

RAPPORT D'ÉTUDE  
DRS-12-108130-01167C

09/11/2012

**Moyens de maîtrise des risques dans l'option  
de stockage illimité à StocaMine**

**INERIS**

*maîtriser le risque |  
pour un développement durable |*

# **Moyens de maîtrise des risques dans l'option de stockage illimité à StocaMine**

Direction des Risques du Sol et du Sous-sol

**STOCAMINE**

## 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     | Jean-Claude PINTE   | Philippe GOMBERT  | Mehdi GHOREYCHI   |
| Qualité | Chef de Projet à la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol                     | Responsable de l'Unité Eaux Souterraines et Emissions de Gaz à la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol | Directeur des Risques du Sol et du Sous-sol   |
| Visa    |  |                           |  |

## TABLE DES MATIÈRES

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. CONTEXTE .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2. MOYENS DE MAITRISE DES RISQUES .....</b>                           | <b>7</b>  |
| 2.1 Les barrages .....   | 7         |
| 2.1.1 Description et mise en place.....                                  | 7         |
| 2.1.2 Points d'attention et facteurs favorables.....                     | 9         |
| 2.1.2.1 Points d'attention.....  | 9         |
| 2.1.2.2 Facteurs favorables.....   | 10        |
| 2.2 Maîtrise des risques liés aux sondages.....                          | 11        |
| 2.3 limitation de la sollicitation des barrages en phase d'envoyage..... | 12        |
| 2.4 Remblayage des blocs restés vides.....                               | 12        |
| 2.5 Fermeture des deux derniers puits.....                               | 13        |
| <b>3. DISPOSITIONS RELATIVES AU SUIVI ET MOYENS D'INTERVENTION....</b>   | <b>15</b> |
| 3.1 Suivi de l'envoyage .....  | 15        |
| 3.2 Suivi après travaux.....   | 16        |
| 3.3 Moyens d'intervention .....  | 17        |
| <b>4. SERVITUDE ET RESTRICTION D'USAGE AUTOUR DES PUIITS. ....</b>       | <b>19</b> |
| <b>5. REFERENCES .....</b>   | <b>21</b> |



## 1. CONTEXTE

L'INERIS a réalisé, pour le compte de StocaMine, de nombreuses études comportant trois phases :

- 1- la comparaison des différents scénarios du devenir des déchets de StocaMine [68] ; cette partie a montré que la solution de stockage illimité avec barrières à très faible perméabilité présentait l'impact minimum pour l'homme et l'environnement selon les risques identifiés ;
- 2- une étude plus approfondie du scénario présentant le moindre d'impact environnemental et sanitaire ;
- 3- l'élaboration des pièces techniques du dossier de demande de stockage illimité des déchets ultimes stockés à Wittelsheim.

Le bilan écologique, annexe 4 du dossier, doit préciser les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement et la santé ainsi que les dépenses correspondantes. Ce rapport en présente les aspects techniques, les coûts correspondants seront précisés dans le dossier.

La solution choisie « stockage illimité à StocaMine » peut être améliorée par rapport à la description initiale faite dans le cadre du dossier de demande d'autorisation d'exploiter (rappelé au paragraphe 2 ci-après) et son approche sécurisée par un certain nombre de dispositions détaillées dans ce rapport. Ces dispositions concernent :

- l'acquisition de données complémentaires permettant de valider les hypothèses d'ennoyage et de transport de polluants ;
- la mise en place et la vérification des Moyens de Maîtrise des Risques (MMR) en particulier, des barrières<sup>1</sup> à très faible perméabilité (géométrie et position dans les galeries, choix du type de barrage effectivement réalisé) ;
- la mise en place d'un dispositif de surveillance et la description de dispositions palliatives en cas de défaillance observées.

Ce rapport présente successivement, les points clés concernant la vérification des hypothèses, notamment le suivi de l'ennoyage, puis les moyens de maîtrise du risque et enfin le suivi, les moyens d'interventions et les restrictions d'usages.

---

<sup>1</sup> Aussi appelé barrages, bien que les termes « barrière », « barrière ouvragée » ou encore « barrières d'ingénieur » (de l'anglais engineered barrier) soient largement employés dans le domaine du stockage souterrain notamment de déchets radioactifs où ce type de disposition est largement étudié.



