RAPPORT D'ÉTUDE 06/04/2010

N° DRC-10-108130-03798A

Stockage souterrain de STOCAMINE (68)

Synthèse critique : thématiques « Impact sur la santé humaine des populations hors travailleurs du site de STOCAMINE » et « Impact sur la ressource en eau »

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Stockage souterrain de STOCAMINE (68)

Synthèse critique : thématiques « Impact sur la santé humaine des populations hors travailleurs du site de STOCAMINE » et « Impact sur la ressource en eau »

Direction des Risques Chroniques

Client : STOCAMINE

DRC-10-108130-03798A

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	C. HULOT F. QUIOT P. HENNEBERT	C. BOUDET J. BUREAU	M. GHOREYCHI
Qualité	Ingénieurs à l'unité « ISAE » et à l'unité « COSM » à la Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'unité « ISAE » à la Direction des Risques Chroniques Responsable du pôle RISK à la Direction des Risques Chroniques	Directeur des Risques du Sol et du Sous-sol
Visa	p.o. C. BOUDET p.o. C. HULOT	J. Bureau	

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE 7

1. INTRODUCTION 7

1.1 Objectif et limite 7

1.2 Sources d'information 7

1.3 Structuration du rapport 8

2. PRESENTATION GENERALE DU SITE, EMPRISE DE LA ZONE D'ETUDE ET HISTORIQUE DU SITE 9

3. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIE 13

4. CONTEXTE GEOMECANIQUE 13

5. ELABORATION DU SCHEMA CONCEPTUEL 14

5.1 Rappel méthodologique 14

5.2 Sources potentielles de pollution (terme source primaire) 15

5.2.1 Identification des substances 16

5.2.2 Comportement des déchets 18

5.3 Vecteurs et milieux de transfert 20

5.4 Enjeux à protéger 21

5.4.1 Les populations humaines hors site et usages des sols 22

5.4.2 La ressource en eau 22

5.5 Schéma conceptuel préliminaire 22

6. IMPACT SUR LA RESSOURCE EN EAU 27

7. IMPACT SUR LA SANTE HUMAINE 30

7.1 Introduction 30

7.2 Evaluation de la toxicité des polluants et objectifs de protection 32

7.3 Evaluation de la toxicité 34

7.4 Evaluation des expositions 34

8. CONCLUSIONS 36

9. BIBLIOGRAPHIE 41

9.1 Bibliographie consultée issue du dossier 41

9.2 Autres références 43

Liste des figures

Figure 1 : Emplacement du stockage (rectangle rouge) et des puits de la mine Amélie, échelle env. 1 : 25'000. (extrait de BMG 2004 [Réf. 30]) 10

Figure 2 : Situation générale des travaux miniers et de STOCAMINE (STOCAMINE 2009).....11

Figure 3 : Coupe du site de stockage souterrain de déchets [STOCAMINE] 12

Figure 4 : Schéma conceptuel préliminaire élaboré par l'INERIS dans l'hypothèse d'un stockage illimité (absence d'échelle et proportions non respectées) 26

Liste des tableaux

Tableau 1 :Synthèse des groupes de déchets admissibles..... 16

Tableau 2 : Evaluation des concentrations dans le volume confiné du stockage au moment de l'ennoyage (extrait de BMG 2004 [Réf. 30]) 20

GLOSSAIRE

AEP	Alimentation en eau potable
AFSSET	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (France)
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis)
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
DCE	Directive Cadre Eau
DID	Déchets industriels dangereux
DGS	Direction générale de la santé (France)
DJE	Dose journalière d'exposition
DRC	Direction des Risques Chroniques
EQRS	Evaluation quantitative des risques sanitaires
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (France)
MEDAD	Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables (actuellement MEEDDM)
MEEDDM	Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM)
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment (EPA de Californie)
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OQAI	Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
PCB	Polychlorobiphényls
PNSE	Plan National Santé Environnement
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Institut national Hollandais pour la santé publique et l'environnement)
US EPA	United States Environmental Protection Agency (Etats-Unis)
VGAI	Valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur
VTR	Valeur toxicologique de référence

1. INTRODUCTION

1.1 OBJECTIF ET LIMITE

Ce rapport concerne la première étape des études en cours à l'INERIS sur le stockage souterrain de STOCAMINE.

L'objectif de ce rapport d'étape est de présenter une synthèse de la lecture critique des études transmises par STOCAMINE en date de fin 2009 en relation avec les études d'impact sur la santé des populations (hors travailleurs du site de STOCAMINE, étudiée par ailleurs) et sur la ressource en eau.

Il ne concerne donc que les éléments relatifs à l'étude d'impact sur la ressource en eau et sur les populations hors travailleurs du site de STOCAMINE et dans ce dernier cadre également ceux relatifs au milieu eau souterraine, en tant que vecteurs/ milieux de transfert ou milieux d'exposition pour les populations.

Pour le volet santé humaine, seule l'exposition chronique est considérée, l'exposition accidentelle ne fait pas partie de ce volet actuellement. En effet, une exposition accidentelle, aigue qui serait à mettre en relation avec une potentielle émission rapide de gaz issus du stockage de déchets vers la surface, n'a pas été étudiée en détail dans les documents mis à disposition, notamment celle de BMG [Réf. 30] qui indique que le transfert de composés gazeux est négligeable. Il est à signaler d'ores et déjà que cette conclusion sera à revoir au regard de certains commentaires émis par l'INERIS suite à la lecture critique, concernant notamment le terme source, l'hydrogéologie et la géomécanique (dont le fluage) (cf. ci-après ; le rapport INERIS 2010-a et le rapport INERIS 2010-b).

Les éléments relatifs à l'impact sur les autres ressources naturelles, notamment la faune et la flore, ne font pas l'objet du présent rapport. Ils seront traités dans un autre rapport de l'INERIS.

1.2 SOURCES D'INFORMATION

Les documents qui font spécifiquement l'objet de la lecture critique sont repris en section 9.1, ils concernent des études en lien direct avec les études d'impact sur la santé des populations (hors travailleurs du site de STOCAMINE) et sur la ressource en eau, ou des études relatives à des thématiques nécessaires à leur mise en œuvre.

Cela a conduit à un examen proportionné des documents listés en section 9.1, au regard des deux thématiques traitées.

Les autres références citées dans le présent document sont reprises en section 9.2.

Deux visites du site ont été réalisées ; la première en décembre 2009 à laquelle participait l'INERIS, en ce qui concerne la Direction des Risques Chroniques (DRC) notamment Pierre Hennebert, en charge du volet « terme source » (cf. section 5.2), la seconde en janvier 2010 par Corinne Hulot et Fabrice Quiot (DRC), intervenant respectivement sur les thématiques « Impact sur les populations hors travailleurs du site de STOCAMINE » et « Impact sur la ressource en eau ». Cette dernière avait parmi ses objectifs une première recherche des enjeux dans le cadre des études d'impact sur la santé humaine et la ressource en eau, concernant principalement les populations riveraines du site de STOCAMINE et les usages des milieux, dont ceux liés aux eaux souterraines et de surface.

La visite de janvier des alentours du site et des ouvrages associés a également permis d'identifier des zones habitées (habitations collectives, individuelles avec jardin), ainsi que les usages de certains milieux comme ceux des eaux souterraines (présence de puits privés avec potentiels usages associés en présence de piscines, de jardins potagers, etc.), des eaux de surface (présence d'étangs, plan d'eau avec activités de loisirs et de pêche et voies d'expositions associées).

Des puits miniers ayant fait l'objet de rebouchage ont également été recherchés afin de connaître les usages au droit et à leur proximité de ces derniers au regard de la mise en place de « servitude ». Cette visite n'a pas permis leur repérage visuel en l'absence d'éléments plus précis de localisation, et sera à approfondir, également au regard de la présence d'anciens ouvrages pétroliers. Les actes de servitudes pris dans le cadre de l'arrêt de MDPA (par rapport aux puits) et cités dans MDPA 2008 – mémoire 3 [Réf. 0] seront à analyser ultérieurement au regard de leur mise en œuvre.

La visite du site de stockage a également permis d'observer certains phénomènes liés au comportement des déchets, comme la corrosion de certains fûts, des indices organoleptiques, ainsi que ceux liés au comportement mécanique des roches, comme la flexion du toit de galerie, etc.

1.3 STRUCTURATION DU RAPPORT

Les études d'impact sur la santé humaine et sur la ressource en eau ont des éléments communs et sont basées sur un schéma conceptuel qui identifie les enjeux sanitaires et environnementaux (ici la ressource en eau) qu'il convient de considérer dans la gestion du site en question. Il permet de préciser les relations entre :

- les sources de contamination (via l'identification de l'ensemble des substances dangereuses susceptibles d'être présentes, avec leurs caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques, concentrations, extension, etc.) ;
- les différents compartiments environnementaux/milieux de transfert et leurs caractéristiques physiques et chimiques afin de caractériser les vecteurs d'un transfert éventuel de ces substances chimiques ; dont l'évaluation des transferts au sein « du sous-sol », des aquifères, dans l'air du sol, et le cas échéant dans l'air ambiant, etc.
- les enjeux, qui sont (a) les populations potentiellement exposées à ces substances chimiques, au regard des usages des milieux et de l'environnement susceptibles d'induire une exposition d'une catégorie de la population à ces

substances chimiques, et (b) la ressource en eau. Les autres ressources naturelles comme la faune et la flore font partie des enjeux, mais comme indiqué en section 1.1, ces dernières ne sont pas étudiées dans ce rapport.

Ce schéma conceptuel est construit sur la base d'informations issues notamment des contextes historique, géologique, hydrogéologique, etc., et sera actualisé au fil de l'acquisition et de la confirmation d'informations.

En raison d'éléments communs aux deux thématiques « Impact sur les populations hors travailleurs du site de STOCAMINE » et « Impact sur la ressource en eau », dont certaines étapes amont comme la caractérisation du terme source, l'identification des vecteurs de transfert, l'élaboration du schéma conceptuel, etc., la structuration du rapport est la suivante :

- la présentation générale du site et l'historique du site ;
- les contextes géologique et hydrogéologique ;
- le contexte géomécanique ;
- l'élaboration du schéma conceptuel (les sources potentielles de pollution, terme source primaire ; les vecteurs et milieux de transfert ; le schéma conceptuel préliminaire) ;
- l'étude d'impact sur la ressource en eau ;
- l'étude d'impact sur la santé des populations hors travailleurs du site de STOCAMINE.

En outre, des informations présentées dans les rapports INERIS relatifs aux thématiques « Géologie et Hydrogéologie » [rapport INERIS 2010-a] et « Géomécanique » [rapport INERIS 2010-b], en raison de leurs interactions avec les études d'impact sur la santé humaine et sur la ressource en eau, sont également mentionnées, par le biais de renvois à ces derniers ou d'extraits repris en italique dans le présent rapport.

Certains éléments généraux concernant les approches, les principaux résultats et les conclusions des études mentionnées ci-après, ou de contextes généraux sont rappelés en cas de besoin pour une meilleure lisibilité du présent document.

2. PRESENTATION GENERALE DU SITE, EMPRISE DE LA ZONE D'ETUDE ET HISTORIQUE DU SITE

Seuls quelques éléments généraux sont repris ci-après concernant la situation générale, le système des mines, des puits, pour une meilleure lisibilité des paragraphes suivants traitant notamment du comportement des déchets, des vecteurs de transfert et des milieux d'exposition, etc.

Le site de stockage est situé sur l'ancien carreau de la mine Joseph-Else, au Sud de l'Alsace sur le territoire de la commune de Wittelsheim, à environ 10 km au nord-ouest de la ville de Mulhouse. L'emplacement du stockage est rapporté en Figure 1.

