},g}$ ) :

$$F_{\text{polluant},g} = F_{\text{air}} \cdot C_g = \frac{K}{\eta_g} \cdot C_g \frac{\partial p}{\partial z}$$

Le flux total de polluants est obtenu en multipliant  $F_{\text{polluant},g}$  par la surface horizontale de la zone perturbée le long des puits (50 m<sup>2</sup> par puits).

Le flux de polluants dépend donc des caractéristiques de la zone perturbée (voir paragraphe 5.6.1), de la concentration des polluants dans l'air de la mine, de la pression à l'intérieur de la mine et de la viscosité de l'air à l'intérieur de la mine. Ces trois derniers paramètres sont discutés au paragraphe suivant.

### 5.6.3 Paramètres du système considéré

Comme les puits Joseph et Else sont relativement peu éloignés du stockage, la concentration des polluants dans l'air de la mine (en contact avec les deux puits) est supposée être la même que celle dans le stockage (voir paragraphe 5.3.2 et tableau 5.3).

Après la fermeture de l'ensemble des puits, l'arrivée progressive d'eau dans les mines entraînera une augmentation de la pression de l'air. Au moment de l'ennoyage du stockage, la pression à l'intérieur des mines sera de 2.5 à 5 bar (selon si la mine Amélie communique ou non avec le reste du secteur Nord-Ouest). Au moment de l'ennoyage complet des mines, la pression sera de l'ordre de 48 bar. A ce moment-là une "bulle" d'air d'un volume d'environ 10'000 m<sup>3</sup> se trouvera en contact avec la recette supérieure du puits Else (-175 NGF). La pression pourra ensuite lentement augmenter pour atteindre la pression correspondant au poids des terrains.

La viscosité de l'air peut être estimée à environ  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa·s à une pression de 1 bar [A4] et n'augmente que faiblement pour des pressions supérieures.

### 5.6.4 Flux de polluants en fonction du temps

Le tableau 5.5 (pages suivantes) présente le flux de polluants pouvant circuler le long des puits Joseph et Else avant et après l'ennoyage du stockage et des mines. Après l'ennoyage complet des mines, les polluants gazeux ne pourront remonter que le long du puits Else (la recette du puits Joseph sera en effet ennoyée et ne sera donc plus en contact avec de l'air ou des polluants gazeux).

Tab. 5.5a : Evaluation des flux de polluants pouvant être transportés par la zone perturbée le long des puits, scénario "Amélie et NW en liaison"

Polluants	Amélie et NW en liaison : flux par transport de gaz (kg/a)		
	temps	100 a	env. 500 a (ennoyage complet)
	50 a	100 a	1'000 a
	pression (bar)	1.1	1.3
			48
			>48
As	6.5E-08	2.0E-07	1.5E-05
Cd	négligeable	négligeable	négligeable
Cr	négligeable	négligeable	négligeable
Hg	4.4E-08	1.3E-07	1.0E-05
Pb	négligeable	négligeable	négligeable
CN <sup>-</sup>	7.6E-06	2.3E-05	3.9E+00
PCB	négligeable	négligeable	négligeable
Dioxines	négligeable	négligeable	négligeable

Epaisseur minimale de la zone salifère

145 m

(de la recette du puits Else à la couche sup. de sel gemme)

Surface de la zone perturbée

50 m<sup>2</sup>(respectivement 100 m<sup>2</sup> avant l'ennoyage de la recette du puits Joseph)

Perméabilité

1.E-16 m<sup>2</sup>

(valeur pénalisante, voir texte)

Viscosité de l'air

2.E-05 Pa s

(voir texte)

Tab. 5.5b : Evaluation des flux de polluants pouvant être transportés par la zone perturbée le long des puits, scénario "Amélie isolée"

Polluants	Amélie isolée : flux par transport de gaz (kg/a)					
	temps	50 a	100 a	1'000 a	env. 2'000 a (ennoyage complet)	à partir d'env. 2050 a
	pression (bar)	1.02	1.05	1.8	48	>48
As		1.3E-08	3.3E-08	5.2E-07	1.5E-05	négligeable
Cd		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
Cr		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
Hg		8.7E-09	2.2E-08	3.5E-07	1.0E-05	négligeable
Pb		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
CN <sup>*</sup>		1.5E-06	3.8E-06	6.1E-05	6.6E+00	négligeable
PCB		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
Dioxines		négligeable	négligeable	négligeable	négligeable	négligeable

Epaisseur minimale de la zone salifère

145 m

(de la recette du puits Elise à la couche sup. de sel gemme)

Surface de la zone perturbée

50 m<sup>2</sup>(respectivement 100 m<sup>2</sup> avant l'ennoyage de la recette du puits Joseph)

Perméabilité

1.E-16 m<sup>2</sup>

(valeur pénalisante, voir texte)

Viscosité de l'air

2.E-05 Pa s

(voir texte)

Comme indiqué dans le tableau 5.5, un transport significatif de polluants sous forme gazeuse n'est envisageable que pour l'acide cyanhydrique. Ce flux est cependant limité dans le temps car même en partant de l'hypothèse très pénalisante que la concentration d'acide cyanhydrique, dans la "bulle d'air" au pied du puits Else, est la même que la concentration dans le stockage au moment de l'ennoyage (selon le tableau 5.3), les 10'000 m<sup>3</sup> d'air ne contiendraient que de 150 à 300 kg (0.015 à 0.026 g/L multiplié par 10<sup>7</sup> L) d'acide cyanhydrique. Cette quantité serait émise en moins de 50 ans.

#### **5.6.5 Conclusions pour le transport de gaz par la zone perturbée le long des puits**

Le transport de polluants gazeux à travers la zone perturbée le long des puits est très limité. Le flux maximal est de l'ordre de 4 à 7 kg par an pour l'acide cyanhydrique et de quelques mg/a pour le mercure et l'arsenic. Un tel flux ne pourrait s'établir que pour une période transitoire après l'ennoyage complet des mines.

Les impacts de ces émissions sur les biens à protéger demeurerait tolérables (voir paragraphe 5.8). Ainsi, si un captage devait se situer en aval de la zone d'émission, les concentrations de cyanure dans l'eau captée demeurerait très inférieures aux normes réglementaires actuelles pour l'eau potable.

## 5.7 Lessivage par des eaux circulant à travers les mines

### 5.7.1 Description du système

Le lessivage des polluants contenus dans le stockage suite à une éventuelle circulation d'eau à travers les mines est présenté schématiquement à la figure 5.8.

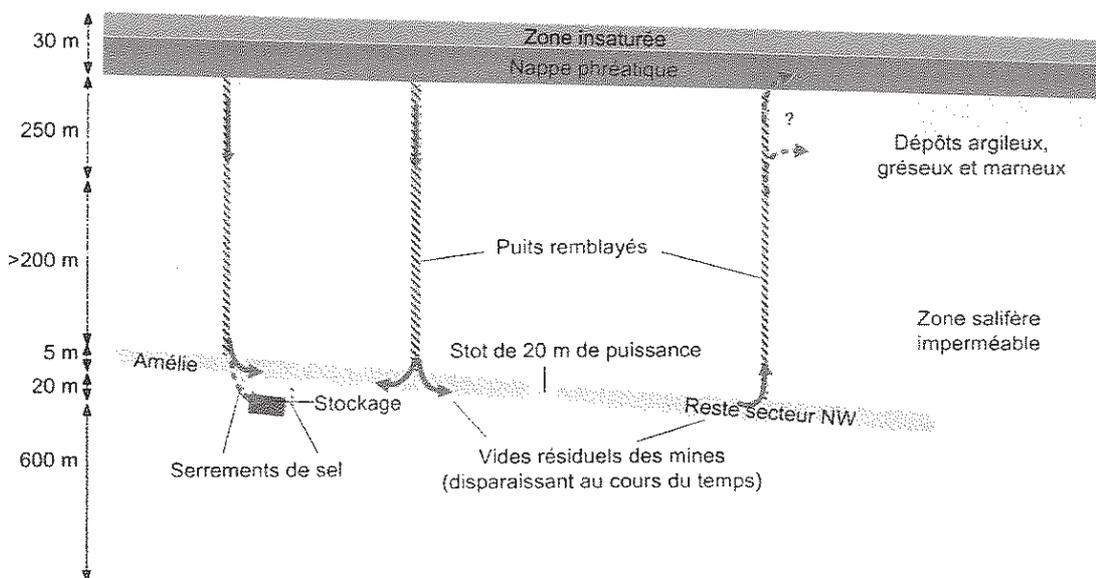


Fig. 5.8a : Description schématique du lessivage de polluants suite à une circulation d'eau à travers les mines en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest (scénario "Amélie et NW en liaison")

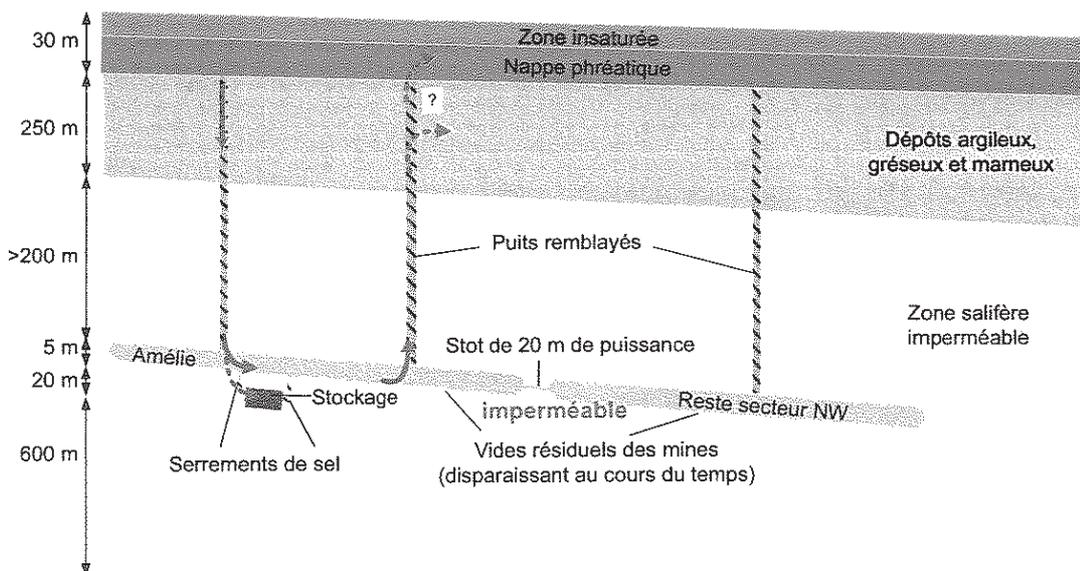


Fig. 5.8b : Description schématique du lessivage de polluants suite à une circulation d'eau à travers les mines en l'absence de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest (scénario "Amélie isolée").

Comme discuté dans le rapport MICA, deux cas sont à distinguer selon si le stot de 20 m de puissance entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest du bassin de Wittelsheim permet (scénario "Amélie et NW en liaison") ou ne permet pas la circulation d'eau (scénario "Amélie isolée"). Le modèle utilisé pour évaluer la possible dissémination des polluants est présenté aux paragraphes 5.7.2.1 ("Amélie et NW en liaison") et 5.7.2.2 ("Amélie isolée").

Il faut rappeler ici que l'établissement d'une circulation d'eau à travers les mines n'est possible qu'à certaines conditions (entre autres une forte dilution de la saumure sortant des mines par les eaux du tertiaire pour lesquelles très peu d'informations sont disponibles, voir rapport MICA).

Les calculs des débits d'entrée et de sortie d'eau reposent sur diverses hypothèses pénalisantes, dont en particulier une perméabilité des bouchons de cendres de  $5.8 \cdot 10^{-7}$  m/s plus élevée que celle observée in-situ (voir rapport MICA). Sur la base de cette perméabilité, des débits d'entrée d'eau de l'ordre de 100 à 250 m<sup>3</sup> par mois et par puits peuvent être calculés durant la période d'ennoyage. Lors de la période d'observation de deux ans des puits Fernand Est et Anna Est, aucune arrivée d'eau n'a été observée au pied des puits. Ces observations suggèrent qu'en raison du colmatage progressif des vides interstitiels par les cendres volantes, la perméabilité effective des bouchons est très inférieure à la valeur  $5.8 \cdot 10^{-7}$  m/s. *Il faut donc considérer que tous les calculs donnent des valeurs par excès par rapport à la réalité de terrain (voir rapport MICA).*

## 5.7.2 Paramètres du système considéré

**Les paramètres relatifs aux volumes des différents compartiments et aux débits d'eau sont présentés dans le rapport de MICA Environnement.** Les tableaux du présent document, résumant les débits d'eau en fonction du temps, ont été validés par MICA pour les différents scénarios.

### 5.7.2.1 Scénario "Amélie et secteur NW en liaison"

Ce scénario présuppose que le stot de 20 m de puissance entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest du bassin de Wittelsheim n'est pas étanche.

Pour la modélisation du transport de polluants à travers les mines, le système minier est divisé en différents compartiments en liaison hydraulique les uns avec les autres (voir figure 5.9 ci-dessous). Les compartiments suivants sont considérés (du secteur à la cote la plus basse au secteur à la cote la plus élevée) :

- les mines du secteur Nord-Ouest de volume  
 $V_{NW} : 5.45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ;
- la partie de la mine Amélie à une cote inférieure à celle du stockage ("Ab")  
 $V_{Ab} : 3.28 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ;

- la zone du stockage Stocamine ("Stoc")<sup>3</sup>  
 $V_{\text{Stoc}} : 8.00 \cdot 10^4 \text{ m}^3;$
- la partie de la mine Amélie à une cote supérieure à celle du stockage ("Ah")  
 $V_{\text{Ah}} : 2.21 \cdot 10^6 \text{ m}^3;$

Les volumes ont été estimés pour une période correspondant approximativement à la date de l'ennoyage des mines (voir rapport MICA). La diminution ultérieure du volume à travers lequel l'eau peut circuler suite à la convergence du sel n'est pas prise en compte dans le modèle simplifié.