## **2. MOYENS DE MAITRISE DES RISQUES**

Le projet de transformation du centre de stockage souterrain en stockage à durée illimitée prévoyait à l'origine la réalisation de travaux de confinement visant à isoler les déchets par rapport à la surface. Ces travaux initialement prévus peuvent être décrits comme suit :

- le stockage devait être isolée du reste des travaux miniers par la mise en place de serrements de béton entre murs de maçonnerie (proposition du dossier original) au droit de chaque quartier ; cette isolement a été réétudié après l'arrêt de l'exploitation au profit de serrement de sel de forte épaisseur dans les galeries autour du stockage (700 m de longueur cumulée de serrements). Ces travaux devaient être réalisés avec un soin particulier pour garantir la meilleure étanchéité possible ;
- le remblayage des puits Joseph et Else devait permettre d'isoler le site de stockage de la surface par mise en place d'un bouchon de cendres volantes (perméabilité =  $5,8.10^{-7}$  m/s) sur la plus grande hauteur possible (remblayage sur environ 400 mètres), de façon à limiter le débit de transit d'eau à travers le bouchon ;
- les dalles de fermeture de ces puits devaient être pourvues d'évents permettant l'évacuation des éventuels gaz à 3 mètres de hauteur par rapport au sol ;
- trois piézomètres étaient prévus d'être installés dans la nappe alluviale au niveau des puits Joseph et Else, deux en aval et un en amont de chacun d'entre eux (soit 6 piézomètres).

Aujourd'hui, l'approche développée et proposée va plus bien loin que celle qui avait été énoncée lors du dépôt de dossier en 1997. Les techniques, tant d'étude que de réalisation se sont améliorées, l'expérience d'autres sites de confinement est venue éclairer le sujet, des observations sur le site et des analyses plus approfondies ont complété et amélioré la connaissance du comportement de la matrice encaissante et des déchets au contact de la saumure.

### **2.1 LES BARRAGES**

#### **2.1.1 DESCRIPTION ET MISE EN PLACE**

Le principe, tel que préconisé par la tierce-expertise de l'INERIS lors de l'examen du DDAE d'origine [13] en 1996 consiste à placer des barrages au plus près de la zone de stockage de manière à créer une zone confinée sans entraver la circulation de la saumure qui monte au sein des vides miniers.

Les études récentes réalisées par l'INERIS ont bien précisé que l'objet de ces barrages ne peut être d'empêcher tout passage à long terme de la saumure (ce qui serait difficile de garantir) mais de retarder autant que possible l'envoyage de la zone de stockage et de réduire le débit de la saumure polluée sortant du stockage.



Pour assurer cela, la solution de barrages à l'instar de ce qui est étudiée dans les sites de stockage en mines de sel d'autres pays européens est actuellement examinée. Un schéma de principe de ce qui pourrait être réalisé est donné à la Figure 1. Soulignons que la performance de ces barrages a été dimensionnée pour que l'épanchement de saumure polluée sortant du stockage et diluée, dans un premier temps, dans les vides miniers puis dans la nappe d'Alsace, conduise à une concentration des substances dans l'aquifère bien inférieure aux critères de qualité d'origine réglementaire, c'est-à dire demeure au plus à un niveau comparable au bruit de fond actuel.

La conception des barrages sera confiée à un bureau d'ingénierie spécialisée et le contrôle de leur réalisation à un bureau de contrôle indépendant.

Préalablement, on vérifiera l'état du toit et des parements de la zone de stockage et des galeries d'accès pour optimiser la position des barrages, la sécurité des travailleurs et éliminer le risque potentiel d'un transport de polluants à travers la zone dégradée autour des galeries. Des dégradations de ce type sont notamment visibles au toit des blocs 15, 16, 25 et 26 où, à cause du choix d'un approfondissement de 2 mètres des traçages, un décollement important des bancs a eu lieu.

Pour ce faire, une auscultation endoscopique du toit et des mesures de perméabilité sont prévues dans le but de mesurer l'amplitude et l'étendue de la zone endommagée au toit, au mur et dans les parements des voies d'accès. L'endoscopie vérifiera, sans aller au-delà de la couche de marne (à une dizaine de mètres du toit du stockage), que l'extension du décollement du toit du stockage n'atteint pas le niveau de l'exploitation sus-jacente et laisse bien une distance de garde suffisante sans aucune possibilité de communication hydraulique. Dans le cas contraire, la barrière ouvragée sera déplacée, la zone endommagée supprimée par sur-excavation ou des moyens de traitement in situ mis en œuvre. L'objectif est de s'assurer que la perméabilité de la roche autour des barrages ne dépasse pas celle des barrages eux-mêmes (typiquement  $1.10^{-18}$  à  $1.10^{-19}$  m<sup>2</sup>, soit  $1.10^{-11}$  à  $1.10^{-12}$  m/s).