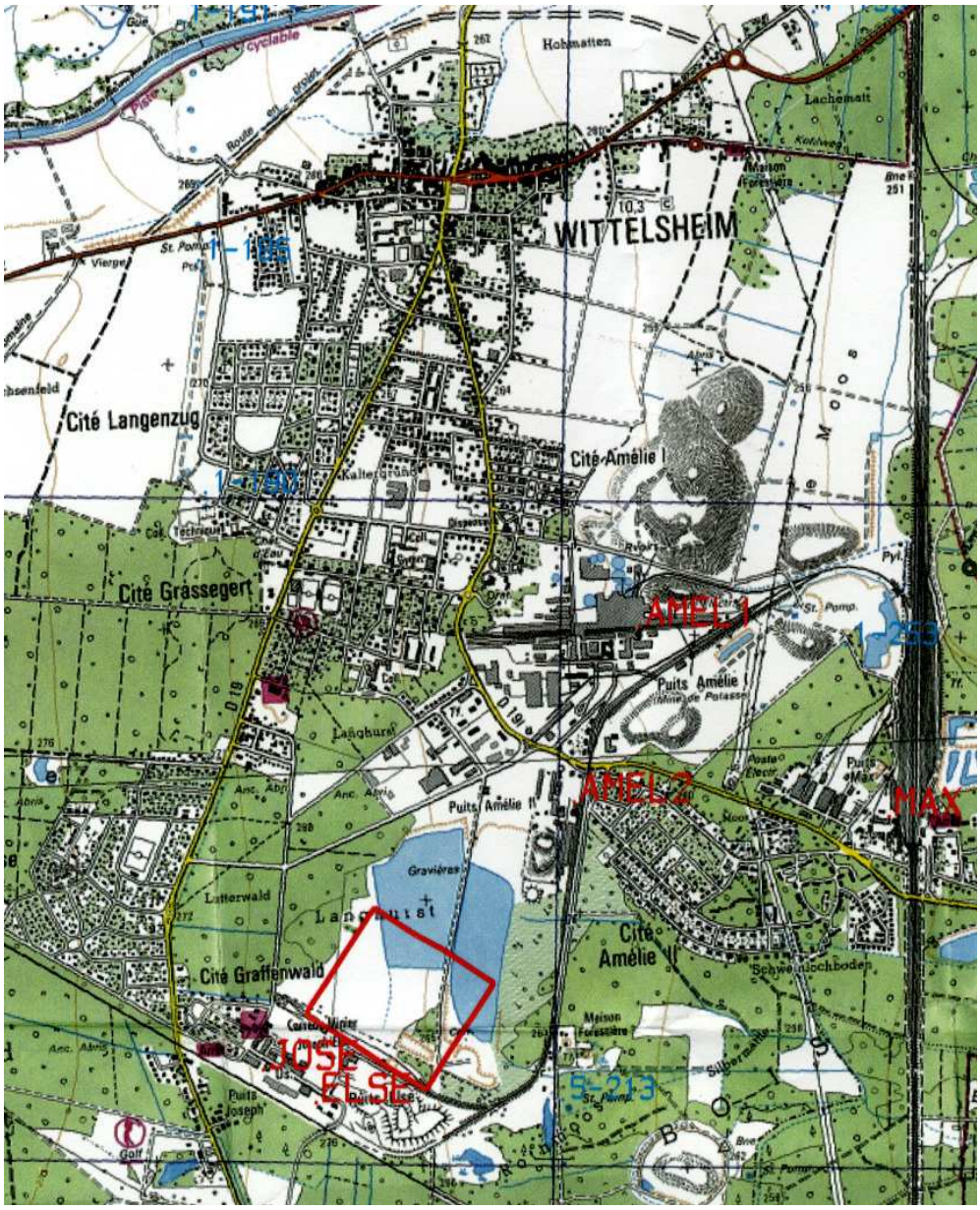


Figure 1 : Emplacement du stockage (rectangle rouge) et des puits de la mine Amélie, échelle env. 1 : 25'000. (extrait de BMG 2004 [Réf. 30])

La Figure 2 présente la situation générale du stockage de STOCAMINE au regard de l'emprise des concessions des Mines de Potasse d'Alsace, des travaux miniers du « secteur ouest », étant situé à 20 m sous l'exploitation des mines de potasse d'Alsace.

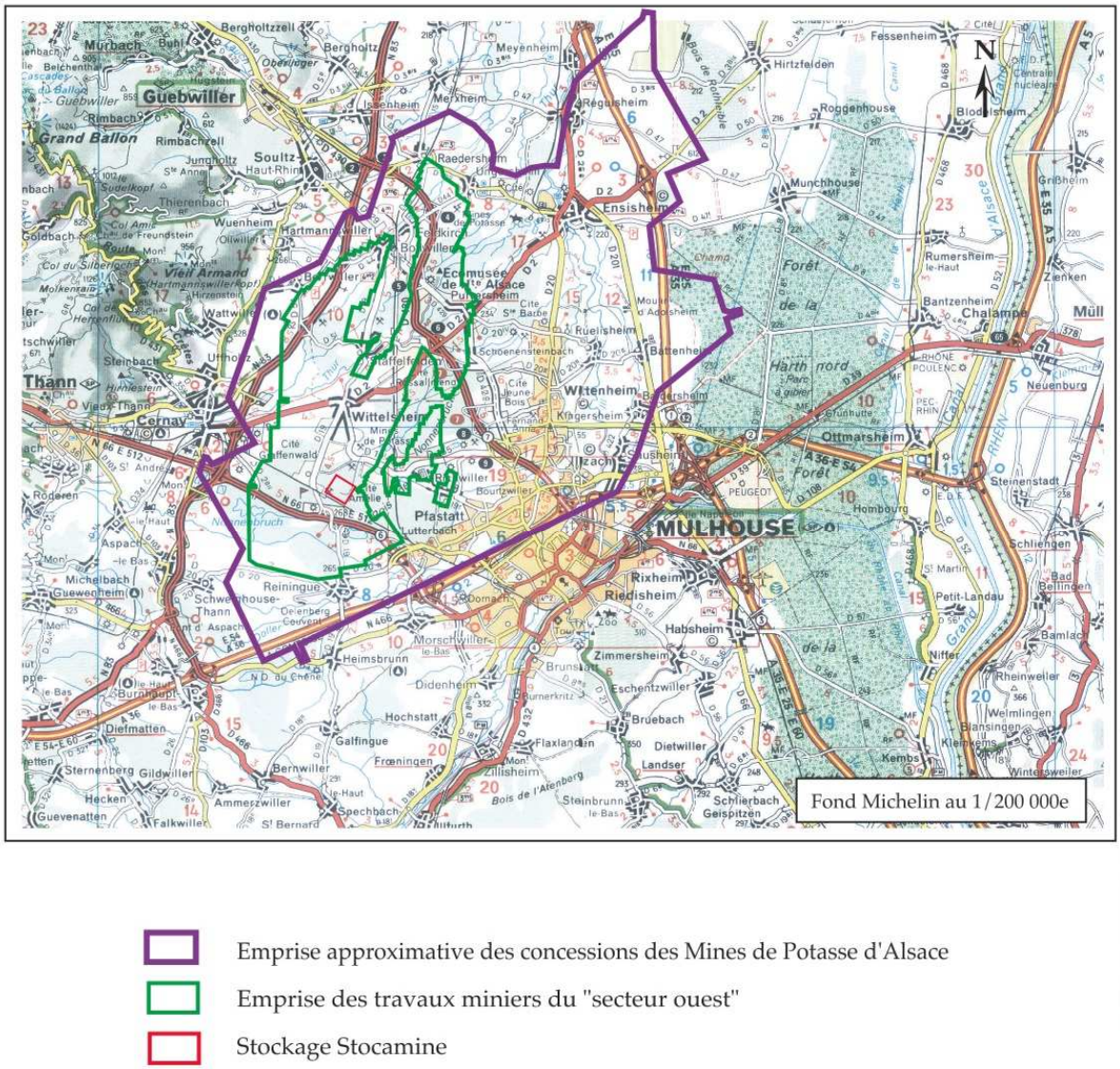


Figure 2 : Situation générale des travaux miniers et de STOCAMINE (STOCAMINE 2009)

Le stockage de STOCAMINE est à environ 550 m de profondeur (à une cote de -260 m sous le niveau de la mer). La partie sud-est (cote -240 m) est moins profonde par rapport à celle au nord-ouest (cote -295). Le stockage est accessible par le puits Joseph qui arrive jusqu'à une cote de -261 et le transport des déchets se déroulait par ce puits.

Le site de STOCAMINE a été desservi par 5 puits soit directement, soit indirectement : le puits Joseph par lequel se faisait la descente du personnel et des déchets à stocker ; le puits Else servant de retour d'air. Actuellement, seuls les puits Joseph et Else sont encore en fonctionnement, les autres ayant été comblés.

Une coupe du stockage est présentée sur la Figure 3.

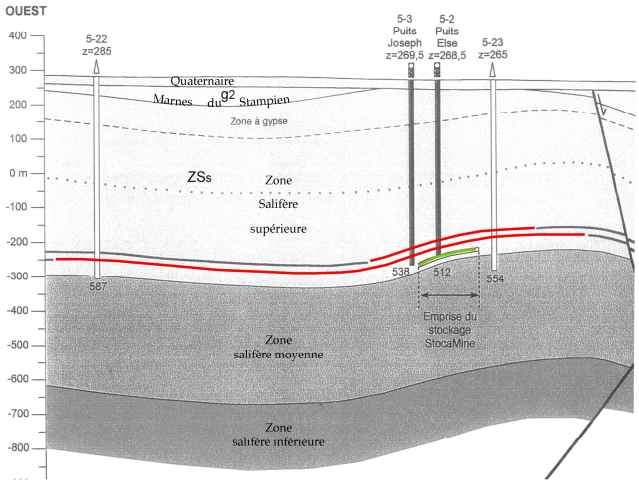


Figure 3 : Coupe du site de stockage souterrain de déchets [STOCAMINE]

Les plans de STOCAMINE fournis dans un document de MDPA [Réf. 25] ainsi que les plans localisant les déchets au sein des différents blocs apparaissent suffisants pour appréhender en 2D la configuration actuelle du site.

Les principales caractéristiques des puits de mine (remblayés) et des sondages (remblayés) semblent également suffisamment renseignées, néanmoins, il conviendra dans la suite de l'étude de compléter ces informations concernant le puits Amélie II qui a été remblayé récemment (en fin d'année 2009).

Les principales informations sur les puits de mine et les sondages (remblayés) sont disponibles via les documents suivants : mémoire 3 MDPA 2008 [Réf. 0] ; mémoire 2 MDPA 2008 [Réf. 0] ; rapport MICA [Réf. 28], des compléments d'informations seront recherchés par l'INERIS sur un sondage de recherche pétrolière qui semble ne pas avoir été remblayé (projet géothermie) [Mémoire 2 MDPA 2008 page 32 [Réf. 0].

En terme d'analyse historique du site, l'objectif principal est d'établir une liste de substances ou composés présents au sein du stockage ainsi que leurs localisations, les incidents et accidents significatifs survenus et les pratiques de gestion environnementales. Ces données sont obtenues par le recoupement et la collecte d'informations de nature et d'origine diverses (cartes, photographies, témoignages, rapports…).

De nombreuses études ont été réalisées, notamment avant le démarrage des opérations de stockage, durant l'activité de stockage, suite à l'incendie qui s'est déclarée dans le bloc 15 en septembre 2002, et ensuite dans le cadre de la variante du confinement définitif et la variante de l'exercice de la réversibilité, examinées principalement du point de vue de leur impact potentiel sur l'environnement.

La société STOCAMINE a reçu l'autorisation d'exploiter en février 1997 un centre de stockage souterrain de déchets ultimes, de Déchets Industriels Dangereux (DID) par un arrêté préfectoral du 3 février 1997 [Réf. 22] permettant de stocker des déchets dénommés dans ce cadre des déchets de « classe 0 » (déchets à stocker obligatoirement en mine) et des déchets de classe 1 avec certaines restrictions. Les déchets industriels provenaient d'installations classées.

STOCAMINE a démarré son activité le 10 février 1999. Le stockage était prévu à l'origine pour accueillir 320 000 tonnes de déchets dans une première phase. Un incendie s'est déclenché en septembre 2002 dans le bloc n° 15 du stockage. Par communiqué de presse du 8 septembre 2003, STOCAMINE a annoncé la décision prise à l'unanimité par ses administrateurs de ne pas reprendre l'activité de mise en stock de nouveaux déchets, suspendue suite au sinistre (cf. arrêtés préfectoraux des 12 septembre et 17 décembre 2002).

Le volume total stocké est de 44 000 tonnes (de l'ordre de 18 991 tonnes pour la classe 0 et 23 020 tonnes pour la classe 1) sur les 320 000 initialement prévues.

L'autorisation d'exploitation, accordée à l'origine pour une durée de 30 ans, prévoyait deux options à échéance de cette dernière : retrait les déchets ou maintien des déchets pour une durée illimitée dans le stockage.

3. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIE

Les contextes géologique et hydrogéologique sont repris en détail et commentés par l'INERIS dans le rapport intitulé « Stockage souterrain de STOCAMINE (68) - Synthèse critique du contexte hydrogéologique et des modalités d'ennoyage du site et référencé Rapport DRS-10-108130-03801A [INERIS 2010-a]. Certains des éléments issus de ce rapport ont été intégrés à la phase d'élaboration du schéma conceptuel préliminaire (cf. chapitre 5) au regard notamment du comportement du terme source, des vecteurs de transfert, etc.

4. CONTEXTE GEOMECANIQUE

Le contexte géomécanique est repris en détail et commenté par l'INERIS dans le rapport intitulé « Analyse critique des études géomécaniques du stockage de STOCAMINE, référencé Rapport DRS-10-108130-04240A [INERIS 2010-b]. Certains des éléments issus de ce rapport ont été intégrés également à la phase d'élaboration du schéma conceptuel préliminaire (cf. chapitre 5) au regard notamment du comportement du terme source, des vecteurs de transfert, etc.

5. ELABORATION DU SCHEMA CONCEPTUEL

5.1 RAPPEL METHODOLOGIQUE

Le schéma conceptuel permet de préciser les relations entre :

- les sources de contamination (via l'identification de l'ensemble des substances dangereuses susceptibles d'être présentes, avec leurs caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques) ;
- les différents compartiments environnementaux / milieux de transfert et leurs caractéristiques physiques afin de caractériser les vecteurs d'un transfert éventuel de ces substances chimiques, vers les milieux d'exposition pour les populations humaines ;
- les enjeux : les populations potentiellement exposées à ces substances chimiques, les usages des milieux et de l'environnement susceptibles d'induire une exposition d'une catégorie de la population à ces substances chimiques, et les ressources naturelles (eau, flore, faune).