Durant la période précédant l'ennoyage complet des mines, les débits globaux d'arrivée d'eau sont les suivants :

- dans les mines du secteur Nord-Ouest  
 $Q_{\text{NW}}^{\text{in}} : 19'200 \text{ m}^3/\text{a};$
- dans la partie de la mine Amélie à une cote inférieure à celle du stockage  
 $Q_{\text{Ab}}^{\text{in}} : 1'560 \text{ m}^3/\text{a};$
- dans la partie de la mine Amélie à une cote supérieure à celle du stockage  
 $Q_{\text{Ah}}^{\text{in}} : 840 \text{ m}^3/\text{a};$

Sur la base des volumes et des flux présentés ci-dessus, le temps d'ennoyage théorique est de 404 ans pour le stockage de déchets et de 506 ans pour l'ensemble des mines.

Après l'ennoyage des mines, les puits Joseph et Else introduiront des eaux en amont du stockage ( $Q_{\text{Ah}}^{\text{in}}$ ) avec un débit total de  $54 \text{ m}^3/\text{a}$ . Au moment de l'ennoyage des mines, il est estimé qu'au maximum 10% de l'eau (c.-à-d.  $5 \text{ m}^3/\text{a}$ ) pourra circuler par le biais de fissures à travers la zone occupée par les déchets. Suite à l'écrasement des déchets par le sel, le débit à travers la zone de déchets diminuera progressivement et sera nul au plus tard 10'000 ans après la fermeture définitive du stockage.

Les puits Max, Amélie 1 et 2 introduiront de l'eau en aval du stockage ( $Q_{\text{Ab}}^{\text{in}}$ ) avec un débit total de  $92 \text{ m}^3/\text{a}$ . Le puits Berrwiller permettra l'arrivée d'environ  $49 \text{ m}^3/\text{a}$  dans le secteur Nord-Ouest.

4 puits ou paires de puits pourraient permettre la remontée d'eau depuis les mines ( $Q^{\text{out}}$ ) avec un débit total de  $195 \text{ m}^3/\text{a}$ :

- Schoenensteinbach (17% des débits de sortie);
- Rodolphe 1 et 2 (29% des débits de sortie);

<sup>3</sup> Le temps théorique de l'ennoyage du stockage est d'environ 400 ans. Le volume total de la zone à confiner est de  $255'000 \text{ m}^3$ . Après 400 ans, le stockage sera refermé à 60%, le volume total confiné sera donc de  $102'000 \text{ m}^3$  ( $255'000 \text{ m}^3 \cdot 40\%$ ). La densité nette des déchets (c.-à-d. après soustraction de leur porosité) est de l'ordre de 2 à  $2.5 \text{ t}/\text{m}^3$ . Le volume net occupé par les déchets est donc d'environ  $(44'000 \text{ t}) / (2 \text{ t}/\text{m}^3) = 22'000 \text{ m}^3$ . Le volume pouvant être envahi par de l'eau est donc de  $102'000 - 22'000 \text{ m}^3 = 80'000 \text{ m}^3$ .

- Alex (7% des débits de sortie);
- Ungersheim 1 et 2 (47% des débits de sortie).

L'établissement d'un flux par les puits Staffelfelden, Marie et Louise est incertain et n'est pas considéré plus en détail dans le cadre des présentes évaluations.

Il faut rappeler que l'établissement d'une circulation d'eau n'est possible que si les eaux remontant depuis les zones salifère sont diluées au minimum d'un facteur 2 par des eaux non salées du tertiaire. Dans le cas contraire, le poids de la colonne d'eau (salée) bloc la circulation (voir rapport MICA). Les débits appliqués dans le modèle présupposent une dilution de la saumure d'un facteur 10 à 20. Pour la suite des évaluations, il est supposé que seulement la moitié des polluants est entraînée vers le tertiaire. Le reste des polluants est entraîné en direction de la nappe phréatique à travers les remblais des puits.

Après l'ennoyage des mines, il faut distinguer pour chaque compartiment des mines les zones dans lesquelles une circulation d'eau peut s'effectuer (zones marquées avec un "1" à la figure 5.9) et les zones "mortes", c.-à-d. sans renouvellement d'eau ("2").

Comme la circulation d'eau est très lente, une concentration approximativement homogène peut être admise à l'intérieur des différents compartiments.

La figure 5.9 et le tableau 5.6 présentent le système modélisé et les paramètres appliqués. La concentration des polluants au moment de l'ennoyage du stockage est celle indiquée dans le tableau 5.3.

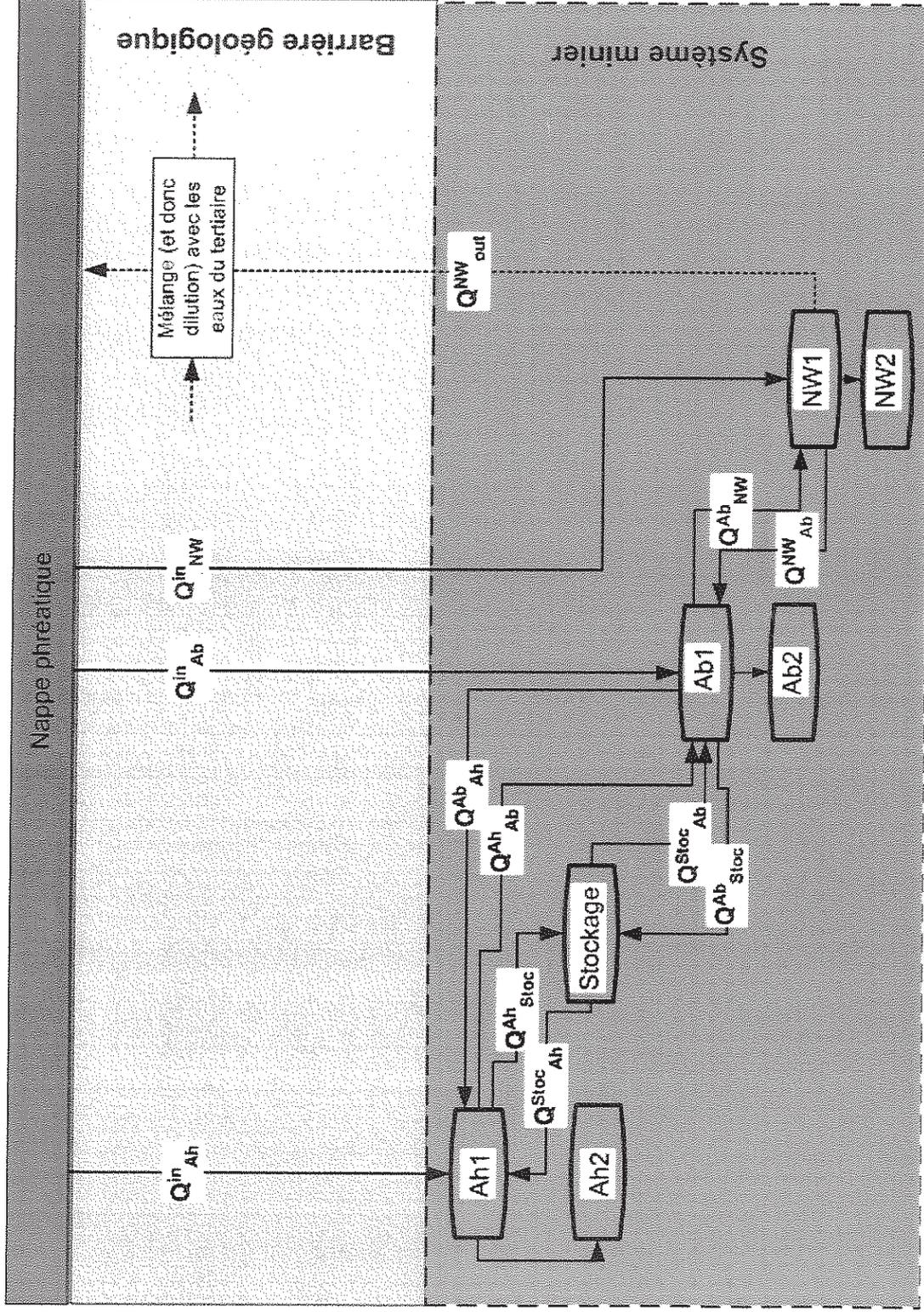


Fig. 5.9 : Système modélisé pour le lessivage de polluants en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest

Tab. 5.6 : Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants en cas de liaison entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest

<b>Paramètres pour le scénario de lessivage (communication entre la mine Amélie et le reste du bloc NW)</b>		8.00E+04 y compris porosité des déchets	
	$V_{Stoc}$ (m <sup>3</sup> )		
Volume de stockage au moment de l'ennoyage, y compris accès et déchets			
Volume total de la mine Amélie à un niveau supérieur à celui du stockage	$V_{Ah}$ (m <sup>3</sup> )	2.21E+06	
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ah1}$ (m <sup>3</sup> )	1.11E+05	5%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ah2}$ (m <sup>3</sup> )	2.10E+06	95%
Volume total de la mine Amélie à un niveau inférieur à celui du stockage	$V_{Ab}$ (m <sup>3</sup> )	3.28E+06	
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ab1}$ (m <sup>3</sup> )	6.56E+05	20%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ab2}$ (m <sup>3</sup> )	2.62E+06	80%
Volume du reste du bloc NW	$V_{NW}$ (m <sup>3</sup> )	5.45E+06	
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{NW1}$ (m <sup>3</sup> )	2.73E+06	50%
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{NW2}$ (m <sup>3</sup> )	2.73E+06	50%
Volume de l'ensemble des mines	$V_{mines}$ (m <sup>3</sup> )	1.09E+07	

<b>Débit d'eau à travers les mines en fonction du temps</b>						
	A partir de la fermeture des mines (t = 0 a)	A partir de l'ennoyage du secteur NW (t = 252 a)	A partir de l'ennoyage du stockage (t = 404 a)	A partir de l'ennoyage complet (t = 506 a)	t = 10'000 a	
Débit d'entrée dans la partie haute de la mine Amélie	$Q_{Ah}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	840	840	840	54	54
Débit d'entrée dans la partie basse de la mine Amélie	$Q_{Ab}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	1'560	1'560	1'560	92	92
Débit d'entrée dans le reste du secteur NW	$Q_{NW}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	19'200	19'200	19'200	49	49
Débit de sortie dans le secteur NW	$Q_{NWout}$ (m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	195	195
Débit Ah1 -> Ab1	$Q_{Ah1}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	840	840	0	49	54
Débit Ah1 -> Ah2	$Q_{Ah2}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	0	0	20'520	0	0
Débit Ah1 -> Stoc	$Q_{Stoc}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	5	0
Débit Stoc -> Ah1	$Q_{StocAh}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	0	0	21	0	0
Débit Stoc -> Ab1	$Q_{StocAb}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	5	0
Débit Ab1 -> Ah1	$Q_{Ab1}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	0	0	0	0	0
Débit Ab1 -> Ab2	$Q_{Ab2}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	0	17'280	0	0	0
Débit Ab1 -> Stoc	$Q_{Stoc}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	0	0	21	0	0
Débit Ab1 -> NW1	$Q_{NW}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	2'400	0	0	146	146
Débit NW1 -> Ab1	$Q_{NWAb}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	0	19'200	19'200	0	0
Débit NW1 -> NW2	$Q_{NW1NW2}^m$ (m <sup>3</sup> /a)	10'800	0	0	0	0
Fraction des polluants remontant des mines pouvant atteindre le quaternaire par le biais des puits	f	(-)	0	0	50%	50%

### 5.7.2.2 Scénario "Amélie isolée"

Ce scénario présuppose que le stot de 20 m de puissance entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest du bassin de Wittelsheim est étanche comme supposé lors des évaluations de l'Ecole des Mines [4]. Le système utilisé pour la modélisation du lessivage des polluants est analogue à celui appliqué pour le scénario "Amélie et NW en liaison".

Les volumes des compartiments "Amélie basse" et "Amélie haute" et les débits d'entrée d'eau correspondent à ceux présentés au paragraphe 5.7.2.1. Il est à noter que la mine Amélie ne compte que 5 puits (Joseph, Else, Max, Amélie 1 et 2) et qu'en conséquence le débit total des entrées d'eau est très inférieur au débit total d'entrées d'eau pour le scénario "Amélie et NW en liaison" (2'400 m<sup>3</sup>/a contre 21'600 m<sup>3</sup>/a)

Sur la base des volumes et des flux discutés ci-dessus, le temps d'ennoyage théorique est de 1'370 ans pour le stockage de déchets et de 2'290 ans pour l'ensemble des mines.

Le volume du stockage au moment de l'ennoyage (après 1'370 ans) sera d'environ 47'000 m<sup>3</sup>.<sup>4</sup>

Après l'ennoyage des mines, les puits Joseph et Else introduiront des eaux en amont du stockage ( $Q_{Ah}^{in}$ ) avec un débit total d'au maximum 10 m<sup>3</sup>/a. Au moment de l'ennoyage des mines, il est estimé qu'au maximum 10% de l'eau (c.-à-d. 1 m<sup>3</sup>/a) pourra circuler par le biais de fissures à travers la zone occupée par les déchets. Suite à l'écrasement des déchets par le sel, le débit à travers la zone de déchets diminuera progressivement et sera nul au plus tard 10'000 ans après la fermeture définitive du stockage.

3 puits pourraient permettre la remontée d'eau depuis les mines ( $Q_{out}$ ) avec un débit total de 10 m<sup>3</sup>/a :

- Amélie 1 et 2 (54% des débits de sortie);
- Max (46% des débits de sortie).

Il faut rappeler que, comme dans le scénario "Amélie et NW en liaison" l'établissement d'une circulation d'eau n'est possible que si les eaux remontant depuis les zones salifère sont diluées et entraînées par des eaux non salées du tertiaire.

