

# COPIL Stocamine

## Gutachten

(Übersetzung des Originalgutachtens in Französischer Sprache)

Juli 2011



DREAL Alsace - MEDDTL - Ministère de l'Ecologie  
2 route d'Oberhausbergen  
BP 81 005 / F, 67070 Strasbourg Cedex

## Inhaltsverzeichnis

<b>VORWORT</b>	<b>4</b>
Historische Gegebenheiten	4
Gründung des COPIL	4
Funktionsweise des COPIL	5
Danksagungen	6
<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN</b>	<b>7</b>
Festgehaltene Kriterien	7
Rückholung	7
Mögliche Schwierigkeiten der Rückholung	
Zukunft der zurückgeholten Abfälle	
Position gewisser Mitglieder des COPIL	
<b>Flutung</b>	<b>9</b>
Phänomene an der Anlage während der Flutung	
Chronologie der Entwicklung des westlichen Teils des Standortes	
<b>Konzept der unbefristeten Lagerung, wie es ursprünglich vorgesehen war</b>	<b>10</b>
<b>Konzept der unbefristeten Lagerung mit Verschlüssen und Überwachung, ohne selektive Rückholung</b>	<b>10</b>
Anbringung der Verschlüsse	
Überwachung	
<b>Konzept der unbefristeten Lagerung mit Füllung der Hohlräume, Überwachung und selektiver Rückholung</b>	<b>12</b>
<b>Schlussfolgerung</b>	<b>12</b>
Rückholung	
Unbefristete Lagerung	
Allgemeine Schlussfolgerung	
<b>OPTION DER RÜCKHOLUNG: UMSETZUNG DER RÜCKHOLBARKEIT</b>	<b>14</b>
<b>Begriff der Rückholbarkeit</b>	<b>14</b>
<b>Die Deponie ist weniger rückholbar geworden</b>	<b>15</b>
<b>Unsicherheiten bezüglich der Art der Abfälle</b>	<b>17</b>
Zweifel aufgrund des Brandes in Block	
Qualität des Instruments zur Aufnahme der Gebinde	
Zu treffende Maßnahmen im Falle der Rückholung	
<b>Risiken im Zusammenhang mit der Rückholung der Abfälle</b>	<b>18</b>
Instandsetzung der Baustellen	
Aufnahme der Gebinde	
Notwendigkeit der Umverpackung der Gebinde	
Verpackung	
Methoden der Verpackung der Abfälle	
Ausbreitung des Inhalts eines Pakets	
Absaugmöglichkeiten	
Individuelle Ausrüstungen	
Brand	
<b>Verteilung der Abfälle – Fall der asbesthaltigen Gebinde</b>	<b>22</b>
<b>Fall des Blocks 15</b>	<b>23</b>
<b>Umsetzung der Rückholung: Vorgehensweise</b>	<b>24</b>
Dauer der Rückholung	
Schwierigkeit der Rückholung	
<b>Was geschieht mit den rückgeholten Abfällen?</b>	<b>27</b>
Langzeitsicherheit und Kriterien der Annahme von unter der Erde entnommenen Abfällen (UTD, Untertagedeponie) in Deutschland	
<b>SCHLUSSFOLGERUNG ZUR RÜCKHOLUNG</b>	<b>29</b>
<b>Referenzen</b>	<b>29</b>

<b>OPTION DER UNBEFRISTETEN LAGERUNG</b>	<b>31</b>
<b>Prinzip der Lagerung unter Tage</b>	<b>31</b>
Auflösung und Einschluss	
Prinzip des Einschlusses von Abfällen im Salzbergwerk	
Vergleich der Konzepte „trocken“ und „geflutet“	
Mechanismen der Flutung von Salzbergwerken	
<b>Normales Szenario der Entwicklung von Stocamine nach der Schließung</b>	<b>33</b>
Geschwindigkeit des Verschlusses der Anlagen im Salz	
Verschluss der Hohlräume im Bergwerk, der Stollen und Bruchbaus	
Verschluss der Hohlräume der Deponie	
Flutung des Bergwerks im normalen Szenario	
Risiko der Entwicklung von einer langsamen zu einer brutalen Flutung	
Dauer der Flutung	
<b>Stabilität der Masse der Sole, die sich nach der Flutung im Bergwerk befindet</b>	<b>37</b>
Faktoren der Stabilität der Masse der Sole	
Faktoren, die zur Bewegung der Sole führen können	
<b>Einfluss der Emission der Sole auf das Grundwasser</b>	<b>40</b>
Konzentration des Quellterms	
Fluss von Schadstoffen, die vom Lager ausgehen	
Auflösung im Grundwasser des Elsass	
Synthese des COPIL	
<b>SCHLUSSFOLGERUNG ZUR UNBEFRISTETEN LAGERUNG</b>	<b>43</b>
<b>Überwachung</b>	<b>45</b>
<b>Referenzen</b>	<b>46</b>
<b>ANHÄNGE – 57</b>	
<i>Anhang 1: Schreiben zur Aufgabe des COPIL – 59</i>	
<i>Anhang 2: Tagesordnungen der Sitzungen des COPIL – 64</i>	
<i>Anhang 3: Zusammensetzung des COPIL – 66</i>	
<i>Anhang 4: Zusammenfassung der „Umsetzung der Rückholbarkeit“ – 68</i>	
<i>Anhang 5: Beitrag von M. Buser und W. Wildi – 72</i>	
<i>Anhang 6: Rechtliche Situation in Deutschland von R. Watzel – 93</i>	
<i>Anhang 7: Arbeitsbedingungen vom M. Rolshoven – 102</i>	
<i>Anhang 8: Beiträge von S. Alt – 108</i>	
<i>Anhang 9: Beiträge von B. Maréchal – 117</i>	
<i>Anhang 10: Geomechanik von G. Vouille – 123</i>	
<i>Anhang 11: Zusammenfassung der Unterhaltungen mit den Gewerkschaften und den Sicherheitsbeauftragten der Bergwerke – 137</i>	
<i>Anhang 12: Problem des Schachtes W1 – 141</i>	
<i>Anhang 13: Dokumentation, die dem COPIL zu Beginn der Arbeiten zur Verfügung gestellt wurde – 145</i>	

## VORWORT

### **Historische Gegebenheiten**

Am 3. Februar 1997 genehmigte ein Präfekturerlass der Gesellschaft Stocamine, ein rückholbares unterirdisches Lager für Industrieabfälle zu betreiben. Das Planfeststellungsverfahren führte zu einem begünstigenden Gutachten, das auf der Forderung basierte, dass die Ergebnisse unabhängiger und unerwarteter Kontrollen der lokalen Kommission zur Information und Überwachung (CLIS) vorgelegt würden. Der Erlass sah vor, dass nach einem Zeitraum von dreißig Jahren der Betreiber fordern könne, dass die Anlage in eine Deponie mit unbefristeter Lagerungsdauer umgewandelt werden kann. Dieses Projekt schien damals auf lokaler Ebene ausreichend akzeptiert: Es ermöglichte, dem Elsass eine Abfalldeponie für Abfälle der Klasse 1 zu verschaffen, und es handelte sich gleichzeitig um die erste französische Abfalldeponie für Abfälle der Klasse 0, deren Gefahrenpotenzial nur eine tiefengeologische Lagerung zulässt. Es ermöglichte außerdem die Aufrechterhaltung einer gewissen Aktivität im Kaliabbaurevier, dessen Betriebsstopp von Seiten der MDPA für 2004 vorgesehen war.

Die Deponie wurde in ca. 500 m Tiefe in Hohlräumen eingerichtet, die speziell zu diesem Zweck im Steinsalz ca. 20 m unterhalb der Kalischicht des Bergwerks Amélie aufgefahren wurden. Es besteht aus einer Reihe von sogenannten „Blöcken“, die von den Schächten Joseph und Else zugänglich sind.. Es wurde entworfen für die mittelfristige Aufnahme von insgesamt 320.000 Tonnen Abfälle. Insgesamt zehn Blöcke wurden aufgefahren.

2001 wurden 173 Gebinde mit PCB-haltigen Abfällen eingelagert, obwohl diese nicht den Vorschriften des Genehmigungserlasses entsprachen. Es wurde beschlossen, sie zurückzuholen. Die Arbeiten der Rückholung fanden von 2001 bis 2002 ohne größere Probleme statt.

Am 10. September 2002, als bereits 44.000 Tonnen gelagert waren, brach in Block 15 ein Brand aus, der insbesondere Auswirkungen auf die Gesundheit des Personals hatte, das dem Rauch ausgesetzt war. Alles weist darauf hin, dass der Ursprung dieses Brandes in den nicht konformen Gebinden liegt, die einige Wochen zuvor trotz einiger Warnhinweise, darunter auch Warnungen des Personals, eingelagert wurden. Im September 2003 beschloss Stocamine, den Lagerbetrieb nicht wieder aufzunehmen. Ein Gefühl von Misstrauen kam in der lokalen Bevölkerung auf.

Eine Novellierung des französischen Umweltgesetzbuchs [Code de l'environnement] vom 3. Februar 2004 sieht vor, dass im Falle eines Stopps der Einlagerung der Abfälle, der ein Jahr andauert, die Genehmigung der Lagerung auf unbefristete Dauer verlängert werden kann, was die Verpflichtung zu einer Wartezeit von dreißig Jahren aufheben würde.

Während dieser Wartezeit und bis heute hat Stocamine eine große Anzahl von Studien in Auftrag gegeben, um diverse Aspekte der Schließungsszenarien zu untersuchen.

### **Gründung des COPIL**

Durch Mitteilung vom 25. April 2008 betraute der französische Staatsminister für Ökologie, Energie, nachhaltige Entwicklung und Raumplanung die Vizepräsidenten des Generalrats für Umwelt und nachhaltige Entwicklung sowie des Generalrats für Industrie, Energie und Technologien mit der Aufgabe der Erstellung eines gemeinsamen Gutachtens zur Bewertung der Bedingungen, unter denen die beiden in Betracht zu ziehenden Optionen für die endgültige Schließung der von Stocamine betriebenen Abfalllagerung durchzuführen wären: Der Einschluss unter Tage oder die Umsetzung der Rückholbarkeit. Diese Aufgabe wurde Marc Caffet, *Ingénieur général des Mines*, mit der Unterstützung von Bruno Sauvalle, erteilt. Am 16. September 2010 stellte Marc Caffet der CLIS die Schlussfolgerungen seines Berichts vor. Er hob Folgendes hervor:

- den Verlust des Vertrauens der Bevölkerung;
- die großen lokalen Risiken hinsichtlich des Schutzes der Qualität des Grundwassers, der Gesundheit und der Sicherheit der Öffentlichkeit und der Arbeiter;
- die Notwendigkeit der Garantie von langfristigen Lösungen;
- die Zweitrangigkeit von Kostenfragen;

- die Bedeutung der Debatte mit den lokalen Akteuren des Kalibeckens.

Er erinnerte daran, dass das französische Umweltschutzgesetz *Grenelle II de l'Environnement* eine öffentliche Debatte vorsieht, im Rahmen derer die CLIS eine vorherrschende Rolle spielen sollte.

Nach dieser Vorstellung erinnerte Alby Schmidt, stellvertretender Direktor der DREAL, an die Aufgabe, die dem Präfekten vom Minister bei der Sitzung vom 24. Juni 2010 erteilt wurde. Vor der Vorlage der Schließungsunterlagen von Stocamine müsse eine Beratung stattfinden, die ihren Schwerpunkt auf die detaillierte Untersuchung der verschiedenen Szenarien legt. Die Auswahl des Schließungsszenarios sei die Aufgabe des Betreibers, die Unterlagen seien von den Verwaltungen zu prüfen, und die Entscheidung liege beim Staat nach einer Befragung der Öffentlichkeit und des CODERST. Der Betreiber liefere die Studien zu den verschiedenen Szenarien und lege diese einem Lenkungsausschuss (COFIL) vor, der der CLIS zu berichten habe. Die vier Kollegien<sup>1</sup> des Gesetzes *Grenelle de l'Environnement* sowie die Vertreter des Personals würden vervollständigt durch drei international für ihre Kompetenzen anerkannte Persönlichkeiten. Die Zusammensetzung des COFIL wird in **Anhang 3** erläutert.

Die Verordnung vom 10. März 2006 präzisiert das Verfahren für einen Antrag auf Verlängerung auf unbegrenzte Dauer. Das Verfahren erfordert eine unabhängige Begutachtung, ein Planfeststellungsverfahren und eine administrative Anweisung, die zu einem Präfekturerlass führt, der zur Stellungnahme dem Rat des Départements für Umwelt sowie Gesundheits- und Technologiefragen (CODERST) und dem hohen Rat für geschützte Anlagen [Conseil supérieur des installations classées] (der zum hohen Rat für die Vorbeugung technologischer Risiken [Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques] wurde) vorgelegt wird.

Diese Vorschläge wurden einstimmig von der CLIS angenommen, die die Auswahl der Experten am 4. April 2011 genehmigte.

Die Aufgaben des COFIL werden dargelegt im Schreiben vom Präfekten des Départements Haut-Rhin an den Präsidenten des COFIL, das sich in **Anhang 1** befindet, zusammen mit der Einladung zur ersten Sitzung des COFIL, die an seine Mitglieder von der DREAL Alsace gesendet wurde, welche das Sekretariat des COFIL übernahm.

Auf Vorschlag der CLIS hin übernahm der COFIL die Aufgabe, die Elemente des Dossiers, das von der Gesellschaft Stocamine ausgearbeitet wurde, zu analysieren, die das Projekt der Schließung betreffen. Seine Aufgaben werden im Schreiben, das sich in **Anhang 1** befindet, dargelegt:

- „Die Durchführung einer kritischen Analyse der Relevanz und der Ausmaße der Szenarien und der Varianten, die in Betracht gezogen wurden,
- die Erstellung einer Methodologie für ihre Bewertung und ihren Vergleich,
- die Kenntnisnahme und Nutzung der bereits von Stocamine durchgeführten Arbeiten, insbesondere der Studien von Ineris,
- die Erstellung eines Lastenheftes für ein Drittgutachten zu den von Stocamine erarbeiteten Dokumenten, betreffend:
  - o neue durchzuführende Arbeiten,
  - o zu erstellende Zusätze zu den von Ineris erstellten Studien,
  - o Drittgutachten zu den Studien von Ineris,
- die Erstellung einer Arbeitssynthese des Ausschusses, die eine Rekapitulation der in Betracht gezogenen Szenarien und eine Bewertung durch den Ausschuss beinhaltet.“

### **Funktionsweise des COFIL**

Der COFIL hat sich neun mal von November 2010 bis Juli 2011 getroffen, in der Regel in den Räumlichkeiten der DREAL Alsace in Straßburg, aber auch zweimal in Mulhouse in den Räumlichkeiten der CCI auf freundliche Einladung dieser Institution hin, sowie zweimal in Wittelsheim, um seine Arbeiten der CLIS vorzustellen. Die Mitglieder des COFIL haben Stocamine im Laufe des Monats Dezember

---

<sup>1</sup> Staat, Gebietskörperschaften, Industrielle, Verbände und „Experten“

2010 besichtigt. Sie nutzten eine umfangreiche Dokumentation, die die Studien von Stocamine zusammenfasst, und deren Auflistung sich in **Anhang 13** befindet. Sie wurden nach und nach im Laufe ihrer Arbeiten über neue von Ineris für Stocamine durchgeführte Studien informiert, die aufeinanderfolgend über die Themen Geomechanik, Hydrogeologie und Schadstofftransfer, den Quellterm und die Gesundheits- und Technologierisiken berichteten. Einige dieser Arbeiten werden erst fertig gestellt, und es wurden dem COPIL nur zu den beiden ersten Themen, „Geomechanik“ und „Hydrogeologie und Stofftransport“ schriftliche Berichte übermittelt.

Die Tagesordnungen der Sitzungen des COPIL, die sich in **Anhang 2** befinden, beinhalteten eine interne Sitzung, eine oder mehrere Präsentationen der Mitglieder des COPIL zu den Themen, die ihrer jeweiligen Zuständigkeit entsprachen, sowie eine oder mehrere Präsentationen von Ineris zu den Studien, die dieses Institut für Stocamine erstellte; Stocamine war bei dieser Sitzung anwesend. Der COPIL empfing auch auf deren Anfrage hin Vertreter der Gewerkschaften der Bergleute sowie die Sicherheitsbeauftragten von Stocamine. Der COPIL dankt ihnen für ihren Beitrag. Eine Zusammenfassung ihrer Beiträge befindet sich in **Anhang 11**. Zu diesem Anlass wurde das besondere Problem der Bohrung W1 angesprochen, das in **Anhang 12** erwähnt wird.

Zur Arbeitsmethode des COPIL gehörte außerdem der Austausch von Arbeitsdokumenten, die von seinen Mitgliedern verfasst wurden, von denen sich einige in **Anhang 5, 6, 7, 8 und 9** befinden.

Die Synthesetexte wurden anschließend nach und nach erarbeitet. Auf Einladung der CLIS stellte der COPIL ihr am 4. April 2011 eine vorläufige zusammenfassende Version seiner Arbeiten zur Option der Rückholung vor; eine leicht überarbeitete Fassung dieser Zusammenfassung befindet sich in **Anhang 10**.

Zwei weitere Texte sind jeweils der Umsetzung der Rückholbarkeit und der unbefristeten Lagerung gewidmet. Sie beschreiben relativ genau das Verständnis des COPIL zu den verschiedenen Phänomenen, die eine Rolle spielen könnten, wenn eine dieser beiden Optionen weiter verfolgt wird. Diese beiden Texte bilden den **Hauptteil des Berichts**.

Der COPIL ist davon ausgegangen, dass die Leser, neben der Darstellung aller technischen Probleme oder einem Überblick, auch eine Kurzversion der Synthesetexte wünschen. Diese befindet sich in den **Schlussfolgerungen und Empfehlungen** des COPIL, die unmittelbar auf dieses Vorwort folgen.

### ***Danksagungen***

Der COPIL dankt der CLIS, die ihn am 4. April und am 7. Juli unter den für eine angemessene Präsentation und eine tiefgründige Diskussion günstigen Bedingungen empfangen hat.

Die Presse hat vollständig und objektiv über die Sitzung vom 4. April berichtet.

Der COPIL dankt der DREAL d'Alsace, insbesondere Alby Schmitt, François Rousseau und Gilbert Wolf.

Stocamine und dessen Experte Ineris haben ihm eine dichte Informationskette geliefert und sich bemüht, auf die zusätzlichen Fragen des COPIL zu antworten.

Die Gewerkschaften und Sicherheitsbeauftragten der Bergleute haben dem COPIL sehr wertvolle Erkenntnisse geliefert.

Die Industrie- und Handelskammer (CCI) Mulhouse ermöglichte dem COPIL, zwei Sitzungen in Mulhouse unter sehr komfortablen Bedingungen abzuhalten.

Die Mitglieder des COPIL danken Frau Houy für die Übernahme der schwierigen Aufgabe der Simultanverdolmetschung sowie der Gesellschaft Handirect für die Transkription der Sitzungen.

## **SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN**

(der CLIS am 7. Juli 2011 vorgelegt)

Der COPIL hat die verschiedenen Szenarien der Schließung von Stocamine untersucht. Die Extremszenarien sind die vollständige Rückholung und im Gegensatz dazu die unbefristete Lagerung aller gelagerten Abfälle. Der COPIL hat auch dazwischen liegende Szenarien der selektiven Rückholung miteinbezogen.

Die Diskussionen des COPIL sind über diese beiden Szenarien hinausgegangen. Es wurden der Begriff der Rückholbarkeit, die Probleme, die durch deren Umsetzung entstehen, und die Bedeutung eines Präzedenzfalls, der aus jeder Entscheidung Stocamine betreffend entstehen wird, gleich, welche Entscheidung auch getroffen wird, miteinbezogen. Man erwähnte auch die Möglichkeit eines Szenarios einer späteren erneuten Öffnung des Zugangs zu den Abfällen, z.B. in einem Jahrhundert, was durch die Weiterentwicklung der Technologie möglich wäre. Diese Diskussion wurde im Bericht nicht aufgenommen.

Der COPIL hat auch nicht den Fall eines weiteren Betriebs der Deponie miteinbezogen.

### ***Festgehaltene Kriterien***

Im Laufe dieser Untersuchung hat der COPIL drei Kriterien beachtet:

- Die Sicherheit und die Gesundheit der Arbeiter;
- die Sicherheit und die Gesundheit der Öffentlichkeit;
- den Schutz der Umwelt und insbesondere der Ressource Wasser

Der COPIL hat das Prinzip der Gleichstellung der Generationen und Räume beachtet: Es muss die gleiche Aufmerksamkeit auf eine Verunreinigung gelegt werden, gleich ob sie heute auftritt oder in einigen Jahrhunderten; zudem verdienen die Gesundheit und die Sicherheit von Menschen, die im Elsass, in Franche Comté oder in Hessen leben, die gleiche Aufmerksamkeit.