Le but du schéma conceptuel est de représenter, sous forme graphique, et de façon synthétique, toutes les voies d'exposition directe ou indirecte, susceptibles d'exister. Le schéma conceptuel identifie donc les enjeux sanitaires et environnementaux qu'il conviendra de considérer dans la gestion du site en question.

Cette démarche permet de vérifier l'existence et la pertinence des milieux d'exposition possibles : eau (souterraine ou de surface), sol, air, etc. à considérer. Dans le schéma conceptuel, seuls les milieux pertinents par rapport au couple « source/enjeux » sont retenus, les milieux non pris en compte devant cependant être identifiés comme tels et non pas simplement omis de la démarche. Les études historiques, les études de vulnérabilité et le résultat des contrôles effectués sur les milieux, représentent l'une des sources principales d'information.

La présence des populations n'est pas le seul élément à considérer. Ce sont surtout les types d'usages des milieux par ces populations qui vont déterminer les modes potentiels d'exposition. La réalisation du schéma conceptuel doit donc s'attacher à identifier l'ensemble des voies d'administration pertinentes.

Les voies d'exposition des populations en contact direct ou indirect avec les milieux potentiellement contaminés sont en général parmi les suivantes :

- l'ingestion d'eaux superficielles et souterraines (consommation alimentaire, eau de boisson, baignade), de végétaux, de viande, de lait, etc., de poissons, de gibiers ; l'ingestion non intentionnelle de sol ou de particules issues du sol,
- l'inhalation de vapeur en air ambiant intérieur et extérieur, de particules en air ambiant intérieur et extérieur,
- l'absorption cutanée à partir du sol, à partir de l'eau superficielle (baignade, etc.), …

L’exposition considérée peut donc être directe, par ingestion de substance par des populations fréquentant des lieux de loisirs, une rivière ou un bassin récréatif contaminés, ou indirecte par l’ingestion de substance au travers des usages des milieux : consommation d’eau, de fruits ou légumes produits dans un environnement pollué ou irrigué avec de l’eau contaminée, consommation de produits d’élevage ayant été en contact avec des aliments produits sur des terrains pollués, ou ayant consommé de l’eau polluée, ou s’étant développés dans un milieu pollué ; ou par inhalation. Il s'agit ainsi de rechercher l'existence d'usages susceptibles d'exposer des populations, directement ou indirectement, aux substances dangereuses contenues dans la source de pollution, et de proportionner les actions à entreprendre en fonction de la sensibilité effective des usages.

Les scénarios d’usages retenus doivent être réalistes et représentatifs des occupations actuelles ou futures du site et des ses alentours.

Sur la base des connaissances des milieux d'exposition, des usages de ces milieux, et des vecteurs de transfert possibles, il est possible d'identifier les points de contact entre la substance et les enjeux à protéger, et de là, les modes d'exposition à chaque substance.

Les points d’exposition directe sont généralement, mais pas exclusivement situés au droit du site et/ou à proximité du site pour le milieu sol. Par contre, ils peuvent être parfois éloignés du site pour d'autres milieux d'exposition, comme l’eau ou l’air. Par exemple, pour l'eau potable, les points d’exposition possibles sont au niveau des captages d’alimentation en eau.

Ainsi, le schéma conceptuel du site participe à la définition du périmètre de l’étude. Ce dernier peut donc être largement supérieur aux limites de propriété du site.

Le schéma conceptuel préliminaire s’affine dans le temps en fonction des connaissances acquises.

5.2 SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTION (TERME SOURCE PRIMAIRE)

Concernant la définition du terme source, il s'agit d'identifier les sources de pollution qui seront incorporées au schéma conceptuel. Dans ce cadre, les substances présentes doivent être identifiées, leurs propriétés physico-chimiques, leurs comportements et leurs propriétés toxicologiques connues.

Ainsi, ce volet de l’étude doit permettre de répondre aux questions suivantes :

- quelles sont les substances présente, à considérer ?
- quelles réactions sont possibles entre elles et avec l’encaissant avant et après l’ennoyage du site de stockage ?
- quels dégagements gazeux sont possibles ?
- quelles sont les concentrations attendues dans le milieu eau/saumure au sein de l’aquifère minier (susceptibles de migrer vers le milieu naturel) ?

Ces informations, telles que les réactions chimiques ou biochimiques susceptibles d'avoir lieu entre constituants et avec les emballages (fûts ou big-bags) peuvent être évaluées de deux manières :

- les éventuelles réactions en cours via l'analyse des gaz de sortie de la mine et à proximité des déchets (mesures réalisées par l'INERIS en février 2010) ;
- les éventuelles réactions futures entre substances solubles mises en contact par l'eau ou la saumure via les informations transmises ou à transmettre par STOCAMINE (cf. points cités ci-après).

5.2.1 Identification des substances

En rappel, STOCAMINE avait l'autorisation de stocker des déchets de classe 0 et 1 sur son site (arrêté préfectoral du 3 février 1997 – [Réf. 22]). L'arrêté préfectoral du 3 février 1997 [Réf. 22] mentionne « Les déchets admissibles sont des déchets ultimes, solides, stables et convenablement conditionnés » …. « Les déchets se répartissent en 13 groupes regroupés en 4 ensembles de compatibilités ».

La classe 1 comprend les déchets industriels dangereux pouvant être éliminés dans des décharges de classe 1, alors que la classe 0 comprend les matériaux dangereux ne pouvant être éliminés dans les décharges de classe 1. Les classes de déchets sont sub-divisées en catégories allant de A à E. Les catégories de A à D doivent être stockées séparément, alors que les déchets de catégorie E peuvent être stockés avec n'importe quelle autre catégorie.

Les catégories A à D contiennent les déchets liés à la galvanisation et aux laboratoires, le cyanure, les métaux lourds, les produits phytosanitaires, les déchets industriels et les terres polluées. La catégorie E contient les résidus d'incinération et l'amiante.

Le Tableau 1 présente une synthèse des déchets admissibles.

Groupe de déchets admissibles
A1 - Sels de trempe cyanurés
A2 - Sels de trempe neutre
B3 - Déchets arséniés
C4 - Déchets chromiques
B5 - Déchets mercuriels
B6 - Terres polluées et résidus souillés par des métaux lourds
D7 - Résidus de l'électronique
C8 - Déchets de galvanisation, rétentats de filtration
E9 - Résidus d'incinération de déchets
B10 - Produits phytosanitaires non organiques
D11 - Catalyseurs usés
D12 - Déchets de laboratoire
E13 - Déchets contenants de l'amiante

Tableau 1 : Synthèse des groupes de déchets admissibles [STOCAMINE]

Dans le cadre du stockage des déchets, ces derniers sont identifiables au travers des informations contenues dans les documents suivants :

(1) la liste des quantités de déchets par numéro de Certificat d'Acceptation Préalable (CAP) ou autre identifiant ;

(2) les résultats d'analyses fournis par les détenteurs de déchets avec numéro de CAP ou autre identifiant ;

(3) les résultats d'analyses du laboratoire interne (ici STOCAMINE) avec numéro de CAP ou autre identifiant (stockés dans le logiciel Consult-FID Fiche d'Identification du Déchet et dans le logiciel d'information de laboratoire LIMS Nautilus).

Les informations disponibles à ce jour sont :

- un tableau synthétique des tonnages de métaux et cyanures par catégories de déchets (BMG [Réf. 30]) ;
- des semi-tableaux détaillés des tonnages de métaux, quelques autres éléments, et des indications par catégories de déchets (annexe 3.2 BMG [Réf. 30]).

L'INERIS a pu retrouver le fichier relatif au point (1) indiqué ci-dessus, dans le cadre d'une de ses études antérieures, celle de 2003 relative à l'Audit triennal de STOCAMINE [Réf. 18]). Cependant, l'INERIS ne dispose pas des résultats des analyses mentionnés aux points (2) et (3) signalés ci-dessus, qui sont nécessaires pour la suite de son étude. De plus, l'estimation de la solubilité des constituants nécessite de reconstituer les phases minérales présentes et donc de connaître la composition précise élémentaire à 100 %. Cette composition élémentaire et minéralogique n'était de toute façon pas connue au moment de la réception du déchet. Par ailleurs, ces informations sont également nécessaires pour identifier les éventuelles réactions chimiques ou biochimiques entre substances solubles mises en contact par l'eau ou la saumure.

En outre, des concentrations issues d'un test de dégazage avant leur acceptation et leur stockage des déchets des classes B3, B5 et A1 sont relatées par BMG [Réf. 30] et concernaient pour les concentrations maximales observées dans l'air interstitiel à l'intérieur des emballages, l'arsine (0,06 mg/m^3), le mercure métallique (0,04 mg/m^3) et l'acide cyanhydrique (7 mg/m^3) (BMG [Réf. 30]).

Pour poursuivre l'étude du terme source, les résultats d'analyses fournis par les détenteurs de déchets et les résultats du laboratoire STOCAMINE, sont nécessaires à l'INERIS, sans préjuger *a priori* que ces informations seront suffisantes.

En l'absence de données précises sur la qualité des déchets, une l'hypothèse majorante serait alors retenue par l'INERIS : une dissolution totale des polluants ; cette hypothèse a été considérée également par BMG [Réf. 30] et ensuite par CESAME [Réf. 37].

5.2.2 Comportement des déchets

La présence ou non d'eau influencera le comportement des substances ou composés stockés.

En effet, d'après BMG [Réf. 30], en l'absence d'eau, les déchets sont chimiquement inertes, à l'exception d'un faible dégazage, aucune variation sensible de la composition chimique n'est attendue. A ce stade de l'étude, l'INERIS est *a priori* d'accord, mais est en attente des résultats des analyses d'air réalisées en février 2010 dans les galeries du stockage.

En présence d'eau, en cas d'ennoyage, le lessivage des déchets et des émissions gazeuses sont à envisager.

Dans le cas du scénario selon lequel le lessivage de polluants devient possible suite à l'ennoyage de STOCAMINE, en l'absence d'une mise en place de barrières ouvragées (barrières comme des scellements, serrements, etc.), la barrière ultime entre l'eau et les déchets est constituée par les emballages, à savoir fûts métalliques et big-bags. Les fûts métalliques observés lors d'une visite réalisée en décembre 2009 sont corrodés, en particulier au niveau de la couche supérieure interne de plâtre ajouté pour absorber l'humidité interne des déchets. Cette corrosion s'est produite à court terme. Ces fûts ne représentent donc pas une barrière à long terme. De même les big-bags constitués de toile tissée de matière synthétique ne constituent pas une barrière étanche sur le long terme d'après le retour d'expérience de l'INERIS.

Au stade actuel, en l'absence de données précises sur la qualité des déchets, l'hypothèse majorante que la totalité des polluants va se dissoudre est la seule hypothèse qui peut être utilisée (approche sécuritaire/conservatoire).

Différents calculs de solubilité maximale des polluants minéraux (suite à leur ennoyage) ont été effectués et présentés dans le rapport BMG de 2004 [Réf. 30] :

- concentration nominale en cas de dissolution complète dans le volume confiné, soit d'Amélie et nord-ouest en liaison (80 000 m^3 de saumure), soit d'Amélie isolée (47 000 m^3) ;
- synthèse des données disponibles dans la littérature pour des solutions saturées en sels ;
- calcul d'équilibres thermodynamiques entre phases solides et solutions pour différents métaux à l'aide du logiciel MIN_SURF (développé pour estimer la mobilité des déchets de l'industrie nucléaire sur base d'un document de l'OCDE).

Il apparait que tous les éléments traces métalliques considérés par BMG en 2004 [Réf. 30] (As, Cd, Pb, Cr, Hg) peuvent théoriquement se dissoudre complètement dans le volume du stockage, la plupart des concentrations se rapprochant de la limite de solubilité imposée par une phase minérale mais n'étant pas limitées par précipitation d'une phase minérale. Les concentrations potentielles sont très élevées : As 32 g/L, Cd 1,7 g/L, Pb 3 g/L, Cr 1,3 g/L, Hg 0,6 g/L – cas de dissolutions dans 80 000 m^3 de saumure – cf. dans le document de BMG 2004 [Réf. 30] les Tableau 5.2 p 29 et Tableau 5.3, repris dans le Tableau 2 ci-après). Une même approche pour les cyanures donne 2 g/L (idem p 31 du document de BMG 2004 [Réf. 30]).

Pour les contaminants organiques, le calcul de la solubilité de ces composés dans une saumure montre des concentrations potentielles à saturation nettement plus faibles que dans l'eau pure (BMG 2004 [Réf. 30]) :

- PCB 28 (congénère relativement soluble) : 2,6 µg/L (saumure) au lieu de 162 µg/L (eau) ;
- dioxine (la plus toxique 2,3,7,8-TCDD) : 0,308 ng/L (saumure) au lieu de 19,4 ng/L (eau) .

Ces familles chimiques très peu solubles dans l'eau le sont donc encore moins dans la saumure d'après cette étude.