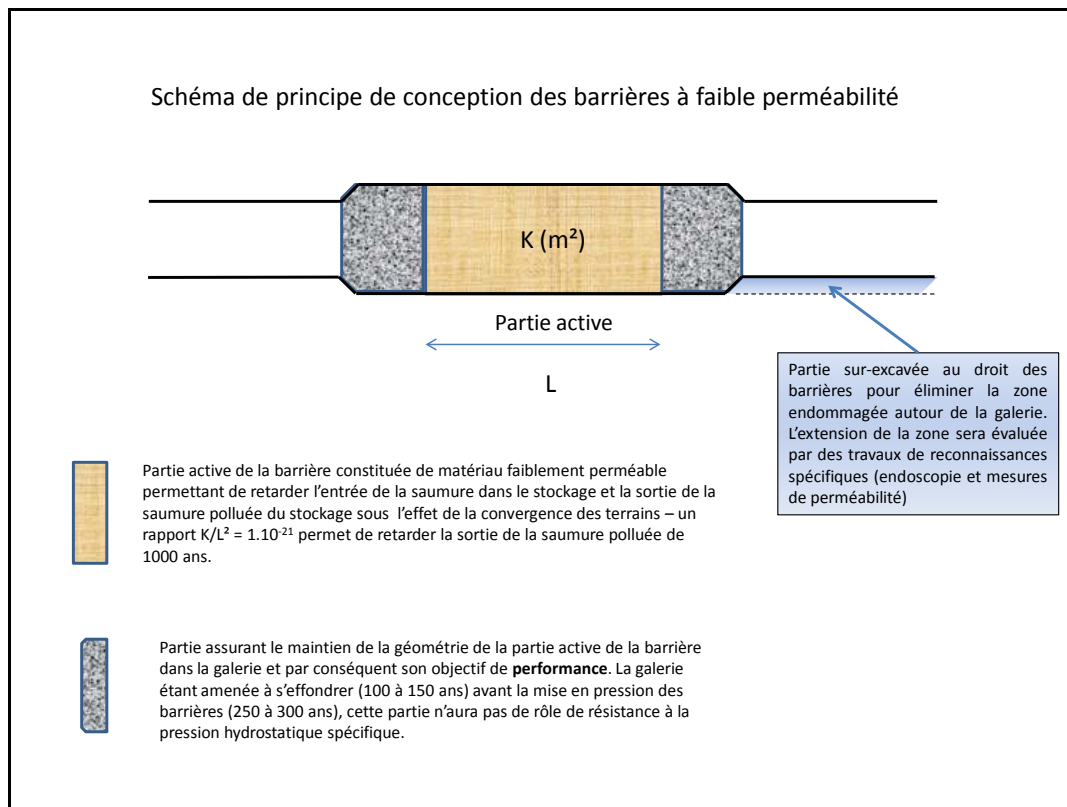


Figure 1 – Schéma de principe de conception des barrières à faible perméabilité

## 2.1.2 POINTS D'ATTENTION ET FACTEURS FAVORABLES

### 2.1.2.1 POINTS D'ATTENTION

Pour la réalisation des barrages, une attention particulière devra être apportée aux points suivants :

- la présence d'une zone endommagée autour des galeries d'accès au stockage peut conduire à une augmentation significative de la perméabilité du sel (cf. mesures in situ aux Etats Unis et en Allemagne) et permettre le passage préférentiel de la saumure polluée. Il est donc nécessaire d'interrompre cette zone, par une sur-excavation (voir 2.3) ou des injections par exemple, sans créer de nouvelles fissurations et/ou instabilités mécaniques ;
- en cas d'utilisation de bentonite<sup>2</sup>, il est connu que ses propriétés sont moins performantes en présence de saumure qu'en présence d'eau, tout en restant satisfaisantes et très peu perméables ; l'influence du fluide d'hydratation sur la bentonite retenue devra être examinée ;

<sup>2</sup> Dénomination commerciale des argiles gonflantes dont les plus performantes sont les smectites ; argiles possédant une très faible perméabilité et une aptitude au gonflement lors de leur hydratation

- le nombre des voies d'accès au stockage est élevé (21) et un nombre important de barrages devra être construit dans des voies simples, doubles ou triples ; compte tenu du caractère délicat de cette opération, des moyens importants devront donc être engagés, des précautions organisationnelles seront prises et l'attention et le contrôle devront être soutenus.

#### 2.1.2.2 FACTEURS FAVORABLES

Des barrières ouvragées à base de bentonite, largement étudiées dans le contexte du stockage de déchets radioactifs, présentent plusieurs propriétés favorables :

- une très faible perméabilité, typiquement  $10^{-18} / 10^{-20} \text{ m}^2$  ( $10^{-11} / 10^{-13} \text{ m/s}$ ) ;
- une aptitude au gonflement lors de leur hydratation contribuant au confinement de la paroi des galeries et donc à la diminution de la perméabilité du milieu ;
- une succion (pression capillaire) très importante pouvant atteindre plusieurs dizaines de MPa (du fait de la très petite taille de pores, micrométrique à nanométrique). Ainsi l'hydratation de la bentonite est difficile et très lente ;
- une capacité d'adsorption et d'échanges cationiques permettant la rétention de certains éléments polluants (facteur de sécurité difficile à quantifier et donc non pris en compte directement en dépit de son effet bénéfique) ;
- enfin, l'augmentation de la densité de la bentonite par le fluage des parements du stockage conduisant à une réduction de la perméabilité des barrages.