### ***Rückholung***

Zur Rückholung hat der COPIL die Vertreter der Gewerkschaften CGT-CFTC-CFDT und CGC sowie die Sicherheitsbeauftragten der Bergleute angehört, deren Ratschläge sich im Anhang befinden. Der Rückholung ist ein eigener Berichtsteil gewidmet, in dem die wichtigsten Elemente hervorgehoben wurden.

### ***Mögliche Schwierigkeiten der Rückholung***

- Die Arbeit unter Tage wird begleitet von Risiken für die Arbeiter im Zusammenhang mit der Handhabung toxischer Stoffe und der vorhersehbaren Instabilität der Firste und der Stöße der Stollen. Der COPIL geht davon aus, dass die Gefahren der Rückholung groß sind, jedoch die einzugehenden Risiken handhabbar sind. Die Mitglieder des COPIL, mit Ausnahme eines Mitglieds, gehen davon aus, dass eine selektive Rückholung möglich ist ohne Nachteile, und dass man besser die asbesthaltigen Abfälle, die nach einer Flutung nicht mehr gefährlich sind, unter Tage belässt.
- Die Mehrheit der Mitglieder denkt, dass die Risiken für den durch den Brand beschädigten Block 15 sehr hoch sind, und dass man infolgedessen seine Rückholung untersagen sollte. Allgemeiner kann man nicht ausschließen, dass im Falle einer Rückholung derartige Schwierigkeiten auftreten, dass man definitiv die Arbeiten des Lagerabbaus unter Tage abbrechen und den vorherigen Zustand herstellen muss.
- Einige Mitglieder gehen davon aus, dass, wenn die Baustelle unter den bestmöglichen Bedingungen vorbereitet und umgesetzt wird, das Risiko akzeptabel ist, und dies umso mehr, da ähnliche Arbeiten bereits in Deutschland seit Jahren routinemäßig durchgeführt werden (Standort Herfa-Neurode), und da seit ca. zehn Jahren Bergarbeiterteams in die Stollen von

Stocamine für Wartungs- und Sicherungsarbeiten eingefahren sind, ohne dass es einen größeren Vorfall gab.

### **Zukunft der zurückgeholten Abfälle**

- Als die Abfälle von Stocamine eingelagert wurden, wurden sie als endgelagert angesehen: Hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Bedingungen von damals, wurden sie vor der Lagerung nicht weiter bearbeitet, um die Gefahr, die von ihnen ausgeht, zu verringern. Seither haben sich die Industrietechniken verbessert und erlauben in einigen Fällen eine Wiederaufbereitung und Verwertung. Die Rückholung von Abfällen, die nicht nach dem aktuellen Stand der Technik wiederaufbereitet werden können, muss hingegen zu einer erneuten Deponierung führen. Im Falle der Abfälle der Klasse CO, der gefährlichsten Abfallklasse, die etwas mehr als die Hälfte der Gesamtmenge ausmachen, ist eine erneute Deponierung nur in einem Salzbergwerk in Deutschland möglich. Allerdings ist die Verschiebung eines in Frankreich als zu groß eingestuften Verunreinigungsrisikos nach Deutschland ist keine Lösung. Das Prinzip der Gleichstellung erfordert, dass man prüft, ob die neue Deponie besser ist als Stocamine. Eine detaillierte Prüfung dieses Aspekts war außerhalb der Reichweite der Experten.
- Die deutschen Behörden haben diese Deponien nach deutschem Recht genehmigt; dies ist eine Garantie, die man berücksichtigen kann, aber sie beweist nicht, dass Stocamine schlechter wäre; diese gleichen Behörden würden heute vielleicht auch hier eine unbefristete Lagerung genehmigen.
- Der COPIL konnte keine vollständige Dokumentation zu den deutschen Deponien zusammenstellen; ein Teil der Informationen war schwierig innerhalb der Beratungsfrist des COPIL zu erhalten. Es scheint dass man, sicher nicht in jedem Fall, keine Langzeitriskostudie durchgeführt hat, die methodisch derjenigen entspricht, die Ineris für Stocamine durchgeführt hat, da die deutschen Lager auf dem Konzept des trockenen Bergwerks basieren. Die Elemente, die der COPIL zusammenstellen konnte, lassen vermuten, dass aus der Sicht der geologischen Barriere Stocamine mit den besten deutschen Standorten vergleichbar ist, aber, dass, was die technischen Barrieren betrifft (Versiegelungen, Verschlüsse, Verfüllung der Hohlräume,...), die in Deutschland vorgesehenen Methoden denjenigen, die ursprünglich von Stocamine in Betracht gezogen wurden, überlegen sind.

### **Position einiger Mitglieder des COPIL**

*Einige Mitglieder des COPIL haben eine andere Sichtweise. Sie gehen davon aus, dass die Umsetzung der Prinzipien, die auf europäischer Ebene hinsichtlich der Verwaltung der gefährlichen Abfälle angenommen wurden, grundsätzlich nicht ausreichend ist. Sie denken, dass die Forschung und Innovation im Bereich der nachhaltigen Lösungen, der Trennung, des Recyclings, der Verwertung, der Bearbeitung und der Inertisierung behindert wurden, in dem billiger Deponieraum in einem Salzbergwerk angeboten wurde. Dies gilt für Stocamine, aber besonders für Deutschland, wo beträchtliche Tonnagen bereits auf diese Art gelagert werden. Für sie beinhalten Modelle, die die Langzeitsicherheit dieser Lager beschreiben, zu viele Unsicherheiten; ein Nachweis der Dichtigkeit der Deponieverschlüsse wurde noch nie geführt; die Analysen der Langzeitsicherheit, die von der Gesetzgebung für nukleare Abfälle gefordert werden, werden nicht auf die chemischen Sonderabfälle angewendet; außerdem können Nutzungskonflikte mit unterirdischen Ressourcen entstehen. Sie empfehlen die vollständige Rückholung, außer eventuell für die asbesthaltigen Abfälle und für den Block 15, wenn die Erfahrung zeigt, dass seine Rückholung zu riskant ist. Aus ihrer Sicht ist eine umfangreiche Analyse aller Szenarien der Behandlung der Abfälle notwendig, welche die Prinzipien für eine nachhaltige Verwaltung der Abfälle beachtet und die Behandlungs- und Verwertungstechniken für Sonderabfälle beinhaltet. In der Zwischenzeit müsste eine Konzentration der Sonderabfälle von Stocamine in einer oder mehreren Untertagedeponien in Deutschland durchgeführt werden, während man auf ihre endgültige Bearbeitung wartet. Zufriedenstellende Sicherheits- und Überwachungsbedingungen existieren an einigen dieser Standorte (z.B. Herfa-Neurode).*

Dennoch muss man anmerken, dass das die Untertagedeponie in Herfa-Neurode, wie alle deutschen Deponien in Salzbergwerken, nicht als Zwischenlager entworfen wurde; selbst wenn man dort noch



Abfälle zurückholen könnte, so sieht die Gesetzgebung doch vor, dass dieser Standort eines Tages geschlossen wird.

### **Flutung**

Das Grundwasser hat begonnen, die Hohlräume im Bergwerk über die Schächte aufzufüllen, die zwar verfüllt werden, aber nicht vollständig undurchlässig sind. Der Wasserspiegel in den Hohlräumen im Bergwerk wird aktuell nicht überwacht, was auch für die Flutungsrate gilt. Tiefen unterhalb von 1000 m sind womöglich bereits geflutet. Wenn die Sole die Höhe der Deponie erreicht, das in ca. 500 m Tiefe liegt, und wenn sie dann die Schächte bis zur Oberfläche fluten, wird eine Verunreinigung des Grundwassers durch das Aufsteigen der Sole, die eventuell von den Abfällen verschmutzt ist, möglich.

### **Phänomene an der Anlage während der Flutung**

Die Entwicklung des westlichen Teils des Kalibeckens, das Stocamine beinhaltet, wird gekennzeichnet von drei Phänomenen, die bereits begonnen haben, und die jeweils mit einer anderen Geschwindigkeit ablaufen:

- *Der Verschluss von Abbauhohlräumen im Bergwerk: Stollen und Kammern im Bruchbau.* Ineris geht davon aus, dass die aktuellen Hohlräume, die auf den Abbau von Kalisalz zurückgehen, wahrscheinlich größer sind als bisher geschätzt, mit ca. 20 Millionen m<sup>3</sup>, aber mit Sicherheit zwischen 10 und 40 Millionen m<sup>3</sup> liegen. Sie schließen sich mit ungleichen Geschwindigkeiten und umso schneller, je tiefer sie liegen. Die Größenordnung liegt bei 0,1% pro Jahr (vollständiger Verschluss in 1000 Jahren, wenn die vollständige Flutung vorher nicht stattfindet). Wenn das Bergwerk und die Schächte vollständig geflutet sind, wird diese Geschwindigkeit reduziert um einen Faktor von ca. 10 (der vollständige Verschluss wird in ca. 10.000 Jahren stattfinden) unter der Einwirkung des Gegendrucks durch die Sole.
- *Der Verschluss der Stollen und Hohlräume von Stocamine* erfolgt heute mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von ca. 1% pro Jahr, d.h. die Höhe der Stollen reduziert sich mit etwa 3 cm pro Jahr. Dieses Verschließen beinhaltet eine Bewegung des gesamten Salzmassivs in Richtung der Hohlräume sowie eine Ablösung der schmalen Bänke an Firste und Stößen und eine seitliche Einengung durch das Kriechen, begleitet von Rissen, die sich in den Pfeilern bilden.
- *Die Flutung des Bergwerks* erfolgt und geht weiter mit einem nur wenig bekannten Durchfluss, der jedoch wahrscheinlich recht gering ist. Wenn die 2008-2009 beobachtete Situation im Laufe der Zeit weiter besteht, erfolgt die Flutung hauptsächlich über die Schächte und dauert einige Jahrhunderte an. Eine Beschleunigung der Flutung über die Schächte oder, was weniger wahrscheinlich ist, über andere Wege, kann jedoch nicht ausgeschlossen werden; sie ist jedoch weniger wahrscheinlich im westlichen Quartier der MDPA als in zahlreichen anderen Salz- und Kalibergwerken, da die Lagerstätte mit einer dicken Salz- und Tonschicht bedeckt ist, die nur gering durchlässig ist.

All diese bezifferten Werte sind nur Richtwerte; unvorhergesehene Entwicklungen sind nicht auszuschließen. Der COPIL denkt, dass, solange die Ergebnisse einer Überwachung nicht verfügbar sind, neue Studien diese Unsicherheiten nicht deutlich verringern können.

### **Chronologie der Entwicklung des westlichen Teils der Lagerstätte**

Es kann keine Verunreinigung des Grundwassers geben, solange die Sole nicht die Stollen von Stocamine erreicht hat, und solange sie nicht bis zur Oberfläche aufgestiegen ist. Entweder erfolgt die Flutung mit der aktuellen Geschwindigkeit, oder die Flutung beschleunigt sich zunehmend unter dem Einfluss der Verschlechterung des Zustands der Schächte, oder die Flutung beschleunigt sich extrem; allerdings zeigt die Erfahrung von 100 Jahren Bergbau, dass die letztgenannte Hypothese wenig wahrscheinlich ist. Außer in dem Fall, dass die Flutung sich beschleunigt, was wenig wahrscheinlich, aber nicht ausgeschlossen ist, wird der Prozess wahrscheinlich erst in einigen Jahrhunderten stattfinden. Ein genaues Datum ist schwierig festzulegen, da dessen Berechnung die Miteinbeziehung der drei oben genannten Phänomene erfordert, deren Geschwindigkeiten nicht sicher bekannt sind.

Wenn die Flutung des Bergwerks vollständig ist, sind schnelle Kreisläufe von Flüssigkeiten im Bergwerk wenig wahrscheinlich, und das leichtere Wasser, das von der Oberfläche kommt, schichtet sich womöglich über die schwerere Sole, die sich am Boden konzentriert. Eine gewisse Strömung der Sole in Richtung des oberflächennahen Elsässer Grundwassers ist jedoch wahrscheinlich, was mit dem hydraulischen Gradienten zusammenhängt, der zwischen verschiedenen Schächten bestehen könnte.

Dennoch wird mittelfristig fast alles Wasser, das in das Bergwerk eingedrungen ist, durch das Verschießen der Hohlräume in Richtung der Oberfläche ausgepresst. Die Dauer dieses Auspressens wird von der Geschwindigkeit der Konvergenz abhängen.

Nach der im Allgemeinen angenommenen Hypothese wird alles, was sich noch im Bergwerk befindet, im Salz eingekapselt. Aber dieses Phänomen, sowie der Moment, zu dem seine Auswirkungen vollständig sind, sind zu wenig bekannt, als dass man daraus sicher ableiten könnte, dass ein perfekter Einschluss aller Substanzen, die in den Abfällen beinhaltet sind, gewährleistet sein könnte.

Dennoch wird mittelfristig fast alles Wasser, das in das Bergwerk eingedrungen ist, durch das Verschießen der Hohlräume in Richtung der Oberfläche ausgepresst. Die Dauer dieses Auspressens könnte ca. 10.000 Jahre betragen, aber diese Schätzung muss mit Vorsicht betrachtet werden.

### ***Konzept der unbefristeten Lagerung, wie es ursprünglich vorgesehen war***

Die Verordnung 2006-283 fordert unter anderem für einen Antrag auf unbefristete Lagerung eine „Sicherheitsstudie des langfristigen Einschlusses für das Wirtsgestein bezüglich seiner geotechnischen Eigenschaften“ (Artikel 2, II, 6). Der langfristige Einschluss von Abfällen wird im Allgemeinen erreicht von einer Kombination aus geologischen und technischen (oder „künstlichen“) Barrieren.

Die unbefristete Lagerung mit der ursprünglich geplanten Verschlussmethode (Verfüllung der Zugangsschächte mit gemahlenem Salz) führt zum Eindringen der Schadstoffe ins oberflächennahe Grundwasser des Elsass, wahrscheinlich in einigen Jahrhunderten. Einige Substanzen können sich vollständig in der Sole in der Deponie auflösen, andere lösen sich nur teilweise nach den Gesetzen des chemischen Gleichgewichts auf. Ineris hat berechnet, dass das Quecksilber einen besorgniserregenden Einfluss auf das Grundwasser haben kann. Die vorherigen Ineris-Studien, die dem COPIL übermittelt wurden, zeigen eindeutig, dass man unter einer berechtigt pessimistischen Annahme davon ausgehen kann, dass die Quecksilberkonzentration die aktuell geltende Trinkbarkeitsschwelle im Grundwasser überschreiten dürfte.

Diese Prognose, die eine Folge der Bewertungen von Ineris ist, ist sehr ungünstig. Eine solche Verunreinigung wäre nicht akzeptabel. Um genau zu sein, muss man erwähnen, dass es sich um eine lokale Grundwasserverunreinigung handeln würde, die nicht, wie man sagen könne, „das Grundwasser des Elsass, von Mulhouse bis Frankfurt“ betreffen würde, sondern einen Streifen von einigen Kilometern grundwasserabstromig von denjenigen Schächten gesehen, aus denen die Schadstoffe kommen würden.

Das zukünftige Verhalten anderer Schadstoffe, z.B. des Antimon und eventuell anderer toxischer Schwermetalle, muss ebenfalls abgeschätzt werden.

### ***Konzept der unbefristeten Lagerung mit Verschlüssen und Überwachung, ohne selektive Rückholung***

Es gibt technischen Maßnahmen, mit denen die vorherige Prognose verbessert werden könnte.

#### **Einbau von Verschlüssen**

Eine erste technische Maßnahme muss umgesetzt werden, wenn man über die unbefristete Lagerung aller Abfälle oder eines Teils der Abfälle entscheidet. Sie besteht, nachdem man die Wände von abgelöstem Salz befreit hat, darin, Verschlüsse in allen Stollen anzubringen, die die Deponie mit den Schächten verbinden, damit die Wasserflüsse, die in die oder aus der Deponie fließen können, sehr gering bleiben. Ineris hat eine Lösung dieser Art angeboten, die darin besteht, in den Stollen einundzwanzig Verschlüsse von einigen zehn Metern Länge anzubringen, die auf Bentonitbasis hergestellt

wurden (dieser Ton schwillt bei Wasserkontakt an und übt einen Druck auf die Wände aus). Die Maßnahme wird vervollständigt durch das Auffahren von zwei Stollen, die einen hydraulischen „Kurzschluss“ bilden. Diese Techniken werden inspiriert von vergleichbaren Vorschlägen für Lager radioaktiver Abfälle. Ihre Effizienz hängt von der Durchlässigkeit und der Länge des Verschlussbauwerks ab, dessen sinnvolle Auswahl ermöglicht, die Ankunft des Schadstoffes zu verzögern und dann seine Konzentration im oberflächennahen Elsässer Grundwasser einzuschränken. Ineris hat Berechnungen der Einbringung von Schadstoffen angeboten, die eine Präzisierung dieser Auswahl möglich machen.

Diese Berechnungen beachten nicht die begünstigenden Faktoren (Rückhaltung der Schadstoffe durch den Ton der Verschlüsse, unter Vorbehalt der Tatsache, dass die Anwesenheit der Sole nicht deutlich diese Eigenschaft verringert). Die Distanz zur tiefsten, abgebauten Kalischicht, die zukünftig geflutet wird, beträgt ca. 23-25 m; man muss sicherstellen, dass die Salzschiebt zwischen dem ehemaligen Kaliabbau und der Deponie keine Unregelmäßigkeiten beinhaltet, die der Sole einen Durchfluss ermöglichen könnten.

Außerdem beinhalten diese Berechnungen Unsicherheiten, die unvermeidbar sind, wenn man die Phänomene im Laufe verschiedener Jahrhunderte beschreibt. Somit muss man auf jeden Fall beträchtliche Spielräume beachten. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass bisher noch keine Untersuchungen zur Bewertung dieser Lösung beschrieben wurden. Eine spezifische Risikostudie müsste durchgeführt werden, um die langfristige Effizienz dieser Techniken abzuschätzen. Man besitzt hierfür ein Instrument: Den Vergleich mit den Verschluss-Techniken und den Berechnungen der Konzentration in den deutschen Bergwerken, wo man die Abfälle von Stocamine im Falle der Rückholung neu einlagern möchte. Ineris hat einen solchen Vergleich erstellt, ohne jedoch über alle notwendigen Daten zu verfügen.

### **Überwachung**

Die zweite Maßnahme beinhaltet mehrere Lösungen auf der Grundlage des Aufrechterhaltens einer langfristigen Überwachung. Diese muss über einige Jahrzehnte deutlich hinausgehen.

Es wurde vorgeschlagen, einen Schacht offen zu lassen. Dies ist eine unrealistische Lösung, da sie sehr teuer wäre und die Beständigkeit schwierig zu überprüfen wäre.

Die Überwachung muss den Solespiegel in den Hohlräumen des Bergwerks sowie die chemische Beschaffenheit der Sole umfassen. Das Ansteigen der Sole im Bergwerk kann überwacht werden durch die Messung der Höhe der Grenze zwischen Luft und Sole in Bohrungen. Die Maßnahme zur Überwachung könnte drei Bohrungen beinhalten, die mit Rohren und Zement in der Erde verankert werden. Eine würde sich in einem bereits gefluteten Bereich befinden und direkt nutzbare Informationen liefern, eine weitere in der Nähe der Deponie und eine dritte dazwischen. Diese Lösung hat mehrere Vorteile. Sie ermöglicht eine bessere Kenntnis der Flutungsgeschwindigkeit und eine Überprüfung der Berechnungsmodelle. Sie ermöglicht auch die Entdeckung von Anomalien, z.B. einer Beschleunigung der Entwicklung, was wenig wahrscheinlich, aber nicht ausgeschlossen ist.

Ein Überwachungsprogramm ist unabdingbar, gleich, wie die Zukunft von Stocamine aussehen wird.

Die Ergebnisse des Überwachungsprogramms müssen regelmäßig der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.

Schließlich ermöglichen es die Bohrungen durch Abpumpen zu vermeiden, dass die Sole weiterhin ansteigt, wenn sie die Nähe der Deponie oder die Firste des Salzes erreicht hat. Die Schätzungen der Geschwindigkeiten, die weiter oben angegeben wurden, deuten darauf hin, dass die abzupumpende Menge, die nötig ist, damit die Sole auf einem niedrigen Niveau gehalten wird, nicht sehr groß ist. Ein Vorteil würde darin bestehen, die Verlangsamung der Konvergenz im Bergwerk unter dem Einfluss des Gegendrucks der Sole zu vermeiden. Der größte Nachteil dieser Lösung ist, dass die Sole wahrscheinlich erst in einigen Jahrhunderten die Nähe der Deponie erreicht. Man muss somit voraussetzen, dass die Überwachung über unsere Generation hinweg gesichert werden kann, ohne dass ihre Dauer vorausgesehen werden kann. Man kann jedoch anmerken, dass die Wälder oder die Deiche in Frankreich seit fünf Jahrhunderten ohne große Unterbrechung gewartet und überwacht werden.