Dans le cas du scénario selon lequel l'ennoyage de STOCAMINE se produit, la production de gaz sera également possible. En conditions réductrices, les gaz qui pourraient être produits par les déchets au contact de l'eau sont l'arsine, le mercure et l'acide cyanhydrique (BMG 2004 [Réf. 30]). Mais la présence de sulfures dans ces conditions réductrices limite fortement la solubilité des espèces pouvant générer ces gaz (BMG 2004 [Réf. 30] :

- AsH_3 (arsine) : présence peu plausible car nécessite des conditions très réductrices, entraînant a priori la formation de sulfures et donc la précipitation de sulfure d'arsenic (solubilité des divers complexes de sulfure et d'arsenic comprise entre ± 1 et 0,01 µg/L (Wilkin et *al.* 2003), qui n'est dès lors plus disponible pour la formation d'arsine) ;
- Hg^0 (mercure métallique) : présence peu plausible car nécessite des conditions très réductrices, entraînant *a priori* la formation de sulfures et donc la précipitation de sulfure de mercure (solubilité des divers complexes de sulfures et de mercure de 17 µg/L à 18°C (Piao et *al.* 2006)) ;
- HCN (acide cyanhydrique) : présence possible par dissolution des cyanures, avec atteinte d'une concentration, sans prise en compte de la complexation en solution du cyanure par les métaux, dans l'air du stockage de 15 mg/L.

L'INERIS est d'accord avec ces éléments.

En conditions oxydantes qui prévalent actuellement dans le stockage, à ce jour, ces gaz ont été détectés une fois en 2002 (arsine, avec une concentration maximale de 0,2 mg/m^3, jamais confirmée par les mesures ultérieures), jamais (Hg^0) et uniquement pendant l'incendie du bloc 15 (acide cyanhydrique, avec une concentration de 0,1 mg/m^3), et toujours en concentrations très faibles (BMG 2004 [Réf. 30]).

Par ailleurs, des mesures de composés organiques volatils indicateurs d'éventuelles réactions de biodégradation sont en cours par l'INERIS dans le flux d'air de la ventilation du stockage et *in situ* autour des déchets. La recherche *in situ* d'hydrogène produit lors de la corrosion des métaux n'a pas été retenue pour des raisons de sécurité dans le cadre de cette campagne de mesure.

Les données disponibles dans le dossier ne permettent pas d'estimer la fraction des polluants des déchets soluble dans l'eau ou la saumure. Les concentrations potentielles en métaux calculées par BMG en 2004 [Réf. 30] en supposant que la totalité des métaux et des cyanures se dissolvent dans le volume de la mine totalement remplie d'eau, sans prise en compte d'une éventuelle limitation par une

vitesse de dissolution, et en tenant compte des phases minérales limitant potentiellement la solubilité, sont présentées dans le Tableau 2 extrait de BMG 2004 p 31 [Réf. 30].

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

			Amélie et NW en liasion		Amélie isolée	
Polluants	Masse totale	Solubilité	Conc. air	Conc. eau	Conc. air	Conc. eau
	(t)	(g/L)	(g/L)	(g/L)	(g/L)	(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^-	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

Tableau 2 : Evaluation des concentrations dans le volume confiné du stockage au moment de l'ennoyage (extrait de BMG 2004 [Réf. 30])

Des éléments relatifs au confinement des déchets et de leur vulnérabilité, disponibles dans les rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b, permettent également d'aborder le comportement des déchets entre eux et avec les autres milieux de transfert et/ou d'exposition pour les populations, comme les eaux souterraines, de surface/ saumure, l'air, etc. Ces derniers sont intégrés dans l'élaboration du schéma conceptuel

5.3 VECTEURS ET MILIEUX DE TRANSFERT

La migration des polluants vers les milieux de transfert et les milieux d'exposition pour les populations repose sur la présence de vecteurs de transfert.

Dans le cadre de la présente étude, les milieux de transfert identifiés sont l'eau, la saumure et le gaz. Pour parvenir en surface, le fluide (eau, saumure, gaz), potentiellement pollué par les déchets, pourrait emprunter *a priori* les vecteurs de transfert suivant (cf. mémoire 2 MDPA [Réf. 0]) :

- les puits de mine (15 pour le secteur Ouest dans son ensemble ou seulement ceux de la mine Amélie, cf. hypothèse sur la présence et la pérennité d'un stot, dans le rapport INERIS 2010-a) ;
- les sondages de recherche de potasse (181) ;
- les sondages pétroliers et celui dévolu à la recherche de gaz (24) ;
- les failles dont la présence a été observée (cf. puits Max, rapport INERIS 2010-a).

L'analyse du dossier portant sur les sujets suivants : la mise en sécurité des ouvrages miniers (remblayage), la présence éventuelle de failles, le phénomène d'ennoyage et celui du fluage du sel, est actuellement traitée dans d'autres parties (cf. rapport INERIS 2010-a). Concernant ces sujets, l'INERIS a d'ores et déjà émis des réserves quant à certaines hypothèses faites jusqu'à présent et notamment sur les cinétiques d'ennoyage et de compaction.

Par ailleurs, dans les études existantes (notamment [Réf. 28]), la présence d'une faille au niveau du puits Max est indiquée bien qu'aucune venue d'eau n'ait été constatée. Une étude complémentaire pourrait être conduite ultérieurement sur le rôle potentiel des failles comme vecteur de transfert (cf. rapport rapports INERIS 2010-a).

En outre, des émanations de gaz ont été mentionnées au niveau des sondages de recherche pétrolière recoupant les galeries (cf. rapport rapports INERIS 2010-a), ces observations citées dans un rapport précédent [Réf. 28] sans plus de précisions devraient être vérifiées et le cas échéant complétées afin de connaître le lieu et les conditions de ces observations et les conséquences potentielles.

Pour ce qui concerne les puits d'exploitation du secteur ouest, il apparaît à ce stade que des différences de comportements entre puits, vis-à-vis des infiltrations, puissent exister en fonction de plusieurs paramètres, dont la hauteur des bouchons, les caractéristiques des cuvelages, et le vieillissement des matériaux. Des circulations d'eaux douces puis d'eaux saumâtres sont attendues essentiellement à l'extrados des puits, un complément d'infiltration est également probable dans l'intrados en l'absence de remblayage par les cendres volantes. En outre, le vieillissement des puits peut faciliter ces circulations. En effet, les puits sont de conception maçonnée (début du siècle passé). D'après MDPA (réunion de février 2010), il apparaît que la corrosion a d'ores et déjà attaqué les cuvelages étanches.

Les scénarios de transfert des fluides sont analysés dans le chapitre 6 relatif à l'impact sur la ressource en eau. En rappel, dans le cadre du présent rapport, certains fluides constituent à la fois des vecteurs de transfert pour la ressource en eau et des milieux d'exposition pour les populations (cf. chapitre relatif à l'impact sur la santé des populations, chapitre 7).

En outre, les investigations dans l'air ambiant des galeries réalisées en février 2010 par l'INERIS et citées en section 5.2 pourraient apporter des informations utiles en termes de caractérisation des milieux de transfert.

5.4 ENJEUX A PROTEGER

Compte-tenu de la cinétique des phénomènes de transfert associés aux impacts potentiels sur la ressources en eau et/ ou sur la santé humaine, deux démarches sont envisageables concernant l'identification des enjeux et leur incorporation au schéma conceptuel :

- identifier les enjeux et usages actuels, en considérant que ces derniers seront toujours représentatifs des usages existants dans la zone d'étude dans un futur même éloigné ;

- choisir des enjeux majorants en termes d'usages et de lieux (par exemple un captage d'alimentation en eau potable à proximité d'un puits d'épanchement, l'hypothèse des puits Joseph et Else a été étudiée par BMG [Réf. 30] et CESAME [Réf. 37] ; un bâtiment au droit ou proximité immédiate, par exemple, d'une dalle de surface de comblement d'un puits, etc.).

Les informations relatées ci-après sont celles issues des documents du dossier analysés et de la visite de site de janvier 2010.

5.4.1 Les populations humaines hors site et usages des sols

Hors du site STOCAMINE, les populations humaines et les usages des milieux ont principalement été considérées dans les études suivantes, parmi les plus récentes, BMG [Réf. 30], ERCOSPLAN [Réf. 40], celle d'ERM [Réf. 16] concernant plus particulièrement l'impact de l'incendie du bloc 15.

Ces rapports, la visite de janvier 2010, ainsi que des plans cadastraux issus de MDPA 2008 - Mémoire 3 [Réf. 0], mettent en évidence aux environs du site de STOCAMINE ou à proximité de puits, la présence de zones tertiaires, de zones avec des habitats résidentiels et des jardins privatifs, parfois des potagers, des piscines, et des habitats collectifs, des zones de loisirs avec des plans d'eau ou des étangs. Aucun rapport dans le dossier ne relate la présence de parcelles fréquentées par des populations sensibles au regard de celles mentionnées dans la circulaire du 8 février 2007 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles, comme des crèches, des écoles, etc.

5.4.2 La ressource en eau

Dans le cadre du dossier de cessation d'activité, des compléments d'information seront à rechercher concernant les usages de l'eau, notamment, la présence de captage d'alimentation en eau potable, pour l'irrigation de culture, pour l'abreuvage d'animaux d'élevage, de plans d'eau avec activités de loisirs, de pêche, etc.

Lors de la visite de site en janvier 2010, comme précisé dans la section 5.4.1 ci-dessus, il avait été observé des indices de présence de puits privé (levier de pompe, margelle, etc.), renseignant sur des usages domestiques potentiel de la nappe.

La principale ressource en eau de la région est constituée par les eaux souterraines de la nappe alluviale du Rhin[1].

5.5 SCHEMA CONCEPTUEL PRELIMINAIRE

Les premières informations collectées permettent de réaliser un schéma conceptuel préliminaire, au regard des pollutions potentielles.

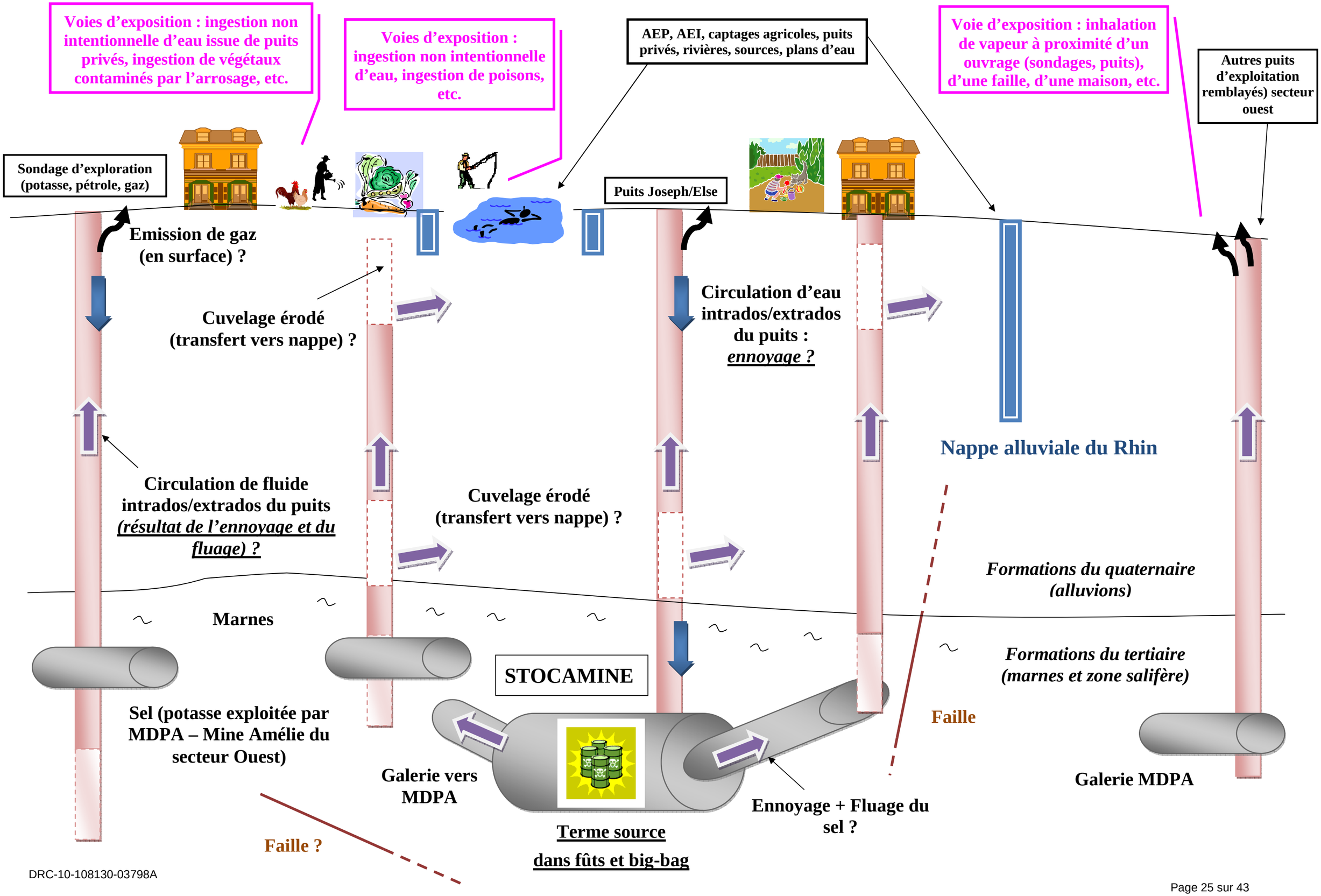
Il sera à adapter au regard des analyses critiques et compléments d'études en cours par l'INERIS.