A cela s'ajoutent les propriétés favorables du sel :

- la cicatrisation (healing) des fissures sous contrainte, notamment en présence de la saumure, conduisant à une diminution progressive de la perméabilité de la zone endommagée, en particulier sous confinement ;
- la fermeture progressive des galeries devenant étanches à terme éloigné et qui pourra conduire au piégeage d'une partie de la saumure.

Notons enfin que les déchets n'ayant pas nécessairement un comportement de fluide visqueux comme le sel, le fluage du stockage peut être ralenti, voire arrêté, dans le temps ce qui constituerait un facteur très favorable pour la sûreté du stockage.

## 2.2 MAITRISE DES RISQUES LIES AUX SONDAGES

La couche de sel située au-dessus du stockage est un horizon naturellement imperméable. Néanmoins, elle a été traversée par plusieurs sondages anciens réalisés pour la reconnaissance du gisement de potasse. Parmi ces sondages, un seul (WIII) se trouverait à l'intérieur de la zone de stockage. Il a été réalisé en 1905 et rebouché à l'époque par injection d'argile dans la boue de forage. Ce sondage n'est pas visible au sein du site de stockage et doit se trouver dans un pilier du bloc 25, bloc non exploité.

Une étude spécifique récente réalisée par l'INERIS a montré que ce sondage ne constituerait pas une voie de transfert de saumure polluée, au cas où son matériau de remplissage serait solidifié. Dans ce cas, le débit de saumure polluée pouvant s'y infiltrer depuis le stockage et migrer vers des horizons supérieurs de travaux miniers anciens serait négligeable comparé au débit de sortie à travers les barrages. En revanche, si le matériau de remplissage est resté à l'état de boue, le sondage peut constituer une voie de transfert de la saumure polluée entre le stockage et l'ancienne exploitation sus-jacente, du fait du fluage, pour peu que l'écoulement puisse se faire du stockage vers le sondage.

Des dispositions sont en cours afin de localiser autant que possible le sondage WIII et de vérifier l'état de son matériau de remplissage. Au cas où ce matériau ne serait pas consolidé, ce sondage sera traité par injection. Si le traitement du sondage ne peut être réalisé pour des raisons de faisabilité technique ou des contraintes de sécurité (instabilité du toit du bloc 25), il est prévu de mettre en place une barrière à faible perméabilité autour du pilier concerné. Dans le cas où la reconnaissance, le traitement du sondage ou la mise en place d'une barrière seraient inenvisageables, une étude spécifique sera menée en intégrant les résultats de l'endoscopie du toit et des mesures de perméabilité déjà préconisées pour évaluer l'impact du sondage WIII et dégager une nouvelle solution de traitement.

Précisons en outre qu'il existe également des trous de sondages dits « trous de dégazage de grisou » réalisés par les mineurs dans le toit des galeries des MDPAs, y compris dans les chambres de stockage de déchets. Les résultats de l'étude réalisée par l'INERIS [67] indiquent que la fermeture complète (par fluage) des trous de dégazage n'interviendra que dans 5 à 6 siècles ; ils ne seront donc pas entièrement fermés lorsque le niveau d'ennoyage atteindra le toit du stockage, selon les hypothèses actuelles. Deux points doivent donc être examinés :

- la possibilité d'un transfert vertical du fond de trou vers l'ancienne exploitation minière ;
- la possibilité d'un transfert horizontal de sondage à sondage de part et d'autre d'une barrière de confinement par le biais du décollement des bancs et des fissures.

Concernant le premier point, les trous de dégazage débouchent dans la couche de marne située à une dizaine de mètres au-dessus du toit du stockage et une distance de garde persiste entre les trous et l'exploitation minière sus-jacente. Ces niveaux (marnes et sel non exploité) ne sont pas de nature à permettre une communication hydraulique, dans le sens vertical, entre le stockage et les vides miniers de l'exploitation.

La possibilité de transfert horizontal par des décollements et fissures sera traitée par la sur-excavation au droit des barrages et/ou des injections de coulis adapté reconstituant le massif.

Ces points seront toutefois vérifiés par des investigations complémentaires, en particulier par l'endoscopie du toit et par des mesures de perméabilité. Ces investigations auront pour objectif de s'assurer de l'absence de toute voie de communication au toit du stockage et autour des barrières. Les résultats de ces deux types d'investigations pourront nécessiter des travaux de sécurisation complémentaires, telles des injections de coulis à haute performance hydraulique dans les trous de sondages, notamment de part et d'autre des barrages.

### **2.3 LIMITATION DE LA SOLLICITATION DES BARRAGES EN PHASE D'ENNOYAGE**

Afin de limiter la sollicitation des barrages pendant la phase d'ennoyage, il est possible de favoriser la circulation par les galeries existantes entourant le stockage et situées sur le chemin emprunté par la saumure (court-circuit hydraulique [58e]). Il faudra veiller à laisser ces galeries ouvertes.