### ***Konzept der unbefristeten Lagerung mit Verfüllung der Hohlräume, Überwachung und selektiver Rückholung***

Dieses Konzept besteht in der Vervollständigung der vorherigen Maßnahmen mit gleichzeitiger Entfernung der wichtigsten, als am kritischsten angesehenen Produkte, besonders der quecksilberhaltigen Abfälle, aber auch anderer Abfälle, z.B. derjenigen, die Antimon beinhalten. Für zahlreiche Mitglieder des COPIL bildet diese Lösung den besten Kompromiss. Sie geht davon aus, dass es eine Lösung der erneuten Einlagerung oder der Behandlung eines Teils der Produkte, die zurückgeholt wurden, gibt, und dass zuvor eine selektive Rückholung möglich ist. Es scheint, dass die quecksilberhaltigen Abfälle, relativ wenig verteilt sind, so dass die selektive Rückholung des größten Teils dieser Abfälle möglich ist. Es wäre sinnvoll, dass die zurückgeholt Produkte recycelt werden, falls dies möglich ist (z.B. im Fall der quecksilberhaltigen Abfälle), und dass diese nicht in einem anderen Salzbergwerk eingelagert werden.

### ***Schlussfolgerung***

**Die Schlussfolgerungen und Empfehlungen des COPIL sind die folgenden:**

In allen Fällen sollte man schnellstmöglich ein Überwachungssystem für die Flutung entwickeln.

#### **Rückholung**

Wenn man die Umsetzung der Rückholung vorsieht, muss man untersuchen, ob man selektiv die asbesthaltigen Abfälle unter Tage belassen kann, denn dies würde deutlich die Sicherheit des Personals verbessern. Man muss sicherstellen, dass die Unternehmen und die Techniken verfügbar sind, die notwendig sind, um die Rückholung unter guten Sicherheits- und Effizienzbedingungen durchzuführen. Viele Mitglieder des COPIL sagen, dass die Rückholung der Abfälle von Block 15 ausgeschlossen werden sollte; einige andere denken, dass man die Rückholung der anderen Blöcke beginnen sollte, bevor man beurteilt, ob die Rückholung in Block 15 tatsächlich zu riskant ist. Man muss eine Alternativlösung vorbereiten (z.B. eine unvollständige Rückholung), falls man zu große Schwierigkeiten bei den Arbeiten und der Untersuchung ihrer Konsequenzen feststellt, insbesondere für Block 15. Man muss sicherstellen, dass Fortschritte bei der Abfallbehandlung genutzt werden, um eine erneute Deponierung zu verringern oder zu vermeiden. Zudem muss man garantieren, dass die erneute Einlagerung aus der Sicht der Sicherheit und Gesundheit der Arbeiter, der Sicherheit und der Gesundheit der Öffentlichkeit und des Umweltschutzes besser ist als die unbegrenzte Lagerung in Stocamine. Deshalb muss man im Bezug auf die Analyse der Langzeitsicherheit der annehmenden Deponie eine vollständige Zusammenarbeit mit den beauftragten Deponiebetreibern sicherstellen. Für diese Bewertung könnten sich die mit dem Problem beauftragten französischen Behörden später an ihre deutschen Amtskollegen wenden.

#### **Unbefristete Lagerung**

Hinsichtlich der aktuellen Analysen ist die unbefristete Lagerung, wie sie ursprünglich vorgesehen war, nicht akzeptabel. Sie würde womöglich dazu führen, dass in einigen Jahrhunderten die aktuell zulässigen Konzentrationen im Grundwasser, zumindest für das Quecksilber, überschritten würden.

Man kann die Prognose zu den langfristigen Konzentrationen verbessern, indem man effiziente Verschlüsse in den Zugangstollen anbringt und die restlichen Hohlräume zwischen den Abfallgebänden und den Stößen verfüllt. Nach den Studien von Ineris könnten solche Maßnahmen die Konzentrationen der Schadstoffe auf ein der Gesetzgebung entsprechendes Niveau bringen. Der COPIL war in der ihm zugeteilten Zeit nicht dazu in der Lage, detailliert diese Ergebnisse zu prüfen. Ihre Wichtigkeit rechtfertigt, dass die Berechnungen, Hypothesen und die Auslegung der Ergebnisse von einem anderen Organ bestätigt werden. Die langfristige Beständigkeit solcher Maßnahmen ist nicht einfach nachzuweisen, aber man könnte von der Tatsache profitieren, dass es genau diese Art von Nachweis ist, auf dem bereits die Sicherheit der deutschen Bergwerke basiert, in denen man die Abfälle neu einlagern würde. Man muss prüfen, ob diese Lösung nicht noch verbessert werden könnte durch eine selektive Rückholung einiger Substanzen, besonders des Quecksilbers.

Schließlich muss man die Eventualität des Falles prüfen, dass das Überwachungssystem, das in jedem Fall unabdingbar ist, gegebenenfalls effizient umgewandelt werden kann in ein System der Kontrolle durch Abpumpen der Sole in den Schächten. Dennoch wird die tatsächliche Umsetzung dieser Maßnahme zur Risikoreduzierung in eine weit entfernte Zukunft verschoben.

In jedem Fall muss über die Aufbewahrung der Aufzeichnungen nachgedacht werden. Sie muss vor allem erlauben, sich gegen die potenziellen Auswirkungen einer unbefristeten Lagerung in Stocamine auf die Verfügbarkeit von natürlichen Ressourcen in der Region (Wasser unter und über Tage, Erdwärme, Kohlenwasserstoffe, Baumaterialien und Ressourcen des Bergbaus) zu schützen.

### **Allgemeine Schlussfolgerung**

Für zehn Mitglieder des COPIL bildet die Anbringung von effizienten Verschlussbauwerken nach einer selektiven Rückholung des Quecksilbers (und eventuell anderer Schadstoffe, nach zusätzlichen Studien) und eine anschließende Einführung einer Überwachung den besten Kompromiss für die Umsetzung der Schließung von Stocamine.

Zwei Mitglieder des COPIL sagen, dass eine teilweise Rückholung keine Vorteile verglichen mit einer vollständigen Rückholung bringt. Sie sagen, dass die so weit wie möglich vollständige Rückholung die beste Lösung ist, und denken, dass eine Zwischenlagerung des Anteils, der noch nicht wiederverwertet werden konnte, z.B. in Herfa-Neurode, mit Blick auf eine Änderung der europäischen Politik zur Abfallverwertung, die dazu führen könnte, dass die in Salzbergwerken gelagerten Abfälle zurückgeholt werden, eine gute Zwischenlösung darstellt.

In allen Fällen muss man allen erforderlichen Untersuchungen und ihrer Umsetzung höchste Priorität einräumen, und man muss sie gleichzeitig durchführen, um eine zusätzliche Frist zu vermeiden, während der die Gebiete sich weiterhin verändern. Es wird angemerkt, dass die teilweise unbefristete Lagerung eine weitere Lösung ist, die wahrscheinlich unvermeidbar ist, falls Schwierigkeiten bei der Rückholung auftauchen, und dass das Problem des Verbleibs der zurückgeholten Abfälle sich auch im Falle der unbefristeten Lagerung mit selektiver Rückholung stellt. Es gibt somit eine gemeinsame Basis dringender und unabdingbarer Untersuchungen für die beiden Optionen; diese müssen unverzüglich begonnen werden.

Als Schlussfolgerung kann man sagen, dass es keine direkt anwendbare Ideallösung für das Problem von Stocamine gibt. Der COPIL versucht, dieses Problem ausreichend klar und vollständig anzugehen, damit die Bürger und Behörden die technischen und wissenschaftlichen Elemente erhalten, die es ermöglichen, eine sinnvolle Lösung zu finden.

## OPTION DER RÜCKHOLUNG: UMSETZUNG DER RÜCKHOLBARKEIT

### ***Begriff der Rückholbarkeit***

Der Begriff der Rückholbarkeit aus einer Abfalldeponie unter Tage wurde in den französischen Gesetzen für industrielle Sonderabfälle und für radioaktive Abfälle eingeführt. Eine Lagerung bleibt rückholbar für eine Dauer von jeweils 30 und 100 Jahren. Im Falle der Industrieabfälle sieht das franz. Umweltgesetzbuch [Code de l'environnement] seit der Änderung vom 3. Februar 2004 vor, dass die unbefristete Lagerung nach 25 Jahren oder im Falle der Betriebseinstellung nach einem Jahr genehmigt werden kann.

Für Industrieabfälle definieren die Texte den Begriff der Rückholbarkeit nicht sehr genau. Die Begriffe der Rückholbarkeit oder der Nichtrückholbarkeit haben keine absolute Bedeutung. Selbst wenn das Bergwerk heute verlassen und seine Schächte verfüllt sind, wäre es technisch nicht unvorstellbar, die gelagerten Gebinde in fünfzig Jahren zurückzuholen. Es ist jedoch festzustellen, dass die Kosten und die Risiken für das betroffene Personal beträchtlich wären.

Somit sollte man besser z.B. von einer „einfach rückholbaren“, einer „wenig rückholbaren“, „sehr schwer rückholbaren“ Lagerung sprechen. Eine leicht rückholbare Lagerung kann festgelegt werden als ein Lager, für das die Kosten und Risiken der Rückholung vergleichbar sind mit denjenigen, die während der Einlagerung der Abfälle akzeptiert wurden. Während der Rückholung der 173 Gebinde der Abfälle von Block 11, die PCB beinhalten, in den Jahren 2001-2002, war die Rückholbarkeit „einfach“, selbst wenn die Rückholung 7 Monate dauerte. Mehrere Bedingungen müssen erfüllt werden, damit ein Lager einfach rückholbar ist. Die Etikettierung und die Position der Abfälle müssen zweifelsfrei feststehen. Die Zugangswege müssen einen zufriedenstellenden Zustand haben. Man muss zwischen den Stößen, der Firste und den Gebinden (man folgt der BMG-Definition, ein Paket ist ein Container oder das, was auf einer Palette gelagert ist) einen ausreichenden Spielraum für eine einfache Entnahme der Gebinde durch ein Bergungsgerät vorsehen. Dieser Spielraum muss mit einer Marge berechnet worden sein, damit er bestehen bleibt trotz unvermeidbarer Erdbewegungen während des Zeitraums der Rückholbarkeit. Die Verpackung der Abfälle, Bigbags oder Fässer muss während dieses gleichen Zeitraums die notwendigen Eigenschaften für eine einfache und sichere Handhabung beibehalten haben. Wenn man eine große Anzahl von Gebinden zurückholen muss, müssen soweit möglich die Abfallgebinde gleicher Art am gleichen Ort gelagert sein; sonst muss man unter oder über Tage eine vorläufige Kapazität der Zwischenlagerung garantieren, die ausreichend ist, um die Sortierung der Gebinde vor ihrem Versand zu gewährleisten. Schließlich, da es sich um eine große Anzahl von Gebinden handelt, die nicht vor Ort wieder eingelagert werden sollen, muss auch eine Option zur Deponierung für die zurückgeholten Gebinde existieren.

Besonders für die Abfälle der Klasse 0 (fast die Hälfte der in Stocamine gelagerten Gesamtmenge), die in Frankreich in Bergwerken gelagert werden müssen, *sind nicht die Rückholung und die unbefristete Lagerung bei Stocamine die Alternativen, sondern die unbefristete Lagerung bei Stocamine und die unbefristete Lagerung in einem deutschen Bergwerk (Untertagedeponie, UTD)*. Um sich für eine Rückholung gefolgt von einer Lagerung in einer anderen Deponie zu entscheiden, muss man prüfen, ob die Umweltbilanz insgesamt positiv ist.

Man muss auch anmerken, dass im Falle von Stocamine die Entscheidung auch nicht notwendigerweise zwischen einer vollständigen Rückholung und einer unbefristeten Lagerung aller Abfälle getroffen werden muss. Es ist nicht auszuschließen, dass man eine Unterscheidung zwischen mehreren Abfällen treffen muss (z.B. asbesthaltige Abfälle), die nach einer Flutung des Bergwerks unter Tage verbleiben können, ohne dass ein Risiko für die zukünftigen Generationen besteht, und anderen Abfällen, deren Risikoanalyse zeigte, dass sie zurückgeholt werden müssen.

### **Die deponierten Abfälle sind weniger rückholbar geworden**

Der allgemeine Eindruck des COPIL ist, dass Stocamine geführt wurde mit Hinblick auf eine unbefristete Lagerung. Der COPIL muss feststellen, dass selbst außerhalb des speziellen Falls von Block 15 die deponierten Abfälle im Laufe der Zeit immer schwieriger rückholbar geworden sind, vor allem aufgrund der Erdbewegungen, aber auch der Verschlechterung der Abfallverpackung, die leicht sichtbar ist am vorderen Teil der Stollen, aber deren Auswirkung noch zu untersuchen ist.

- Die Etikettierung und die Kartografie der Gebinde scheinen korrekt umgesetzt worden zu sein. Während der teilweisen Rückholung von 2001-2002 (Block 11) ermöglichte es die Datenbank, die zurückzuholenden Gebinde leicht zu identifizieren.
- Das Gebirge hat sich an den doppelten Versorgungsstollen bewegt; der Pfeiler zwischen den beiden Wegen musste verstärkt werden durch Felsanker und Stahlbänder. Stocamine hat durch eine Endoskopie die lokalen Ablösungen auf 50 cm in der Firste einiger Zugangsstollen herausgestellt. Aber der Zugang zum Lager für die Bergungsgeräte blieb erhalten, eventuell auf Kosten von traditionellen Bergwerksarbeiten.
- Der Teil der Stollen, wo die Abfälle zwischengelagert sind, hat sich verkleinert, wenn auch ziemlich ungleichmäßig, und die Stöße oder die Firste der Stollen sind an einigen Stellen in Kontakt mit den Gebinden getreten. Die Messungen zeigen gelegentlich eine horizontale Konvergenz (Reduzierung der Breite) der Stollen von ca. 8% seit ihrer Auffahrung.

Die viereckigen Pfeiler, die immer noch an den Eingängen der Stollen sichtbar sind, sind abgesplittert in einer Mindesttiefe im Meterbereich, besonders an den Ecken.

Die Höhe der Stollen ist in einigen Fällen beträchtlich zurückgegangen unter dem gemeinsamen Einfluss der Hebung der Sohle (Begriff der Bergleute für die Bodenfläche) und der Biegung der Firste. Die Sohlenhebung (Begriff der Bergleute für Hebung der Bodenfläche) ist an einigen Stellen groß. In den Blöcken 15, 25 und 26 kann sie 30 cm erreichen. In den Blöcken 15 und 25 zeigen die Messungen von Ineris, dass sie für 2/3 der Annäherungen von Sohle und Firste verantwortlich ist. Sie wird lokal von einer Rissbildung des Salzes begleitet. Dies hängt wahrscheinlich zusammen mit der Ablösung der ersten Salzbanke, die die Sohle bilden. Das Heben der Sohle ist im Allgemeinen am größten in der Mitte des Stollens; in einigen Stollen ist es wahrscheinlich diese Hebung, die die Bigbags gekippt hat, welche nun die Stöße berühren.

Eine ähnliche Bewegung betrifft die Firste. Die von Ineris ausgewerteten Messungen zeigen, dass die Ausmaße vergleichbar sind mit dem Heben der Sohle in den Blöcken außer den Blöcken 15 und 25. Die Bänke der Firste biegen sich durch, aber, da die Senkung der Pfeiler von einer Auflockerung begleitet werden, betont diese Auflockerung die Biegung, indem es den Enden der ersten Bänke der Firste eine horizontale Beanspruchung und eine horizontale Bewegung in Richtung des Zentrums des Stollens auferlegt. In einigen Stollen mit Abfällen ist der Kontakt bereits lokal zwischen der Firste und den Gebinden hergestellt. Die Bewegungen der Firste sind gut sichtbar in den Stollen, die keine Abfälle enthalten, besonders in denjenigen, die auf -25 m (anstatt -23 m) unter dem Kaliabbau gegraben wurden, aufgrund einer Firste mit mehreren Schichten (Blöcke 15, 16, 25, 26, wobei nur Block 15 Abfälle enthält), und aufgrund eines Sicherheitspfeilers (nicht abgebauter Bereich des Bergwerks) im Kaliabbau, der die vertikalen Spannungen konzentrieren muss (der Sicherheitspfeiler trägt und überträgt nur noch seinen Anteil der Last der Umgebung). Aufgrund der leichten Neigung des Geländes und der Methode des Grabens mit einer punktuell angreifenden Maschine besteht die Firste der Stollen nicht aus der gleichen Bank über die gesamte Länge, und, an der Schnittstelle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bänken bildet sich eine „Ecke“, die instabil sein kann. Der Zugang zu einigen (leeren) Stollen ist verboten aufgrund der Risiken der herab fallenden Firste. Vier Bänke über der Firste dieser Galerien haben sich gebogen und sind mindestens teilweise abgelöst. Die Risse sind dort gut sichtbar. Der Fall von Block 15, der eine mehrschichtige Firste auf -25 m und die thermomechanischen Auswirkungen des Brandes miteinander vereint, wird zu einem späteren Zeitpunkt diskutiert.

In allen Stollen haben sich die beiden vertikalen Wände („Stöße“) angenähert mit horizontalen Bewegungsgeschwindigkeiten, die vergleichbar sind mit den Bewegungsgeschwindigkeiten der Firste und der Sohle. Die Stollen enthalten im Allgemeinen zwei übereinander gelagerte Schichten von Bigbags, und in einigen Stollen ist bereits der Kontakt hergestellt zwischen den Stößen und den Gebinden der oberen Bigbag-Schicht. Deshalb unterliegen diese Gebinde einem wahrscheinlich noch schwachen Druck, der jedoch im Laufe der Zeit ansteigt und die Entnahme der Gebinde ohne große bergmännische Arbeiten zur Entleerung und zur Stützung der Stollen im Laufe der fortschreitenden Rückholung schwieriger oder gar unmöglich macht.

All diese vertikalen und horizontalen Bewegungen werden auch in Zukunft stattfinden und nach und nach einen allgemeinen Kontakt zwischen dem Stollen und den Gebinden herstellen. Die Geschwindigkeit der horizontalen Konvergenz (Annäherung der beiden vertikalen Wände) und der vertikalen Konvergenz (Annäherung von Sohle und Firste) wurden an den Enden jedes der drei Wege gemessen, die jeden Block voneinander trennen, wobei diese Geschwindigkeiten in der gleichen Größenordnung liegen, sowohl horizontal als auch vertikal, und diese Geschwindigkeiten deutlich höher sind am Ende in der Nähe der zentralen Doppelstrecke als am Ende in der Nähe des massiven Gebirges, dessen Nähe die Pfeiler entlastet. An den Enden des Stollens in der Nähe des massiven Gebirges beträgt die durchschnittliche Konvergenzgeschwindigkeit ca. 1,5 cm pro Jahr. Die höchsten Werte werden im Süden der Deponie beobachtet, in der Nähe der Blöcke 15 und 25, mit benachbarten Geschwindigkeiten von 4,5 cm pro Jahr im Vergleich zu Geschwindigkeiten von ca. 3 cm pro Jahr, die für die anderen Blöcke in der Nähe des zentralen Doppelweges gemessen wurden. Diese Werte, die auf einer Höhe von 2,8 m und einer Breite von 5,5 m festgestellt und in der Nähe der Kanten der Pfeiler gemessen wurden, überschätzen eventuell ein wenig die durchschnittlichen Geschwindigkeiten in der Mitte der Wege. Höhere Werte werden erwähnt im Bericht von Mica Environnement von April 2004, aber sie entsprechen dem Anfang der Messungen in der Nähe der Blöcke 15 und 25, als der stationäre Zustand bei konstanter Geschwindigkeit noch nicht erreicht wurde. Alle oben angegebenen Werte entsprechen dem aktuellen Zustand der Messungen, wie er im Bericht von Ineris von Dezember 2010 beschrieben wird. Im gleichen Bericht gibt Ineris die Höchstwerte der gemessenen vertikalen Konvergenzgeschwindigkeiten an (0,21% pro Jahr für eine Station in Block 11 in der Nähe des massiven Gebirges und 1,93% pro Jahr für eine Station in Block 15 in der Nähe der zentralen Doppelstrecke). Die durchschnittliche Geschwindigkeit des Verschlusses der Deponie wird auf 0,92% pro Jahr geschätzt. Diese durchschnittliche Geschwindigkeit entspricht der berechneten Konvergenzgeschwindigkeit für die Doppelstrecken der Deponie unter Tage (550 m), und Ineris schlussfolgert daraus eine Einschätzung der gesamten Verschlusszeit der Doppelstrecke von ca. einem Jahrhundert. Die gleiche Bewertung würde Anwendung finden für die Deponie unter der fiktiven Annahme, dass alle Stollen leer wären.