Le schéma conceptuel préliminaire élaboré par l'INERIS, dans l'hypothèse d'un stockage illimité est présenté dans la Figure 4.

[1] ressource en eau régionale, cf. SDAGE 2009

Les principales voies d’exposition humaine sont :

- la voie inhalation de substances organiques volatiles, semi-volatiles dans l’air ambiant intérieur (habitation) et extérieur à proximité immédiate de certains puits, autres ouvrages, failles, etc. ;
- la voie ingestion d’eau issue des puits privés ;
- les voies d’exposition liées à l’usage de loisirs des eaux de surface (étang, bassin, etc.), comme l’ingestion non intentionnelle d’eau ;
- d’autres voies d’exposition liées à d’autres usages domestiques de l’eau issue des puits privés, comme l’arrosage de végétaux potagers et la voie potentielle d’exposition qu’est l’ingestion de végétaux potentiellement contaminés par l’arrosage du potager ou l’inhalation de vapeur d’eau contaminée lors de ces activités d’arrosage, le remplissage de piscines privées, l’abreuvage d’animaux d’élevage domestique et la voie potentielle d’exposition associée, l’ingestion de denrées alimentaires, etc.


Voies d'exposition : ingestion non intentionnelle d'eau issue de puits privés, ingestion de végétaux contaminés par l'arrosage, etc.
Voies d'exposition : ingestion non intentionnelle d'eau, ingestion de poisons, etc.
AEP, AEI, captages agricoles, puits privés, rivières, sources, plans d'eau
Voie d'exposition : inhalation de vapeur à proximité d'un ouvrage (sondages, puits), d'une faille, d'une maison, etc.
Autres puits d'exploitation remblayés) secteur ouest
Sondage d'exploration (potasse, pétrole, gaz)
Puits Joseph/Else
Emission de gaz (en surface) ?
Cuvelage érodé (transfert vers nappe) ?
Circulation d'eau intrados/extrados du puits : ennoyage ?
Nappe alluviale du Rhin
Circulation de fluide intrados/extrados du puits (résultat de l'ennoyage et du fluage) ?
Cuvelage érodé (transfert vers nappe) ?
Formations du quaternaire (alluvions)
Marnes
Formations du tertiaire (marnes et zone salifère)
STOCAMINE
Sel (potasse exploitée par MDPA – Mine Amélie du secteur Ouest)
Faille
Galerie vers MDPA
Galerie MDPA
Ennoyage + Fluage du sel ?
Terme source dans fûts et big-bag
Faille ?

Légende des principaux figurés

Galerie MDPA ou STOCAMINE

Puits ou sondage, cuvelage sans altération

Puits ou sondage, cuvelage altéré

Faille

Ouvrage implanté dans la nappe alluviale (puits privés, captage AEP…)

Fluide issu de STOCAMINE circulant dans l'intrados/extrados du puits ou du sondage

Eau douce transitant vers STOCAMINE via l'intrados/extrados du puits ou du sondage

Gaz issu de STOCAMINE atteignant la surface

Usage des eaux de la nappe alluviale (ex. baignade)

Figure 4 : Schéma conceptuel préliminaire élaboré par l'INERIS dans l'hypothèse d'un stockage illimité (absence d'échelle et proportions non respectées)

6. IMPACT SUR LA RESSOURCE EN EAU

Le principal scénario d'impact sur la ressource en eau considéré jusqu'à présent est celui lié à l'ennoyage. En effet, si l'ennoyage se produit, l'eau ou la saumure atteindront les déchets stockés. La migration vers le milieu extérieur sera dès lors susceptible de se produire par la remontée d'un fluide (eau, saumure, gaz) au travers de discontinuités géologiques ou anthropiques (cf. section 5.3), le fluage des terrains salifères pouvant accélérer la remontée des fluides potentiellement pollués vers le surface et en particulier vers la nappe alluviale du Rhin[2].

Comme indiqué précédemment, l'INERIS a d'ores et déjà émis des réserves quant à certaines hypothèses faites jusqu'à présent et notamment sur les cinétiques d'ennoyage et de compaction (cf. rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b).

Ainsi, l'évaluation de l'impact sur la ressource en eau, fortement dépendante de l'analyse de ces phénomènes et de l'analyse du terme source, est actuellement dans l'attente des résultats de certaines études mentionnées principalement dans les rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b. Pour rappel, le point sur la connaissance du terme source et des substances potentiellement attendues a été fait précédemment en section 5.2, laquelle mentionne l'absence de certaines informations nécessaires à l'INERIS pour poursuivre l'étude de ce terme source.

Malgré les incertitudes existantes, les paragraphes qui suivent présentent l'avis de l'INERIS sur les études antérieures traitant de l'impact potentiel du site STOCAMINE sur la ressource en eau, à savoir, une étude BMG en 2004 [Réf. 30] et une CESAME en 2006 [Réf. 37].

Les travaux de BMG [Réf. 30], dont les hypothèses et les conclusions ont pu être reprises dans d'autres études, portent sur l'ensemble du secteur ouest en considérant, d'une part, la présence du stot séparant le secteur en deux zones distinctes, d'autre part, le secteur ouest dans son ensemble du fait de la dégradation du stot.

BMG [Réf. 30] présente un chapitre intitulé « *Evaluation de l'exposition des biens à protéger* » qui correspond à l'étude d'impact pour la ressource en eau telle qu'envisagée par l'INERIS. Selon BMG, le transfert éventuel de polluants vers la nappe alluviale et le milieu extérieur ne pourra se produire qu'après une remobilisation sous forme dissoute dans l'eau (ou la saumure) voire sous forme gazeuse, à travers :

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

[2] ressource en eau régionale, cf. SDAGE 2009

L'INERIS n'est pas totalement en accord avec la définition de ces scénarios de transfert pouvant conduire à un impact potentiel pour la ressource en eau. En effet, des circulations d'eaux douces puis d'eaux saumâtres sont attendues à l'extrados des puits (cf. 5.3), par conséquent le second scénario devrait également considérer le transport de polluant sous forme dissoute dans l'eau.

Le premier scénario, relatif au transport à travers la zone salifère, principalement lié au phénomène de diffusion moléculaire est limité selon BMG, compte-tenu de la lenteur du phénomène. L'INERIS confirme la faible cinétique du phénomène de diffusion et sa participation limitée dans le transfert sous forme dissoute et gazeuse de polluants.

Selon BMG [Réf. 30], pour le second scénario, le transport à travers les terrains endommagés et notamment la zone perturbée le long des puits et des sondages apparait également très limité pour ce qui est du gaz. L'INERIS émet des réserves quant à cette analyse compte-tenu des remarques faites sur la prise en compte de la circulation de fluides à l'extrados des puits (circulation d'eau à envisager aussi, cf. rapport INERIS 2010-a) ou encore des inconnus persistant à ce stade sur le terme source (cf. section 5.2).

Le troisième scénario, identifié par l'INERIS comme étant le principal scénario d'impact sur la ressource en eau considéré jusqu'à présent, porte sur le transport des polluants suite à un lessivage du stockage et une circulation d'eau à travers les mines. Il a été évalué à l'aide d'un outil de modélisation, le logiciel Aquasim (développé par l'Institut fédérale Suisse des sciences et technologies de l'Environnement[3]). Aquasim est selon la présentation faite dans le manuel d'utilisateur (Peter Reichert, version 2.0 de septembre 1998), un outil destiné à identifier et simuler les systèmes aquatiques à différentes échelles (du laboratoire au milieu naturel).

Le modèle réalisé dans le cadre de l'étude [Réf. 30] intègre différentes données d'entrée telles que la configuration de la mine (compartiments en liaison hydraulique), les débits entrant, la durée d'ennoyage considérée ici comme équivalente à 400 ans, etc. En conclusion des simulations réalisées, BMG fournit des flux de polluants pouvant sortir de la zone salifère suite au lessivage du stockage.

Pour l'INERIS, ce travail ne tient tout d'abord pas compte de l'effet de la compaction des terrains (fluage), ensuite, il est basé sur des données d'entrée actuellement remises en cause (comme indiqué précédemment : débits d'ennoyage, cinétique de l'ennoyage, etc.).

Ce modèle employé pour simuler le scénario d'ennoyage apparait donc entaché de lacunes et d'incertitudes qui ne permettent pas de valider les flux potentiels de polluants annoncés. Ceci conduit l'INERIS à émettre également des réserves quant aux conclusions de BMG sur l'impact sur la ressource en eau, tant en termes de dépassements de critères associés aux eaux destinées à la consommation humaine, que sur le délai d'apparition de ces dépassements [30].

[3] Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG).

A ce stade, les travaux de l'INERIS doivent se poursuivent pour aller plus avant dans l'évaluation de l'impact potentiel sur la ressource en eau, ils concernent notamment :

- le terme source avec la définition des substances et l'estimation des concentrations à considérer en sortie du système minier ;
- l'ennoyage et le fluage du sel avec l'estimation des débits d'exhaure à considérer en sortie du système minier.

Néanmoins, compte-tenu des incertitudes attachées à la modélisation réalisée par BMG sur l'évolution des fluides au sein du système minier, il paraît préférable pour l'INERIS de porter son attention sur la simulation de l'impact potentiel de STOCAMINE sur les usages de l'eau liés à l'utilisation de la nappe du Rhin (captages d'alimentation en eau potable en particulier). Dans ce cadre, les travaux de modélisation de cette nappe alluviale engagés par le BRGM à la demande de STOCAMINE paraissent opportuns (logiciel MARTHE développé par le BRGM).

En effet, un modèle de transfert robuste[4], adapté à la simulation du transfert de polluant en aquifère, et utilisé pour le compte des MDPA depuis plusieurs années, afin de permettre de simuler l'évolution des concentrations en chlorures dans la nappe alluviale du Rhin est en cours d'adaptation à la problématique du stockage STOCAMINE par le BRGM. Une approche sécuritaire, à partir d'un traceur de type chlorure, a été choisie afin de simuler l'entrée d'eau/de saumure polluée dans cette nappe via les puits Else et Joseph. Des simulations tenant compte ou non de l'effet de densité seront menées.

Ce travail sera suivi tout au long de sa réalisation par l'INERIS qui fournira au BRGM, en avril, les débits d'exhaure à intégrer comme données d'entrée dans le modèle.

Sur la base des résultats obtenus, les concentrations calculées seront par la suite comparées par l'INERIS, en premier lieu, aux concentrations de l'environnement local témoin, puis aux valeurs de gestion réglementaires actuelles :

- arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique, annexe I - Limites de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales, annexe II – Références de qualité de l'eau brute destinée à la consommation humaine ;
- arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines, annexe I - norme de qualité des eaux souterraines.

Les concentrations de l'environnement local témoin disponibles actuellement paraissent suffisantes ([Réf. 20] et compléments reçus le 12 février 2010), elles complètent celles acquises lors de l'état initial de l'environnement [Réf. 14].

---

[4] C'est-à-dire pour lequel le retour d'expérience est important et les résultats satisfaisants dans le cadre spécifique de la simulation des écoulements et du transport de polluants au sein des aquifères.

Cette modélisation de la nappe alluviale permettra également d'évaluer la pertinence des calculs d'impact sur la ressource en eau conduit par CESAME dans son rapport de 2006 [Réf. 37] en considérant un captage à l'aval immédiat d'un puits comme Else ou Joseph. En effet, ce calcul simplifié, mené sur la base des concentrations maximales en polluants susceptibles de contaminer la nappe alluviale (dissolution complète des substances et composés contenues dans l'ensemble des déchets) conclut en particulier à un dépassement de la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine de l'arsenic. Mais ce calcul ne tient pas compte d'autres phénomènes liés au transfert, qui seront eux considérés dans le cadre du modèle (convection, dispersion), et ne s'intéresse qu'à six substances.

D'autres simulations seront en outre demandées au BRGM par l'INERIS au vu des premiers résultats et des travaux en cours, notamment le fait de considérer les 15 puits du secteur ouest comme exutoire et non plus seulement les puits Joseph et Else.

7. IMPACT SUR LA SANTE HUMAINE

7.1 INTRODUCTION

Dans le cadre de l'impact du stockage hors site STOCAMINE, la démarche proposée par l'INERIS est la démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux, reprises des modalités de gestion des sites et sols pollués présentées dans les circulaires du ministère en charge de l'environnement du 8 février 2007 [MEDAD, 2007a, 2007b].