### **2.4 REMBLAYAGE DES BLOCS RESTES VIDES**

Les blocs 15, 16, 25 et 26 présentent un toit instable très affecté par le décollement des bancs, pouvant donc donner lieu, à terme, à une descente importante du toit sur toute la hauteur du bloc (2,8 m). Rappelons que ces instabilités résultent d'un approfondissement des traçages de 2 m environ et que la zone instable se limite à cette tranche. Toutefois, ces blocs n'étant pas comblés par des déchets (ou partiellement pour le bloc 15), afin de limiter la possibilité de la progression de ce décollement, dans le temps et dans l'espace, vers le niveau d'exploitation sus-jacent, un remblayage de ces blocs non remplis de déchets est envisagé, par précaution, à l'aide d'un matériau inerte. Ce matériau aurait pour vocation de limiter la descente du toit sans présenter nécessairement de propriétés particulières notamment en termes de perméabilité. Cette disposition, ayant pour objectif de préserver l'intégrité de la partie supérieure du toit du stockage qui n'est pas encore affecté par un décollement, pourra être modulée en tenant compte des investigations complémentaires prévues.

Aucun traitement particulier n'est préconisé pour les galeries d'accès du stockage dans la mesure où leur fermeture mécanique sera effective avant l'ennoyage.

## **2.5 FERMETURE DES DEUX DERNIERS PUIITS**

Seuls deux puits (Joseph et Else) sont encore ouverts sur l'ensemble des 15 puits d'accès au secteur ouest des MDPA. La qualité de traitement et l'étanchéité de ces derniers puits ne sont pas de nature à modifier sensiblement l'impact du stockage sur la nappe d'Alsace : en effet, si l'étanchéité de ces puits était assurée, la saumure emprunterait le chemin à plus faible résistance hydraulique offert par les trois autres puits proches du stockage et déjà remblayés (Amélie I, Amélie II et Max). Toutefois, le progrès technique en matière de comblement des puits sera mis à profit. Le dispositif de surveillance qui sera mis en œuvre à proximité de ces puits est décrit au point 3.2.

**En conclusion, les travaux de fermeture, tels qu'ils sont prévus aujourd'hui, constituent par eux-mêmes des mesures permettant de limiter l'impact sur la nappe phréatique au plus à la valeur du bruit de fond actuel.**



### **3. DISPOSITIONS RELATIVES AU SUIVI ET MOYENS D'INTERVENTION**

*Toutes les dispositions qui sont données dans ce chapitre sont évidemment fondées sur les connaissances et technologies disponibles au moment de la rédaction. Etant donné les études prévues et les phénomènes attendus à moyen ou long terme, il sera nécessaire d'actualiser ces dispositions et données, dans l'avenir, en fonction de l'évolution des connaissances et technologies.*

Les études entreprises, les compléments qui seront réalisés d'ici la mise en œuvre des barrages et la mise en œuvre des barrages eux-mêmes ne dispensent pas de vérifier que le comportement prévu est au moins conforme à ce qui est attendu. La surveillance de l'ennoyage, à mettre en place au plus vite, en fait naturellement partie.

#### **3.1 SUIVI DE L'ENNOYAGE**

L'ennoyage du secteur ouest des MDPAs hébergeant le stockage a vraisemblablement commencé vers les années 1950, à l'occasion de la fermeture des premiers puits. Toutefois, le niveau et la vitesse de l'ennoyage ne peuvent pas être actuellement précisés faute de dispositif de mesure. Ce point a d'ailleurs été soulevé par le COPIL durant les échanges et dans son rapport. Il est donc prévu de mettre en place un système de surveillance piézométrique à long terme. Cela demandera la réalisation de forages traversant les secteurs susceptibles d'être ennoyés et non encore entièrement fermés. Ils seraient équipés en piézomètres et devraient être entretenus pendant plusieurs siècles, au moins jusqu'à la fin de l'ennoyage. A court terme, les données recueillies permettraient d'ajuster les modèles prédictifs et d'affiner la prévision de l'impact du stockage sur la longue durée.

Précisons que plusieurs positions pour l'implantation d'un premier forage destiné à mesurer le niveau d'ennoyage au sein de la mine ont été examinées et formalisées par un rapport MDPA fin 2011 [70]. En résumé, le secteur ouest de l'exploitation est composé de 7 blocs différents en cours d'ennoyage, reliés entre eux à certains niveaux ; le stockage se situe dans le bloc de la mine Amélie.

Trois critères proposés par ce rapport prédisposent le choix de la position du forage :

- être suffisamment profond pour pouvoir suivre d'abord la montée des eaux de son propre bassin, puis celles des autres bassins de remplissage latéraux par des communications profondes;
- être, si possible, en eau dès la mise en service afin de lever le doute sur la communicabilité entre bassins et la fermeture naturelle de la taille ;
- se situer dans une zone non urbanisée limitant ainsi les nuisances au tiers et permettant l'instauration de servitudes d'accès moins contraignantes pour l'existant.