La figure 5.10 et le tableau 5.7 présentent le système modélisé et les paramètres appliqués. La concentration des polluants au moment de l'ennoyage du stockage est celle indiquée dans le tableau 5.3.

---

<sup>4</sup> Le volume total de la zone à confiner est de 255'000 m<sup>3</sup> dont 70'000 m<sup>3</sup> pour les blocs remplis de déchets. Après 1'370 ans, le stockage sera refermé à environ 75%. Les déchets seront écrasés par le sel et la porosité résiduelle dans ces blocs sera quasiment nulle. Seules les zones sans déchets (galeries et blocs vides) pourront être remplies d'eau. Le volume pouvant être rempli d'eau sera donc de (255'000 m<sup>3</sup> - 70'000 m<sup>3</sup>)·25%, c.-à-d. environ 47'000 m<sup>3</sup>.

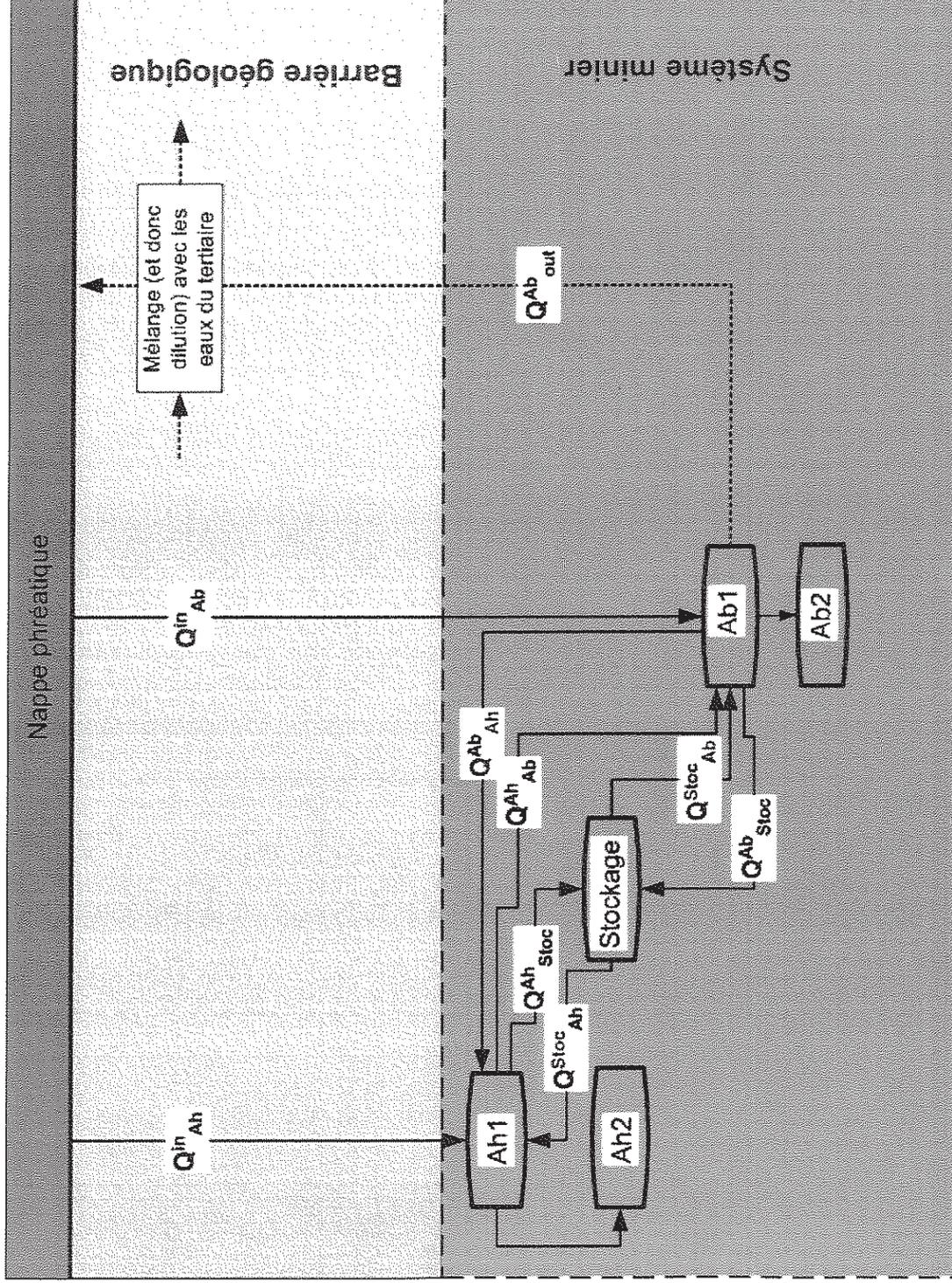


Fig. 5.10 : Système modélisé pour le lessivage de polluants pour la mine Amélie isolée du reste du secteur Nord-Ouest

Tab. 5.7 : Paramètres du système pour la modélisation du lessivage de polluants si la mine Amélie demeure isolée

<b>Paramètres pour le scénario de lessivage (Amélie isolée du bloc NW)</b>			
<b>Volume de l'exploitation minière</b>			
Volume du stockage au moment de l'ennoyage	$V_{Stoc}$	(m <sup>3</sup> )	4.70E+04 les déchets sont écrasés et leur porosité résiduelle est négligeable
Volume de la mine Amélie à un niveau supérieur à celui du stockage	$V_{Ah}$	(m <sup>3</sup> )	2.21E+06
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ah1}$	(m <sup>3</sup> )	1.11E+05 5%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ah2}$	(m <sup>3</sup> )	2.10E+06 95%
Volume de la mine Amélie à un niveau inférieur à celui du stockage	$V_{Ab}$	(m <sup>3</sup> )	3.28E+06
Volume du système avec circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ab1}$	(m <sup>3</sup> )	4.26E+05 13%
Volume du système sans circulation d'eau après ennoyage des mines	$V_{Ab2}$	(m <sup>3</sup> )	2.85E+06 87%
<b>Débit d'eau à travers les mines en fonction du temps</b>			
Débit d'entrée dans la partie haute de la mine Amélie	$Q_{Ah}^m$	(m <sup>3</sup> /a)	840 10
Débit d'entrée dans la partie basse de la mine Amélie	$Q_{Ab}^m$	(m <sup>3</sup> /a)	1'560 0
Débit de sortie à partir de la partie basse de la mine Amélie	$Q_{Ab}^{out}$	(m <sup>3</sup> /a)	0 10
Débit Ah1 -> Ab1	$Q_{Ah1}^{Ab}$	(m <sup>3</sup> /a)	840 9
Débit Ah1 -> Ah2	$Q_{Ah1}^{Ah2}$	(m <sup>3</sup> /a)	0 10
Débit Ah1 -> Stoc	$Q_{Ah1}^{Stoc}$	(m <sup>3</sup> /a)	0 1
Débit Stoc -> Ah1	$Q_{Stoc}^{Ah}$	(m <sup>3</sup> /a)	0 0
Débit Stoc -> Ab1	$Q_{Stoc}^{Ab}$	(m <sup>3</sup> /a)	2 0
Débit Ab1 -> Ah1	$Q_{Ab1}^{Ah}$	(m <sup>3</sup> /a)	0 1
Débit Ab1 -> Ab2	$Q_{Ab1}^{Ab2}$	(m <sup>3</sup> /a)	0 0
Débit Ab1 -> Stoc	$Q_{Ab1}^{Stoc}$	(m <sup>3</sup> /a)	2'088 0
Fraction des polluants remontant des mines pouvant atteindre le quaternaire par le biais des puits	f	(-)	0 50% 50%

### 5.7.3 Flux de polluants en fonction du temps

Le transport des polluants suite à un lessivage du stockage et une circulation d'eau à travers les mines a été évalué à l'aide du logiciel Aquasim [A14, A15].

#### 5.7.3.1 Scénario "Amélie et NW en liaison"

La figure 5.11 présente l'évolution des volumes d'eau dans les différents compartiments des mines. Il faut rappeler que la diminution, suite à la convergence du sel, du volume par lequel une circulation d'eau peut avoir lieu n'est pas prise en compte dans le modèle simplifié (voir aussi paragraphe 5.7.4).

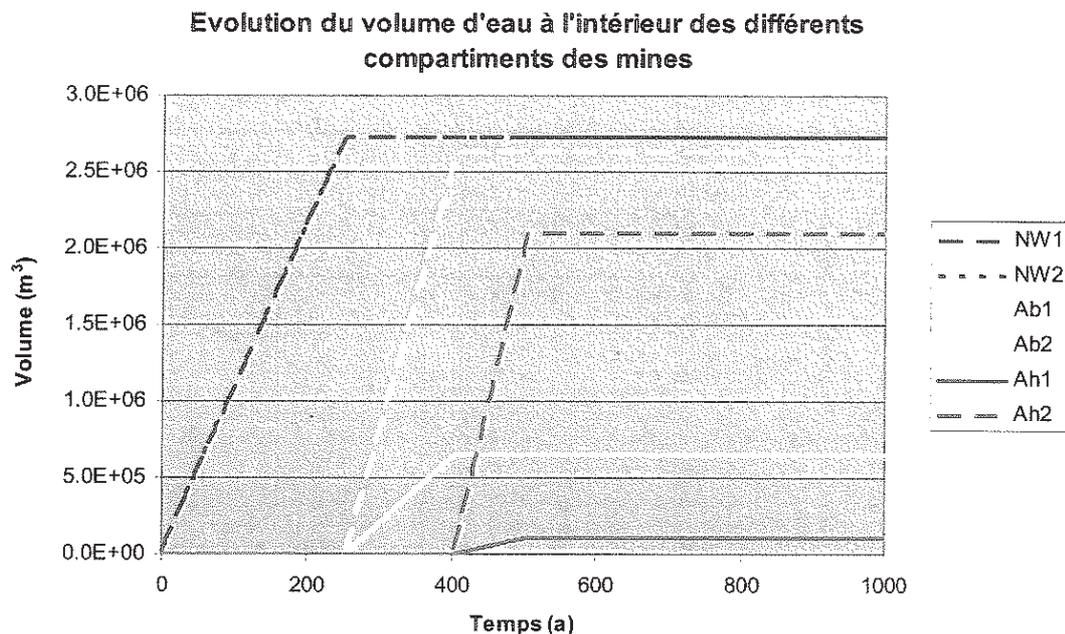


Fig. 5.11 : Evolution du volume d'eau dans les différents compartiments des mines, scénario "Amélie et NW en liaison"

La figure 5.12 présente l'évolution des concentrations d'arsenic (c.-à-d. la substance dont la concentration est la plus importante dans le stockage au moment de l'ennoyage) à l'intérieur des mines en fonction du temps.

Comme indiqué à la figure 5.12, le lessivage des polluants débute au moment de l'ennoyage du stockage, c.-à-d. environ 400 ans après la fermeture définitive des puits. Ce lessivage est très lent. Les impacts des émissions pouvant avoir lieu à partir des mines du secteur Nord-Ouest sont discutés au paragraphe 5.8.

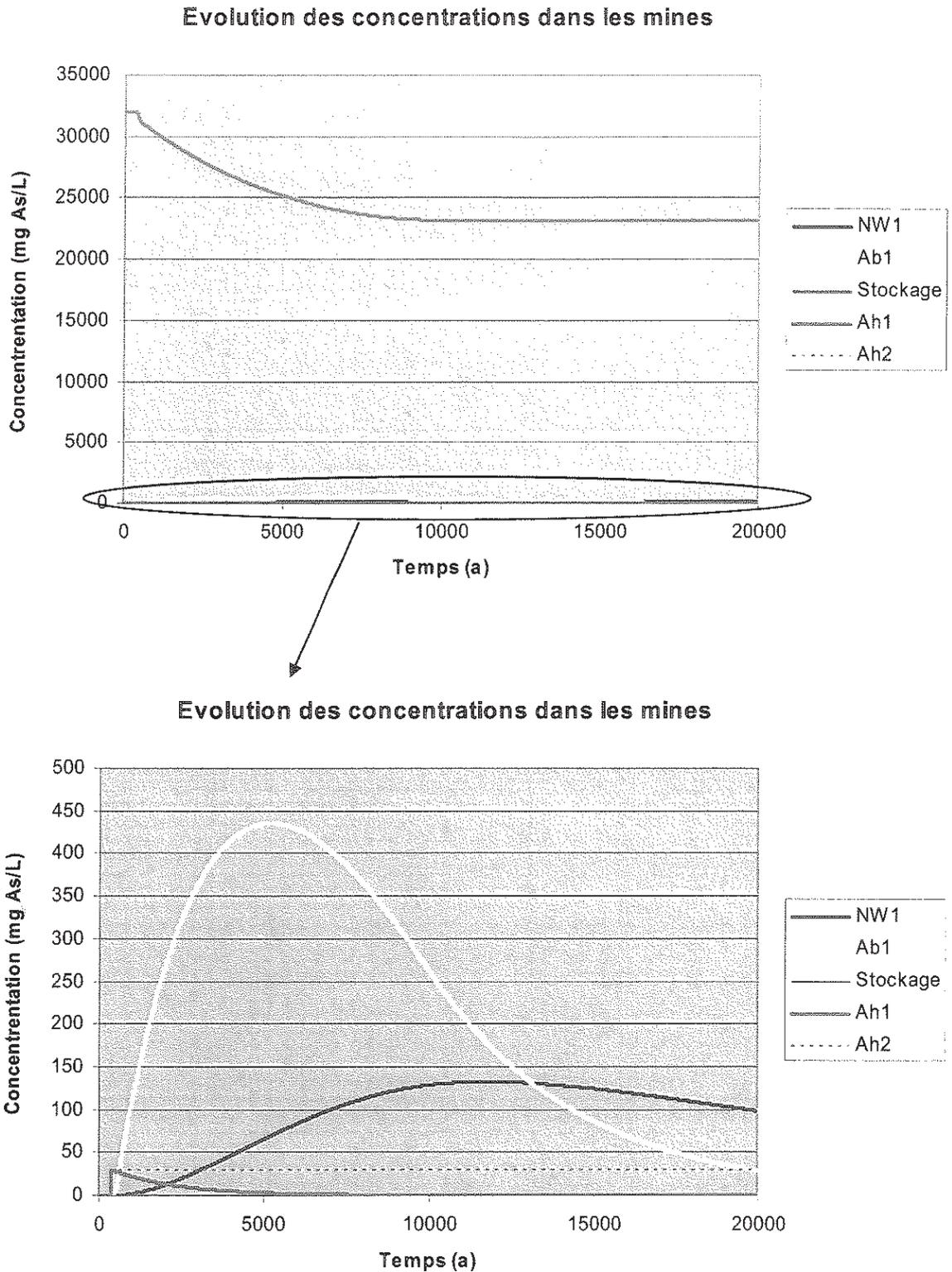


Fig. 5.12 : Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines, scénario "Amélie et NW en liaison"

### 5.7.3.2 Scénario "Amélie isolée"

La figure 5.13 présente l'évolution des volumes d'eau dans les différents compartiments des mines pour le scénario "Amélie isolée".