Suivant la démarche d'interprétation de l'état des milieux (MEDAD 2007), les concentrations mesurées / modélisées dans les milieux d'exposition à l'extérieur du site de STOCAMINE (la problématique des travailleurs du site étant soumis à la réglementation du travail) seront comparées notamment :

- aux concentrations de l'environnement local témoin. Des contrôles des concentrations mesurées au regard des gammes communément observées dans la littérature pour des situations similaires, si elles sont disponibles, seront également conduites (comme par exemple, pour l'air ambiant les concentrations proposées par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) et issues de logements français[5]).
- aux valeurs réglementant en France la qualité des milieux environnementaux (valeurs de gestion réglementaires et les objectifs de qualité des milieux en vigueur) ; et cela en cohérence pour les voies et les scénarios d'exposition pertinents identifiés dans le schéma conceptuel (usages effectivement constatés). Ces valeurs de gestion réglementaires mises en place par les pouvoirs publics correspondent au niveau du risque accepté par les pouvoirs publics pour l'ensemble de la population française. Les valeurs de gestion sont notamment :

[5].campagnes de mesure entre octobre 2003 et décembre 2005 sur un échantillon aléatoire de 567 résidences principales en France continentale métropolitaine (sondage probabiliste, sur 6308 adresses tirées au sort, 811 accords de participation et 567 logements investigués), réparties sur 55 départements et 74 communes (1612 individus enquêtés).

- les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux conditionnées, reprises dans l'article R1321-2 du Code de la Santé Publique (CSP) modifié par l'article 1e du décret n°2007-49). Par défaut, elles seront utilisées pour tout usage de ces eaux : une eau potable est réputée saine pour la consommation humaine et pour tous les autres usages domestiques ou assimilés[6] ;
- les valeurs réglementaires dans l'air ambiant extérieur qui sont issues de décrets codifiés dans le Code de l'Environnement, notamment dans l'article R 221-1 qui fixe les différentes limites de qualité. Cet article est modifié par le décret 2007-1449 du 12 octobre 2007 relatif à la qualité de l'air modifiant le Code de l'Environnement (partie réglementaire). Il n'existe pas à ce jour de valeur réglementaire pour la gestion de la qualité de l'air intérieur en France. Toutefois, afin de répondre aux objectifs du Plan National Santé Environnement (PNSE), dans le cadre de l'action prioritaire visant notamment à « mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur », l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) s'est autosaisie en 2004 afin d'élaborer des valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur (VGAI). Mais actuellement, seules des valeurs guides pour le formaldéhyde, le monoxyde de carbone, le benzène, le trichloroéthylène et le naphtalène ont été mises en place ; ces dernières n'ont pas de statut réglementaire, mais seront consultées à titre informatif.

Lorsque la comparaison à l'état des milieux naturels du site montre une dégradation des milieux et que des valeurs de gestion ne sont pas disponibles, une évaluation quantitative des risques sanitaires est réalisée en dernier recours. Elle est basée sur les scénarios et les voies d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel, et apporte alors des éléments de jugement.

Conventionnellement une évaluation quantitative des risques pour la santé humaine (EQRS) comporte quatre étapes :

- l'identification des dangers (détermination des effets indésirables que les substances chimiques sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme) ;
- l'estimation des relations dose-effet et dose-réponse, des deux étapes étant classiquement regroupées dans l'évaluation de la toxicité) ;
- l'évaluation des expositions ;
- la caractérisation des risques sanitaires (quantification du risque et discussion finale sur les incertitudes).

Ces étapes classiques d'une analyse des risques sanitaires, comportant en amont une étape documentaire, ainsi que des caractérisations du site et de ses alentours (cf. étude de l'état initial de l'environnement, diagnostics complémentaires, campagnes de surveillance, etc.).

[6].La directive Cadre Eau (DCE) au regard du bon état des milieux aquatiques (cours d'eau, plans d'eau, eaux souterraines, etc.) sera également en cas de besoin à intégrer à la démarche.

Comme déjà précisé précédemment, la thématique « Impact sur la santé des populations hors travailleurs du site STOCAMINE » s'appui largement sur d'autres volets traités, comme la géologie, l'hydrogéologie, la géomécanique (cf. rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b), et la thématique « Impact sur la ressource en eau », en effet, l'eau est un milieu de transfert et d'exposition pour les populations.

7.2 EVALUATION DE LA TOXICITE DES POLLUANTS ET OBJECTIFS DE PROTECTION

Dans le dossier actuel, les seules évaluations des risques sanitaires conduites pour des populations hors travailleurs de STOCAMINE sont celles de BMG [Réf. 30] relatives à l'évaluation « *des risques à moyen et long terme (50, 100, 1000 ans) dans le cadre des deux variantes de confinement, avec comme bien potentiellement principal à protéger, la nappe phréatique et les eaux de surface drainant la nappe (dans ce cas l'exposition des populations étant liée à l'usage de ces eaux)* », et celle liée à l'incendie du bloc 15 de 2002. Dans ce dernier cadre, ERM [Réf. 16] avait réalisé une évaluation de l'impact des fumées ou des gaz rejetés pendant toutes les phases de l'incendie, en distinguant le cas de populations avoisinantes et les employés de STOCAMINE en fond de mine.

Le cadre de ces études ne correspond donc pas totalement à celui de l'étude d'impact sanitaire du futur dossier de cessation d'activité, dans l'hypothèse du stockage illimité. Cependant certaines informations pourront partiellement être reprises, avec de potentielles mises à jour nécessaires comme indiqué dans les paragraphes suivants.

BMG [Réf. 30] propose une évaluation toxicologique des polluants et des objectifs de protection. BMG retient la même approche que celle d'ERM [Réf. 16] dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires suite à l'incendie de 2002 et propose une concentration tolérable de polluants calculée pour l'eau et l'air. Les hypothèses retenues par BMG [Réf. 30] considéraient qu'un individu de 70 kg ingère pendant 70 ans 2 L d'eau contaminée et respire 20 m^3 d'air par jour. En outre, pour les substances non cancérigènes, la concentration est considérée comme tolérable si aucun effet n'est à prévoir sur la durée d'exposition de 70 ans, et que pour les substances potentiellement cancérigènes, la concentration est tolérable si le risque de cancer est inférieur ou égal à 1 / 100 000. Les valeurs toxicologiques de référence retenues avaient été recherchées parmi celles proposées dans les fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques de l'INERIS (qui reprenaient à l'époque de l'étude de BMG, les données de l'US EPA, de l'ADSTR et de l'OMS), les monographies de l'OMS, la base IRIS de l'US EPA ; avec lorsqu'un même organisme avait publié plusieurs documents pour une substance, le choix de retenir le plus récent.

BMG [Réf. 30] a proposé comme objectifs de protection pour un captage d'eau les valeurs limites pour les eaux de consommation, telles que définies dans le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux de stinées à la consommation humaine, pour l'arsenic, le cadmium, le chrome, le mercure, le plomb, les cyanures, et en l'absence de tel seuil, la concentration tolérable d'un point de vue toxicologique (cf. paragraphe ci-dessus) a été retenue comme objectif de protection, comme pour le cas des PCB et des dioxines.

Cela appelle les commentaires suivants de l'INERIS et uniquement concernant l'eau, car malgré la mention de BMG [Réf. 30 en page 20] de proposer des concentrations tolérables de polluants pour l'air, cela n'apparaît *in fine* pas réalisé.

La liste des substances prises en compte sera *a priori* à élargir à d'autres substances, au regard des commentaires déjà émis par l'INERIS concernant notamment la caractérisation du terme source et le comportement des substances (cf. 5.2), les contextes géologique, hydrogéologique et géomécanique (cf. rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b), impactant les caractéristiques des vecteurs et milieux de transfert et donc les substances potentiellement présentes.

L'approche de retenir les valeurs limites pour les eaux de consommation est cohérente avec l'approche proposée par l'INERIS en section 7.1. Par ailleurs, il apparaît que les valeurs pour les substances retenues n'ont pas évolué et sont en cohérence avec les limites de qualité reprises dans l'annexe I de l'arrêté du 11-01-2007.

L'approche basée sur des calculs pour l'obtention de valeurs seuils en l'absence de valeurs réglementaires sera à revoir au regard :

- de la mise à jour des valeurs toxicologiques de référence. Cette dernière tiendra compte également des valeurs toxicologiques de référence (VTR° proposées par d'autres organismes comme le RIVM, Health Canada, l'OEHHA, et des instructions du ministère en charge de la santé (cf. circulaire DGS/SD n°2006-234 de mai 2006 [7]), relative entre autres aux modalités de sélection des VTR, comme repris dans la note aux Préfets du 8 février 2007 et ses annexes (MEDAD, 2007). En outre, la position de l'INERIS est de proposer la meilleure approche au vu des connaissances disponibles ; le niveau d'approfondissement vers la meilleure connaissance disponible, comme tout aspect des études, sera proportionné aux enjeux. Ainsi, des avis d'experts toxicologiques lorsqu'ils sont disponibles, notamment ceux de l'AFSSET, seront intégrés. Cette approche ne déroge pas à la circulaire de la DGS (circulaire DGS/SD n°2006-234 de mai 2006), tenant compte de la meilleure approche au vu des connaissances disponibles ;
- des valeurs des paramètres d'exposition retenus par BMG, un poids corporels de 70 kg et une quantité ingérée d'eau par jour de 2 L pendant 70 ans, au regard des paramètres d'exposition d'un enfant. A titre informatif, les paramètres généralement utilisés par l'OMS sont, pour les adultes, une consommation journalière d'eau de 2 L et un poids corporel moyen de 60 kg. Pour des substances présentant un risque particulier pour les enfants du faite de l'importance de leur exposition et de la toxicité de la substance, les valeurs guide de l'OMS sont dérivées sur la base d'un enfant de 10 kg consommant 1L d'eau par jour ou un nourrisson de 5 kg consommant 0,75 L d'eau par jour (cas de l'élaboration de la valeur de 10 µg/L pour le plomb) ;
- des critères d'acceptabilité en terme de « *concentration considérée comme tolérable* », correspondent à ceux classiquement retenus, en soulignant que pour les effets sans seuil (pour BMG [Réf. 30], « *substances potentiellement cancérigènes* »), la valeur de 1 / 100 000 (soit un cas de cancer

[7] La démarche de choix des VTR indiquée n'empêche pas une démarche approfondie conduite par des toxicologues.

supplémentaire sur cent mille personnes exposées durant leur vie entière) correspondent au niveau du risque accepté par les pouvoirs publics pour l'ensemble de la population française et également dans le cadre de la démarche de gestion des sites pollués, le plan de gestion. Mais selon les contextes, elle peut varier entre 10^{-8} et 10^{-3} (Mansoux, 2000). Cependant, dans le cadre de la démarche mentionnée par l'INERIS en section 7.1, l'interprétation de l'état des milieux, des intervalles de gestion ont été définis par le ministère en charge de l'environnement [MEDAD, 2007] pour interpréter les résultats de l'évaluation quantitative des risques menés dans ce cadre spécifique.

7.3 EVALUATION DE LA TOXICITE

En rappel, l'évaluation de la toxicité consiste à :

- identifier le potentiel dangereux des substances, c'est-à-dire identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme. Ces effets peuvent être de différents types : effets cancérigènes, effets mutagènes, effets sur la reproduction et le développement, aigus, chroniques, etc. ; la connaissance d'informations sur les effets toxiques identiques sur un même organe peut s'avérer nécessaire lors de la quantification du risque pour décider du cumul ou non des risques liés aux substances à seuil ;
- définir les relations dose-effet et les relations dose-réponse, c'est-à-dire définir une relation quantitative entre la dose ou la concentration inhalée et l'incidence de l'effet délétère. Cette relation est traduite communément par une Valeur Toxicologique de Référence (VTR), dont la dénomination dépend de l'organisme élaborateur.

Les informations actuellement disponibles, issues principalement des études BMG [Réf. 30], ERCOSPLAN [Réf. 40], Institut Suisse pour la promotion de la Sécurité [Réf. 29], ERM [Réf. 16] concernant une exposition chronique et seulement certaines substances.

Comme déjà mentionné en section 7.2, les valeurs toxicologiques de référence seront à mettre à jour, au regard notamment des bases de données classiquement consultées, proposées par l'ATSDR, l'OMS, Health Canada, l'US EPA, l'OEHHA, le RIVM. La liste des substances prises en compte sera *a priori* à élargir à d'autres substances, au regard des commentaires déjà émis par l'INERIS concernant notamment la caractérisation du terme source et le comportement des substances (cf. 5.2), les contextes géologique, hydrogéologique et géomécanique (cf. rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b), impactant les caractéristiques des vecteurs et milieu de transfert et donc les substances potentiellement présentes.

7.4 EVALUATION DES EXPOSITIONS

En rappel, l'exposition, est le contact entre un organisme vivant et une situation ou un agent dangereux, présent dans un ou des milieux potentiellement contaminés. La dose d'exposition est la quantité de cette substance présentée à la barrière biologique de l'individu exposé (dose externe) ou l'ayant traversé (dose interne), par unité de poids corporel et par unité de temps, par exemple dans le cas de la voie d'exposition par ingestion.

L'évaluation de l'exposition consiste, d'un côté, à identifier les personnes exposées (âge, sexe, caractéristiques physiologiques, budgets espace temps, etc.) et les voies d'exposition / de pénétration des substances, avec la formalisation de scénarios d'exposition. De l'autre, elle doit quantifier la fréquence, la durée et l'intensité de l'exposition à ces substances - exprimée par une dose moyenne journalière ou, pour l'inhalation, par une concentration moyenne dans l'air - pour chaque voie pertinente.