Le rapport de MDPA [70] propose en conclusion de choisir entre deux positions potentielles préférables en écartant celle qui présente des nuisances au tiers lors de la foration de l'ouvrage.

La réalisation d'un second forage se fera, tant en position que dans le temps, sur la base des informations acquises sur le premier. Sa position serait préférentiellement au sud du premier forage ainsi que du stockage (soit à l'aval hydraulique, pris dans le sens de l'ennoyage) de manière à permettre le suivi de la qualité de la saumure potentiellement polluée entre la sortie éventuelle du stockage et les puits Joseph et Else, les plus proches.

### 3.2 SUIVI APRES TRAVAUX

Il est prévu de mettre en place, en sus du réseau piézométrique de surveillance existant dans la nappe d'Alsace, une surveillance à proximité immédiate des points d'épanchement de saumure. Pour cela, des piézomètres seront réalisés à l'aval immédiat des 5 puits de la mine Amélie, par lesquels la saumure polluée serait susceptible de sortir. La réalisation de ces piézomètres ainsi que le point de départ du suivi qualité seront déterminés en fonction du résultat du suivi de l'ennoyage. Il n'est donc pas nécessaire de les mettre en place dès maintenant eu égard à la dégradation que les ouvrages pourraient subir dans le temps, néanmoins cette disposition nécessite la mise en place de servitude de manière à s'assurer que ce suivi soit bien mis en œuvre dans l'avenir.

Après arrêt d'exploitation de StocaMine et des MDPA, et donc de l'aéragé, **des mesures de surveillance de l'environnement à long terme** seront mises en place. Ces mesures prévoient :

- la surveillance de l'atmosphère gazeuse sous les dalles des puits Joseph et Else, a minima, acide cyanhydrique et mercure élémentaire ; en conséquence ceux-ci devront être équipés d'un dispositif permettant ce suivi. ;
- en plus de la réalisation d'analyses périodiques de contrôle de qualité de la nappe en amont et en aval des puits Joseph et Else prévu dans le cadre de l'arrêt, les puits Max et Amélie 1 et 2 seront également surveillés à l'identique. La fréquence des relevés et analyses sera quinquennale jusqu'à la fin de l'ennoyage, annuelle ensuite les 10 premières années : les paramètres à analyser seront les métaux prioritaires présents dans les déchets (As, Cd, Cr, Hg, Pb) et les cyanures (CN).

Après fermeture de la mine et de StocaMine, **des mesures** seront prises pour garder la mémoire du stockage, elles consisteront en :

- l'indication du périmètre des puits et du Stockage sur les documents d'urbanisme ;
- la mise en place de servitudes autour de tous les puits miniers pour en permettre la surveillance, les interventions de maintenance courantes et y interdire les activités sensibles. Le rayon de cette zone devra être précisé ultérieurement.

### **3.3 MOYENS D'INTERVENTION**

Si, au cours du suivi qualité, une dégradation était enregistrée dans la qualité de l'aquifère, une solution d'isolement du puits où cette pollution est constatée sera mise en œuvre. Cette solution pourrait consister à réaliser une enceinte à très faible perméabilité autour du ou des puits concernés et à mettre en œuvre un pompage et un traitement de l'exhaure.

Aujourd'hui les techniques les plus courantes pour la réalisation d'enceintes de ce type sont à base de boue bentonitique qui, outre le fait d'offrir une perméabilité faible, peuvent également concourir à fixer certaines substances, notamment les métaux lourds. Même si ce genre de dispositions est d'usage courant à court et moyen termes, le dispositif devra être détaillé avant travaux.

Un autre dispositif consistant à pomper directement dans l'enceinte minière pourrait également être mis en œuvre. Il pourrait utiliser les forages de suivi de l'envoyage ou être réalisé à partir d'un forage spécifique.



#### **4. SERVITUDE ET RESTRICTION D'USAGE AUTOUR DES PUIITS.**

Des servitudes devront être instituées pour permettre, à la fois, l'implantation, la réalisation et le suivi de la surveillance à proximité des 5 puits de la mine Amélie ainsi que d'éventuels travaux si des interventions sont nécessaires.

Une mesure de sécurité supplémentaire consiste à prévoir, en surface, des servitudes et restrictions d'usage (interdisant notamment tout pompage de l'eau, voire l'utilisation du sol) autour de tous les ouvrages susceptibles de diffuser de la saumure polluée dans la nappe d'Alsace. Il s'agit des 5 puits de la mine Amélie et des piézomètres destinés à la surveillance. En effet, même si les concentrations prévisibles en polluants de la nappe d'Alsace sont bien inférieures aux limites de qualité, du fait de la dilution très significative qui se crée dans la mine et au débouché dans la nappe, elles pourraient en toute rigueur être plus importantes dans l'éventualité d'un pompage localisé trop près des points de sortie par effet d'« aspiration ». Le détail de ces servitudes fera l'objet d'un examen point par point en fonction de chaque situation.