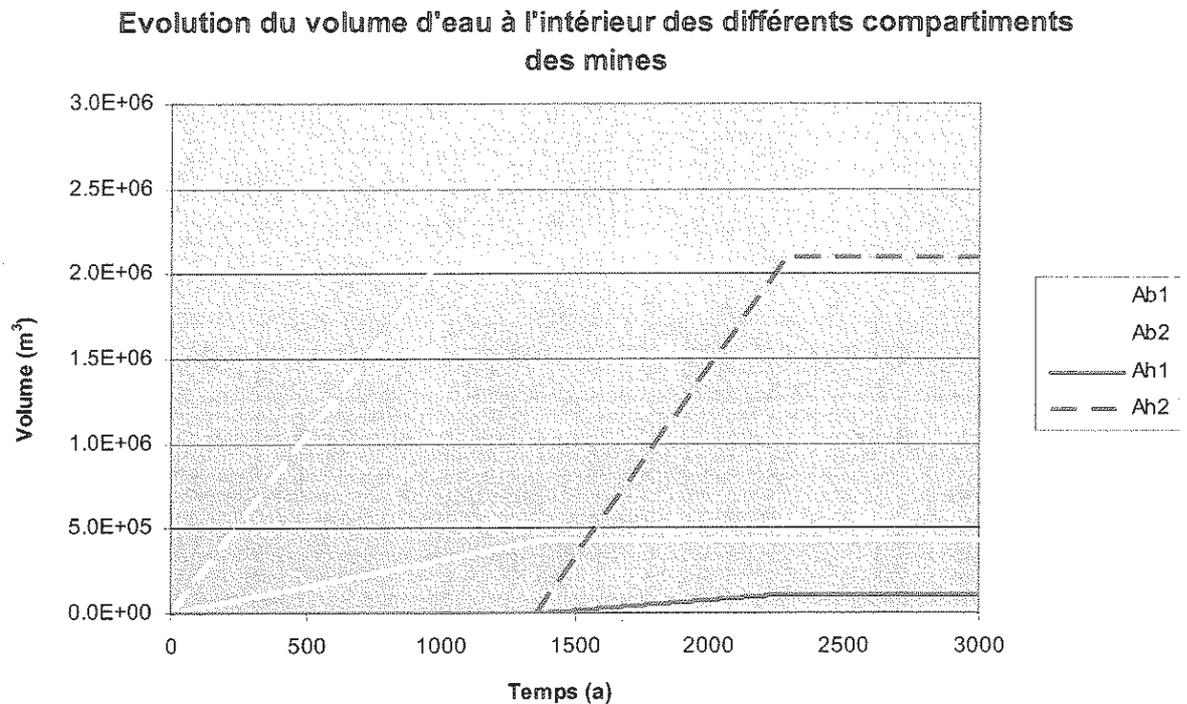


Fig. 5.13 : Evolution du volume d'eau dans les différents compartiments des mines, scénario "Amélie isolée"

La figure 5.14 présente l'évolution des concentrations d'arsenic (c.-à-d. la substance dont la concentration est la plus importante dans le stockage au moment de l'ennoyage) à l'intérieur des mines en fonction du temps.

Comme indiqué par la figure 5.14, le lessivage des polluants débute au moment de l'ennoyage du stockage, c.-à-d. environ 1'370 ans après la fermeture définitive des puits. Ce lessivage est très lent. Les impacts des émissions pouvant avoir lieu à partir des mines du secteur Nord-Ouest sont discutés au paragraphe 5.8.

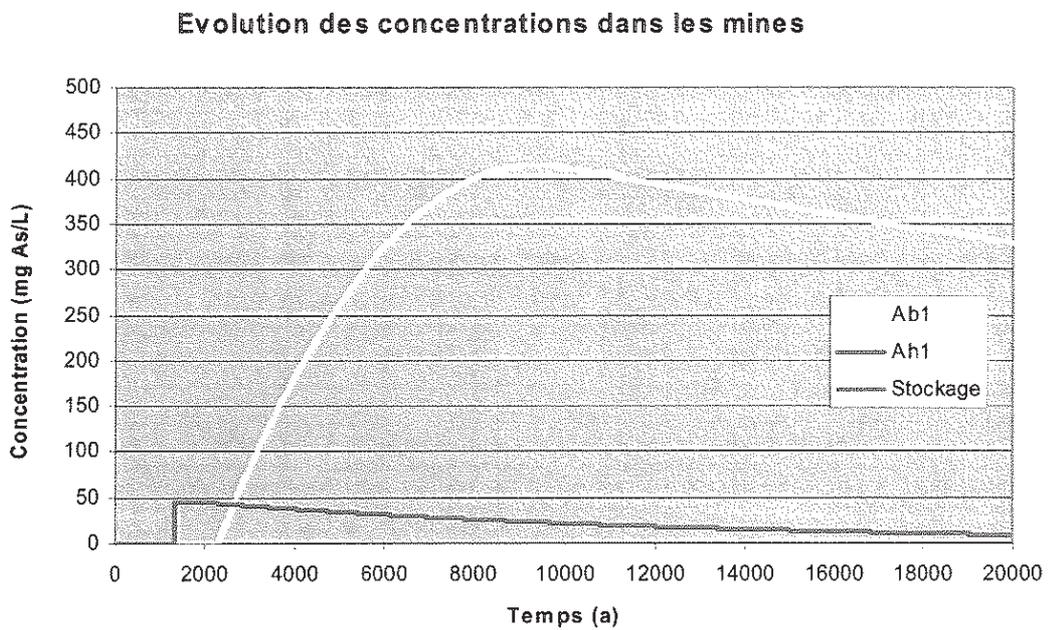
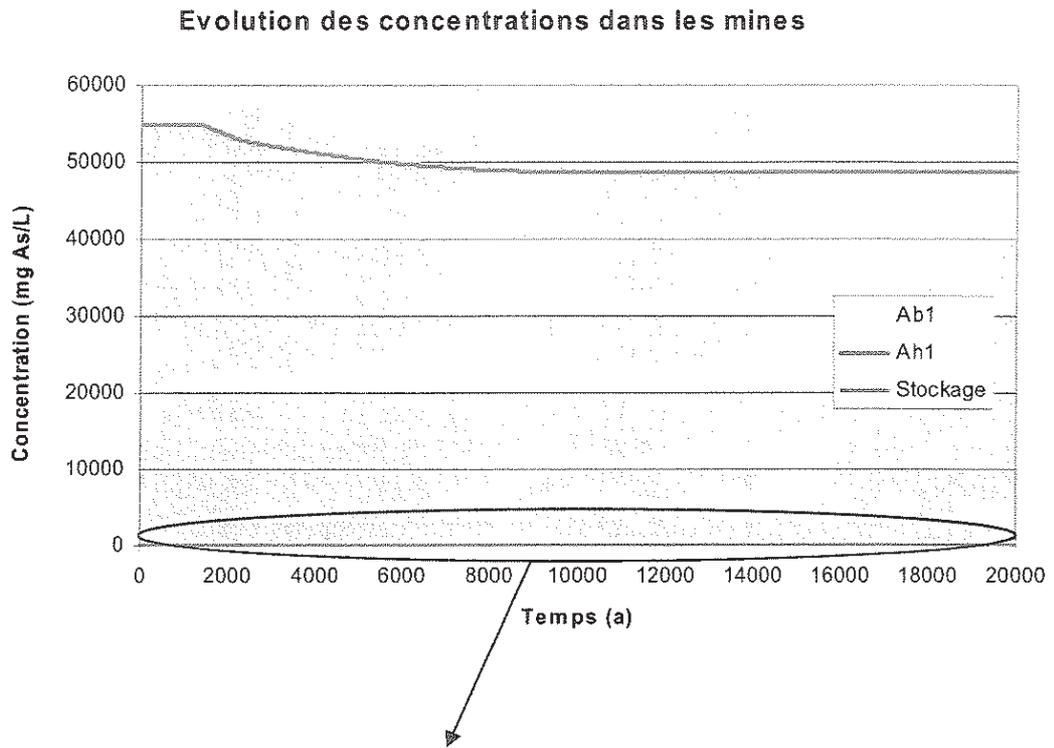


Fig. 5.14 : Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines, scénario "Amélie isolée"

## 5.7.3.3 Flux calculés

Le tableau 5.8 présente le flux de polluants sortant de la zone salifère en fonction du temps, pour les deux scénarios de lessivage considérés.

Tab. 5.8 : Evaluation du flux de polluants pouvant sortir de la zone salifère suite au lessivage du stockage

Scénario Temps Polluants	Flux de polluants sortant de la zone salifère (kg/a)									
	Amélie et NW en liaison ennoyage complet					Amélie isolée ennoyage complet				
	50 a	100 a	500 a	1'000 a	10'000 a	50 a	100 a	1'000 a	2'000 a	10'000 a
As	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.8E-01	2.5E+01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.1E+00
Cd	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-02	1.3E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-01
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-02	1.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-01
Hg	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	5.2E-03	4.6E-01	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.6E-02
Pb	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-02	2.3E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.8E-01
CN <sup>-</sup>	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.8E-02	1.5E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-01
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-08	2.4E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-07
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.8E-12	2.8E-10	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-11

#### 5.7.4 Conclusions pour le lessivage de polluants

Sur la base des figures 5.12 et 5.14 et du tableau 5.8, il apparaît qu'un lessivage de polluants serait très lent. Les émissions à partir de la zone salifère à 50, 100 ou 1'000 ans sont nulles ou extrêmement limitées. A très long terme (de l'ordre de 10'000 ans après la fermeture du stockage), des émissions d'arsenic de l'ordre de 4 à 25 kg/a sont envisageables. Il faut cependant rappeler que, conformément au cahier des charges, le modèle a été conçu pour évaluer les émissions durant le millénaire suivant la fermeture du stockage. Les évaluations à très long terme (plusieurs milliers d'années), réalisées à l'aide de ce modèle, sont entachées d'incertitudes importantes<sup>5</sup>.

Il est à noter que les émissions de polluants sont environ 5 fois plus faibles si le stot de 20 m entre la mine Amélie et le reste du secteur Nord-Ouest ne permet pas la circulation d'eau (comme supposé lors des études antérieures [4]). Cette différence s'explique par les débits d'entrée et de sortie d'eau plus faibles pour ce scénario.

L'impact potentiel des émissions sur les biens à protéger est discuté au paragraphe suivant (paragraphe 5.8).

---

<sup>5</sup> La convergence du sel pourrait en principe conduire à une apparition légèrement plus précoce du "pic" de polluants, sans toutefois modifier de manière fondamentale le niveau des émissions. Il faut en outre noter que la convergence du sel accroîtra la résistance des mines à la circulation de l'eau et des polluants dissous (voir rapport MICA).

## 5.8 Quantification de l'exposition des biens à protéger

Comme démontré dans les paragraphes précédents, le transport par diffusion à travers la zone salifère non perturbée est négligeable. Un tel transport ne peut en aucun cas conduire à une mise en danger des biens à protéger. Ce mécanisme n'est donc pas considéré plus en détail pour la suite des évaluations.

L'impact potentiel des polluants gazeux (en particulier de l'acide cyanhydrique), transitant par la zone perturbée le long des puits et atteignant la nappe phréatique, est discuté ci-dessous.

Un lessivage de polluants suite à une circulation d'eau à travers les mines (laquelle circulation n'est pas certaine) est le mécanisme pouvant potentiellement entraîner les flux de polluants les plus importants. L'impact potentiel du lessivage des polluants sur les eaux de surface et sur un éventuel captage d'eau potable est discuté ci-dessous.

### 5.8.1 Eaux de surface

Pour évaluer l'impact potentiel des éventuelles émissions suite à un transport de gaz et/ou au lessivage des déchets, il est supposé que tous les polluants quittant les zones salifères soient directement ou indirectement drainés en direction de la Thur. Les concentrations calculées sont présentées dans le tableau 5.9 (page suivante). Le calcul effectué est illustré pour les émissions d'arsenic (c.-à-d. le polluant dont les émissions potentielles sont les plus importantes) 1'000 ans après le confinement définitif des déchets (scénario "Amélie et NW en liaison") :

$$C_{Thur} = \frac{F_{As}}{Q_{Thur}} = \frac{0.28 \text{ kg/a}}{1.75 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{a}} = \frac{0.28 \text{ g/a}}{1.75 \cdot 10^8 \text{ L/a}} = \frac{2.8 \cdot 10^5 \mu\text{g/a}}{1.75 \cdot 10^8 \text{ L/a}} = 0.002 \mu\text{g/L}$$

Avec  $C_{Thur}$ , l'augmentation potentielle de la concentration d'arsenic dans la Thur,  $F_{As}$ , le flux massique total d'arsenic sortant de la zone salifère (voir tableau 5.8) et  $Q_{Thur}$  le débit de la Thur<sup>6</sup> (voir tableau 5.1).