En terme d'approche, sont disponibles des méthodes directes et indirectes de l'exposition humaine :

- des méthodes directes de quantification de l'exposition humaine, notamment via la recherche de présence d'un biomarqueur (BM) d'exposition dans des milieux biologiques (sang, urines, cheveu). Actuellement en France, en pratique, sur les sites pollués, le BM n'apparaît pas pertinent en l'état des connaissances pour toutes les substances (à l'exception du plomb qui est actuellement la principale substance recherchée dans le sang, la plombémie étant directement reliée à des effets spécifique chez l'enfant, et l'arsenic inorganique et ses dérivés, le cadmium et le thiocyanate) ;
- des méthodes indirectes de quantification de l'exposition humaine. Les méthodes indirectes de quantification de l'exposition humaine produisent et exploitent des données issues de mesures ou de données bibliographiques et, de ce fait, sont plus approximatives que les méthodes directes. Il s'agit de mesurer les concentrations en substances contaminantes dans les différents milieux environnementaux et, par exemple, les quantités quotidiennement « consommées » de certains de ces milieux. L'exposition humaine n'est pas toujours accessible à la mesure pour des raisons pratiques, techniques, ou, comme c'est souvent le cas, parce que l'étude est de nature prédictive : l'évaluation porte sur une situation future, et l'exposition à évaluer n'existe pas encore. Pour pallier ces inconvénients, il est courant de combiner des mesures effectuées sur le terrain à des estimations ayant deux origines possibles : la transposition et la modélisation.

Dans le cas du stockage illimité de STOCAMINE et d'une exposition chronique des populations, l'approche devra s'appuyer sur des méthodes indirectes de quantification de l'exposition humaine, par le biais de modélisation des futures concentrations dans les milieux d'exposition.

Dans les documents du dossier remis à l'INERIS par STOCAMINE, des concentrations issues de modélisation sont proposées principalement pour le milieu eau. Concernant ces dernières et leurs hypothèses de calculs, des commentaires de l'INERIS ont été émis dans le rapport INERIS 2010-a et dans le présent rapport au chapitre 6, mettant en évidence la nécessité d'une révision des concentrations annoncées.

En ce qui concerne le milieu air, les seuls éléments disponibles indiquent par exemple une concentration en acide cyanhydrique, mais dans l'air de la mine qui pourrait atteindre 15 voire 30 mg/L air (BMG 2004 [Réf. 30]), pour laquelle des commentaires ont déjà été émis par l'INERIS en section 5.2.

En outre, en termes de caractérisations de la qualité des milieux d'exposition pour l'homme aux environs du site STOCAMINE, actuellement les seuls éléments disponibles sont les résultats liés aux études de l'état initial [Réf. 14], de l'incendie

du bloc 15 [Réf. 16], et aux campagnes de surveillance. Ils concernent notamment l'air aux rejets du puits Else, les eaux souterraines, les eaux de surface. Mais ces derniers indiquent des informations relatives à un nombre restreint de substances ou composés chimiques avec des limites de détection ou quantification potentiellement à revoir, et pour certaines obtenues avant le début du stockage, et qui donc n'apparaissent *a priori* pas représentatives, ni suffisamment exhaustives au regard des impacts sanitaires potentiels de l'option « stockage illimité ».

8. CONCLUSIONS

La lecture critique des études en relation avec les deux thématiques relatives aux études «Impact sur la santé des populations (pour une exposition chronique, la seule actuellement considérée et hors travailleurs du site de STOCAMINE, étudiés par ailleurs) et «Impact sur la ressource en eau » dans l'hypothèse d'un stockage illimité sur le site de STOCAMINE conduit aux commentaires suivants.

Les études d'impact sur la santé des populations et sur la ressource en eau sont basées sur l'élaboration d'un schéma conceptuel qui permet notamment de préciser les relations entre : les sources de contamination (via l'identification de l'ensemble des substances dangereuses susceptibles d'être présentes, avec leurs caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques, concentrations, extension, etc.) ; les différents compartiments environnementaux/milieux de transfert et leurs caractéristiques physiques et chimiques afin de caractériser les vecteurs d'un transfert éventuel de ces substances chimiques ; dont l'évaluation des transferts au sein « du sous-sol », des aquifères, dans l'air du sol, et le cas échéant dans l'air ambiant, etc. ; et les enjeux, qui sont les populations potentiellement exposées à ces substances chimiques, au regard des usages des milieux et de l'environnement susceptibles d'induire une exposition d'une catégorie de la population à ces substances chimiques, et la ressource en eau.

La caractérisation du site et l'élaboration du schéma conceptuel repose entre autres sur des études documentaires en relation avec les contextes géologique, hydrogéologique et géomécanique, dont la synthèse de l'analyse critique de l'INERIS est réalisée par ailleurs.

Terme source primaire, sources potentielles de pollution

Les documents disponibles devaient permettre de répondre aux questions suivantes : quelles sont les substances présente, à considérer ? ; quelles réactions sont possibles entre elles et avec l'encaissant avant et après l'ennoyage du site de stockage ? ; quels dégagements gazeux sont possibles ? ; quelles sont les concentrations attendues dans le milieu eau/saumure au sein de l'aquifère minier (susceptibles de migrer vers le milieu naturel) ?

Des éléments utiles sont présents dans le dossier remis par STOCAMINE, mais pour poursuivre l'étude du terme source, les résultats d'analyses fournis par les détenteurs de déchets et les résultats du laboratoire STOCAMINE, sont nécessaires à l'INERIS, sans préjuger *a priori* que ces informations seront suffisantes. En l'absence de données précises sur la qualité des déchets, une l'hypothèse majorante serait alors retenue par l'INERIS : une dissolution totale des polluants (cette hypothèse a été considérée également par BMG [Réf. 30] et ensuite par CESAME [Réf. 37]).

En terme de comportements des déchets, ces derniers seront influencés par la présence ou non d'eau, avec en présence d'eau, en cas d'ennoyage, le lessivage des déchets et des émissions gazeuses à envisager. Les données disponibles dans le dossier ne permettent pas d'estimer la fraction des polluants des déchets soluble dans l'eau ou la saumure. Des éléments relatifs au confinement des déchets et de leur vulnérabilité, disponibles dans les rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b, permettent également d'aborder le comportement des déchets et ceux des autres milieux de transfert et/ou d'exposition pour les populations, comme les eaux souterraines, de surface/ saumure, l'air, etc.

Vecteurs et milieux de transfert

La migration des polluants vers les milieux de transfert et les milieux d'exposition pour les populations repose sur la présence de vecteurs de transfert.

Dans le cadre de la présente étude, les milieux de transfert identifiés sont l'eau, la saumure et le gaz. Pour parvenir en surface, le fluide (eau, saumure, gaz), potentiellement pollué par les déchets, pourrait emprunter *a priori* les vecteurs de transfert suivants (cf. mémoire 2 MDPA [Réf. 0]) : les puits de mine (15 pour le secteur Ouest dans son ensemble ou seulement ceux de la mine Amélie, cf. hypothèse sur la présence et la pérennité d'un stot, dans le rapport INERIS 2010-a), les sondages de recherche de potasse (181), les sondages pétroliers et celui dévolu à la recherche de gaz (24), les failles dont la présence a été observée (cf. puits Max, rapport INERIS 2010-a).

L'analyse du dossier portant sur la mise en sécurité des ouvrages miniers (remblayage), la présence éventuelle de failles, le phénomène d'ennoyage et celui du fluage du sel, est réalisée dans les rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b. L'INERIS a d'ores et déjà émis des réserves quant à certaines hypothèses faites jusqu'à présent et notamment sur les cinétiques d'ennoyage et de compaction.

Enjeux à protéger

Au regard des éléments du dossier et compte-tenu de la cinétique des phénomènes de transfert associés aux impacts potentiels sur la ressources en eau et/ ou sur la santé humaine, deux démarches sont envisageables concernant l'identification des enjeux et leur incorporation au schéma conceptuel : l'une sera d'identifier les enjeux et usages actuels, en considérant que ces derniers seront toujours représentatifs des usages existants dans la zone d'étude dans un futur même éloigné ; et la seconde de choisir des enjeux majorants en termes d'usages et de lieux (par exemple un captage d'alimentation en eau potable à proximité d'un puits d'épanchement, l'hypothèse des puits Joseph et Else a été étudiée par BMG [Réf. 30] et CESAME [Réf. 37] ; un bâtiment au droit ou proximité immédiate, par exemple, d'une dalle de surface de comblement d'un puits, etc.).

Au regard des documents analysés et de la visite de site de janvier 2010 par l'INERIS, il apparaît en termes d'enjeux :

Les populations humaines hors site et usages des sols

Hors du site STOCAMINE, les populations humaines et les usages des milieux ont principalement été traitées dans les études suivantes, parmi les plus récentes, BMG [Réf. 30], ERCOSPLAN [Réf. 40], celle d'ERM [Réf. 16] concernant plus particulièrement l'impact de l'incendie du bloc 15. Ces rapports, la visite de janvier 2010, ainsi que des plans cadastraux issus de MDPA 2008 - Mémoire 3 [Réf. 0],

mettent en évidence aux environs du site de STOCAMINE ou à proximité de puits, la présence de zones tertiaires, de zones avec des habitats résidentiels et des jardins privatifs, parfois des potagers, des piscines, et des habitats collectifs, des zones de loisirs avec des plans d'eau ou des étangs. Aucun rapport dans le dossier ne relate la présence de parcelles fréquentées par des populations sensibles au regard de celles mentionnées dans la circulaire du 8 février 2007 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles, comme des crèches, des écoles, etc.

Des compléments d'informations seront nécessaires.

La ressource en eau

Des compléments d'information seront à rechercher concernant les usages de l'eau, notamment, la présence de captage d'alimentation en eau potable, pour l'irrigation de culture, pour l'abreuvage d'animaux d'élevage, de plans d'eau avec activités de loisirs, de pêche, etc.

Schéma conceptuel préliminaire

Les premières informations collectées ont permis de réaliser un schéma conceptuel préliminaire au regard des pollutions potentielles et de l'hypothèse de stockage illimité, illustré sur une figure. Il sera à adapter au regard des analyses critiques et compléments d'études en cours par l'INERIS.

Les principales voies d'exposition humaine sont : la voie inhalation de substances organiques volatiles, semi-volatiles dans l'air ambiant intérieur (habitation) et extérieur à proximité immédiate de certains puits, autres ouvrages, failles, etc. ; la voie ingestion d'eau issue des puits privés ; les voies d'exposition liées à l'usage de loisirs des eaux de surface (étang, bassin, etc.), comme l'ingestion non intentionnelle d'eau ; et d'autres voies d'exposition liées à d'autres usages domestiques de l'eau issue des puits privés, comme l'arrosage de végétaux potagers et la voie potentielle d'exposition qu'est l'ingestion de végétaux potentiellement contaminés par l'arrosage du potager ou l'inhalation de vapeur d'eau contaminée lors de ces activités d'arrosage, le remplissage de piscines privées, l'abreuvage d'animaux d'élevage domestique et la voie potentielle d'exposition qu'est l'ingestion de denrées alimentaires, etc.

Impact sur la ressource en eau

Le principal scénario d'impact sur la ressource en eau considéré jusqu'à présent est celui lié à l'ennoyage. l'INERIS a d'ores et déjà émis des réserves quant à certaines hypothèses faites jusqu'à présent et notamment sur les cinétiques d'ennoyage et de compaction (cf. rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b).

L'évaluation de l'impact sur la ressource en eau, fortement dépendante de l'analyse de ces phénomènes et de l'analyse du terme source, est actuellement dans l'attente des résultats de certaines études mentionnées principalement dans les rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b.

L'étude BMG [Réf. 30] présente un chapitre intitulé « *Evaluation de l'exposition des biens à protéger* » qui correspond à l'étude d'impact pour la ressource en eau telle qu'envisagée par l'INERIS. Selon cette étude, le transfert éventuel de polluants vers la nappe alluviale et le milieu extérieur ne pourra se produire qu'après une remobilisation sous forme dissoute dans l'eau (ou la saumure) voire sous forme gazeuse, à travers : le transport de composés dissous ou gazeux à

travers la zone salifère non perturbée, le transport de gaz à travers la zone perturbée du sel le long des puits et le transport des polluants par des eaux circulant à travers le système minier.

L'INERIS n'est pas totalement en accord avec la définition de ces scénarios de transfert pouvant conduire à un impact potentiel pour la ressource en eau. En effet, des circulations d'eaux douces puis d'eaux saumâtres sont attendues à l'extrados des puits, par conséquent le second scénario devrait également considérer le transport de polluant sous forme dissoute dans l'eau.

Le modèle employé pour simuler le scénario d'ennoyage apparait entaché de lacunes et d'incertitudes qui ne permettent pas de valider les flux potentiels de polluants annoncés. Ceci conduit l'INERIS à émettre également des réserves quant aux conclusions de BMG [Réf. 30] sur l'impact sur la ressource en eau, tant en termes de dépassements de critères associés aux eaux destinées à la consommation humaine, que sur le délai d'apparition de ces dépassements [30].