- Nicht alle Gebinde haben ihre anfänglichen Eigenschaften beibehalten. Es gibt Holzpaletten, auf denen jeweils ein Bigbag lagert, d.h. es gibt insgesamt 53.900 Bigbags; außerdem 8.800 Paletten, die im Allgemeinen 4, manchmal auch 3 Fässer, tragen; 1.300 in Folie verpackte Paletten mit den asbesthaltigen Abfällen; sowie 200 Container. Der Inhalt der Gebinde ist prinzipiell von fester Konsistenz, aber „man kann nicht ausschließen, dass ein Los, das als fest gekennzeichnet ist, auch einen pulverhaltigen Teil beinhaltet“ (IDS). Es ist nicht unmöglich, dass im Laufe der Zeit, aufgrund der trockenen und salzigen Beschaffenheit der Deponie, der Stoff der Bigbags brüchig geworden ist (BMG); Stocamine (Hinweis von H. Haegelin) gibt an, dass während der Rückholung von Block 11 „man eine Verschlechterung des Zustands des Bigbags feststellte [...], was schließlich zum Zerreißen führte“. Durch direkte Sichtprüfung am vorderen Teil des anfänglichen Bereichs von 5,5 m x 2,8 m kann man nur die erste Schicht der 10 Bigbags in zwei übereinandergelagerten Schichten beurteilen: Der obere Teil dieser sichtbaren Bigbags ist in einem guten Zustand, aber mehrere von ihnen weisen Löcher auf, und einige sind gerissen. Dennoch bildet diese erste Schicht nur einen sehr geringen Anteil der gelagerten Gebinde in einer Reihe, deren Gesamtlänge 225 m beträgt. Es ist somit sehr schwierig, eine zuverlässige statistische Bewertung des Anteils der beschädigten Gebinde vorzunehmen. Man sieht auch ein Fass im vorderen Teil einer Reihe, das einen Austritt zeigt, was ein zuverlässiges Anzeichen ist für das Austreten einer Mischung von gelagerten Produkten mit dem Gips, der im Fass gelagert war.



Auch wenn die Bewertung des Anteils der beschädigten Gebinde nicht möglich ist, hat die Erfahrung der teilweisen Rückholung von 2001-2002 gezeigt, dass 30% der zurückgeholten Paletten beschädigt und 10% der Bigbags während ihrer Aufnahme durch die Gabeln der Fördermaschinen (Anmerkung von Haegelin) gerissen waren. Selbst wenn diese Feststellungen unter Annahme einer Rückholung der Gebinde zu einer Verbesserung der Fördermethoden soweit möglich anregen müssen, geht daraus hervor, dass eine gewisse Anzahl von Gebinden, die augenblicklich schwierig zu beziffern ist, beschädigt ist oder während ihrer Rückholung beschädigt werden könnte.

- die Frage des Abtransports der zurückgeholten Gebinde wird an anderer Stelle behandelt.

### **Unsicherheiten bezüglich der Art der Abfälle**

#### **Zweifel aufgrund des Brandes in Block 15**

Nach dem Brand in Block 15, der am 10. September 2002 entdeckt wurde, suchte man die Schuld bald bei den Gebinden, die einige Wochen zuvor eingelagert wurden. Diese Gebinde stammten aus dem Brand eines Lagers für Pflanzenschutzmittel. Der Schutt in den Bigbags beinhaltete Asbest vom Dach des Lagers, das während des Brandes eingestürzt war. Bei ihrer Ankunft in Stocamine wurde keines der Gebinde geöffnet, um den Inhalt zu überprüfen, da Stocamine nicht die notwendige Ausrüstung besaß. Einige der Gebinde wurden nach dem Brand geöffnet. Sie entsprachen nicht den Bestimmungen des Erlasses zur Genehmigung der Lagerung (Papier, Kartons und eine Flüssigkeit). Daraus ging, wie leicht verständlich ist, ein allgemeiner Verdacht hinsichtlich des gesamten Annahmeverfahrens Abfallpakete ab ihrem Ursprung hervor, insbesondere, da die Deponie eine große Menge an Gebinden mit asbesthaltigen Stoffen beinhaltet (4.000 Tonnen, 9% der Gesamtmenge), die aus den gleichen Gründen wie in Block 15 nicht zur Prüfung geöffnet worden waren.

Dieser Verdacht, falls er aufrechterhalten wird, könnte einen großen Einfluss auf die beiden in Betracht gezogenen Lösungen haben, d.h. auf die unbefristete Lagerung oder die Rückholung der Abfälle. Bei der ersten Option, müsste man Hypothesen mit ausreichendem Sicherheitszuschlag bei den Berechnungen des Langzeiteinflusses annehmen. Bei der zweiten Option müssten die zurückgeholten Gebinde von einer neuen Abfalldeponie akzeptiert werden, d.h. von einem CET1 in Frankreich oder einem deutschen Salzbergwerk. Diese Deponien haben strenge Annahmekriterien definiert, die keine Unsicherheiten bei der genauen Art der zu lagernden Abfälle hinnehmen werden. Zudem wird die Baustelle im Falle von Unsicherheiten bezüglich des Inhalts der Gebinde schwieriger zu bewerkstelligen sein, denn man müsste häufiger die maximalen Vorsichtsmaßnahmen anwenden.

Der COPIL hat also versucht, die Ausmaße dieser Unsicherheiten festzustellen.

#### **Qualität des Verfahrens zur Abfallannahme**

Das Unternehmen Séché, das ein Anteilseigner von Stocamine geworden ist nach dem Kauf des Unternehmens Tredi, sendete Gebinde mit Abfällen zu Stocamine. Vor dem Brand in Block 15 wurden einige der von Séché gesendeten Gebinde von Stocamine nach ihrer Kontrolle beim Eingang abgelehnt. Dann hat Séché Stocamine als asbesthaltig markierte Bigbags gesendet, die vom Brand in der Deponie stammten. Diese Gebinde wurden nicht geöffnet, wie es der Fall für alle Bigbags war, die asbesthaltige Abfälle beinhalteten und von Stocamine empfangen wurden. Dennoch wurde schnell deutlich, dass diese besonderen Gebinde nicht mit den normalerweise angenommenen asbesthaltigen Gebinden vergleichbar waren, deren Verpackung von zertifizierten Unternehmen vorgenommen wird. Das zuvor ausgestellte Annahmeblatt nannte die Art der Abfälle nicht. Bei der Ankunft der Abfälle am Standort hat das Personal direkt reagiert auf den ekelerregenden Geruch und das Durchsickern von Flüssigkeiten aus diesen Bigbags, und es hat den Direktor der DRIRE (damaliger Name der DREAL) verständigt. Ein von den Anwohnern informierter Verband hat ebenfalls eingegriffen. Der Ausschuss für Hygiene, Sicherheit und Arbeitsbedingungen [Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail] traf sich und wies auf die festgestellten Anomalien hin, die zur Ablehnung dieser Abfälle hätten führen müssen. Der Chemieingenieur wurde auf die Nichtkonformität der Produkte hingewiesen, aber konnte nicht zu dem Unternehmen fahren, aus dem die Abfälle stammten, da der Direktor von Stocamine, der schließlich beschloss, die Gebinde einzulagern, dagegen war.

Der COPIL hat aus diesen Feststellungen schlussgefolgert, dass unter diesen Bedingungen das Verfahren zur Abfallannahme im Grundsatz korrekt funktionierte, und dass das Einlagern der besagten Gebinde direkt aus einer Entscheidung resultierte, die den Schlussfolgerungen aus den Beobachtungen beim Erhalt der Gebinde widersprach.

Der COPIL geht davon aus, dass die nicht konformen, in Block 15 gelagerten Gebinde nachweislich einen Sonderfall darstellten, der von Anfang an vom Verfahren zur Abfallannahme festgestellt wurde, und dass die Unsicherheiten betreffend die Art der anderen gelagerten Abfälle geringer sind. Der Präfekturerlass sah mehrere Kontrollniveaus vor, die ein hohes Maß an Vertrauen in die Konformität der angenommenen Gebinde garantieren können. Jedes Paket unterlag einer Sichtkontrolle sowie einer Prüfung der es begleitenden Dokumente. Die Abwesenheit von Radioaktivität wurde geprüft. Eine Kontrolle des Inhalts (Explosimeter, physische Eigenschaften, Innenverpackung) wurde durchgeführt anhand einer Probe pro Los. Zudem wurde eine Probe pro Los in die Probenbank unter Tage überführt. Mehrere Feststellungen, darunter der Fall des Blocks 15, führen dazu, dass der COPIL auf keinerlei Weise mehr an dem Engagement des Personals, das mit der Annahme der Gebinde beauftragt war, zweifelt, was die Verfahren oder dessen professionelles Bewusstsein angeht. Die Etikettierung und die Kartografie wurden korrekt erstellt, wie es die Rückholung in Block 11 zeigt, in dem die teilweise Rückholung von 173 Gebinden durchgeführt wurde. Diese Rückholung folgte auf eine Beobachtung des Personals hin, das die Anwesenheit von PCB in Mengen feststellte, die über der Norm lagen. Allgemein wurden in allen Gebinden Proben entnommen, und einige wurden nach der Probenentnahme abgelehnt. Zwischen Juni 1999 und August 2002 listete man 20 Ablehnungen von Losen, die ca. 250 Tonnen ausmachen, und die nach der Feststellung einer Nichtkonformität (Entgasung, Größe und Verpackung der Gebinde) zurückgesendet wurden.

#### **Zu treffende Maßnahmen im Falle der Rückholung**

Stocamine wurde zum Verantwortlichen für die dort gelagerten Abfälle. Wenn man eine teilweise oder gesamte Rückholung mit Transport in eine andere Abfalldeponie in Frankreich entscheidet, muss zunächst von Stocamine bei der jeweiligen Deponie ein Annahmertzifikat beantragt werden (das Verfahren entspricht wahrscheinlich dem Verfahren in Deutschland). Dieses wird gewährt nach einer Analyse der Konformität der Art und Zusammensetzung der Gebinde mit den Annahmekriterien der Deponie. Diese Analyse wird, je nach Fall, von der Deponie oder vom Hersteller (Stocamine im vorliegenden Fall) durchgeführt. Im letzten Fall kann Stocamine die bereits von den ursprünglichen Herstellern oder bei der Annahme der Gebinde in Wittelsheim erstellten Analysen nutzen. Dennoch genügt die Nutzung dieser bereits verfügbaren Daten womöglich nicht, um den Verdacht, der durch den Brand in Block 15 entstand, aufzuheben, selbst wenn man gute Gründe hat zu denken, dass dieser nicht den Rest der Deponie betrifft.

Es wird wahrscheinlich wünschenswert sein, die Probenbank nach über Tage zu bringen. Für die nicht asbesthaltigen Abfälle muss eine Analyse durch Probenentnahme sicherstellen, dass die Konformität des Inhalts der Gebinde, die bereits bei deren Empfang geprüft wurde, garantiert werden kann. Diese Probenentnahme muss ausreichend umfangreich und zufällig sein, aber sie kann auch die geografische Lage der Gebinde in der Deponie berücksichtigen.

Die asbesthaltigen Abfälle (ca. 4.000 Tonnen) bilden ein gesondertes Problem, denn sie wurden beim Eingang nicht geöffnet. Man muss die Gebinde zur Probenentnahme öffnen, um die Zusammensetzung zu prüfen. Eine Einteilung der Gebinde nach Herkunft ermöglicht eventuell eine Verbesserung der Effizienz der Probenentnahme (die Anwesenheit chemischer gefährlicher Stoffe ist weniger wahrscheinlich für Abfälle, die dem Bauwesen entstammen), aber mindestens eine Öffnung pro Los scheint unabdingbar. Im aktuellen Zustand besitzt Stocamine weder die Ausrüstung noch die Genehmigung, die notwendig ist, um eine solche Prüfung durchzuführen.

## **Risiken im Zusammenhang mit der Rückholung der Abfälle**

Die Hauptrisiken der Maßnahme zur Rückholung sind das Herabfallen von Blöcken oder Absplitterungen oder das Freisetzen des Inhalts eines Abfallgebundes.

### **Instandsetzung der Arbeitsstätten**

Während der Rückholung der Abfälle liegen die Prioritäten bei der Instandsetzung der **Arbeitsstätten** zur Gewährleistung des Transports von Maschinen und Personal sowie in der Herstellung der Sicherheit hinsichtlich des Risikos des Herabfallens von Blöcken aus der Firste oder von Absplitterungen der Stöße. Sie beinhalten das Glätten der Sohle, das häufig notwendig ist (dies war der Fall bei der Rückholung der Gebinde von Block 11), die Beräumung der Firste und der Stöße und das Anbringen von Felsankern zur Sicherstellung ihres Halts. Die notwendigen Arbeiten werden wahrscheinlich in Richtung Süden und im mittleren Teil der Deponie umfangreicher sein. Es handelt sich um klassische Bergbauarbeiten, an welche die Bergleute gewöhnt sind, aber es wird etwas schwieriger werden durch die individuelle Schutzausrüstung für chemische Risiken, welche die Bergleute tragen müssen, wenn der Bereich kontaminiert ist oder sein könnte. Der Block 15, der schwer festzustellende mechanische Probleme aufweist, die jedoch wahrscheinlich schwerwiegender Natur sind, wird ein sehr großes Problem darstellen, auch da das Tragen einer schweren Schutzausrüstung von vornherein unabdingbar ist.

### **Bergung der Gebinde**

Die Bergung der Gebinde kann durch eine Lademaschine für die Fässer, Container und in Folie verpackten Paletten erfolgen. Schwierigkeiten sind jedoch wahrscheinlich, besonders in den einigen Fällen, in denen die Stollen bereits stark konvergiert sind, und natürlich falls es beschädigte Gebinde gibt. Während der Rückholung des Block 11 musste man, aufgrund der geringen Höhe der Firste, einen kleinen Wagen verwenden, dessen Inhalt anschließend herausgenommen und auf einen Transportlaster geladen wurde in Richtung der Hängebank (Kammer zur Aufnahme und Zwischenlagerung der Materialien am Fuße des Schachts) oder zum Zuschneiden für die Zwischenlagerung gebracht wurde. Die Bigbags der unteren Schicht, die auf ihrer Palette gelagert waren, könnten prinzipiell mit einem Gabelstapler transportiert werden, aber die Erfahrungen des Block 11 ermutigen nicht zu dieser Lösung. Für die obere Schicht war die Notwendigkeit, die Paletten der oberen Reihe zu befestigen, um sie in eine horizontale Position zu bringen vor der Bearbeitung, nach H. Haegelin (Mitteilung von Stocamine) ein wichtiger Erschwernisfaktor. Das Greifen an den Ösen erscheint schwierig aufgrund der möglichen Risse und des mangelnden Platzes, zumindest an der Firste einiger Stollen. Die beste Methode scheint das Greifen mit einer Zange zu sein, wie es in Herfa-Neurode oder bei der Sanierung der Sonderabfalldeponie von Saint-Ursanne im Schweizer Jura verwendet wurde.

### **Notwendigkeit der Umverpackung der Gebinde**

Eine direkte Sichtkontrolle der Gebinde wird notwendig sein, um über die Notwendigkeit einer Umverpackung zu entscheiden. Die Verwendung von Über-Bigbags für das ganze Paket ist die vorgeschlagene Lösung. Es wird vorgezogen (besonders im Fall der asbesthaltigen Abfälle), direkt vor Ort umzuverpacken. H. Haegelin gibt an (2004), dass „das Ablegen von übereinander gestapelten Gebinden [des Block 11] manchmal eine teilweise Umverpackung erfordert (Verwendung eines 2. Bigbags) oder auch eine vollständige Umverpackung beim Austreten der Abfälle durch Umkehren des Bigbags (Überführen des Produkts in einen anderen Bigbag)... Diese Vorgänge [...] sind hauptsächlich auf das Fallen und Zerreißen von Bigbags zurückzuführen und werden bedingt durch eine mangelnde Höhe oder sehr ungünstige Aufnahmebedingungen.“ Nach BMG wäre die Umverpackung nicht immer wünschenswert, da sie ein zusätzliches Risiko mit sich bringt. In allen Fällen ist die Umverpackung direkt nach der Aufnahme notwendig für Abfälle der Klasse CO, für die asbesthaltigen Abfälle und alle beschädigten Gebinde (BMG), sowie auf Anfrage der zukünftigen Deponie. Die Umverpackung würde von vornherein mindestens 35.000 Bigbags betreffen. Stocamine orientiert sich jedoch an der Lösung der systematischen Umverpackung, die den großen Vorteil bietet, nicht für jeden einzelnen Fall unter den bereits schwierigen Bedingungen der Baustelle eine Entscheidung treffen zu müssen.

### **Verpackung**

Die Abfälle müssen prinzipiell verpackt werden. Die Art der Verpackung muss der Art der Abfälle und den Anforderungen des sie aufnehmenden Lagers entsprechen. Normalerweise kann man Bigbags, Fässer aus Stahlblech oder Container aus Stahlblech verwenden, deren Dimensionen zuvor festgelegt sein müssen. Eine Kunststoffolie wird manchmal auch für die Verpackung verwendet. Im Falle einer UTD (Untertagedeponie) in Deutschland wird die Art der Verpackung verbindlich im Rahmen des Genehmigungsverfahrens festgelegt.

Die Verpackung bei Anlieferung an die aufnehmende Deponie in einem intakten Zustand und außen sauber sein. Sie muss eindeutige und haltbare Beschriftungen aufweisen. Für die Abfälle, die als gefährliche Substanzen eingestuft wurden, müssen zudem die Bestimmungen betreffend den Transport gefährlicher Substanzen berücksichtigt werden.

Die Abfälle, deren Verpackung beschädigt ist, müssen vor Ort umverpackt werden, falls möglich unter Tage, bevor man sie zur annehmenden Deponie oder zu einer Vorbehandlungsanlage transportieren kann. Im Fall von Stocamine erwartet man, dass die meisten der Container mit den Abfällen umverpackt werden müssen. Bereits bei der Bergung der verschiedenen Abfallbehälter muss man systematisch eine vorläufige Verpackung der Container oder Paletten anbringen, z.B. durch eine geeignete Folie.

Diese vorläufige Verpackung hilft bei der Vermeidung einer Freisetzung von Schadstoffen bei der weiteren Behandlung. Somit dient sie auch als technische Maßnahme für den Schutz der Arbeiter (siehe Absatz „Freisetzung des Inhalts eines Abfallpakets“).

Für die Abfälle, die bereits aus ihrer Verpackung ausgetreten sind, sowie für das verunreinigte Salz, ist eine angemessene Verpackung (Bigbags, Fässer) vorzusehen, um mindestens eine sichere Bergung und den Transport bis zur der endgültigen Verpackung zu gewährleisten.

### **Methoden der Abfallbehandlung**

Im Falle einer Rückholung der Abfälle von Stocamine muss man prüfen, ob die Annahmekriterien der Deponie, die sie empfängt (Deponien in Frankreich der Klasse C1, UTD in Deutschland der Klasse C0) erfüllt werden. Um dies zu tun, kann zunächst die bestehende Dokumentation der einzelnen Abfallgebilde konsultiert werden, wenn die einzelnen Gebinde immer noch identifiziert werden können und die Etiketten leicht lesbar sind. Chemische Analysen können sich als notwendig erweisen. Das analytische Programm muss dann in Absprache mit der empfangenden Deponie festgelegt werden.

Einige Abfälle können eine Vorbehandlung erfordern, bevor sie von der empfangenden Deponie akzeptiert werden. Die Notwendigkeit und die Art der Behandlung werden dann von der empfangenden Deponie festgelegt. Die Behandlung kann an einem genehmigten Standort in Frankreich oder Deutschland durchgeführt werden. Als Richtwert ist davon auszugehen, dass die Abfälle, welche die Annahmekriterien der deutschen Deponien nicht erfüllen, vorbehandelt werden müssen, bevor sie transportiert werden, wobei die unten stehenden Methoden verwendet werden, wovon einige (diejenigen für Flüssigkeiten und entzündliche Stoffe, außer eventuell der Fall des Block 15) nicht von vornherein den Fall von Stocamine betreffen:

Entzündliche Stoffe oder Abfälle, in denen man organische toxische Stoffe vermutet, können eine thermische Behandlung in einer angemessenen Verbrennungsanlage durchlaufen. In Deutschland gibt es beispielsweise solche Anlagen, die auch Abfälle anderer Länder der EU behandeln. Die Überreste der Verbrennung müssen erneut bewertet und entsorgt werden, je nach ihrem Gehalt an Schadstoffen.