*Comme indiqué par le calcul ci-dessus et le tableau 5.9, les augmentations des concentrations suite à des éventuelles émissions de polluants sont très inférieures aux objectifs de protection pour les eaux de surface définis dans le tableau 4.1.*

<sup>6</sup> Comme les objectifs de protection ont été fixés en fonction de la toxicité chronique (valeur PNEC, voir tableau 4.1), le débit moyen et non le débit d'étiage de la Thur est pris en compte.

Tab. 5.9a : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions (dégazage et lessivage), scénario "Amélie et secteur NW en liaison"

Polluants	Augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface						Objectifs de protection pour les eaux de surface
	Amélie et NW en liaison						
	après 50 ans	après 100 ans	après 500 ans (ennoyage complet)	après 1'000 ans	après 10'000 ans	après 10'000 ans	
As	3.7E-10	1.1E-09	8.8E-08	1.6E-03	1.4E-01	4-40	
Cd	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.6E-05	7.6E-03	0.2-4	
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.4E-05	5.7E-03	4.00	
Hg	2.5E-10	7.5E-10	5.8E-08	3.0E-05	2.6E-03	0.2-3	
Pb	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.5E-04	1.3E-02	5-30	
CN'	4.3E-08	1.3E-07	2.2E-02	1.0E-04	8.8E-03	0.50	
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-10	1.3E-08		
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-14	1.6E-12		

Tab. 5.9b : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions (dégazage et lessivage), scénario "Amélie isolée"

Polluants	Augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface						Objectifs de protection pour les eaux de surface
	Amélie isolée						
	après 50 ans	après 100 ans	après 1'000 ans	après 2'000 ans (ennoyage complet)	après 10'000 ans	après 10'000 ans	
As	7.5E-11	1.9E-10	3.0E-09	8.8E-08	2.3E-02	4-40	
Cd	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-03	0.2-4	
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.4E-04	4.00	
Hg	5.0E-11	1.2E-10	2.0E-09	5.8E-08	4.3E-04	0.2-3	
Pb	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-03	5-30	
CN'	8.7E-09	2.2E-08	3.5E-07	3.7E-02	1.5E-03	0.50	
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-09		
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-13		

### 5.8.2 Captage d'eau potable

Pour évaluer la mise en danger d'un éventuel captage d'eau potable, il a été supposé qu'un captage soit implanté en aval d'un des puits (ou d'une paire de puits) par lesquels de l'acide cyanhydrique gazeux ou des eaux polluées pourraient remonter.

Le cas le plus défavorable vis-à-vis des émissions d'acide cyanhydrique gazeux remontant par la zone perturbée le long des puits, est celui d'un captage situé en aval des puits Joseph et Else. Pour calculer les concentrations de polluants dans un tel captage, il a été supposé que l'ensemble de l'acide cyanhydrique émis se retrouve dans l'eau captée.

Le cas le plus défavorable vis-à-vis des émissions suite à un lessivage des polluants est celui d'un captage implanté en aval des puits Ungersheim 1 et 2 (pour le scénario "Amélie et NW en liaison"), respectivement en aval des puits Amélie 1 et 2 (pour le scénario "Amélie isolée").

Le tableau 5.10 (page suivante) présente les concentrations calculées dans les eaux du captage le plus exposé. Le calcul effectué est illustré pour les émissions d'arsenic (c.-à-d. le polluant dont les émissions potentielles sont les plus importantes) 1'000 ans après le confinement définitif des déchets (scénario "Amélie et NW en liaison"). Un captage d'eau potable situé en aval des puits Ungersheim 1 et 2 est considéré :

$$C_{Thur} = \frac{F_{As} \cdot f_{Ungersheim} \cdot f_{Quartenaire}}{Q_{Captage}} = \frac{0.28 \text{ kg / a} \cdot 47\% \cdot 50\%}{9 \cdot 10^5 \text{ m}^3 / \text{a}} = 0.07 \mu\text{g / L}$$

Avec  $C_{Thur}$ , l'augmentation potentielle de la concentration d'arsenic dans la Thur,  $F_{As}$ , le flux massique total d'arsenic sortant de la zone salifère (voir tableau 5.8),  $f_{Ungersheim}$ , la fraction de l'eau remontant des mines et transitant par les puits Ungersheim (47%, voir paragraphe 5.7.2.1),  $f_{Quartenaire}$ , la fraction de polluants remontant jusqu'à la nappe alluviale (50%, voir paragraphe 5.7.2.1) et  $Q_{Captage}$  le débit minimal d'un éventuel captage d'eau potable (voir tableau 5.1).

A 50, 100 ou 1'000 ans, l'augmentation des concentrations est très faible et ne serait probablement pas observable. Au moment des émissions (théoriques) maximales, à savoir environ 10'000 ans après la fermeture des mines, l'augmentation des concentrations serait probablement observable mais n'engendrerait pas un dépassement des objectifs réglementaires actuels pour l'eau de boisson.

*Dans tous les cas envisagés, les augmentations des concentrations suite à des éventuelles émissions de polluants sont toujours inférieures aux objectifs de protection pour les eaux de boisson.*

Tab. 5.10a : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions (dégazage ou lessivage), scénario "Amélie et secteur NW en liaison"

Polluants	Augmentation maximale des concentrations dans un captage à l'aval d'un des puits de "sortie"					Objectifs de protection pour captages
	après 50 ans	après 100 ans	Amélie et NW en liaison après 500 ans (ennoyage complet)	après 1'000 ans	après 10'000 ans	
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
As	7.3E-08	2.2E-07	1.7E-05	7.4E-02	6.5E+00	10
Cd	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.0E-03	3.5E-01	5
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.9E-03	2.6E-01	50
Hg	4.8E-08	1.5E-07	1.1E-05	1.4E-03	1.2E-01	1
Pb	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-03	6.0E-01	10
CN <sup>-</sup>	8.5E-06	2.5E-05	4.3E+00	4.6E-03	4.0E-01	50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.1E-09	6.1E-07	2.0E-01
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.3E-13	7.3E-11	2.0E-06

Tab. 5.10b : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions (dégazage ou lessivage), scénario "Amélie isolée"

Polluants	Augmentation maximale des concentrations dans un captage à l'aval d'un des puits de "sortie"					Objectifs de protection pour captages
	après 50 ans	après 100 ans	Amélie isolée après 1'000 ans	après 2'000 ans (ennoyage complet)	après 10'000 ans	
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
As	1.5E-08	3.6E-08	5.8E-07	1.7E-05	1.2E+00	10
Cd	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.6E-02	5
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.9E-02	50
Hg	9.7E-09	2.4E-08	3.9E-07	1.1E-05	2.3E-02	1
Pb	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-01	10
CN <sup>-</sup>	1.7E-06	4.2E-06	6.8E-05	7.3E+00	7.6E-02	50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	6.3E-08	2.0E-01
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.5E-12	2.0E-06

## **5.9 Cas particulier du bloc 15 en cas d'exercice de la réversibilité**

Suite aux risques miniers, il n'est plus possible d'accéder au bloc 15; les déchets de ce bloc demeureront donc dans tous les cas dans la mine. Ce paragraphe présente les risques pour l'homme et l'environnement après déstockage des autres blocs et le confinement du bloc 15 avec des serrements de sel de 5 m d'épaisseur (voir rapport MICA et rapport de synthèse). Ces évaluations tiennent compte du fait qu'en cas d'exercice de la réversibilité, tous les puits (y compris les puits Joseph et Else), seront remblayés de manière classique, c.-à-d. avec des bouchons de cendres de moindre épaisseur par rapport à la variante de confinement définitif.

### **5.9.1 Inventaire des déchets et des polluants**

Le bloc 15 contenait avant l'incendie de septembre 2002 environ 1'776 t de déchets, c.-à-d. moins de 5% de la masse totale de déchets. L'inventaire des polluants de ce bloc est présenté au paragraphe 3.3 (voir aussi annexe 3.4).

### **5.9.2 Transport à travers la zone salifère non perturbée**

Les évaluations présentées au paragraphe 5.5 ont montré que même en cas de confinement de l'ensemble des déchets, le transport par diffusion à travers les bancs de sel non perturbés est négligeable. Ceci est d'autant plus vrai si la masse de déchets dans le stockage est réduite de 95% (ce qui serait le cas après l'exercice de la réversibilité pour les autres blocs).

### **5.9.3 Transport de gaz à travers la zone perturbée du sel le long des puits**

Les évaluations présentées au paragraphe 5.6 ont montré que même en cas de confinement de l'ensemble des déchets, le transport de polluants gazeux est négligeable, à l'exception de quelques émissions tolérables d'acide cyanhydrique. Comme le bloc 15 ne contenait avant son incendie qu'environ 5 t de cyanures (c.-à-d. 3% de la masse totale), les émissions potentielles sous forme de gaz seront d'autant réduites. En conséquence, le transport de composés gazeux est négligeable en cas d'exercice de la réversibilité.

### **5.9.4 Lessivage de polluants**

Comme les mesures de confinement des déchets et de remblayage des puits ne sont pas les mêmes en cas d'exercice de la réversibilité qu'en cas de confinement de l'ensemble des déchets (voir rapport de synthèse de l'ISPS et rapport MICA), le scénario de lessivage est réévalué ci-dessous pour le cas particulier du bloc 15.

#### **5.9.4.1 Paramètres du système**

La concentration des polluants au moment de l'envoyage du bloc 15 a été évaluée en supposant que les sels et métaux stockés se dissolvent entièrement et rapidement dans le volume envoyé du bloc 15. Les concentrations de dioxines et PCB sont limitées par leur solubilité (voir paragraphe 5.3.1.2). Les concentrations de polluants à l'intérieur du bloc 15 au moment de son envoyage sont présentées à l'annexe 5.3.1.

La circulation d'eau entre le bloc 15 et les différents compartiments des mines a été évaluée par MICA. Trois phases sont à considérer :

1. Jusqu'à l'ennoyage des travaux miniers à une altitude inférieure à celle du bloc 15, il n'y aura pas de circulation d'eau à travers ce bloc.
2. Durant l'ennoyage de la partie haute de la mine Amélie, le débit pouvant transiter par le bloc 15 correspond au maximum à 0.04% du débit total percolant à travers les puits.
3. Une fois les mines entièrement ennoyées, la circulation d'eau dans le bloc 15 sera nulle car ce bloc est situé en amont des axes de circulation d'eau (le bloc 15 est situé dans une position haute du stockage).

Pour cette phase, des émissions de polluants à partir du bloc 15 ne sont possible qu'après la diffusion moléculaire des polluants à travers les 6 serremments de sel de 5 m d'épaisseur et les murs au fond des recoupes entre le bloc 15 et le bloc en aval (bloc 14). Les flux de polluants pouvant traverser cette barrière sont présentés à l'annexe 5.3.2. Il est supposé qu'une fois ces barrages franchis, les polluants soient entraînés en direction de la partie basse de la mine Amélie.

Les paramètres utilisés pour la modélisation du lessivage sont présentés aux annexes 5.3.3 (scénario "Amélie et NW en liaison") et 5.3.4 ("Amélie isolée").

#### 5.9.4.2 Flux de polluants en fonction du temps

La figure 5.15 (page suivante) présente l'évolution des concentrations de cadmium (c.-à-d. le polluant dont les concentrations sont les plus importantes dans le bloc 15) en fonction du temps pour le scénario le plus défavorable (c.-à-d. "Amélie et NW en liaison").

Le tableau 5.11 présente le flux de polluants de la zone salifère en direction des dépôts argileux et marneux en fonction du temps pour les deux scénarios de lessivage considérés.

Une comparaison des tableaux 5.8 (variante de confinement de l'ensemble des déchets) et 5.11, montre qu'en cas d'exercice de la réversibilité, les émissions potentielles sont encore plus faibles.