Enfin, pour éviter qu'un forage ne recoupe le stockage souterrain, des servitudes devront être mises en place à l'aplomb du stockage (report au sol de l'emprise de ce dernier augmentée d'une marge de sécurité) pour interdire les forages de plus de 300 mètres.



## **5. REFERENCES**

***Les références citées ci-dessous sont celles du dossier global de demande de prolongation de stockage illimité dont ce rapport constitue une des pièces. La numérotation générale a été conservée par souci de cohérence et de simplification.***

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

- [16a] Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim, bilan des émissions au jour et en fond de mine, ERM France, 20 février 2003.
- [16b] Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim, ERM France, 30 mars 2003.
- [17] StocaMine : rapport final d'expertise, Experts nommés par la Commission Locale d'Information et de Surveillance (CLIS), 24 juillet 2003.
- [18] Audit triennal de StocaMine, 1999-2002, INERIS, septembre 2003.
- [19] Suivi des lots, StocaMine, février 1999 à septembre 2002.
- [20] Analyses environnementales courantes, extraits, StocaMine.
- [21] Suivi minier, température et analyses des gaz, StocaMine et MDPA.
- [22] Arrêtés préfectoraux du 3.2.1997, 10.7.2001, 12.9.2002, 17.12.2002, Préfecture du Haut-Rhin.
- [23] Rapport d'activité, StocaMine, décembre 1999 à décembre 2002.
- [24] Manuel Qualité / Environnement, StocaMine 2 juillet 2002.
- [25] Plan des travaux du fond et aérage, MDPA.
- [26] Affaissement et dégâts de surface dans le bassin potassique alsacien, MDPA, 7 juillet 1999 et juillet 2007.
- [27] Caractérisation des cendres volantes, MDPA, 30 mars 2004.
- [28] Etude géologique, hydrogéologique et géotechnique du centre de stockage de StocaMine, Wittelsheim (Haut Rhin), MICA Environnement, avril 2004.
- [29] Détermination des dangers, Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité, juillet 2004.
- [30] Stockage souterrain de Wittelsheim : évaluation des risques suite au confinement de déchets dans la mine. Risques dus aux substances chimiques, BMG Engineering AG, juillet 2004.
- [31] Etude d'impact, rapport synthèse, Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité, juillet 2004.
- [32] Etude de sécurité au travail et de protection de la santé dans le cadre de la mise en œuvre de la réversibilité, Institut Suisse de Promotion de la Sécurité, juin 2006.
- [33] Rapport de synthèse Etude approfondie de la variante de la mise en œuvre de la réversibilité, Institut Suisse de Promotion de la Sécurité, juin 2006.
- [34] Stockage souterrain de Wittelsheim : évaluation technique de la variante de la mise en œuvre de la réversibilité, BMG Engineering AG, juin 2006.
- [35] Actualisation de l'étude de stabilité du stockage de déchets toxiques dans la mine d'Amélie, F. Hadj-Hassen, M. Tijani, Ecole des Mines de Paris, Février 2006
- [36] Etude technique détaillée du confinement complémentaire du bloc 15, STOCAMINE, SOLETANCHE-BACHY juillet 2006.

- [37] Synthèse sur l'ennoyage de la mine de potasse Secteur Ouest, CESAME, Septembre 2006.
- [38] Plan d'Urgence Interne, STOCAMINE.
- [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.
- [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.
- [41] GEOSTOCK (2008). MDPA – Projets puits – Puits piézométrique – Puits d'évent. Programme simplifié – DIV/F/J/0003 –18/03/2008, 27p.
- [42] MDPA (2008) – Mémoires techniques des Mines de Potasse d'Alsace – 1904-2008 – octobre 2008, 1068 p.
- [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. + annexe.
- [44] Modes opératoires du laboratoire de StocaMine – LAB-MO-02 à 15 – 01/06/2000.
- [45] MDPA – Document Santé Sécurité - 23/06/2008 – 73p.
- [46] StocaMine – Le devenir du stockage souterrain de StocaMine – Mai 2009.
- [47] HADJ-HASSEN F. (2009). STOCAMINE. Evaluation du volume des vides souterrains résiduels après ennoyage du stockage. Rapport Mines ParisTech, octobre 2009, 13 p.
- [48] AVEC (2009) - Etude des conséquences sur l'aérage d'un incendie dans la voie de roulage près du bloc 14 du secteur StocaMine et dans la galerie Vam AJF2D du secteur MDPA – 13/08/2009 – 28p.
- [49] FEUGA B. (2010) - Comparaison entre les conditions d'isolement des déchets dans le site de stockage de StocaMine et dans quelques sites allemands de stockage en mines de sel ou de potasse – 03/2010 – 94p.
- [50] GOMBERT P. - Stockage souterrain de StocaMine (68). Synthèse critique des études hydrogéologiques sur l'ennoyage du site – INERIS-DRS-10-108130-03801A – Mars 2010.
- [51] GHOREYCHI M. - Analyse critique des études géomécaniques du stockage de StocaMine – INERIS-DRS-10-108130-04240A – Avril 2010.
- [52] HULOT C., QUIOT F., HENNEBERT P. - 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-DRC-10-108130-03798A – Avril 2010.
- [53] GHOREYCHI M. - Etude géomécanique du stockage de StocaMine – INERIS-DRS10–108130-14273A – Décembre 2010.
- [54] NEDELEC B. - Fermeture du stockage de déchets ultimes de StocaMine - Etude de faisabilité technique pour les différentes options logistiques des déchets vers les centres de stockage – INERIS-DRA-10-108130-13583A – Février 2011.