Im vorliegenden Fall wäre eine thermische Behandlung möglich für Abfälle, die einen erhöhten Anteil an organischen Schadstoffen beinhalten, und wahrscheinlich auch für Abfälle, die vom Brand in Block 15 betroffen waren, und für die man von der Annahme ausgehen muss, dass sie entzündlich sind. Ein

direkter Transport der Abfälle aus Block 15 in eine UTD in Deutschland ist wahrscheinlich nicht möglich.

Die flüssigen, nicht entzündlichen Abfälle können, je nach Art der toxischen Substanzen, die sie enthalten, in einer geeigneten Anlage zur physikalisch-chemischen Behandlung verfestigt werden (z.B. mit Zement) oder konzentriert, getrocknet, ausgefällt oder mit Hilfe eines Aktivkohlefilters oder eines Ionenaustauschers gereinigt werden.

Das Quecksilber kann durch Destillierung wieder gewonnen werden und dann entweder recycelt oder in einer geeigneten Deponie entsorgt werden. Der Asbest könnte verglast werden, was ca. 1.200 bis 1.500 € pro Tonne kostet.

#### **Freisetzung des Inhalts eines Abfallgebundes**

Das größte Risiko bei der Bergung und Handhabung (und geringer während des späteren Transports der Gebinde) ist die Freisetzung der Produkte aus den Abfallpaketen, entweder aufgrund einer zuvor bestehenden Beschädigung oder aufgrund eines Sturzes eines Pakets bei der Aufnahme und Beförderung. Die Stürze von Gebinden scheinen nicht sehr zahlreich während der Lagerung gewesen zu sein, aber das Risiko ist wahrscheinlich von vornherein größer bei der Rückholung, da die Arbeitsbedingungen schwieriger sind. Es gab Stürze während der Rückholung in Block 11, aber es gibt keinerlei Statistik diesbezüglich. Das pneumatische Absaugen des Inhalts eines Pakets im Falle des Ausbreitens wurde in Betracht gezogen, aber es gibt keine angemessene Ausrüstung. Das Umfüllen mit der Schaufel wird in einigen Fällen nicht ausgeschlossen. Es ist unvermeidbar, dass eine oder mehrere Personen sich dann in der Staubwolke befinden (IdS, 2006, S. 10). Es scheint schwierig zu sein vorauszusagen, welche Konzentrationen von toxischen Zusammensetzungen in der Luft vorherrschen bei einer Ausbreitung (IdS), und Sicherheitsspielräume müssen vorgesehen werden.

Neben einer korrekten Konzeption der Arbeiten zur Beförderung, basiert der Schutz gegen das Ausbreitungsrisiko auf den Möglichkeiten der Absaugung und dem Tragen von individuellen Schutzausrüstungen.

#### **Absaugmöglichkeiten**

Nach BMG wird der Durchfluss der bestehenden Bewetterung ( $28 \text{ m}^3/\text{s}$ ) in den zurückzuholenden Bereich geleitet, aber er muss ergänzt werden durch ein lokales Absaugsystem (ca.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) für die Abluft von Motoren und gegebenenfalls der Asbestfilter und der ggf. freigesetzten Stäube. Das Planungsbüro BMG hat zwei Hypothesen angenommen, d.h. ein Absaug-/Filtersystem am Ende des Blocks während der Rückholung, auf der Seite, die derjenigen, an der die Arbeiten begannen, entgegengesetzt ist, oder im Gegenteil näher am Punkt der Rückholung.

Die Lüftung am Ende des Blockes ist einfacher, beinhaltet weniger Vorgänge und stellt einfachere Arbeitsbedingungen hinsichtlich Wärme und Lärm sicher. Aber sie hat auch mehrere Nachteile. In den Fällen der Blöcke 11, 12, 13 und 14 muss das Lüftungssystem im roten Bereich platziert werden (siehe Absatz „Fall des Blocks 15“), wo besondere Vorsichtsmaßnahmen notwendig sind. Der Wetterstrom vom Punkt der Rückholung zum Ende des Blocks hin kann auch schwierig kontrollierbar sein, besonders in Richtung der Sackgassen und in den Stollen, wo die Reduzierung des Querschnitts fortgeschritten ist. Vor allem gibt es im Falle einer Freisetzung ein Risiko der Verteilung von Partikeln bis hin zum Ende des Blocks (durch den Asbest vor allem) und einen möglichen Kontakt zwischen inkompatiblen Produkten, was zusätzliche Arbeiten und Kontrollen sowie das Tragen schwererer Ausrüstungen während eines längeren Zeitraums erfordert.

Die lokale Bewetterung am vorderen Teil der Arbeiten vermeidet einige dieser Nachteile und garantiert einen größeren Schutz, da die Anzahl der verunreinigten Gebinde im Falle einer Freisetzung kleiner ist. Dennoch ist neben der möglichen Volumenreduktion sowie der vermehrten Hitze- und Geräuschbelastung das Absaug-/Filtersystem sehr schwer (Ausmaße  $9 \text{ m} \times 2,6 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$ ); sein regelmäßiger Transport und die regelmäßige Verlängerung der Luttten (flexible Schläuche, in denen die Luft zirkuliert) erschweren die Aufgabe verglichen mit der Einlagerung.

Es ist dennoch möglich (BMG), dass aufeinanderfolgend beide Methoden verwendet werden können, wobei das lokale Absaugen bevorzugt wird, da die Freisetzungsrisiken größer sind, und wobei in den anderen Fällen das Absaugen am Ende des Blocks beibehalten wird.

### **Individuelle Ausrüstungen**

Die Arbeiter werden mindestens ausgestattet mit einer individuellen Schutzausrüstung, die den Produkten entspricht, einem Anzug und einer Staubmaske (die Maske P2 wird empfohlen von IdS für schwache Risiken; der Schutz, aber auch die Anstrengung beim Atmen sind mit der Maske P3 größer). Diese Ausrüstung auf leichter Grundlage (Staubmaske, Sicherheitsstiefel und Wegwerfanzug) bildet keinen absoluten Schutz gegen alle Produkte, und, vermutet man eine Freisetzung, oder im Falle einer festgestellten Ausbreitung, ist ein Wechsel verpflichtend, und die gesamte Hautoberfläche muss bedeckt sein, sowie eine Maske für jedes Risiko muss getragen werden. IdS schlägt vor: Eine komplette Maske mit Filter, kombiniert mit einem kombinierten BNOP-Filter für die Härtesalze (Zyanide, Cd, Ba); für nicht zyanidhaltige Härtesalze eine leichtere Version von BNOP; eine BP-Maske für arsenhaltige Abfälle, P-Masken für chromhaltige Abfälle, eine HgP-Maske für quecksilberhaltige Abfälle, eine ABP-Maske für verunreinigte Böden, für die nicht vollständige Informationen vorliegen, eine P-Maske für Industrierückstände und asbesthaltige Abfälle. Diese Variabilität kann schwierig zu handhaben sein für die Betreiber bei den Arbeiten und bildet ein Problem bei der Umsetzung. Man könnte eine schwerere Option bevorzugen, d.h. einen dichten Anzug und ein autonomes Atemgerät, was den Vorteil eines höheren Schutzes bildet und eine häufige schwierige Auswahl vermeiden lässt, was jedoch den Nachteil besitzt, die Aufgaben deutlich zu erschweren: Die Temperaturbedingungen könnten einen thermischen Stress verursachen, die Sicht ist weniger gut, das Hören auch, und die zusätzliche Störung und Ermüdung begrenzen die mögliche Arbeitsdauer der jeweiligen Posten. Die Auswahl eines guten Kompromisses zwischen Sicherheit und Arbeitsbedingungen in den verschiedenen Situationen mit verschiedenen Zufälligkeiten und eventuellen Unsicherheiten bildet eine potenzielle Schwierigkeit der Rückholmaßnahme. Die Mitglieder des COPIL gehen jedoch davon aus, dass die Analyse von IdS unnütz kompliziert ist, dass das schwere System des Typs ARI nicht angemessen ist, und dass die Luftansaugsysteme am wenigsten Probleme beim Tragen bereiten und am effizientesten sind.

### **Brand**

Was das Brandrisiko betrifft, so ist das Risiko der Selbstentzündung von vornherein gering (IdS); man hatte bereits üble Überraschungen, aber man hat heute etwas Abstand, was es ermöglicht zu sagen, dass die Gebinde stabil sind. Die potenziellen Quellen sind technische und elektrische Anlagen. Die Transport- und Fördermittel sind häufig der Ursprung eines Brandes im Bergwerk; sie dürfen sich nicht an den Paletten und somit an den Abfällen befinden. Die Ausbildung des Personals und die Ausrüstung müssen einer besonderen Aufmerksamkeit unterliegen.

### ***Verteilung der Abfälle – Fall der asbesthaltigen Gebinde***

Die bei Stocamine gelagerten Abfälle gehören zu 13 verschiedenen Kategorien. Wenn diese verschiedenen Kategorien in der Deponie verstreut sind, kann die Rückholung deutlich schwieriger werden. Einerseits scheint es praktisch verpflichtend, in allen Fällen für das Personal die schwerste Schutzausrüstung vorzusehen. Andererseits ist es wahrscheinlich, dass die aufnehmende Deponie, zu der die zurückgeholten Abfälle gebracht werden, fordert, dass diese nach homogenen Losen eingeteilt sind, so dass eine Sortierung bei Stocamine durchgeführt werden muss. Diese Sortierung würde die Einführung eines verschlossenen Zwischenlagers unter Tage und über Tage erfordern mit dem Nachteil zusätzlicher Vorgänge. Wenn die Gebinde sehr verstreut sind, muss man viele von ihnen transportieren, bevor man ein homogenes Los zusammenstellen kann. Die Kapazität des Zwischenlagers muss groß sein. Der COPIL hat insbesondere den Fall der asbesthaltigen Abfälle untersucht.

Die asbesthaltigen Abfälle bilden ein ganz besonderes Problem. Sie umfassen ca. 4.000 Tonnen, d.h. 9% der Gesamtmenge. Das Risiko im Zusammenhang mit diesen Abfällen ist das Eintreten von Asbestfasern ins Atemsystem. Im Falle der unbefristeten Lagerung bilden die asbesthaltigen Abfälle nach der Flutung keine Gefahr mehr.

Hingegen bilden sie im Falle der Rückholung ein ernstes Risiko für die Arbeiter, wenn die Asbestfasern in der Atmosphäre schweben. Man muss in Betracht ziehen, sie unter Tage zu belassen, wenn man somit das Risiko für die Arbeiter senken kann, ohne eine zusätzliche Komplikation für die Baustelle herbeizuführen.

In den Bereichen mit asbesthaltigen Abfällen, seien diese über oder unter Tage, müssen gesonderte Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden. Es ist schwierig vorwegzunehmen, ob die Arbeitsschutzinspektion davon ausgeht, dass es sich um „Rückholungs- und Einschlussarbeiten“ oder „Aktivitäten und Handlungen an Materialien oder Geräten, die Asbestfasern freisetzen können“ handelt. Dies sind Situationen, die jeweils in den Artikeln 4412-114 und 4412-139 des franz. Arbeitsgesetzbuchs [Code du travail] behandelt werden. Im ersten Fall (Artikel 4412-114), dem schwierigeren Fall, muss somit ein spezifischer Rückholungsplan, der der Arbeitsschutzinspektion vorgelegt wird, erarbeitet werden. Der Bereich muss eingeschlossen werden, und die Arbeiten müssen von Unternehmen und von Personal durchgeführt werden, die daran gewöhnt sind, mit dieser Art von Abfällen zu arbeiten, und deren Arbeit mit dem Personal, das die notwendige bergmännische Erfahrung besitzt, abgestimmt werden muss, was eine Ausnahme erforderlich machen kann. Der Rückholungsplan beinhaltet wahrscheinlich für diesen besonderen Bereich das Tragen von schweren individuellen Schutzausrüstungen (für die Angestellten mit einem Luftsauggerät ist die Arbeit auf 6 Stunden pro Tag begrenzt, wovon höchstens 2,5 Stunden am Stück sein dürfen), eines spezifischen Absaugsystems und natürlich das Arbeiten an jedem zweiten Tag, um das Absetzen der Fasern zu ermöglichen, gefolgt von einem Absaugen der Wände und der Gebinde, mit zudem Schichten von maximal zwei mal zwei Stunden pro Person. Der Gehalt an Fasern würde auf der Baustelle überprüft, und die gemessenen Werte werden an den Arbeitsarzt und den CHSCT (Ausschuss für Hygiene, Sicherheit und Arbeitsbedingungen) übermittelt und der Arbeitsschutzinspektion sowie der regionalen Krankenkasse [Caisse Régionale d'Assurance Maladie] zur Verfügung gestellt. Das Überschreiten des Grenzwerts der Exposition (0,1 Faser/cm<sup>3</sup>/Stunde) bringt einen Arbeitsstopp mit sich. Im zweiten Fall (Artikel 4412-139) wäre man nicht dazu gezwungen, ein zertifiziertes Unternehmen zu Rate zu ziehen, aber auf jeden Fall müsste die Vorgehensweise der CRAM vorgelegt werden sowie der Arbeitsschutzinspektion und dem Arbeitsarzt.

Die Frage der Verteilung, d.h. der Anzahl der Bereiche mit asbesthaltigen Gebinden, ist somit besonders wichtig für diese Abfälle. Stocamine hat dem COPII einen Plan der unteren Schicht der Gebinde geliefert, er 137 Plätze mit asbesthaltigen Gebinden zeigt, die mehr oder weniger groß sind. Es gibt somit genügend Bereiche mit einer Länge von mehreren zehn Metern ohne Gebinde mit asbesthaltigen Abfällen, die eine anfängliche Einteilung der Baustelle in Bereiche mit und ohne Asbest erlauben.

Dennoch erfordert die Aufrechterhaltung einer solchen Aufteilung während der Baustelle ein hohes Maß an Effizienz des Absaugsystems. Im Falle des Herabstürzens oder der Ausbreitung eines Pakets, besteht das Risiko, dass ein Teil der Asbestfasern nicht aufgesaugt wird und sich oberhalb der allgemeinen Belüftung verteilt. Wenn dieses Risiko nicht beseitigt werden kann, würde es als Maßnahme die Aufrechterhaltung der maximalen Vorsichtsmaßnahmen im gesamten Bereich, der von den schwebenden Fasern betroffen sein könnte, mit sich bringen.

Eine Machbarkeitsstudie hinsichtlich einer Rückholung unter Anwesenheit der asbesthaltigen Abfälle ist ein wichtiges Element des vorgesehenen Drittgutachtens, aber man muss beachten, dass, selbst wenn die asbesthaltigen Abfälle eine besondere Behandlung benötigen, andere Kategorien der Abfallgebände, die weniger bekannt sind, z.B. diejenigen, die andere giftige Stoffe wie Chrom oder Cadmium enthalten, auch schwierig zu handhaben sind.

### **Fall des Blocks 15**

Der Block 15, der 2002 von einem Brand heimgesucht wurde, stellt ein gesondertes Problem dar. Er beinhaltet 1.775 Tonnen Abfälle (5% der Gesamtmenge). In seinem größten Teil ist er nicht mehr zugänglich, und einige noch zugängliche Wege, die von Rauch aus Block 15 befallen waren („verunreinigter Bereich“) erfordern das Tragen eines dichten Chemikalienschutzanzugs und eines autonomen Atemgeräts, was die Arbeiten schwieriger macht in diesem sogenannten „roten“ Bereich. Der Brand in Block 15 dauerte 100 Tage (der Brand selbst scheint ca. 10 Tage gedauert zu haben), und die loka-

len Temperaturen über 300 °C wurden in den ersten Tagen gemessen. Die Holzpaletten und ein großer Teil der Bigbags verbrannten zumindest in einem Teil des Blocks. Ineris hat berechnet, dass der Temperaturanstieg im Gebirge dort zu sehr großen zusätzlichen mechanischen Belastungen führte.

Der Block 15, wie die Blöcke 16, 25 und 26 auch, wurde auf -25 m aufgefahren, mit einer Firste, die stärker abblättert als die bei -23 m (wo die anderen Blöcke mit Abfällen aufgefahren wurden). Die Blöcke 16, 25 und 26 sind leer und haben eine Firste, die in einigen Fällen stark verbogen ist; dort hinzugehen ist aktuell verboten. Für Block 15 sind nur die Eingänge der Reihen zur Beobachtung zugänglich. Stocamine legte dem COPIL Fotografien der Eingänge vor, deren Zustand Stocamine beschreibt mit „Firste eingestürzt im sichtbaren Bereich und Wand gehoben und zerbrochen“ oder „geborsten“ auf der Frischwetterseite. Auf der Abwetterseite sind die Firste „abgesunken“, „sehr abgesunken“ oder „abgelöst“, je nach Einzelfall. Die Stöße bilden lokal ein Risiko des Kippens. Es ist somit sehr wahrscheinlich, dass mindestens in einem Teil von Block 15 die Firste auf 1 bis 2 Metern abgelöst ist, und dass ein großer Teil ihres Gewichts auf den Gebinden lastet. Man muss diese Firste beräumen, was einige zehntausend zusätzliche Tonnen Material bedeutet. Ein Teil zumindest wurde durch den Brand zu Abfall, und ein anderer Teil wird zu Abfall werden im Kontakt mit den Abfällen der Bigbags, die sich bereits ausgebreitet haben oder die durch das Herabstürzen der Firste aufgeschlitzt wurden. Die Beseitigung durch klassische bergmännische Methoden ist ausgeschlossen, da die Firste von den Gebinden getragen wurde, und man muss die Verwendung angemessener Maschinen in Betracht ziehen.

Außerdem hat Ineris hinsichtlich des Einschlusses der Abfälle berechnet, dass die mechanischen Spannungen aufgrund des Brandes keinen durchgängig durchlässigen Bereich schaffen konnten bis zum Bruchbau des Kaliabbaus und ca. 20 Meter oberhalb.

Für IdS (S. 20) hängt die Art der individuellen Ausrüstungen, die vonnöten wären, um in Block 15 und dem verunreinigten Bereich zu arbeiten, von drei Hauptfaktoren ab: Von den toxischen Zusammensetzungen in der Luft, dem Geruch und der Anwesenheit von Dioxin und Furan an den Wänden. Es scheint keine toxischen Zusammensetzungen mehr in der Atmosphäre des verunreinigten Bereichs zu geben, deren Qualität regelmäßig gemessen wird. Die Anwesenheit von Dioxinen, wenn sie stabil geblieben sind, würde nur einen Basisschutz für eine Arbeitsdauer unter 90 Tagen erfordern. Wenn der ekelerregende Geruch immer noch anwesend wäre, wäre ein autonomes Atemgerät erforderlich. Neben den bergmännischen Risiken wird das größte Problem zweifellos der Schutz gegen die Risiken im Zusammenhang mit dem Asbest sein.

Man muss anmerken, dass im Allgemeinen der wirkliche Zustand von Block 15 nur wenig bekannt ist.

### ***Umsetzung der Rückholung: Vorgehensweise***

Die Diskussion, die bis heute geführt wurde, lässt auf eine machbare Rückholbarkeit schließen, die sich jedoch als schwierig erweist. Es scheint somit unabdingbar zu sein, die umzusetzende Organisation genau festzulegen, um sie durchzuführen, wobei alle technischen, organisatorischen, rechtlichen, umweltbezogenen Verpflichtungen beachtet werden müssen sowie auch die Aspekte der Sicherheit der Angestellten, die auf der Baustelle arbeiten.

Die Umsetzung der Rückholbarkeit ist ein eigenes vollständiges Projekt, und sie muss somit als solches organisiert werden, denn sonst wären ein Scheitern und/oder Unfälle sehr wahrscheinlich.

Es ist anzumerken, dass Stocamine als Betreiber der Bauherr der gesamten Arbeiten sein muss.

Stocamine muss somit das Lastenheft festlegen, dass das genaue umzusetzende Szenario beschreiben muss.