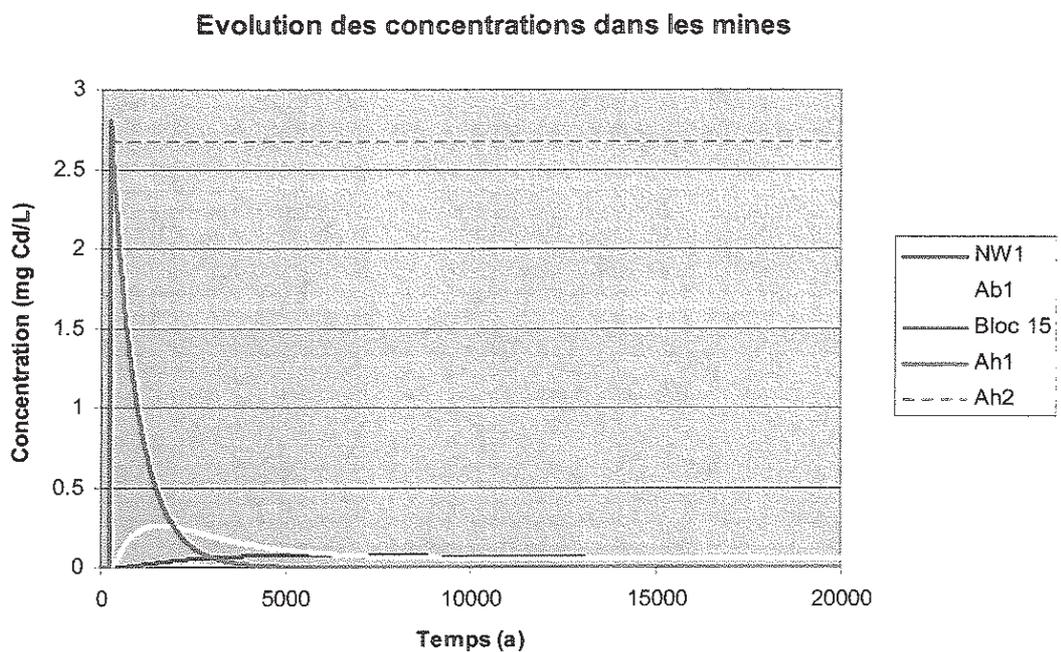
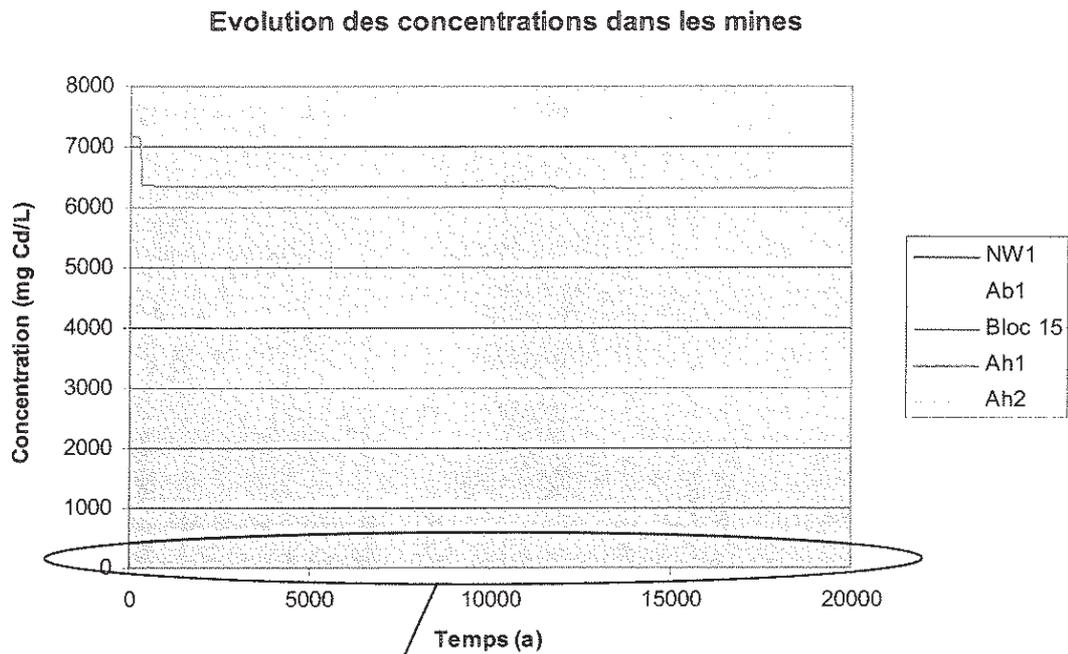


Fig. 5.15 : Evolution des concentrations d'arsenic dans les différents compartiments des mines en cas d'exercice de la réversibilité, scénario "Amélie et NW en liaison"

Tab. 5.11 : Evaluation du flux de polluants pouvant sortir de la zone salifère suite au lessivage du stockage en cas d'exercice de la réversibilité

Scénario Temps Polluants	Cas particulier du bloc 15 - flux de polluants sortant de la zone salifère (kg/a)							
	Amélie et NW en liaison			Amélie isolée				
	50 a	100 a	1000 a	10'000 a	50 a	100 a	1000 a	10'000 a
As	0.0E+00	0.0E+00	3.4E-04	2.1E-03	0.0E+00	0.0E+00	4.4E-04	1.8E-03
Cd	0.0E+00	0.0E+00	4.5E-03	2.7E-02	0.0E+00	0.0E+00	5.7E-03	2.4E-02
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Hg	0.0E+00	0.0E+00	8.8E-06	5.4E-05	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-05	4.7E-05
Pb	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	1.2E-03	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-04	1.0E-03
CN'	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-04	3.7E-03	0.0E+00	0.0E+00	6.4E-04	3.4E-03
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-13	1.0E-12	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-13	8.7E-13

#### 5.9.4.3 Conclusions pour le lessivage de polluants

Comme dans le cas de la variante de confinement définitif de l'ensemble des déchets, un éventuel lessivage de polluants serait très lent et extrêmement réduit de par la petite quantité de déchets (1'776 t) contenus dans le bloc 15. Les émissions à partir de la zone salifère à 50, 100, 1'000 ou 10'000 ans sont très limitées.

L'impact potentiel des émissions sur les biens à protéger est discuté au paragraphe suivant (paragraphe 5.9.5).

#### 5.9.5 Quantification de l'exposition des biens à protéger

Les concentrations de polluants dans les eaux de surface ou dans les eaux d'un captage suite au lessivage des polluants du bloc 15 ont été calculées en appliquant la même démarche que celle présentée au paragraphe 5.8<sup>7</sup>. Les résultats de ces évaluations sont présentés dans le tableau 5.12.

*Dans tous les cas envisagés, les augmentations des concentrations suite à des éventuelles émissions de polluants sont toujours très inférieures aux objectifs de protection pour les eaux de surface et les eaux de boisson.*

---

<sup>7</sup> Pour l'évaluation de la répartition des polluants dans le scénario "Amélie isolée", il faut tenir compte du fait que la répartition des débits de sortie d'eau est différente de celle présentée au paragraphe 5.7.2.2 : environ 20% de l'eau remontera par le puits Max, le reste empruntant les puits Amélie 1 et 2, remblayés de manière "classique". La répartition des débits de sortie dans le cas du scénario "Amélie et NW en liaison" ne change pas puisque cette répartition est déterminée par la qualité du remblayage des puits du secteur NW.

Tab. 5.12a : Variante d'exercice de la réversibilité : évaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions à partir du stockage, scénario "Amélie et secteur NW en liaison"

Polluants	Cas particulier du bloc 15 - Augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface, scénario "Amélie et NW en liaison"				Objectifs de protection pour les eaux de surface
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	après 10'000 ans µg/L	
As	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-06	1.2E-05	4-40
Cd	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-05	1.6E-04	0.2-4
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.00
Hg	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-08	3.1E-07	0.2-3
Pb	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-06	6.7E-06	5-30
CN <sup>-</sup>	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-06	2.1E-05	0.50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-15	5.8E-15	

Tab. 5.12b : Variante d'exercice de la réversibilité : évaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions à partir du stockage, scénario "Amélie isolée"

Polluants	Cas particulier du bloc 15 - Augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface, scénario "Amélie isolée"				Objectifs de protection pour les eaux de surface
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	après 10'000 ans µg/L	
As	0.0E+00	0.0E+00	2.5E-06	1.0E-05	4-40
Cd	0.0E+00	0.0E+00	3.3E-05	1.4E-04	0.2-4
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4
Hg	0.0E+00	0.0E+00	6.4E-08	2.7E-07	0.2-3
Pb	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-06	5.9E-06	5-30
CN <sup>-</sup>	0.0E+00	0.0E+00	3.7E-06	1.9E-05	1
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	1.4E-15	5.0E-15	

Tab. 5.12c : Variante d'exercice de la réversibilité : évaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions à partir du stockage, scénario "Amélie et secteur NW en liaison"

Polluants	Cas particulier du bloc 15 - Augmentation maximale des concentrations dans un captage à l'aval d'un des puits de "sortie", scénario "Amélie et NW en liaison"				Objectifs de protection pour captages
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	après 10'000 ans µg/L	
As	0.0E+00	0.0E+00	8.8E-05	5.4E-04	10
Cd	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-03	7.1E-03	5
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	50
Hg	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-06	1.4E-05	1
Pb	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-05	3.1E-04	10
CN <sup>-</sup>	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-04	9.7E-04	50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-01
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	5.4E-14	2.7E-13	2.0E-06

Tab. 5.12d : Variante d'exercice de la réversibilité : évaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions à partir du stockage, scénario "Amélie isolée"

Polluants	Cas particulier du bloc 15 - Augmentation maximale des concentrations dans un captage à l'aval d'un des puits de "sortie", scénario "Amélie isolée"				Objectifs de protection pour captages
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	après 10'000 ans µg/L	
As	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-04	8.1E-04	10
Cd	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-03	1.1E-02	5
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	50
Hg	0.0E+00	0.0E+00	5.0E-06	2.1E-05	1
Pb	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-04	4.6E-04	10
CN <sup>-</sup>	0.0E+00	0.0E+00	2.8E-04	1.5E-03	50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-01
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	1.1E-13	3.9E-13	2.0E-06

## 6 Options de fermeture

### 6.1 Options de remblayage pour les puits Amélie 1 et 2

Les évaluations ont été menées en supposant que les puits proches du stockage, c.-à-d. les puits Joseph, Else, Amélie 1 et 2, soient remblayés avec des cendres volantes sur la plus grande hauteur possible. En cas de confinement de l'ensemble des déchets, les puits Joseph et Else, situés en amont du stockage devront impérativement être remblayés avec des bouchons les plus épais possibles. La possibilité de remblayer les puits Amélie 1 et Amélie 2 de manière "classique", c.-à-d. avec des bouchons de cendres de moindre épaisseur est évaluée ci-dessous.

Les paramètres du système sont présentés aux annexes 6.1 (scénario "Amélie et NW en liaison") et 6.2 (scénario "Amélie isolée"). Par rapport au scénario "standard", le remblayage des puits Amélie 1 et 2 avec une hauteur réduite de cendres volantes modifie le système de la manière suivante :

- Durant la phase d'ennoyage, le débit total d'entrée d'eau est augmenté de 8'280 m<sup>3</sup>/a (le débit d'entrée d'eau dans la partie "basse" de la mine Amélie passe de 1560 m<sup>3</sup>/a à 9840 m<sup>3</sup>/a, les autres débits restent inchangés).
- Le stockage sera ennoyé après environ 300 ans aussi bien pour le scénario "Amélie et NW en liaison" (temps d'ennoyage théorique de 292 ans) que pour le scénario "Amélie isolée" (temps d'ennoyage théorique de 307 ans).

Le temps d'ennoyage du stockage ne varie donc pas de manière significative (en comparaison avec les incertitudes relatives au modèle) dans le cas où la mine Amélie et le reste du secteur NW sont en liaison.

En revanche, le temps d'ennoyage du stockage dans le cas où la mine Amélie demeure isolée est réduit d'un facteur 4 à 5.

- Le temps d'ennoyage théorique de l'ensemble des mines est de 366 ans pour le scénario "Amélie et NW en liaison" et de 514 ans pour le scénario "Amélie isolée".
- Le volume du stockage au moment de son ennoyage et donc les concentrations des polluants dissous à l'intérieur de la zone confinée seront approximativement les mêmes que dans le cas du scénario standard "Amélie et NW en liaison". En effet, le volume du stockage et les concentrations dans ce dernier ont été calculés pour un temps d'ennoyage similaire (environ 400 ans pour le scénario standard contre environ 300 ans en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2<sup>8</sup>).
- Après l'ennoyage complet des mines, les débits d'entrée d'eau en amont du stockage (54 m<sup>3</sup>/a) et donc le lessivage des polluants à partir du stockage,

---

<sup>8</sup> Comme le volume total de la zone confinée 300 ans après la fermeture du stockage sera légèrement supérieur au volume calculé antérieurement (volume calculé 400 ans après la fermeture), les concentrations dans le stockage sont légèrement surestimées. La simplification appliquée dans les calculs implique une légère surestimation des flux de polluants lessivés.

ne sont pas augmentés dans le cas du scénario "Amélie et NW en liaison". En effet, ces débits sont conditionnés par la perméabilité des puits en amont du stockage (Joseph et Else) et par les puits du secteur NW par lesquels la saumure pourrait remonter.

- Dans le cas où la mine Amélie reste isolée du secteur NW, les débits d'entrée d'eau par les puits Joseph et Else, respectivement de sortie de saumure par les puits Max, Amélie 1 et 2, sont légèrement augmentés (16 m<sup>3</sup>/a contre 10 m<sup>3</sup>/a). Ces débits demeurent cependant nettement inférieures aux débits du scénario "Amélie et NW en liaison" (54 m<sup>3</sup>/a). Environ 80% de l'eau remontant des mines empruntera les puits Amélie 1 et 2.

L'évolution des concentrations dans les différents secteurs des mines est illustrée aux annexes 6.3 (scénario "Amélie et NW en liaison") et 6.4 (scénario "Amélie isolée").

Le tableau 6.1 (page suivante) présente les concentrations calculées pour les eaux de surface et un éventuel captage d'eau potable en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2.