- [55] GOMBERT P. - Stockage souterrain de StocaMine (68) - Etude hydrogéologique de l'ennoyage du site – INERIS-DRS-10-108130-12810B – Mars 2011.
- [56] HENNEBERT P. - StocaMine - Evaluation du terme source dans le scénario du stockage illimité : calculs des quantités de contaminants stockés, et des concentrations potentielles en solution et en phase gazeuse en cas d'ennoyage - INERIS-DRC-10-108130-12610B – Novembre 2011.
- [57] QUIOT F. - Interprétation Campagnes de prélèvements des eaux d'infiltration effectuées par l'INERIS au fond de la mine Amélie en juillet et septembre 2010 - INERIS-DRC-11-108130-06358b – Septembre 2011.
- [58] Présentations faites au COPIL les 19 novembre 2010 [58a], 9 décembre 2010 [58b], 20 janvier 2011 [58c], 28 février 2011 [58d], 1er avril 2011 [58e], 23 mai 2011 [58f] – Disponibles aussi sur <http://www.stocamine.com>.
- [59] Comité de Pilotage StocaMine – Rapport d'expertise – Juillet 2011.
- [60] Comité de Pilotage StocaMine – Présentation à la CLIS - 7 Juillet 2011.
- [61] FNADE (Fédération Nationale des Activités du Déchet et de l'Environnement) - Analyse du Cycle de Vie de la filière de Stockage des Déchets Industriels Spéciaux Ultimes – Bio Intelligence Service - Rapport final après revue critique – Décembre 2002.
- [62] AMRAOUI N., BUSCARLET E. et THIERY D. Modélisation d'une fuite de saumure à partir du site de stockage souterrain de StocaMine : simulation d'un 5<sup>ème</sup> Scénario. Rapport BRGM/RP-60256-FR – Octobre 2011.
- [63] ERCOSPLAN - Conceptual Design Backfill Operation and Dam Construction of StocaMine Toxic Waste Disposal Site - EGB 07-042N01 – Draft – Juin 2011.
- [64] ERCOSPLAN - Opérations de Remblaiement et d'Isolation du Site de Stockage de Déchets Ultimes StocaMine – Etude de conception – Résultats préliminaires – Juin 2011.
- [65] QUANTIS Canada - Description de la méthodologie ACV (Analyse du Cycle de Vie) – Annexe explicative jointe aux rapports d'application de l'Analyse de Cycle de Vie.
- [66] HUMBERT S., MARGNI M., JOLLIET O. - IMPACT 2002+:- Methodology Description - Draft for version 2.1 – February 2009.
- [67] LAOUFA F. - Estimation de la convergence du sondage W3 et des trous de dégazage au toit du stockage de StocaMine – INERIS-DRS-11-108130-10474A – Octobre 2011.
- [68] PINTE J.C. - Comparaison des scénarios de devenir du stockage de StocaMine - INERIS – DRS-12-108130-00756A – Janvier 2012
- [69] QUIOT F. - Stockage souterrain de STOCAMINE (68) - Impact potentiel du stockage sur la ressource en eau dans le cadre du scénario de stockage illimité - INERIS-DRC-12-108130-00744A – Janvier 2012.
- [70] LIBERDA R. – Choix d'un site de forage de reconnaissance de la montée des eaux – MDPa- Direction Technique – 146-11 DT-RL – Janvier 2012.

[71] HULOT C. - Stockage souterrain de STOCAMINE (68) Impact potentiel du stockage sur la santé des populations (hors travailleurs) dans le cadre du scénario de stockage illimité, tenant compte des impacts potentiels sur la ressource en eau et le milieu air extérieur - INERIS- DRC-12-108130-00306C – Février 2012

[73] PINTE J.C. - Etude de sûreté du confinement à long terme de la matrice réceptrice compte-tenu de ses caractéristiques géotechniques – INERIS- DRS-12-108130-02769C – Novembre 2012