Dieses Szenario muss mindestens:



- Präzisieren, ob die Rückholung ganz oder teilweise erfolgt. Im Falle einer teilweisen Rückholung werden die Art und die jeweiligen Mengen der zurückgeholten und unter Tage belassenen Abfälle festgelegt.
- Eine Vorgehensweise vorschlagen, die die Arbeitsorganisation unter und über Tage beschreibt. Diese Vorgehensweise beinhaltet alle Maßnahmen zur Vorbeugung der zu erwartenden beruflichen Risiken: Bergmännisches Risiko, chemisches Risiko (inklusive Asbest), Risiken im Zusammenhang mit dem Verkehr, dem Lärm, der Wärme, den Stürzen, den Explosionen, dem Brand, der manuellen Beförderung... diese Vorgehensweise muss den zuständigen Personalvertretern vorgelegt werden.
- Die Art der unter Tage durchzuführenden Arbeiten festlegen, um eine sichere Rückholung zu gewährleisten.
- Eine Schätzung der Dauer der Maßnahme beinhalten.
- Eine Dimensionierung der über Tage umzusetzenden Arbeiten ermöglichen, um die Pufferlagerung und die eventuelle Umverpackung der Abfälle vor dem Transport in eine andere Deponie zu gewährleisten.
- Logistische Daten zur Lagerung und zum Transport der zu beseitigenden Abfälle beinhalten.
- Die annehmenden Deponien festlegen, in welche die Abfälle transportiert werden, sowie die vorher notwendigen Verfahren zur Annahme.

Ist das Verfahren genau festgelegt, muss ein Verwaltungsverfahren den eigentlichen Arbeiten vorausgehen, das zwei Schritte beinhaltet:

- Ein erster Schritt besteht in der Erstellung eines Dossiers zur Beantragung der Betriebsgenehmigung (DDAE) für die Schaffung einer geschützten Anlage, die Produkte abbauen und an andere Orte transportieren soll. Das Dossier wird wahrscheinlich zwei verschiedene Teile beinhalten, einen betreffend die Bergbaugesetzgebung, der andere die Gesetzgebung der ICPE (für den Umweltschutz klassifizierte Anlagen). Der letztere Teil wird die Rubriken Beförderung, Verpackung toxischer Substanzen und Schaffung eines Lagers mit großer Fläche beinhalten. Dieser letzte Posten wird ein Genehmigungsverfahren mit Planfeststellungsverfahren erforderlich machen. Das Dossier wird nicht besonders komplex sein. Die allgemeine Dauer dieses Schritts kann, wenn jede Auswahl getroffen ist, ca. 6 Monate für die Erstellung des Dossiers und dann 12 Monate für das Planfeststellungsverfahren und die Anweisung des Dossiers durch die Verwaltung betragen.
- Ein zweiter Schritt besteht in der Mitteilung der Betriebseinstellung der Aktivitäten bei Stocamine nach der französischen Bergbaugesetzgebung [Code minier] und der französischen Umweltgesetzgebung [Code de l'environnement]. Dieser Schritt kann erst in dem Quartal vor dem Ende aller Rückholungsarbeiten mitgeteilt werden. Es handelt sich um ein Verfahren, das kein Planfeststellungsverfahren erfordert, und es geht relativ schnell vonstatten, wenn die technische Auswahl genehmigt und umgesetzt ist (kürzer als ein Jahr).

Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass die Rückholung im Laufe der Zeit aufgrund der Phänomene des Salzkriechens immer schwieriger wird, wäre es wünschenswert, dass an dem Projekt während der Anweisung des Dossiers zur Beantragung einer Betriebsgenehmigung gearbeitet wird.

Es scheint offensichtlich, dass, selbst wenn Stocamine als Betreiber und Bauherr, verantwortlich ist für die Koordinierung der Baustelle, die Rückholung multiple Kompetenzen miteinbeziehen sollte (bergmännische, chemische, umweltbezogene, rechtliche und logistische), die Stocamine alleine nicht besitzt.

Stocamine kann sich auf ein Beratungsgremium stützen, um das Leitschema der Vorgänge festzulegen (vor dem detaillierten Projekt) und wird das Planungsbüro aussuchen, das mit der Ausarbeitung der Lastenhefte für die Unternehmen der verschiedenen Gewerke, die die Arbeiten durchführen, beauftragt ist. Neben diesem Rat, dessen Auswahl bei Stocamine liegt, wird ein Drittgutachten vorgesehen nach einer Mitteilung des COPIL; ie DREAL kann die DDAE evaluieren und die CLIS Experten beauftragen. Der COPIL schlägt vor, dass diese Möglichkeiten der Evaluierung systematisch während der Gesamtdauer der Arbeiten verwendet werden.

Sind die Unternehmen ausgewählt, kann die Leitung der Arbeiten einem Planungsbüro überlassen werden, dass von da an als Bauleiter fungiert.

### **Dauer der Rückholung**

Die Rückholung von 173 Gebinden (Paletten und Fässer mit PCB, Masse von 146 Tonnen) aus Block 11, was den Transport von 783 anderen Gebinden erforderte, dauerte vom 11. Juli 2001 bis zum 14. Februar 2002 (7 Monate, 20 Schichten). 14 Personen waren insgesamt von diesen Arbeiten unter Tage und an den Schächten betroffen. Man transportierte 40 Gebinde/Tag.

Die Planungsbüros IdS und BMG schätzten die Dauer einer vollständigen Rückholung (ca. 53.900 Bigbags, 8.800 Paletten, 1.300 Paletten in Folie und 200 Container). Die Kapazität des Schachtes Joseph (250 Gebinde/Tag) legte auf jeden Fall eine Obergrenze der Rückholungskapazität fest. IdS schätzt eine mögliche Rückholung von 80 Gebinden pro Tag auf eine Dauer von 3 bis 4 Jahren ohne Block 15, geteilt durch 2, wenn man die Schichten verdoppelt. Für BMG kann man mit 26 Personen unter Tage, 9 Personen über Tage (neben 50 Personen für die allgemeine Wartung) und 10 Maschinen 72 Gebinde/Tag in 220 Tagen im Jahr abbauen, d.h. es dauert 5 Jahre für 64.200 Gebinde, was bei 2 Jahren Vorbereitungszeit zu einer Dauer von 7 Jahren Rückholungszeit führt, zu der man 1 Jahr für das Verschließen der Schächte hinzufügen muss. Die Stollen werden während dieses Zeitraums weiterhin konvergieren.

Der COPIL ist geteilt hinsichtlich der Einschätzung der Rückholung. Die Mehrheit der Mitglieder geht von einer wahrscheinlichen Dauer von 5 bis 10 Jahren aus, hinsichtlich unvermeidbarer Zufälle und der Notwendigkeit, mindestens häufig eine schwere individuelle Schutzausrüstung zu tragen. Einige Mitglieder denken, dass man durch die Arbeit von 24 Stunden pro Tag mit einer guten Organisation der Arbeit und der kompetenten Unternehmen die Rückholung in 1 bis 2 Jahren durchführen kann.

### **Schwierigkeit der Rückholung**

Neben den bergmännischen Arbeiten der Einteilung in Bereiche und der Herstellung der Sicherheit (40% der Zeit nach BMG) beinhalten die Arbeiten bei normaler Funktionsweise: Den Transport des Absaugsystems, das Austauschen der Filter, die Umverpackung der Gebinde, die Sortierung und Einordnung der Gebinde nach Gruppen für den späteren Versand sowie der Transport in die Hängebank und nach über Tage (60% der Zeit). Der Platz unter Tage ist begrenzt (man kann provisorisch nicht betriebene Stollen nutzen). Es ist nicht wünschenswert, große Mengen an Gebinden über Tage zwischenzulagern, aber es scheint unvermeidbar, die aktuelle Kapazität zu vergrößern. Unter diesen Bedingungen muss man große Lagerkapazitäten an der Oberfläche vorsehen, die zwar vorübergehend, aber korrekt ausgestattet sind. Der Lagerabbau in kleinen Losen (aufgrund der geringen Kapazität des Zwischenlagers über Tage, das mit Sicherheit vergrößert werden muss) lässt nicht viel Raum für das Vorfall- oder Unfallrisiko. Im Allgemeinen mangelt es dem System an Flexibilität, denn um den Versand in andere Deponien zu rationalisieren, muss man vermeiden, gleichzeitig Gebinde verschiedener Art zu entnehmen. Blockaden können zu eventuellen großen Problemen der Standfestigkeit des Bodens und bei der Umverpackung im Falle einer Ausbreitung führen, und BMG schlägt vor, zwei parallele Baustellen einzurichten, um eine gewisse Flexibilität zu gewährleisten, was mindestens eine Verdopplung des bestehenden Materials bedeutet.

Die physische und mentale Belastung, die eine Arbeit unter diesen Bedingungen begleitet, ist hoch. Es wird zumindest öfter notwendig sein, mit einem dichten autonomen Anzug zu arbeiten. Die Dauer der tatsächlichen Arbeiten wird somit allgemein auf einmal, vielleicht zweimal zwei Stunden pro Arbeiter und pro Schicht geschätzt. Es wird festgestellt, dass die Baustelle schwierig sein wird aus mindestens zwei Gründen. Einerseits muss das Personal zwei Arten von Arbeit bewerkstelligen können, gleichzeitig die bergmännische Arbeit und die Arbeit mit Chemierisiko, darunter auch das Risiko einer Krebserkrankung, was sowohl technisches Können als auch Erfahrung erfordert. Andererseits erfordert die Verwaltung der Baustelle praktisch ein tägliches Abwägen zwischen der Sicherheit und dem Arbeitskomfort unter Bedingungen, die häufig variieren (Methode zur Aufnahme der Gebinde? Absaugen am Ende des Blocks oder an der Quelle? Umverpackung oder nicht? Niveau des individuellen Schutzes?).

Das sind die Bedingungen, die das Risiko, etwas falsch zu beurteilen, vervielfachen, und es wird oft zu bevorzugen sein, von vornherein die schwerste Lösung zu wählen, um ein Fehlerrisiko zu vermeiden.

Die Risiken für die damit konfrontierten Arbeiter wären sehr real. Die Gesetzgebung sieht die Einführung des DUER (alleiniges Dokument zur Risikobewertung) vor, das unter der Verantwortung des Unternehmenschefs mit der Beteiligung der Angestellten und insbesondere von CHS-CT erstellt wurde. Dieses Dokument beinhaltet die Bewertung aller Risiken und einen Aktionsplan, der die durchzuführenden Vorbeugungsmaßnahmen zur Handhabung dieser Risiken festlegt, wobei die Arbeiter ein „Rücktrittsrecht“ besitzen, was ihnen ermöglicht, eine gefährliche Arbeit abzulehnen. Würde ein externes Unternehmen im Auftrag von Stocamine einschreiten (z.B. im Fall der asbesthaltigen Abfälle), muss zudem ein spezifischer Präventionsplan für Risiken im Zusammenhang mit der Co-Aktivität erstellt werden.

Allgemeiner kann man sagen, dass wenn die Entscheidung der ganzen oder teilweisen Rückholung getroffen ist, der COPIL auf die große Bedeutung einer extrem sorgfältigen Vorbereitung der Arbeiten besteht. Diese muss eine Versuchsphase beinhalten, die ermöglicht, die ausgewählten Optionen zu bestätigen; die Arbeiten müssen einer regelmäßigen Bilanz unterliegen, die sich auf die Beobachtungen stützt, zu denen die Messungen der Luftqualität und der Gebrigsbewegungen gehören, die einem Messungsplan unterliegen müssen. Schließlich muss man hinsichtlich der möglicherweise anzutreffenden Risiken weitere Lösungen vorsehen und regelmäßig dafür sorgen, dass diese anwendbar bleiben.

Der COPIL hat bei seiner Sitzung vom 23. Mai 2011 die Sicherheitsbeauftragten der Bergwerke empfangen. Diese haben auf die spezifischen notwendigen Kompetenzen für die Arbeit in einem Salz- und Kalibergwerk hingewiesen, besonders was die Sicherheit betrifft. Es ist im Laufe der Zeit notwendig, diese Kompetenz zu erhalten. Der COPIL geht auch davon aus, dass man diesem Problem ein hohes Maß an Aufmerksamkeit widmen muss.

### ***Was geschieht mit den rückgeholten Abfällen?***

Man muss daran erinnern, dass es auf der Anlage kein Zwischenlager für große Volumina gibt (man kann höchstens 120 Gebinde zwischenlagern), und dass die Abfälle nur während einiger Tage (48 Stunden) über Tage verbleiben dürfen. Es scheint schwierig, bei einem Abbau der Deponie diese Vorschriften nicht zu verletzen.

Es wird ausgeschlossen, die Rückholung durchzuführen, ohne dass je nach Fall eine Recyclinglösung für die Abfälle oder eine Deponierung, deren Sicherheit vergleichbar oder besser ist als die Sicherheit in Stocamine, verfügbar ist. Die Zerstörung oder Umwandlung der gefährlichen Moleküle durch chemische oder physische Prozesse wäre eine Ideallösung, aber die französische Gesellschaft hat diesen Weg nicht in Betracht gezogen, da er zu teuer ist, um in großem Maßstab umgesetzt zu werden, wie es auch das Beispiel in Deutschland zeigt, wo systematisch die Deponierung in Salzbergwerken angewandt wird. Spezifischer kann man sagen, dass im Falle der Abfälle von Stocamine eine Prüfung von Ineris aus dem Jahre 2003 zeigte, dass es keine verfügbare Technologie gibt, die eine industrielle Bearbeitung der Abfälle zu annehmbaren Kosten ermöglicht.

Die Entscheidung für eine Rückholung ist untrennbar von der Auswahl eines Weges zur direkten Annahme der zurückgeholten Abfälle mit einer positiven ökologischen Bilanz.

Die Abfälle der Klasse C1 (aus der Industrie und der Rauchgasreinigung von Verbrennungsanlagen für Haushaltsmüll, darunter asbesthaltige Abfälle, die an der Oberfläche gelagert werden können) und die Abfälle der Klasse C0 (mit einem Gefahrenpotenzial, das für sie eine geologische Lagerung vorschreibt: verunreinigte Böden, zyanidhaltige Zusammensetzungen, chromhaltige, arsenhaltige, zyanidhaltige, quecksilberhaltige Abfälle...) bilden unterschiedliche Probleme.

Die 23.021 Tonnen der Abfälle der Klasse C1 können in eine technische Mülldeponie der Klasse 1 (CET1) gebracht werden. Es gibt prinzipiell in Frankreich ein CET1 in jeder Region, und Stocamine war das CET1 des Elsass. Ineris hat die Möglichkeit eines Transfers in ein benachbartes CET1 in Dambron (Bourgogne), Jeandelaincourt (Lothringen) und Vaivre (Franche Comté) hinsichtlich mehrerer Kriterien untersucht, darunter die Annahme durch das CET1, die Verfügbarkeit ausreichender Volumina zur Lagerung, die zurückzulegende Strecke und die Anzahl der Arbeitsschritte pro Paket während des Transports. Aus dieser Studie geht hervor, dass eine Lagerung in einem anderen CET1 möglich wäre. Es handelt sich um Lager über Tage, wobei die Gebinde auf einer ausreichend gering durchlässigen Schicht gelagert und dann mit einer Schicht mit denselben Eigenschaften abgedeckt werden. Die Gesetzgebung sieht dann einen Zeitraum der Überwachung von 30 Jahren vor. Man muss auch daran erinnern, um objektiv die Lagerlösungen vergleichen zu können, dass die technischen Überlegungen (Einschluss der Abfälle für säkulare Zeiträume) und die administrativen Überlegungen (Aufbewahrung der Aufzeichnungen) im Laufe der langfristigen Entwicklung eines CET1 über Tage über den Überwachungszeitraum von 30 Jahren hinweg noch nicht sehr weit entwickelt ist. Stocamine hingegen unterlag einer Langzeitsicherheitsanalyse (mehrere Jahrhunderte), die anfänglich recht einfach war, sich dann jedoch im Laufe der Zeit vervollständigt hat, und die weiter bestehen sollte.

Die Abfälle der Klasse CO (18.990 Tonnen, darunter auch chromhaltige und galvanisierte Abfälle und zudem 1.775 Tonnen Abfälle aus Block 15, die schwierig zu charakterisieren sind) bilden ein größeres Problem. Einige dieser Abfälle scheinen recycelt werden zu können. Die anderen müssten nach einigen Maßnahmen für die Lagerung in einer deutschen Deponie (UTD) angenommen werden. Anders gesagt ist für die Abfälle der Klasse CO die konkrete Alternative weder die Rückholung noch die unbefristete Lagerung, sondern die Wahl ist zu treffen zwischen der unbefristeten Lagerung in Stocamine und der unbefristeten Lagerung in einem deutschen Bergwerk (UTD). All diese Deponien funktionieren nach einem vergleichbaren Prinzip. Die spezifische Untersuchung von Stocamine wird im Kapitel betreffend die Lösung der unbefristeten Lagerung behandelt.

#### **Langzeitsicherheit und Annahmekriterien von Untertagedeponien (UTD) in Deutschland**

Der Betrieb einer UTD in Deutschland muss vor der Inbetriebnahme genehmigt werden. Hierzu muss der Betreiber einen Nachweis führen, der die folgenden Eigenschaften der Deponie beschreibt:

- Für die Einlagerung von Abfällen muss ein geeignetes Grubenfeld zur Verfügung stehen. Der Fall, dass wie in Stocamine für gefährliche Abfälle eigens ein neues Grubenfeld aufgefahren wird, ist zwar grundsätzlich denkbar, in Deutschland aber nicht realisiert, weil geeignete Hohlräume aus dem Salzbergbau in ausreichendem Maß verfügbar sind.
- Wenn der Abbau des Salzes in einem anderen Teil des gleichen Bergwerks fortgeführt wird, muss der Lagerbereich vom Betriebsbereich isoliert werden können.
- Die durch den Bergbau entstandenen Hohlräume müssen offen bleiben. Es darf keine Versatzpflicht bestehen. Das bedeutet, dass außer den Abfällen keine zusätzlichen Materialien zum Abstützen der Hohlräume eingebracht werden.
- Die geschaffenen Hohlräume müssen stabil sein, d.h. sie müssen zugänglich bleiben, selbst nach einem längeren Zeitraum. Somit können die Abfälle während des Betriebs zurückgeholt werden, falls notwendig. Für die eingelagerten Abfälle gilt aber nach deutschem Recht vorrangig, dass zum Zeitpunkt der Einlagerung niemand die Absicht hat, die Abfälle zu einem späteren Zeitpunkt zurückzuholen. Das Ziel ist somit die unbefristete Lagerung in der Deponie. Die Möglichkeit der Rückholung wird somit als Ausnahme betrachtet, falls man feststellt, dass die Abfälle trotz Verbot gefährliche Eigenschaften aufweisen, die eine Gefahr für die Gesundheit darstellen könnten, ODER, falls Einzelfall ein neues wirtschaftliches Interesse an den Abfällen entsteht (z.B. betreffend das Recycling von Kupfer oder anderer Metalle aus Transformatoren).
- Das Bergwerk, in dem die Abfälle gelagert werden, muss trocken und frei von Wasser sein. Dies bedeutet auch, dass es keinen aktiven Zufluss fossiler Laugen mehr geben darf, falls man dies während des Betriebs beobachtete.
- Die Hohlräume, in denen die Abfälle gelagert werden, müssen vom Grundwasser isoliert sein, damit die Abfälle für immer von der Biosphäre isoliert bleiben (Langzeitsicherheitsnachweis). Somit müssen die gefüllten Hohlräume zunächst vom Rest der Deponie durch gemauerte Verschlüsse getrennt werden. Wenn die Kapazität der Deponie erschöpft ist, oder

wenn die Deponie aus anderen Gründen geschlossen werden soll, muss der Betreiber einen dichten Verschluss in den Schächten und Stollen durch entsprechende technische Maßnahmen herstellen. Dieser Verschluss muss nach der besten verfügbaren Technik zu diesem Zeitpunkt gebaut werden. Die geologischen und technischen Barrieren bilden einen dauerhaften Verschluss, der das Bergwerk von der Umwelt trennt.

Aufgrund des Langzeitsicherheitsnachweises, der von der zuständigen Behörde ausgestellt wird, gibt es keine rechtlichen Einschränkungen hinsichtlich der Menge und der Toxizität der gelagerten toxischen Materialien, da die UTD genau die Aufnahme solcher toxischer Materialien und ihre Isolierung von der Biosphäre zum Ziel haben.

Die Annahmekriterien der Deponien dienen der Sicherheit der Untertagedeponie und der dort Beschäftigten bei der Handhabung und bei der Lagerung der Abfälle. Sie sind für alle deutschen UTDs praktisch identisch und basieren auf Vorgaben der deutschen Deponieverordnung.