A ce stade, les travaux de l'INERIS doivent se poursuivre pour aller plus avant dans l'évaluation de l'impact potentiel sur la ressource en eau, ils concernent notamment : le terme source avec la définition des substances et l'estimation des concentrations à considérer en sortie du système minier, et l'ennoyage et le fluage du sel avec l'estimation des débits d'exhaure à considérer en sortie du système minier.

Néanmoins, compte-tenu des incertitudes attachées à la modélisation réalisée par BMG sur l'évolution des fluides au sein du système minier, il paraît préférable pour l'INERIS de porter son attention sur la simulation de l'impact potentiel de STOCAMINE sur les usages de l'eau liés à l'utilisation de la nappe du Rhin (captages d'alimentation en eau potable en particulier). Dans ce cadre, les travaux de modélisation de cette nappe alluviale engagés par le BRGM à la demande de STOCAMINE paraissent utiles (logiciel MARTHE développé par le BRGM).

Impact sur la santé humaine hors travailleurs du site de STOCAMINE (exposition chronique)

Jusqu'à présent, les seules évaluations des risques sanitaires conduites pour des populations hors travailleurs de STOCAMINE sont celles de BMG [Réf. 30] relatives à « *l'évaluation des risques à moyen et long terme (50, 100, 1000 ans) dans le cadre des deux variantes de confinement, avec comme bien potentiellement principal à protéger, la nappe phréatique et les eaux de surface drainant la nappe (dans ce cas l'exposition des populations étant liée à l'usage de ces eaux)* », et celles liées à l'incendie du bloc 15 de 2002. Dans ce dernier cadre, ERM [Réf. 16] avait réalisé une évaluation de l'impact des fumées ou des gaz rejetés pendant toutes les phases de l'incendie, en distinguant le cas de populations avoisinantes et les employés de STOCAMINE en fond de mine

Le cadre de ces études ne correspond donc pas totalement à celui de l'étude d'impact sanitaire du futur dossier de cessation d'activité, dans le cas du stockage illimité. Cependant certaines informations pourront partiellement être reprises, avec de potentielles mises à jour nécessaires

L'étude de BMG [Réf. 30] appelle les commentaires suivants de l'INERIS et uniquement concernant l'eau, malgré la mention de BMG de proposer des concentrations tolérables de polluants pour l'air, *in fine* non réalisé.

- La liste des substances prises en compte sera *a priori* à élargir à d'autres substances, au regard des commentaires déjà émis par l'INERIS concernant notamment la caractérisation du terme source et le comportement des substances, les contextes géologique, hydrogéologique et géomécanique (cf. rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b), impactant les caractéristiques des vecteurs et milieu de transfert et donc les substances potentiellement présentes.
- L'approche consistant à retenir les valeurs limites pour les eaux de consommation est cohérente avec l'approche proposée par l'INERIS (cf. l'INERIS propose en terme de modalité de gestion au regard de l'impact sanitaire de suivre la démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM) mise en place en février 2007 par le ministère en charge de l'environnement [MEDAD, 2007]. Par ailleurs, il apparaît que les valeurs pour les substances retenues n'ont pas évolué et sont en cohérence avec les limites de qualité reprises dans l'annexe I de l'arrêté du 11-01-2007.
- L'approche basée sur des calculs pour l'obtention de valeurs seuils en l'absence de valeurs réglementaires, sera à revoir au regard de la mise à jour des valeurs toxicologiques de référence, des valeurs des paramètres d'exposition retenus par BMG, des critères d'acceptabilité en terme de « *concentration considérée comme tolérable* ».

En terme d'évaluation de la toxicité, les informations actuellement disponibles, (principalement des études BMG [Réf. 30], ERCOSPLAN [Réf. 40], Institut Suisse pour la promotion de la Sécurité [Réf. 29], ERM [Réf. 16]) concernent une exposition chronique et seulement certaines substances. Les valeurs toxicologiques de référence seront à mettre à jour, au regard notamment des bases de données classiquement consultés (celles de l'ATSDR, l'OMS, Health Canada, l'US EPA, l'OEHHA, le RIVM). Et la liste des substances prises en compte sera *a priori* à élargir à d'autres substances, au regard des commentaires déjà émis par l'INERIS concernant notamment la caractérisation du terme source et le comportement des substances et des contextes géologique, hydrogéologique et géomécanique (cf. rapports INERIS 2010-a et INERIS 2010-b), impactant les caractéristiques des vecteurs et milieu de transfert et donc les substances potentiellement présentes.

En terme d'évaluation des expositions, dans les documents du dossier, des concentrations issues de modélisation sont proposées principalement pour le milieu eau. Concernant ces dernières et leurs hypothèses de calculs, une révision des concentrations annoncées (cf. également le rapport INERIS 2010-a) apparaît nécessaire. En ce qui concerne la caractérisation de la qualité des milieux d'exposition pour l'homme aux environs du site STOCAMINE, actuellement les seuls éléments disponibles sont les résultats liés aux études de l'état initial [Réf. 14], de l'incendie du bloc 15 [Réf. 16], et aux campagnes de surveillance. Ils concernent notamment l'air aux rejets du puits Else, les eaux souterraines, les eaux de surface. Des compléments seront nécessaires. En effet, ces derniers indiquent des informations relatives à un nombre restreint de substances ou composés chimiques avec des limites de détection ou quantification potentiellement à revoir, et pour certaines obtenues avant le début du stockage, et qui donc n'apparaissent *a priori* pas représentatives, ni suffisamment exhaustives au regard des impacts sanitaires potentiels dans l'hypothèse de « stockage illimité ».

9. BIBLIOGRAPHIE

9.1 BIBLIOGRAPHIE CONSULTEE ISSUE DU DOSSIER

Réf. 0 : MDPA (2008). Mémoires techniques des mines de potasse d'Alsace : 1904-2008. – Edition MDPA, octobre 2008, 1068 p.

Réf. 1 : EMC(1996). Le stockage en mine de déchets industriels, Stocamine, février 1996, 158 p.

Réf. 3 : Institut de physique du globe de Strasbourg (antérieur à février 1997). Estimation des mouvements sismiques à la cote 500 m, document non daté (antérieur à février 1997).

Réf. 4 : COMBES P., LEDOUX E. (1990) Etude de sûreté d'un projet de stockage de déchets toxiques dans la Mine Amélie. Approche des problèmes liés à l'hydrologie, P. Combes, E. Ledoux, Ecole des Mines de Paris, document non daté (antérieur à février 1997).Rapport LHM/RD/90/60, 40 p.

Réf. 6 : Projet Etudes Conseils Services, Industrie Environnement (PECSIE) (1991). Stockage profond de déchets industriels: étude des dangers, Projet Etudes Conseils Services, Industrie Environnement (PECSIE), 27 mars 1991.

Réf. 7 : Electricité de France (1991). Mines de Potasse d'Alsace : tenue au séisme du cuvelage du puits Joseph, 11 mars 1991.

Réf. 8 : Muller J., Kille G. (1990). Etude de sécurité chimique, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, 30 novembre 1990.

Réf. 9 : Kille G., Walter S. (non daté).Etude de sécurité chimique sur le projet MDPA de stockage profond des déchets industriels dans la mine Joseph-Else à Wittelsheim, Comportement à long terme, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, document non daté.

Réf. 10 : INERIS (1993). Stockage en mine de déchets toxiques : déchets à exclure, 14 septembre 1993.

Réf. 13 : INERIS (1996). Avis d'expert relatif à la demande de création d'un stockage souterrain de déchets ultimes. Rapport du Laboratoire e Référence d'Analyse des Risques, INERIS, Réf. 36MA36, octobre 1996, 85 p. + ann.

Réf. 14 : INSA division Polden (1998). Réalisation d'un état initial du site de stockage de déchets industriels de Stocamine, décembre 1998.

Réf. 15 a INERIS (2002). Etude du comportement hydraulique de l'obturation d'un puits par un bouchon de cendres volantes, étude bibliographique, INERIS, 21 décembre 2001 ; et 15b INERIS (2002). Etude du comportement hydraulique de l'obturation d'un puits par un bouchon de cendres volantes, synthèse (Projet), INERIS, 15 octobre 2002.

Réf. 16 a: ERM France (2003). Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim, bilan des émissions au jour et en fond de mine, 20 février 2003 ; et 16b ERM France (2003). Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim, 30 mars 2003.

Réf. 17 : Stocamine (2003). Rapport final d'expertise, Experts nommés par la Commission Locale d'Information et de Surveillance (CLIS), 24 juillet 2003.

Réf. 18 : INERIS (2003). Audit triennal de Stocamine, 1999-2002, septembre 2003

Réf. 19 : STOCAMINE (2002). Suivi des lots, février 1999 à septembre 2002.

Réf. 20 : STOCAMINE. Analyses environnementales courantes, extraits.

Réf. 21 : STOCAMINE et MDPA. Suivi minier, température et analyses des gaz.

Réf. 22 : Préfecture du Haut-Rhin. Arrêtés préfectoraux du 3.2.1997, 10.7.2001, 12.9.2002, 17.12.2002.

Réf. 25 : MADPA. Plan des travaux du fond et aérage.

Réf. 27 : MADPA (2004). Caractérisation des cendres volantes, 30 mars 2004.

Réf. 28 : MICA Environnement (2004). Etude géologique, hydrogéologique et géotechnique du centre de stockage de Stocamine. Wittelsheim (Haut-Rhin). – Rapport n°04-069, avril 2004, 259 p. + ann

Réf. 29 : Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité (2004). Détermination des dangers, juillet 2004.

Réf. 30 : BMG Engineering AG (2004). Stockage souterrain de Wittelsheim : évaluation des risques suite au confinement de déchets dans la mine. Risques dus aux substances chimiques, Texte et Annexes. Document du 21 juillet 2004. (documents scannés INERIS 30-1 et 30-2). 90 pp plus annexes.

Réf. 31 : Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité (2004). Etude d'impact, rapport synthèse, juillet 2004.

Réf. 32 : Institut Suisse de Promotion de la Sécurité (2006). Etude de sécurité au travail et de protection de la santé dans le cadre de la mise en œuvre de la réversibilité, juin 2006.

Réf. 33 : Institut Suisse de Promotion de la Sécurité (2006). Rapport de synthèse Etude approfondie de la variante de la mise en œuvre de la réversibilité, juin 2006.

Réf. 34 : BMG Engineering AG (2006). Stockage souterrain de Wittelsheim : évaluation technique de la variante de la mise en œuvre de la réversibilité, juin 2006.

Réf. 35 : Hadj-Hassen F., Tijani M. (2006). Actualisation de l'étude de stabilité du stockage de déchets toxiques dans la mine d'Amélie, Ecole des Mines de Paris, Février 2006

Réf. 36 : STOCAMINE, SOLETANCHE-BACHY (2006). Etude technique détaillée du confinement complémentaire du bloc 15, selon les prescriptions du courrier de Monsieur le Préfet du 9 mars 2006. 7 juillet 2006. 32 p plus annexes. juillet 2006

Réf. 37 : CESAME (206). Synthèse sur l'ennoyage de la mine de potasse Secteur Ouest, Septembre 2006

Réf. 39 : CESAME (2008). L'ennoyage des mines de potasse. Dossier commun aux secteurs Est et Ouest. Rapport AB/1143/04/08, avril 2008, 80 p.

Réf. 40 : ERCOSPLAN (2008). Etude de faisabilité. Remblayage des cavités Souterraines de Stockage des Déchets de StocaMine, Wittelsheim/France. Rapport ERCOSPLAN. EGB 07-042. 02 septembre 2008, 75 p.

Réf. 41 : HADJ-HASSEN F. (2009). STOCAMINE. Evaluation du volume des vides souterrains résiduels après ennoyage du stockage. Rapport Mines ParisTech, octobre 2009, 13 p.

Réf. 42 : BRGM. Etude sur l'ennoyage des travaux souterrains

Réf. 43 : MDPA-SA (2003). Les sondages depuis ce jour à l'intérieur des concessions MDPA. Rapport 58/03-XE, Etudes générales, 19/11/2003, 8 p. + ann.

9.2 AUTRES REFERENCES

INERIS (2010-a). Stockage souterrain de STOCAMINE (68) - Synthèse critique du contexte hydrogéologique et des modalités d'ennoyage du site. Rapport DRS-10-108130-03801A

INERIS (2010-b). Analyse critique des études géomécaniques du stockage de Stocamine. DRS-10-108130-04240A

Mansoux (2000). Acceptability and safety objectives, use of concepts through various area, IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire), 28 pages.

MEDAD (2007a). Circulaire du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable relative aux « Installations classées ; prévention de la pollution des sols ; gestion des sols pollués, daté du 8 février 2007 - http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr

MEDAD (2007b). Circulaire du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable relative aux « Sites et sols pollués ; modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués », daté 8 février 2007 - http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr

Piao H., Bishop Paul L. (2006). Stabilization of mercury-containing wastes using sulfide. Environmental Pollution 139 498-506.

Wilkin R. T., Wallschlager D., Forda R. G. (2003). Speciation of arsenic in sulfidic waters. Geochem. Trans. 4(1) 1–7.