*Dans tous les cas envisagés, même si un remblayage "classique" des puits Amélie 1 et 2 réduit le temps d'ennoyage des mines, les impacts sur les biens à protéger demeurent tolérables (pas de dépassement des objectifs de protection).*

*Sur la base du modèle de circulation, un remblayage "classique" des puits Amélie 1 et 2 est donc suffisant.*

Tab. 6.1a : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions à partir du stockage en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2, scénario "Amélie et secteur NW en liaison"

Polluants	Bouchons classiques - Augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface, scénario "Amélie et NW en liaison"				Objectifs de protection pour les eaux de surface
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	après 10'000 ans µg/L	
As	3.7E-10	1.1E-09	4.9E-03	1.9E-01	4-40
Cd	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-04	1.0E-02	0.2-4
Cr	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-04	7.8E-03	4.00
Hg	2.5E-10	7.5E-10	9.0E-05	3.6E-03	0.2-3
Pb	0.0E+00	0.0E+00	4.5E-04	1.8E-02	5-30
CN <sup>-</sup>	4.3E-08	1.3E-07	3.0E-04	1.2E-02	0.50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	4.1E-10	1.8E-08	
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	4.8E-14	2.2E-12	

Tab. 6.1b : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à des émissions à partir du stockage en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2, scénario "Amélie isolée"

Polluants	Bouchons classiques - Augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface, scénario "Amélie isolée"				Objectifs de protection pour les eaux de surface
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	après 10'000 ans µg/L	
As	7.5E-11	1.9E-10	5.0E-03	3.9E-02	4-40
Cd	0.0E+00	0.0E+00	2.7E-04	2.1E-03	0.2-4
Cr	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-04	1.5E-03	4.00
Hg	5.0E-11	1.2E-10	9.3E-05	7.1E-04	0.2-3
Pb	0.0E+00	0.0E+00	4.6E-04	3.6E-03	5-30
CN <sup>-</sup>	8.7E-09	2.2E-08	3.1E-04	2.4E-03	0.50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-10	2.0E-09	
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	3.1E-14	2.4E-13	

Tab. 6.1c : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions à partir du stockage en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2, scénario "Amélie et secteur NW en liaison"

Polluants	Bouchons classiques - Augmentation maximale des concentrations dans un captage à l'aval d'un des puits de "sortie", scénario "Amélie et NW en liaison"			Objectifs de protection pour captages
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 10'000 ans µg/L	
As	7.3E-08	2.2E-07	2.2E-01	10
Cd	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-02	5
Cr	0.0E+00	0.0E+00	8.9E-03	50
Hg	4.8E-08	1.5E-07	4.1E-03	1
Pb	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-02	10
CN	8.5E-06	2.5E-05	1.4E-02	50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	1.9E-08	2.0E-01
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-12	2.0E-06

Tab. 6.1d : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à des émissions à partir du stockage en cas de remblayage classique des puits Amélie 1 et 2, scénario "Amélie isolée"

Polluants	Bouchons classiques - Augmentation maximale des concentrations dans un captage à l'aval d'un des puits de "sortie", scénario "Amélie isolée"			Objectifs de protection pour captages
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 10'000 ans µg/L	
As	1.5E-08	3.6E-08	3.9E-01	10
Cd	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-02	5
Cr	0.0E+00	0.0E+00	1.6E-02	50
Hg	9.7E-09	2.4E-08	7.2E-03	1
Pb	0.0E+00	0.0E+00	3.6E-02	10
CN	1.7E-06	4.2E-06	2.4E-02	50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	2.0E-08	2.0E-01
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-12	2.0E-06

## **6.2 Option pour les serrements de sel confinant le stockage, galerie de contournement**

Les évaluations des émissions ont été menées en tenant compte des serrements de sel à mettre en place pour confiner le stockage : en effet, ces serrements sont nécessaires pour assurer la sécurité à long terme du stockage (aussi bien dans le cas d'une évolution "normale" du stockage que pour diminuer l'impact d'éventuels accidents, voir paragraphe 7.2).

Les calculs de lessivage des polluants ont été effectués en supposant que le sel gemme utilisé pour les serrements du stockage soit exploité dans la zone en cours d'aménagement au moment de l'incendie de 2002. Il serait cependant envisageable de créer une galerie contournant le stockage. Une telle galerie permettrait de réduire encore de moitié la fraction de l'eau pouvant circuler par le stockage (voir rapport MICA). La création d'une telle galerie représenterait une précaution supplémentaire mais n'est pas indispensable à la sécurité à long terme du stockage puisque les niveaux critiques ne sont pas atteints même si cette galerie n'est pas réalisée.

## **6.3 Exercice de la réversibilité et confinement des déchets du bloc 15**

En cas d'exercice de la réversibilité pour les déchets des autres blocs et du confinement des déchets du bloc 15, les impacts à long terme pour l'environnement ne seraient pas significatifs (voir paragraphes 5.9). De ce fait, en cas d'exercice de la réversibilité, tous les puits pourront être remblayés de manière "classique", c.-à-d. avec des bouchons de cendres de moindre épaisseur par rapport à la variante de confinement définitif de l'ensemble des déchets.

## 7 Evaluation des incertitudes et scénarios accidentels

Le chapitre 7 présente d'une part les incertitudes liées aux estimations de l'exposition des biens à protéger en cas d'évolution "normale" du stockage et des mines (paragraphe 7.1) et d'autre part une évaluation de scénarios accidentels (paragraphe 7.2).

### 7.1 Evaluation des incertitudes pour l'évolution normale des mines

Les évaluations présentées aux chapitres antérieurs sont sécuritaires car de nombreuses hypothèses pénalisantes, dont les plus importantes sont rappelées ci-dessous, ont été appliquées :

- La masse de polluants a été évaluée sur la base des teneurs en polluants déclarées par le producteur de déchets. Ces teneurs sont en général supérieures aux valeurs mesurées par Stocamine (voir chapitre 3). La quantité estimée de polluants est donc supérieure ou égale à la quantité réelle.
- La concentration des polluants dans le stockage au moment de son ennoyage a été calculée en supposant que les sels et les métaux se dissolvent complètement et rapidement à l'intérieur du volume confiné du stockage. Comme indiqué au paragraphe 5.3.4, dans la réalité, la dissolution sera très lente et les concentrations dans le volume confiné seront inférieures aux valeurs utilisées pour les calculs.
- Les coefficients de diffusion appliqués pour évaluer le transport à travers la zone salifère non perturbée sont supérieurs aux coefficients réalistes pour les substances concernées (voir paragraphe 5.5). La vitesse du transport par diffusion est donc surestimée.
- Lors de l'évaluation du transport de polluants gazeux par la zone perturbée le long des puits, il a été supposé que la concentration des polluants dans l'air au pied des puits soit la même que la concentration à l'intérieur de la zone confinée du stockage. Dans la réalité, il est vraisemblable que les polluants gazeux au pied des puits soient fortement dilués. Le flux massique de polluants gazeux est donc surestimé (voir paragraphe 5.6.3).
- La valeur de perméabilité des bouchons utilisée pour les calculs ( $5.8 \cdot 10^{-7}$  m/s) est également sécuritaire puisque les observations de terrain n'ont pas mis en évidence d'arrivée d'eau dans les puits déjà remblayés (voir paragraphe 5.7.1 et rapport MICA). Les débits d'eau à travers les remblais des puits et les mines sont donc surestimés.
- Au vu des précautions prises (serrements de sel de forte épaisseur), il est vraisemblable que les écoulements à travers la zone confinée du stockage soient quasiment nuls. Le modèle appliqué part de l'hypothèse défavorable que 10% de l'eau percolant par les puits Joseph et Else transite à travers le stockage (voir paragraphe 5.7.2 et rapport MICA). Les flux de polluants lessivés sont donc estimés par excès.
- Des émissions de polluants dans la biosphère suite au lessivage de polluants n'ont lieu que si une circulation entre les puits en amont et en aval du

stockage s'établit. L'établissement d'une telle circulation d'eau n'est pas certain et présuppose une forte dilution des saumures par des eaux du tertiaire. Dans un tel cas, il est vraisemblable que les polluants soient en majorité entraînés vers les aquifères tertiaires. Pour les calculs, il a cependant été supposé que la moitié des polluants émis depuis les mines remontent par le biais des remblais des puits jusqu'à la nappe phréatique. Les concentrations estimées pour un captage en aval d'un des puits sont donc plutôt surestimées.

*En conclusion, le calcul de l'exposition des biens à protéger dans le cas d'une évolution "normale" des mines et du stockage est sécuritaire (c.-à-d. majorant pour l'évaluation des risques) puisqu'il découle d'une cascade d'hypothèses défavorables. Si des émissions ont lieu, elles seront selon toute vraisemblance très inférieures aux émissions calculées.*

## 7.2 Evaluation des scénarios accidentels

Une réflexion systématique a été réalisée pour identifier les scénarios accidentels qui pourraient avoir un impact sur l'homme et l'environnement. Les cas suivants sont présentés dans le rapport MICA :

1. rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits situé en amont du stockage;
2. rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits situé en aval du stockage;
3. forage atteignant l'aquifère secondaire artésien;
4. forage recoupant les travaux miniers;
5. forage recoupant le stockage;
6. altération de l'étanchéité du barrage du Travers Banc T;
7. failles et séismes.

Sur la base des évaluations présentées dans le rapport MICA, les scénarios 1, 2 et 5 sont les plus pénalisants du point de vue des émissions potentielles de polluants à partir du stockage. Ces trois scénarios sont discutés ci-dessous. La question d'un risque d'explosion dans les mines après le remblayage des puits est également abordée.

### 7.2.1 Risque d'explosion

Une explosion après la fermeture des mines est très peu probable pour plusieurs raisons : la formation d'un mélange explosif impliquerait la présence d'oxygène, de gaz explosif (p.ex. méthane ou acide cyanhydrique) dans les proportions adaptées et une source d'ignition :

- Après la fermeture des puits, il est vraisemblable que la concentration en oxygène dans l'air de la mine diminue progressivement (p.ex. suite à une activité biologique).

- Même si des dégagements de méthane ont eu lieu durant l'exploitation des mines, ceux-ci sont toujours apparus durant le creusement des mines. Ces dégagements étaient localisés.
- La concentration d'acide cyanhydrique gazeux dans l'air à l'intérieur de la zone confinée sera au maximum de  $15 \text{ g/m}^3$  pour le scénario "Amélie et NW en liaison") et de  $26 \text{ g/m}^3$  pour le scénario "Amélie isolée" (voir tableau 5.3). La température sera d'environ  $35^\circ\text{C}$  et la pression de 2.5 ("Amélie isolée") à 5 bar ("Amélie et NW en liaison"). Exprimé en % de volume, la concentration d'acide cyanhydrique sera d'environ 0.5% dans les deux cas. La limite inférieure d'explosivité (LIE) est de 5.4% [A19] et ne varie que peu ou pas en fonction de la pression totale (indications fournies par l'ISPS). La concentration d'acide cyanhydrique gazeux est donc inférieure à la LIE.
- Comme les installations électriques seront entièrement démontées au moment de la fermeture des mines, la seule source d'ignition théoriquement envisageable est la chute de deux objets métalliques provoquant une étincelle.

Sur la base de ces considérations, le risque d'explosion est extrêmement faible. Tout au plus l'inflammation de dégagements localisés est éventuellement envisageable. Cette inflammation n'aurait que peu ou pas de conséquences puisque, contrairement à ce qui pourrait se passer dans une mine de charbon, une telle inflammation ne serait pas suivie d'une explosion de poussières.

## 7.2.2 Rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits en aval du stockage

Les conséquences d'une rupture d'un bouchon en aval du site dans le secteur Nord-Ouest du bassin de Wittelsheim sur les circulations d'eau sont présentées dans le rapport MICA. Les émissions de polluants et les impacts potentiels d'un tel accident sur les biens à protéger sont discutés ci-dessous.

### 7.2.2.1 Paramètres du système

Les paramètres utilisés pour la modélisation sont présentés à l'annexe 7.1.1 (scénario "Amélie et NW en liaison", c.-à-d. le cas le plus défavorable). Pour cette modélisation, il est supposé que la rupture se produise approximativement au moment de l'envoyage complet des mines (voir rapport MICA).

### 7.2.2.2 Flux de polluants en fonction du temps

L'annexe 7.1.2 présente l'évolution des concentrations d'arsenic en fonction du temps. Par rapport à la situation sans rupture de bouchons, les flux à 50, 100 ou 1'000 ans restent quasiment inchangés. A très long terme (10'000 ans) les flux de polluants sont augmentés d'un facteur 2 à 3.

### 7.2.2.3 Quantification de l'exposition des biens à protéger

Les concentrations de polluants dans les eaux de surface ou dans les eaux d'un captage suite à la rupture d'un bouchon ont été calculées en appliquant la même

démarche que celle présentée au paragraphe 5.8. Pour évaluer l'impact potentiel sur des eaux destinées à la consommation humaine, il est supposé qu'un captage soit implanté à l'aval du puits dont le bouchon a cédé et par lequel la majorité du flux de saumure (et des polluants) pourrait transiter. Les résultats de ces évaluations sont présentés dans le tableau 7.1 (page suivante).

Comme indiqué par ce tableau, les objectifs de protection à 50, 100 ou 1'000 ans seront respectés même en cas de rupture d'un bouchon en aval du stockage. Un dépassement d'un facteur 3 à 4 des objectifs de protection pour l'eau potable n'est envisageable qu'à très long terme (plusieurs milliers d'années).

*En conclusion, la probabilité d'une rupture d'un bouchon en aval du stockage est relativement faible (voir rapport MICA) et n'aurait un impact qu'à très long terme (plusieurs milliers d'années). En cas de rupture, des mesures correctives pourraient être prises (imperméabilisation du puits par injections, voir rapport MICA).*

Tab. 7.1a : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à la rupture d'un bouchon en aval du stockage dans le secteur Nord-Ouest

Polluants	Rupture d'un bouchon en aval du stockage - Augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface			Objectifs de protection pour les eaux de surface
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	
As	3.7E-10	1.1E-09	8.1E-03	4.0E-01
Cd	0.0E+00	0.0E+00	4.4E-04	2.1E-02
Cr	0.0E+00	0.0E+00	3.3E-04	1.6E-02
Hg	2.5E-10	7.5E-10	1.5E-04	7.4E-03
Pb	0.0E+00	0.0E+00	7.5E-04	3.7E-02
CN <sup>-</sup>	4.3E-08	1.3E-07	5.1E-04	2.5E-02
PCB	0.0E+00	0.0E+00	6.8E-10	3.8E-08
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	8.1E-14	4.5E-12

Tab. 7.1b : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à la rupture d'un bouchon en aval du stockage dans le secteur Nord-Ouest

Polluants	Rupture d'un bouchon en aval du stockage - Augmentation maximale des concentrations dans un captage à l'aval d'un des puits de "sortie"			Objectifs de protection pour captages
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	
As	7.3E-08	2.2E-07	7.9E-01	10
Cd	0.0E+00	0.0E+00	4.2E-02	5
Cr	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-02	50
Hg	4.8E-08	1.5E-07	1.5E-02	1
Pb	0.0E+00	0.0E+00	7.3E-02	10
CN <sup>-</sup>	8.5E-06	2.5E-05	4.9E-02	50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	6.6E-08	2.0E-01
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-12	2.0E-06

### 7.2.3 Rupture d'un bouchon d'étanchéité d'un puits en amont du stockage

Les conséquences d'une rupture d'un bouchon en amont du stockage (puits Joseph ou Else) sur les circulations d'eau sont présentées dans le rapport MICA.