Die Abfälle müssen den folgenden Kriterien entsprechen, ansonsten dürfen sie nicht in einer deutschen UTD gelagert werden:

- Die Abfälle dürfen NICHT flüssig sein.
- Die Abfälle dürfen KEINE Krankheitserreger, Körperteile oder Organe enthalten.
- Unbekannte oder neue chemische Abfälle, deren Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt nicht bekannt sind, dürfen NICHT angenommen werden.
- Ganze oder zerschnittene Altreifen dürfen NICHT angenommen werden.
- Die Abfälle dürfen NICHT zu erheblichen Geruchsbelästigungen für die Angestellten und die Nachbarschaft der Deponie führen.
- Die Abfälle dürfen NICHT biologisch abbaubar sein.
- Die Abfälle dürfen NICHT brennbar sein.
- Die Abfälle dürfen NICHT zu
  - a) Volumenvergrößerungen,
  - b) der Entstehung selbstentzündlicher, toxischer oder explosiver Stoffe oder Gase,
  - c) anderen gefährlichen Reaktionen,führen, falls dies eine Infragestellung der Betriebssicherheit und der Unversehrtheit der Barrieren mit sich bringt.
- Abfälle dürfen NICHT explosionsgefährlich, hoch entzündlich oder leicht entzündlich sein
- Abfälle dürfen KEINEN stechenden Geruch freisetzen
- Die Abfälle MÜSSEN ausreichend stabil gegenüber den geomechanischen Bedingungen der entsprechenden Deponie sein.

Im Falle einer Rückholung der Abfälle von Stocamine und einer unbefristeten Lagerung in einer deutschen UTD muss man den Nachweis darüber bringen, dass die Abfälle die oben erwähnten Kriterien erfüllen. Die Art und die Ausmaße der notwendigen Analysen müssen mit dem Deponiebetreiber abgestimmt werden, der außerdem auch die zuständige Behörde einbezieht. Abfälle, die aus dem Ausland stammen, benötigen zudem eine Genehmigung betreffend den grenzüberschreitenden Transport der Abfälle gemäß dem EU-Recht.

### **SCHLUSSFOLGERUNG ZUR RÜCKHOLUNG**

Die Umsetzung der Rückholbarkeit war möglich im Falle der Rückholung aus Block 11 in den Jahren 2001-2002. Dennoch unterstreichen die von Stocamine beauftragten Institute, BMG und IdS, die Schwierigkeit der Rückholung. „Die Variante der Umsetzung der Rückholung ist viel komplexer und riskanter [als die unbefristete Lagerung]“, sagt IdS (S. 37). BMG (S. 52) sagt, dass man die Annahme nicht vernachlässigen dürfe, die besagt, dass so große Schwierigkeiten entstehen, dass man die Rückholung nicht fortsetzen könne: „Man kann nicht ausschließen, dass ein Teil der Abfälle aufgrund des Risikos für die Bergleute unter Tage belassen werden muss.“ Die Gesetzgebung sieht vor, dass der vorher erstellte Präventionsplan die Annahme eines unerwarteten und definitiven Stopps der Arbeiten, der die Umsetzung der Sicherheitsmaßnahmen nach dem Ereignis, das diesen Stopp auslöst, unmöglich macht, berücksichtigen müsse. Die besonderen Bedingungen der Rückholungsmaßnahme

verstärken die Wahrscheinlichkeit einer solchen Annahme. Die notwendigen Maßnahmen, die aus einem solchen definitiven Stopp hervorgehen, müssen vorbereitet worden sein. Es wäre umsichtig, wenn man die Rückholung der Abfälle beschließt, als weitere Lösung bei größeren Schwierigkeiten die Möglichkeit einer unbefristeten Lagerung der Abfälle vorzusehen, die sich noch im Bergwerk befinden. Das Scheitern der Umsetzung der Rückholbarkeit darf nicht die Umsetzung der Bestimmungen beeinflussen, die den Einschluss verstärken sollen, wenn man dazu gezwungen war, für die im Bergwerk verbleibenden Abfälle die Option der unbefristeten Lagerung auszuwählen.

*Der COPIL geht davon aus, dass die Rückholung der Gebinde von Stocamine technisch möglich ist, aber dass es sich um eine komplexe und sehr schwierige Maßnahme handeln wird. Sie wird Risiken für die Gesundheit des betroffenen Personals beinhalten. Man darf die Unfallrisiken von Personen während der Rückholung nicht unterschätzen.*

*Man kann nicht sicher sein, die Rückholung bis zum Ende durchführen zu können. Man muss also dafür sorgen, dass die unbefristete Lagerung der verbleibenden Abfälle möglich ist und untersucht wurde.*

*Für den COPIL muss die Rückholung, die, wie bereits gesagt, auch teilweise erfolgen kann, in Betracht gezogen werden, wenn die Risikostudien davon ausgehen, dass mindestens ein gewisser Teil der gelagerten Substanzen langfristig ein nicht akzeptables Umweltrisiko in sich birgt.*

*Außerdem, obwohl der COPIL keine Informationen diesbezüglich erhalten hat, kann man sich vorstellen, dass die öffentliche Hand davon ausgeht, dass die Rückholung wünschenswert ist aus national-staatlichen Gründen, die über den Rahmen von Stocamine hinausgehen (z.B. zur Herstellung der Glaubwürdigkeit des Begriffs der Rückholbarkeit). Der COPIL geht davon aus, dass die Untersuchung derartiger Aspekte nicht zu seinem Aufgabengebiet gehört.*

## **Referenzen**

Stocamine. BMG. Stockage souterrain de Wittelsheim: évaluation technique de la variante de la mise en oeuvre de la réversibilité. [Lagerung unter Tage in Wittelsheim: Technische Bewertung der Variante der Umsetzung der Rückholbarkeit.], Dokument vom 27. Juni 2006.

Stocamine. Institut de sûreté (IdS). Détermination des dangers [Gefahrenbestimmung], Bericht 04.wh.002.303517 vom 15. Juli 2004. Nr. 29.

Stocamine, Ecole des Mines de Paris, CGES, F. Hadj-Hassen und M. Tijani. Actualisation de l'étude de stabilité du stockage de déchets toxiques dans la mine Amélie. [Aktualisierung der Studie zur Stabilität der Deponie für toxische Abfälle im Bergwerk Amélie.] Februar 2006.

Stocamine. Déstockage dans le bloc 11 [Rückholung im Block 11], Mitteilung von H. Haegelin, 11. Februar 2004.

Stocamine, Ineris. Stockage souterrain de Stocamine (68). Etude hydrogéologique de l'ennoyage du site. [Untertagedeponie von Stocamine (68). Hydrogeologische Studie der Flutung des Standorts.] Studienbericht DRS-10-108130-12810B vom 9. März 2011.

Stocamine, Ineris. Etude géomécanique du stockage de Stocamine. [Geomechanische Studie der Deponie in Stocamine.] Studienbericht DRS-10-108130-130-14273A vom 23. Dezember 2010.

## OPTION DER UNBEFRISTETEN LAGERUNG

### ***Prinzip der Lagerung unter Tage***

#### **Verdünnung und Einschluss**

Es gibt prinzipiell zwei Arten der Behandlung von nicht weiter behandelbaren Abfällen: Die Verdünnung und den Einschluss unter Tage. Die Verdünnung besteht in der Verteilung der Abfälle in Volumina von Fluiden (Atmosphäre oder Ozeane), die so groß sind, dass die Konzentrationen der toxischen Substanzen dort vollständig ungefährlich werden sollen. Diese Art der Handhabung wird heute nicht bevorzugt, da sie vollständig irreversibel und die Kontrolle der Qualität der Vorgänge zur Auflösung schwierig ist, vor allem auf internationaler Ebene. Der Einschluss unter Tage besteht im Gegensatz dazu darin, die Abfälle in einem geringen Volumen zu konzentrieren und sie in tiefen geologischen Schichten zu platzieren, wo das Wasser nur wenig präsent ist, oder wo es nur sehr schwer fließen kann. Die Leistung des Einschlusses kann eventuell überwacht werden, und eine gewisse Rückholbarkeit ist theoretisch möglich. Die Qualitäten der geologischen Schicht, d.h. der natürlichen Barriere, können verstärkt werden durch technische oder künstliche Barrieren: Container, in denen die Gebinde platziert werden, Verschlüsse, Versiegelungen usw.

Diese Art der Handhabung wird heute für toxische und radioaktive verwendet oder in Betracht gezogen Abfälle.

Ein vollständiger Einschluss kann theoretisch durch physikalische Mechanismen, die man nicht vermeiden kann, in Frage gestellt werden, z.B. durch die Molekulardiffusion – dabei handelt es sich um ein extrem langsames Phänomen. Die Risikoanalyse muss zeigen, dass die eventuellen Wanderbewegungen verzögert und sehr langsam sind und mit einer effizienten Auflösung in ausreichenden Wasservolumina zu Ende gehen. Die Risikoanalyse hat das Ziel der Quantifizierung der Einschlusseigenschaften; sie geht von Szenarien aus: Sie betrachtet absichtlich pessimistisch gewählte Szenarien (z.B. das Fördern von Trinkwasser in der Nähe von Austrittsstellen, durch die gefährliche Substanzen austreten können) und vergleicht ihre Folgen mit den vorgeschriebenen Werten (z.B. der Trinkbarkeit, aber das ist nicht immer das bedeutsamste Kriterium), wobei sie die Sicherheitsmargen bei den verschiedenen Stufen der Analyse beachtet, um Unsicherheiten zu berücksichtigen. Die Risikoanalyse ermöglicht das Identifizieren der Schwachpunkte des Systems und ihre Behebung durch eine Änderung des Lagerkonzepts oder durch Hinzufügen von künstlichen Barrieren.

1996 stellte Stocamine die Elemente einer Risikoanalyse vor. Im damaligen Kontext, als eine solche Analyse (genannt „Sicherheitsanalyse“) obligatorisch in den Ländern war, die radioaktive Abfälle lagern mussten, wurden nur wenige Dinge getan hinsichtlich der toxischen Abfälle, und die Studien von Stocamine hatten einen innovativen Charakter. Seitdem wurde das Dossier vervollständigt durch diverse Beiträge, wovon der aktuellste die aktuelle Risikoanalyse von Ineris ist, die dem COPIL zwischen April und Juni 2011 vorgestellt wurde.

#### **Prinzip des Einschlusses von Abfällen im Salzbergwerk**

In Deutschland wird der vollständige Einschluss von gefährlichen Abfällen in Salzbergwerken vorgenommen. Wie es einer der deutschen Experten es COPIL erklärt, wird in einer günstigen geologischen Lage der langfristige Einschluss der Abfälle durch die geologische Barriere sichergestellt (homogenes, ausreichend mächtiges Steinsalzgebirge) und vervollständigt durch die technischen Barrieren für die Versiegelung der Zugangstollen und der Schächte. Dieses als „trocken“ bezeichnete Konzept beruht somit auf der Abwesenheit von zirkulierenden Flüssigkeiten, die Schadstoffe in einer Lösung in die Umwelt eintragen können.

Im Falle von Stocamine enthält das Konzept des Einschlusses die Unvermeidbarkeit des Flutungsprozesses mehr oder weniger langfristig, und die Verfüllung der Schächte kann diese nur so wenig durchlässig wie möglich machen, um die Zuflüsse zu minimieren. Die Flutung muss ausreichend langsam sein, um keine groben mechanischen Störungen hervorzurufen. Der Einschluss basiert somit im Wesentlichen auf der Dichtentrennung – die gesättigten Solen, die schwerer sind als Wasser, bleiben un-

beweglich im tieferen Teil des Bergwerks. Dennoch muss man langfristig mit einem vollständigen Verschließen der Hohlräume durch weiteres Salzkriechen rechnen. Ein großer Teil, wenn nicht die gesamte Sole im Bergwerk, wird somit ausgepresst. Die Langzeitsicherheit basiert somit auf natürlichen Mechanismen, deren Umsetzungszeitraum schwer festzulegen ist: Die Kristallisierung der Sole in den tieferen Teilen und die Einkapselung der Abfälle durch vollständiges Verschließen der unterirdischen Hohlräume.

*Der COPIL geht davon aus, dass im Hinblick auf eine unbefristete Lagerung – teilweise oder vollständig – man, wie es einige Studien bereits zeigten, das Schema des Einschlusses der Abfälle vervollständigen müsste, indem man Maßnahmen zum Verschluss der Stollen umsetzt nach dem deutschen Beispiel. Er geht auch davon aus, dass der Flutungsprozess überwacht werden müsste durch die Umsetzung angemessener Messmethoden.*

#### **Vergleich der Konzepte „trocken“ und „geflutet“**

Der Hauptvorteil des Konzepts „trocken“ ist, dass, wenn kein Wasser (oder eher keine Sole) im Kontakt mit den Abfällen vorhanden ist, der Einschluss der Abfälle praktisch vollständig sichergestellt ist, denn es ist das Wasser, wenn es denn zirkulieren kann, das die toxischen Substanzen an die sensiblen Punkte der Umwelt bringen kann. Deshalb muss man beweisen, dass der Einschluss durch eine geologische Barriere, die aus einem durchgängigen Felsmassiv besteht, sichergestellt ist. Dennoch geht dieses Konzept davon aus, dass man dazu in der Lage ist, Verschlüsse an Schächten und Stollen anzubringen, die effizient bleiben für einen sehr langen Zeitraum. Das Konzept „trocken“ ist das in Deutschland für die Lagerung gefährlicher Abfälle unter Tage verbindliche Konzept.

Die Rolle des COPIL liegt nicht in der Kritisierung einer solchen Einschlusslösung in einem trockenen Bergwerk. Er möchte dennoch zeigen, weshalb eine Lösung mit Flutung, wenn sie angemessen durchgeführt wird, auch Vorteile mit sich bringen könnte und somit ebenfalls beachtet werden sollte.

#### **Mechanismen der Flutung von Salzbergwerken**

Die zufällige Flutung von Salz- und Kalibergwerken während des Betriebs ist ein Phänomen, das relativ häufig vorkommt, selbst in Bergwerken, die mit modernen Methoden betrieben werden. Im Laufe der letzten Jahrhunderte kann man die Fälle von Weeks Island, Jefferson Island, Retsof, Belle Isle, Winnfield (in den USA), Holle (in der Republik Kongo), Ronnenberg (in Deutschland), Wapno (in Polen) nennen, die unter jeweils besonderen Bedingungen geflutet wurden, was jedoch immer zur Aufgabe des Bergwerks führte.

Es gibt fast immer Wassereintritte in den Bergwerken, gleich welche Substanz abgebaut wird. Im Falle der Salzbergwerke hat der Wassereintritt oft dramatische Folgen. Der Mechanismus ist der folgende: Das nicht gesättigte Wasser im Salz dringt durch die Salzsichten und fließt in Richtung des Bergwerks. Das Wasser löst das Salz auf, vergrößert den Weg in Richtung des Bergwerks, die Verluste der zirkulierenden Last werden geringer, der Durchfluss steigt, mehr Salz wird aufgelöst, und das Phänomen wird schnell unkontrollierbar, umso mehr, wenn mechanische Störungen auftreten, die notwendigerweise mit den Auflösungen im Zusammenhang stehen. Das Bergwerk muss verlassen werden.

Der anfängliche Weg des Wassers kann verschiedene Ursprünge haben. Er kann begründet sein in einem Mangel des Schachtausbaus (Belle Isle), in einer natürlichen Heterogenität in den Salzsichten, die von den geologischen Kenntnissen nicht vorgesehen war (aufgrund einer Gletschererosion, z.B. wie in Retsof), in der unregelmäßigen Form der Salzkuppel (Winnfield), in der Anwesenheit einer leitenden oder natürlichen Diskontinuität (Ronnenberg), in einer zu intensiven Nutzung (Weeks Island, Wapno) oder in schlecht verschlossenen Bohrungen oder neuen Bohrungen (Jefferson Island). Häufig werden mehrere Ursachen kombiniert. Es ist ebenfalls bereits vorgekommen, dass die Flutung langsam bleibt oder im Gegenteil ein zufälliger Einbruch des Bergwerks keinerlei Wassereintritt mit sich bringt (Quartier Saint-Maximilien in Varangéville). Ein großer Nachteil der plötzlichen Flutung ist die Schaffung neuer Hohlräume, die sich im Allgemeinen in der Nähe des Eintritts der nicht gesättigten Sole ins Bergwerk befinden. Die Schaffung von Hohlräumen kann Einbrüche der Bodenfläche mit sich bringen. Aus diesem Grund wurden viele deutsche Kalibergwerke präventiv geflutet vor ihrer Stilllegung.



Dennoch sind einige Anmerkungen vonnöten.

Einerseits bleibt während des gesamten Zeitraums der langsamen Flutung die Entwicklung in Richtung einer plötzlichen Flutung möglich.

Andererseits könnte man denken, dass es immer noch besser ist, schnellstmöglich eine freiwillige Flutung durchzuführen, im besten Fall durch Einbringen von Sole, da die Risiken verringert werden, wenn die Flutung vollständig vonstatten gegangen ist. Trotzdem erfolgt die Schließung der Hohlräume durch das Salzkriechen, auch wenn dies viel länger dauert, wenn das Bergwerk geflutet wird. Ein Teil der Sole wird somit nach und nach aus dem Bergwerk ausgepresst, während die Hohlräume geschlossen werden. Je nach Tiefe und Form der Hohlräume dauert dieser Prozess einige Jahrhunderte oder Jahrtausende (normalerweise benötigt ein einziger mit Sole gefüllter Hohlraum, der eine regelmäßige Form aufweist und sich in 250 m Tiefe befindet, etwa 100.000 Jahre, bis er geschlossen ist, während dies in 1000 m Tiefe einige Jahrtausende dauert; aber die Form der Hohlräume kann diese Werte stark verändern). Dennoch ist das Ergebnis immer die vollständige Schließung des Bergwerks und das vollständige Auspressen der Sole. Wenn die ausgepresste Sole nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt haben kann, ist es besser, wenn die vollständige Flutung erst stattfindet, nachdem man die Auswirkungen einer zumindest teilweisen Schließung der Hohlräume genutzt hat, die schneller vonstatten geht, wenn das Bergwerk noch nicht geflutet ist.

Schließlich ist die Wahrscheinlichkeit einer plötzlichen Flutung unterschiedlich je nach geologischem Kontext, der Methode des Betriebs des Bergwerks und der Qualität der Zugangsanlagen.

Im Fall von Stocamine hat Ineris, vor allem durch die Nutzung der MDPA-Archive, das Transferrisiko der Sole im „Stammblock“ untersucht, d.h. die Salzgesteinsfolge des Sannoisien zwischen ca. 250 bis 300 m Tiefe (Firste des Salzes) und 1.500 m Tiefe (Firste des Geländes des Sekundär). Ineris schlussfolgert:

- Dass es niemals einen tiefen Wassereinbruch gab;
- dass die Feste zwischen den Bergwerken Amélie und Marie Louise eine hydraulische Kommunikation zwischen den beiden Bergwerken wahrscheinlich nicht verhindert;
- dass , in den Schächten über dem Salzdach Schwachstellen gefunden wurden, die jedoch nur selten Wasser mit sich brachten, und dass man einen möglichen Einfluss von Erdbeben auf die Schwachstellen nicht von der Hand weisen kann, ohne dass sich dieser quantifizieren lässt;
- dass ca. 200 Bohrungen vom Ansatzpunkt aus den Stammblock erreicht haben. Als man sie unter Tage aufgrund der Bergbauarbeiten anschnitt, brachten sie nur selten Wasser mit sich, und in diesen Fällen konnte man damit umgehen. Dennoch ist die Qualität des Verschlusses der ältesten Bohrungen wahrscheinlich mittelmäßig. Das Risiko des Wassereintritts außer durch abgedichtete Bohrungen kann niemals vollständig ausgeschlossen werden; ein Jahrhundert Beobachtungszeit scheint die Feststellung zuzulassen, dass dies wenig wahrscheinlich ist.

Wahrscheinlich wird das Bergwerk also durch die Schächte, trotz ihrer Abdichtung, geflutet. Direkte Beobachtungen von Wassereintritt durch die MDPA auf der Grundlage der bereits verschlossenen Schächte untermauern diese Annahme.

### ***Normales Szenario der Entwicklung von Stocamine nach der Schließung***

Das Szenario der Flutung von Stocamine muss zunächst die Position der Deponie berücksichtigen: Sie befindet sich im Osten des westlichen Teils des Kaliabbaugebiets, und sie liegt weniger tief als der größte Teil der bereits abgebauten Bereiche des Kalireviers. Die tiefsten Teile werden als erstes geflutet – dieser Vorgang hat übrigens bereits begonnen. Die Berechnung der Flutungsgeschwindigkeit muss auch drei Phänomene berücksichtigen: Die fortschreitende Konvergenz des Deponiebereichs, die fortschreitende Konvergenz anderer Hohlräume im Kalirevier und das Füllen des Bergwerks mit Wasser. Jedes dieser Phänomene hat seine eigene Dauer.