#### 7.2.3.1 Paramètres du système

Les paramètres utilisés pour la modélisation sont présentés aux annexes 7.2.1 (scénario "Amélie et NW en liaison") et 7.2.2 ("Amélie isolée"). Pour cette modélisation, il est supposé que la rupture se produise approximativement au moment de l'ennoyage complet des mines (voir rapport MICA).

#### 7.2.3.2 Flux de polluants en fonction du temps

Les annexes 7.2.3 et 7.2.4 présentent l'évolution des concentrations d'arsenic en fonction du temps. Par rapport à la situation sans rupture de bouchons, les flux à 1'000 et 10'000 ans sont fortement augmentés. Le flux de polluants sortant de la zone salifère au moment du "pic" d'émission est 20 à 25 fois supérieur au flux pour le scénario non accidentel.

#### 7.2.3.3 Quantification de l'exposition des biens à protéger

Les concentrations de polluants dans les eaux de surface ou dans les eaux d'un captage suite à la rupture d'un bouchon ont été calculées en appliquant la même démarche que celle présentée au paragraphe 5.8. Les résultats de ces évaluations sont présentés dans le tableau 7.2 (pages suivantes).

Comme indiqué par ce tableau, 1'000 ans après la fermeture des mines, les objectifs de protection pourraient être dépassés d'un facteur d'environ 5. Au moment du "pic" d'émission (après environ 2'400 ans), le dépassement pourrait être d'environ un facteur 15.

*Même si la rupture d'un bouchon en amont du stockage est un accident peu probable, un mode de fermeture ultra sécuritaire des puits en amont du stockage est présenté dans le rapport MICA. Ces mesures permettent de diminuer très fortement le risque de rupture d'un bouchon. De plus, comme mentionné ci-dessus, si une rupture d'un bouchon devait malgré les précautions prises se produire, l'étanchéité du puits défectueux pourrait être restaurée à l'aide d'injections.*

Tab. 7.2a : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à la rupture d'un bouchon en amont du stockage, scénario "Amélie et NW en liaison"

Polluants	Rupture d'un bouchon en amont du stockage - Augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface, scénario "Amélie et NW en liaison"				Objectifs de protection pour les eaux de surface
	après 50 ans	après 100 ans	après 1'000 ans	après 10'000 ans	
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	
As	3.7E-10	1.1E-09	1.0E+00	2.0E-01	4-40
Cd	0.0E+00	0.0E+00	5.5E-02	1.1E-02	0.2-4
Cr	0.0E+00	0.0E+00	4.1E-02	7.8E-03	4,00
Hg	2.5E-10	7.5E-10	1.9E-02	3.6E-03	0.2-3
Pb	0.0E+00	0.0E+00	9.5E-02	1.8E-02	5-30
CN <sup>-</sup>	4.3E-08	1.3E-07	6.4E-02	1.2E-02	0.50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	8.6E-08	1.8E-08	
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	1.0E-11	2.2E-12	

Tab. 7.2b : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface suite à la rupture d'un bouchon en amont du stockage, scénario "Amélie isolée"

Polluants	Rupture d'un bouchon en amont du stockage - Augmentation maximale des concentrations dans les eaux de surface, scénario "Amélie isolée"				Objectifs de protection pour les eaux de surface
	après 50 ans	après 100 ans	après 1'000 ans	après 10'000 ans	
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	
As	7.5E-11	1.9E-10	3.0E-09	8.0E-02	4-40
Cd	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.3E-03	0.2-4
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.2E-03	4,00
Hg	5.0E-11	1.2E-10	2.0E-09	1.5E-03	0.2-3
Pb	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.4E-03	5-30
CN <sup>-</sup>	8.7E-09	2.2E-08	3.5E-07	5.0E-03	0.50
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.1E-09	
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	4.9E-13	

Tab. 7.2c : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à la rupture d'un bouchon en amont du stockage, scénario "Amélie et NW en liaison"

Polluants	Rupture d'un bouchon en amont du stockage - Augmentation maximale des concentrations dans un captage à l'aval d'un des puits de "sortie", scénario "Amélie et NW en liaison"			Objectifs de protection pour captages
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	
As	7.3E-08	2.2E-07	4.7E+01	9.0E+00
Cd	0.0E+00	0.0E+00	2.5E+00	4.8E-01
Cr	0.0E+00	0.0E+00	1.9E+00	3.6E-01
Hg	4.8E-08	1.5E-07	8.7E-01	1.7E-01
Pb	0.0E+00	0.0E+00	4.4E+00	8.3E-01
CN'	8.5E-06	2.5E-05	2.9E+00	5.6E-01
PCB	0.0E+00	0.0E+00	3.9E-06	8.5E-07
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	4.7E-10	1.0E-10

Tab. 7.2d : Evaluation de l'augmentation maximale des concentrations dans des eaux captées suite à la rupture d'un bouchon en amont du stockage, scénario "Amélie isolée"

Polluants	Rupture d'un bouchon en amont du stockage - Augmentation maximale des concentrations dans un captage à l'aval d'un des puits de "sortie", scénario "Amélie isolée"			Objectifs de protection pour captages
	après 50 ans µg/L	après 100 ans µg/L	après 1'000 ans µg/L	
As	1.5E-08	3.6E-08	5.8E-07	4.2E+00
Cd	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.2E-01
Cr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.7E-01
Hg	9.7E-09	2.4E-08	3.9E-07	7.7E-02
Pb	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.9E-01
CN'	1.7E-06	4.2E-06	6.8E-05	2.6E-01
PCB	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.1E-07
Dioxines	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.6E-11

#### 7.2.4 Forage à l'intérieur du stockage

Un forage atteignant la zone de stockage pourrait théoriquement provoquer une remontée de gaz ou d'eau importante (voir rapport MICA).

Outre les conséquences mécaniques d'un tel évènement (remontée des tiges de forage), lesquelles sont les mêmes indépendamment de la présence ou non de polluants, une remontée de gaz par le forage pourrait entraîner la libération d'au maximum 150 à 300 kg d'acide cyanhydrique (par "vidange" de la bulle d'air au pied du puits Else, voir paragraphe 5.6.4). De telles émissions peuvent présenter un risque pour les foreurs (tout comme d'ailleurs la remontée brutale des tiges de forages).

La remontée d'eau jusqu'à la surface par le tubage ne sera possible qu'après que la pression au fond ait dépassé la pression exercée par la colonne d'eau dans le tubage. Ceci n'est possible qu'après l'envoyage complet des mines (c.-à-d. plus de 500 ans après la fermeture du stockage). Comme indiqué dans le rapport MICA un volume maximal de saumure d'environ 150'000 m<sup>3</sup> pourrait théoriquement être expulsé, un tel volume pourrait conduire à la remontée vers la surface de l'ensemble des polluants dissous dans le stockage. Le débit des remontées de saumure (et de polluants) sera atténué par la présence des serrements de confinement du stockage.

L'analyse de l'éventualité d'un forage accidentel montre clairement l'importance de ne pas réaliser de forage profond (sous le toit du sel) à l'aplomb des travaux miniers et tout particulièrement au niveau du stockage. Afin d'empêcher ou de limiter la probabilité d'un tel évènement, plusieurs précautions doivent être prises (voir rapport MICA) :

- Il conviendrait de définir un périmètre englobant la zone des travaux miniers où les forages profonds doivent être interdits ou réalisés en connaissance de cause avec certaines précautions.
- Il conviendrait de définir un périmètre entourant la zone du stockage dans lequel les forages profonds seraient totalement interdits.
- Afin de garantir la perpétuation de la connaissance de ces périmètres sur le long terme, le moyen le plus simple et probablement le plus efficace, serait de les faire reporter sur les documents administratifs courants.
- Ces informations pourraient également être mentionnées sur un monument inaltérable érigé sur les puits rebouchés.

Les risques liés à un forage profond atteignant le stockage sont maîtrisables au moyen des mesures décrites ci-dessus.

### 7.3 Scénarios accidentels en cas d'exercice de la réversibilité

Les risques accidentels en cas d'exercice de la réversibilité sont avant tout liés aux opérations de déstockage et concernent en première ligne le personnel intervenant. Ces risques sont discutés de manière détaillée dans le rapport de l'ISPS.

Malgré la quantité limitée de déchets dans le bloc 15, un forage traversant la zone des déchets pourrait, tout comme dans le cas du confinement de l'ensemble des déchets, conduire à une libération non tolérable de polluants. La quantité de cadmium (53 t) stockée dans ce bloc serait par exemple suffisante pour engendrer une pollution importante du sol et des eaux à proximité du forage. En conséquence, un contrôle par l'administration des forages profonds est également nécessaire en cas d'exercice de la réversibilité.

Les risques et les impacts des activités au jour sont les mêmes que ceux liés aux opérations de stockage. Ces risques et les mesures adaptées pour leur maîtrise sont décrits dans les études réalisées avant le début du stockage.

## 8 Quantification du risque et préconisations

### 8.1 Confinement de l'ensemble des déchets

#### 8.1.1 Quantification du risque

En cas d'évolution "normale" du stockage, les risques pour l'homme et l'environnement sont acceptables. En effet, même en appliquant de nombreuses hypothèses défavorables, les évaluations menées montrent que les émissions éventuelles seront toujours inférieures aux seuils tolérables.

L'évaluation des scénarios accidentels a montré qu'une rupture d'un bouchon d'un puits en amont du stockage ou un forage à travers le stockage pourraient entraîner des émissions non tolérables. Ces risques accidentels sont maîtrisables au moyen de mesures de nature aussi bien technique qu'administrative (voir ci-dessous).

#### 8.1.2 Mesures préconisées pour la diminution des risques

Les mesures suivantes sont nécessaires pour garantir la sécurité (voir aussi le rapport de MICA) :

- mise en place de serrements de sel pour confiner la zone de stockage selon le mode décrit dans le rapport MICA;
- remblayage des puits Joseph et Else en cendres volantes sur la plus grande hauteur possible et en permettant le fluage des cendres entre le cuvelage et l'encaissant;
- contrôle des forages profonds par l'administration dans le périmètre des mines et surtout du stockage.

En outre, les mesures supplémentaires suivantes sont recommandées pour réduire le risque résiduel :

- fermeture ultra sécuritaire des puits Joseph et Else selon le mode décrit dans le rapport MICA;
- réalisation d'une galerie contournant le stockage et drainant les eaux pouvant éventuellement pénétrer par le puits Joseph;
- indication du périmètre des mines et du stockage sur un monument inaltérable érigé sur les puits rebouchés.

Les évaluations ont été menées en partant de l'hypothèse que les puits Amélie 1 et 2 soient entièrement remblayés en cendres volantes. Sur la base du modèle de circulation, il apparaît que cette précaution n'est pas indispensable (voir paragraphe 6.1) et que ces puits peuvent être remblayés avec des bouchons "classiques".

Comme la sécurité à long terme du stockage est tributaire de l'efficacité et de la durabilité des serrements de sel et des bouchons des puits, ces ouvrages miniers doivent être planifiés et exécutés avec un soin tout particulier sous la responsabilité de l'exploitant. Les travaux réalisés devront être documentés.

## 8.2 Exercice de la réversibilité

### 8.2.1 Quantification du risque

En cas d'exercice de la réversibilité, les risques résiduels (suite au confinement des déchets du bloc 15) pour l'homme et l'environnement sont très faibles. En effet, même en appliquant de nombreuses hypothèses défavorables, les évaluations menées montrent que les émissions éventuelles seront toujours très inférieures aux seuils tolérables.

Afin d'éviter un relargage en surface de polluants à la suite d'un forage atteignant le bloc 15, les futurs forages profonds dans le périmètre du bloc 15 devront faire l'objet d'un contrôle par l'administration.

Les risques dus aux substances chimiques sont liés aux opérations de déstockage et concernent en premier lieu le personnel intervenant. Les risques en surface pour l'environnement sont les mêmes que ceux liés aux opérations de stockage. Ces risques sont décrits dans les études réalisées avant le début du stockage.

### 8.2.2 Mesures préconisées pour la diminution des risques

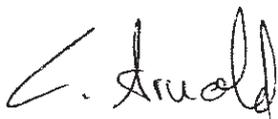
Pour confiner les déchets du bloc 15, la mise en place de 6 serrements de sel d'environ 5 m d'épaisseur est proposée (voir rapport MICA et rapport de synthèse). Tous les puits peuvent être remblayés selon le schéma "classique".

Comme indiqué ci-dessus, les futurs forages profonds dans le périmètre du bloc 15 devront faire l'objet d'un contrôle par l'administration.

Les mesures préconisées pour la diminution des risques lors des travaux de déstockage (aspiration à la source, port d'un équipement de protection individuelle adapté, etc.) sont décrites dans le rapport de l'ISPS ainsi que dans le rapport de synthèse.

Les précautions à prendre lors de la manipulation au jour des déchets sont les mêmes que pour la phase de stockage des déchets et sont décrites dans les études réalisées antérieurement.

Le directeur de projet

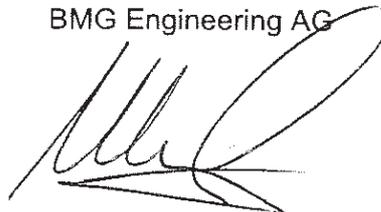


Dr C. Arnold

Schlieren, le 21 juillet 2004

Projet : Stoca, 61'126

BMG Engineering AG



Dr C. Munz

La société BMG Engineering AG a conduit ces investigations de manière professionnelle et en accord avec la pratique actuelle pour les investigations environnementales. Dans le cadre de ces investigations, les renseignements fournis par des tiers ont été évalués, sans que BMG puisse garantir l'exactitude de ces indications. Les conclusions présentées dans ce rapport se basent sur les renseignements à disposition lors de sa rédaction. Ces conclusions doivent être vérifiées avant d'être appliquées à une situation postérieure à la rédaction de ce compte-rendu.