### **Geschwindigkeit des Verschlusses der Auffahrungen im Salz**

Im Allgemeinen neigt jeder Hohlraum, der im Steinsalz oder im Kalisalz aufgefahren wurde, dazu, sich mit der Zeit vollständig zu schließen. Die Schließgeschwindigkeit hängt von der relativen Menge des abgebauten Salzes ab („Durchbaugungsgrad“ im Falle eines Bergwerks, das mit Kammern und Pfeilern aufgefahren wird, wie im der Deponie von Stocamine), von der Form der Hohlräume und ihrer Tiefe. Die Bedeutung der Tiefenlage ist sehr groß. Man kennt in den MDPA tiefe Stollen, unter 600-700 m, die nach einigen Jahrzehnten vollständig verschlossen waren. Sind alle anderen Randbedingungen gleich, ist die Schließgeschwindigkeit für Hohlräume 10 mal bis 20 mal höher bei 1000 m Tiefe, verglichen mit 500 m Tiefe. Dennoch, wenn am Ende der Flutung das Bergwerk und die Schächte mit Sole bis zur Erdoberfläche gefüllt sind, übt die Flüssigkeitssäule auf die Hohlräume einen Gegendruck aus, der die Schließgeschwindigkeit der Hohlräume unter Tage durch einen Faktor von 10 oder 20 dividiert, verglichen mit dem Fall, in dem diese Hohlräume leer sind. Diese Phänomene sind bekannt aufgrund der mehr als säkularen Erkenntnisse in den Hunderten von Bergwerken und Hunderten von Studien im Bergbau sowie aufgrund der Erfahrungen der Lagerung von Kohlenwasserstoffen und Abfällen unter Tage. Dennoch zeigen sie eine gewisse Variabilität von einem Standort zum anderen.

### **Verschluss der Hohlräume im Bergwerk, der Stollen und Bruchbau**

In seinem ersten Bericht vom 23. Dezember 2010 schätzt Ineris das Volumen der anfänglich im westlichen Bereich der MDPA geschaffenen Hohlräume auf der Grundlage der abgebauten Materialien, d.h. 423 Mio. t. Dies führt zu einem Volumen von 201 Mio. m<sup>3</sup>, etwas weniger, als die vorherigen Schätzungen voraussagten (231 Mm<sup>3</sup>). Dieses Volumen ist heute deutlich geringer aufgrund zweier Phänomene, dem Kriechen des Salzmassivs und dem Nachbrechen des Gebirges im Bruchbau. Die gehäuften aktuellen Auswirkungen des Salzkriechens werden auf 2% pro Jahr bei einer Tiefe von 627 m (durchschnittliche Tiefe im westlichen Teil) geschätzt. Man geht also davon aus, dass das aktuelle Volumen 172 Mio. m<sup>3</sup> beträgt. Man muss auch das Nachbrechen berücksichtigen, das nur den Kaliabbau betrifft, entsprechend 90,5% des Gesamtvolumens. Man ist sicher, durch das Absenken der Tagesoberfläche („Senkung“), dass der größte Teil des Verschlusses in den 3 Jahren nach dem Bruchbau erfolgt ist. Normalerweise sagt man, es handelt sich um 90% oder gar 95%, wobei die spätere Verdichtung der Hohlräume durch das Kriechen berücksichtigt wird. Es würden also heute 5% der Hohlräume im ehemaligen Kaliabbau verbleiben. Die Größenordnung ist gewiss richtig, da sie aus der Beobachtungen der Senkung der Oberfläche abgeleitet wurde. Aber, wenn man noch präziser sein möchte, geht Ineris davon aus, dass der Wert von 5% wenig konform mit den Erfahrungen anderer Bergwerke ist, und möchte drei Hypothesen aufrecht erhalten, 5%, 10% und 20%, wobei die letzte die plausibelste ist. Man kommt somit zu drei Schätzwerten für das verbleibende Volumen für den Hohlraum im westlichen Teil im Jahr 2010, gemäß der angenommenen Hypothese: 8,2; 16,3 und 32,7 Mm<sup>3</sup>, wovon über die Hälfte dem Bergwerk Amélie zugeordnet wird.

Nach diesen ersten Jahren des schnellen Verschlusses schließen sich die Hohlräume weiter, allerdings viel langsamer. Der Verschluss ist schneller in den tieferen Bereichen. Verschiedene Gesetzmäßigkeiten wurden vorgeschlagen, um diesen Verschluss zu beschreiben, aber keine scheint besser begründet als die anderen. Es ist sinnvoll, einfache Größenordnungen zu verwenden und gleichzeitig die realen Werte der Schließgeschwindigkeiten nicht zu vergessen, die eventuell zwei- bis fünfmal schneller oder langsamer sind. Die Verschlussgeschwindigkeiten der Hohlräume können somit 0,1% pro Jahr vor der vollständigen Flutung und 0,01% pro Jahr nach der vollständigen Flutung betragen, bei einer wahrscheinlich sinkenden Tendenz im Laufe der Zeit.

### **Verschluss der Hohlräume der Deponie**

Die Deponie wurde nach der Methode der Kammern und Pfeiler aufgefahren. Die Verschlussgeschwindigkeit ist aufgrund der gesammelten Erfahrungen relativ gut bekannt. Sie ist langsamer als im Bruchbau in den ersten Jahren und danach wahrscheinlich schneller. Die anfängliche Planung unterschätzte diese Geschwindigkeit um einen Faktor von ca. 2, da die Rolle der Schichtung der Firse und der Feste des darüber liegenden Kaliabbaus nicht beachtet wurde. Man denkt jetzt, dass ein Teil der Konvergenz von Wand und Dach (Höhenreduzierung in den Stollen) auf eine Bewegung des ganzen Geländes zurückzuführen ist, während der andere Teil aufgrund des Ablösens der Bänke von einigen Zentimetern Dicke an der Firse und an den Stößen erfolgte. Die Ablösung erfolgt in kleinen mergeli-

gen Schichten, die Schwachpunkte darstellen. Die Hohlräume entstehen auf der Ebene dieser Schichten und tragen etwas zu den restlichen Hohlräumen bei. Heute beträgt die Annäherung von Dach und Wänden im Schnitt 3 cm pro Jahr, aber sie variiert je nach Bereich. Ineris geht in seiner letzten Studie vom 23. Dezember 2010, die alle vorherigen berücksichtigt, davon aus, dass die Schließgeschwindigkeit 0,9% pro Jahr beträgt, dass die Schließung also fast 10 mal schneller erfolgt als in anderen Hohlräumen in Bergwerken. Es gibt keinen nachweislichen Grund zu denken, dass diese Geschwindigkeit im Laufe der Zeit geringer wird. Die Sohle und die Stöße werden nach und nach in Kontakt mit den Abfallgebänden treten. Diese belegen ein Volumen von ca. 72.000 m<sup>3</sup>, wobei das Gesamtlagervolumen (inkl. Wegen) ca. 300.000 m<sup>3</sup> beträgt. Am Anfang lassen sich die Gebinde gut komprimieren und verlangsamen die Verschlussgeschwindigkeit nicht. Sie werden nach und nach komprimiert, bis sie ein Restvolumen an Hohlraum darstellen, das viel kleiner ist als am Anfang. Dies ist ein Vorteil, da das Volumen der Flüssigkeit, welche die Gebinde durch direkten Kontakt verunreinigen können, geringer wird. Wenn das Bergwerk und die Schächte vollständig mit Sole gefüllt sind, werden die Schließung und die Komprimierung verringert, aber sie finden immer noch statt. Ineris schätzt die verbleibenden Hohlräume der Deponie auf 7.000 m<sup>3</sup> am Ende der Komprimierung, wobei eine Porosität von 30% für ein Volumen an komprimierten Abfällen von 22.000 m<sup>3</sup> verbleibt.

*Der COPIL geht davon aus, dass diese verschiedenen Größenordnungen der Verschlussgeschwindigkeiten wahrscheinlich sind. Es geht um Größenordnungen, und die realen Werte können auch die Hälfte oder das Doppelte betragen. Der COPIL geht davon aus, dass spätere Studien diese Unsicherheiten nicht deutlich reduzieren können.*

#### **Flutung des Bergwerks im normalen Szenario**

Das Szenario der progressiven Flutung von Stocamine basiert auf dem Eintritt des Wassers durch die verschlossenen Schächte des Bergwerks, die nicht vollständig undurchlässig sind.

#### *Anfängliche Schätzungen*

Vor der ersten Bewertung durch Ineris vom 9. März 2011 wurde die Flutungsgeschwindigkeit auf der Grundlage einer Schätzung der Durchlässigkeit des Verschlusses aus Flugasche von 5,0E-07 m/s berechnet. Dies ist ein plausibler Wert, der eher hoch ist, auf der Grundlage weniger Beobachtungen, dessen Ursprung die erste Studie der Ecole des Mines de Paris ist; aber er wurde bestätigt durch eine Messung von Ineris aus dem Jahre 2002 am Schacht Marie, die 5,8E-07 m/s ergab. Mit dem vorgeschlagenen Wert kann man eine vollständige Flutungszeit berechnen. Schächte wie Joseph und Else ermöglichen somit den Eintritt in das Bergwerk von jeweils ca. 200 m<sup>3</sup>/Monat, die aus dem oberen ausgebauten Teil des Schachtes stammen, wobei dieser Wert klar erhöht wird, wenn der Verschluss des Schachtes sich nicht entwickelt, denn die Geschwindigkeit ohne Verschluss würde bei 300 m<sup>3</sup>/Monat für die Schächte des Bergwerks Amélie liegen. Schätzungen erfolgten von der Ecole des Mines de Paris, und dann durch Mica und Cesame. Die Ergebnisse variieren nur wenig, was logisch ist, da die Annahmen, die getroffen wurden, sich ziemlich ähneln. Sie hängen hauptsächlich von der Hypothese hinsichtlich der Feste von ca. 20 m Breite und 4 km Länge, die das Bergwerk Amélie (5 Schächte) vom Bergwerk Marie Louise im Norden (10 Schächte) trennt, ab. Die Ecole des Mines hielt es für wahrscheinlicher, dass diese Feste die beiden Bergwerke dauerhaft trennt. Amélie wird dann in ca. 1.500 Jahren gefüllt sein. Cesame und Mica gehen jedoch davon aus, dass die beiden Bergwerke hydraulisch miteinander verbunden sein werden durch die Risse über dem Bruchbau (zudem ist lokal die Breite der Feste geringer als 20 m); der westliche Bereich der MDPA, d.h. die kommunizierenden Bergwerke Amélie und Marie Louise, bilden somit einen einzigen Komplex, und die vollständige Flutung erfolgt viel schneller. Die Tendenz, die in diesen Studien erkennbar ist, deutet auf eine Dauer von 150 Jahren hin, wenn man die Auswirkungen der progressiven Schließung der Hohlräume betrachtet, die das mit Sole zu füllende Volumen reduziert. Da diese Dauer proportional zur Durchlässigkeit der Flugasche ist, deren Wert nur wenig bekannt ist, und da sie von der Verschlussgeschwindigkeit der Hohlräume abhängt, die ebenfalls nur wenig bekannt ist, ist ihr Wert sehr unsicher.

#### *Aktuelle Schätzungen*

Die letzte Studie von Ineris vom 9. März 2011 ändert diese Analyse deutlich. Sie basiert auf den Beobachtungen von M. Liberda (MDPA). Die Schächte Amélie I, Amélie II und Max (dessen Füllung mächtiger ist), die bereits geschlossen, aber immer noch von unter Tage aus zugänglich sind, zeigen an ihrer Basis Geschwindigkeiten des Einsickerns von jeweils 1530 m<sup>3</sup>/Jahr, 1170 m<sup>3</sup>/Jahr und 290 m<sup>3</sup>/Jahr. Für

M. Liberda bestätigt diese Tatsache, dass der Durchfluss vor dem endgültigen Verschluss im Bereich der Schachtwand verläuft und die Verfüllung mit Asche umgangen wird. Wenn er die Wegsamkeiten im Bergwerk erreicht, versickert er schnell in den Rissen der Sohle. Ineris hat somit mehrere Hypothesen zur Geschwindigkeit der Flutung des westlichen Bereichs, wobei beachtet wird, dass die Bergwerke Amélie und Marie-Louise miteinander verbunden sind hinsichtlich der Schwäche der Feste, die sie trennt: i) eine niedrige Hypothese, die den vorherigen Bewertungen entspricht, und die von einer Durchlässigkeit der Verschlüsse von  $5,8E-07$  m/s ausgeht; ii) eine mittlere Hypothese, die die Verschlechterung des Schachtausbaus im Laufe der Zeit annimmt, was zu einer Durchlässigkeit führt, die derjenigen der Schachtwand entspricht auf der Grundlage der Erfahrungen der Schächte Amélie I und II; iii) eine hohe Hypothese, die von einem maximalen Wert zwischen dem Durchfluss gemäß der vorherigen Hypothese und dem maximalen Durchfluss, der in den betriebenen Schächten beobachtet wurde ausgeht. Diese Hypothesen führen jeweils zu den Werten von 22.000 m<sup>3</sup>/Jahr, 58.000 m<sup>3</sup>/Jahr und 105.000 m<sup>3</sup>/Jahr. Der letztgenannte Wert liegt über der oberen Bandbreite des Entwässerungsflusses des Kalibergwerks, der bei 99.000 m<sup>3</sup>/Jahr lag. Ineris schlägt vor, diesen Wert beizubehalten für das Referenzszenario der Flutung. Man merkt an, dass dieser Wert als hoch wahrscheinlicher Wert angesehen werden kann, aber nicht als überhöhter Wert, da er wahrscheinlich weit unter dem Grundwasserdargebot im Elsass liegt, das ja ursächlich für die Flutung ist, wie es die Durchflüsse beim Bohren der Schächte zeigten.

*Der COPIL stellt fest, dass Ineris in seiner letzten Studie, die auf Beobachtungen basiert, Werte festhielt, die deutlich über der Flutungsgeschwindigkeit der vorherigen Studien liegen. Man muss daraus ableiten, dass das Beschleunigungsrisiko der Flutung hinsichtlich der vorherigen Ergebnisse in Betracht gezogen werden muss.*

#### **Risiko der Entwicklung von einer langsamen zu einer plötzlichen Flutung**

Solange die langsame Flutung nicht zu Ende ist, gibt es weiterhin die Möglichkeit einer plötzlichen Flutung. Es wurde bereits an anderer Stelle darauf hingewiesen, dass die Wahrscheinlichkeit einer plötzlichen Flutung stark variiert je nach geologischem Kontext, nach Betriebsmethode und nach der Qualität der Zugangsanlagen.

Alle dem COPIL zur Verfügung stehenden Berichte zeigen, dass der westliche Teil der MDPA hinsichtlich des Risikos der plötzlichen Flutung eine günstige Situation darstellt verglichen mit der Situation zahlreicher weiterer Salz- oder Kalibergwerke. In einem Bereich von 200 km<sup>2</sup> wurde das Aufeinanderfolgen von geologischen Schichten sehr gut in 182 Bohrungen, 24 Schächten und 24 Erdölbohrungen erfasst, und es scheint regelmäßig zu sein. Die Dicke des Salzes oder der undurchlässigen Bereich über und unter den Anlagen (500 m Salz insgesamt) ist groß verglichen mit vielen anderen Bergwerken. Man fand während des Betriebs des Bergwerks Bohrungen, wovon einige die tieferen Grundwasserleiter erreichten, die wahrscheinlich artesisch waren. Der Zustrom aus den Bohrungen war nicht vorhanden oder schwach, und im letzteren Fall konnte dieser einfach durch eine angemessene Behandlung gestoppt werden. Die Schächte zeigten einen reduzierten Durchfluss. Die meisten sind heute verschlossen.

Es sind eher die Schächte, selbst die verschlossenen, die langfristig ein Problem darstellen können. Sie beinhalten mächtige Verschlüsse, die gering durchlässig sind und aus Flugasche bestehen. Prinzipiell wird das Wasser langsam im zentralen Teil des Schachts zirkulieren, ohne die Salzwände abzuspülen, die von einem Ausbau aus Back- und Bruchsteinen geschützt sind. Dennoch zeigt die Erfahrung der Amélie-Schächte, dass ein Umströmen der Verschlüsse und eine Zirkulation des Wassers im Bereich der Schachtwand hinter dem Ausbau möglich ist; man kann nicht ausschließen, dass das Phänomen sich verstärkt, so dass die Auflösung des Salzes dazu führen könnte, die durch das Wasser verursachten Diskontinuitäten zu verstärken. In allen Fällen wird das mehr oder weniger mit Salz gesättigte Wasser den Boden der Schächte erreichen und in Richtung der tieferen Teile des Bergwerks fließen, die sich nach und nach mit gesättigter Sole füllen werden. Man erwartet, dass die Auflösung nicht unbedingt in erster Linie in der Nähe des Fußes der Schächte auftritt, und dass die Schaffung neuer Hohlräume sich nicht bevorzugt an dieser Stelle befinden wird. Die Fließgeschwindigkeit der Sole ist gering, und sie wird sich über bereits vorhandene Lauge schichten die, weil sie gesättigt ist, die Sohle vor weiteren Auflösungen schützt. Dieses günstige Bild ist relativ plausibel. Es ist schade, dass man

nicht weitere Messungen und Beobachtungen vom FuÙe der bereits verschlossenen Schächte besitzt, die dieses Gesamtbild bestätigen.

Man muss anmerken, dass die Beschleunigung der Flutung direkte Folgen für die Stabilität des Geländes in der Nähe der Schächte haben kann; sie wird nur indirekt den Einschluss der gelagerten Produkte beeinflussen.

*Hinsichtlich des Risikos der Beschleunigung der Flutung sind es die Schächte, die den wahrscheinlich empfindlichsten Teil des Systems darstellen.*

### **Dauer der Flutung**

Wie bereits erwähnt, spricht Ineris im Bericht vom 9. März 2011 von 3 Annahmen zur Geschwindigkeit der Flutung (22.000 m<sup>3</sup>/Jahr, 58.000 m<sup>3</sup>/Jahr, 105.000 m<sup>3</sup>/Jahr), wobei letztere Annahme als plausibelste beurteilt wurde, sowie von 3 Annahmen für das Volumen der Hohlräume, die 2010 noch zu füllen sind (8,2 Mio. m<sup>3</sup>, 16,3 Mio. m<sup>3</sup> und 32,7 Mio. m<sup>3</sup>), wobei letztere Annahme als am wahrscheinlichsten gilt. Die Dauer der Flutung kann somit neun verschiedene Werte durch Kombination dieser Randbedingungen annehmen. Für die beiden als am plausibelsten geltenden Wert (105.000 m<sup>3</sup>/Jahr und 32,7 Mio m<sup>3</sup>) erhält man eine Dauer von 300 Jahren, wenn man davon ausgeht, dass die Bergwerke Amélie und Marie-Louise miteinander verbunden sind. Ist dies nicht der Fall, benötigt man 670 Jahre, um das Bergwerk Amélie zu füllen, und die Wasserzufuhr erfolgt nur durch 5 Schächte. Die Bandbreite der berechneten Werte für die Dauer der Flutung erstreckt sich nach den Annahmen zwischen 120 und 650 Jahren.

Mit den plausibelsten Annahmen wird die Deponie selbst nach 240 Jahren erreicht. Das Volumen der darüber liegenden Hohlräume wird somit ca. 7 Mio. m<sup>3</sup> betragen. Wenn keine Barriere am Wassereintritt errichtet wurde, wird die Deponie bereits vom Wasser erreicht werden, das durch die Schächte Joseph und Else eintritt. Ineris schätzt seinen Durchfluss auf 1.700 m<sup>3</sup>/Jahr. Es wird die Hohlräume (heute 300.000 m<sup>3</sup>, dann aber weniger aufgrund des Salzkriechens) in ca. einem Jahrhundert gefüllt haben, aber wenn die Deponie einmal gefüllt ist, wird der Durchfluss in der Deponie überlaufen, und von den Abfällen verunreinigte Sole wird auf die tiefe Sole treffen, die eine Folge der allgemeinen Flutung ist.

Man kann anmerken, dass aller Wahrscheinlichkeit nach ein großes Luftvolumen im höchsten Teil des Bergwerks verbleiben wird. Sein endgültiger Druck nach der vollständigen Flutung wird hoch sein. Man muss vermeiden, dass es plötzlich durch einen Schacht an die Oberfläche gelangt. Die Luft wird eine hohe Komprimierbarkeit vorweisen und den letzten Schritt der Flutung verzögern, was mögliche Folgen für die AusmaÙe der Auflösung in den zuletzt gefluteten Schächten haben kann.

*Der COPIL geht davon aus, dass die vollständige Flutung der verbleibenden Hohlräume, zu denen auch Stocamine gehört, mittelfristig unvermeidbar ist und in ein Szenario der unbefristeten Lagerung der Abfälle integriert werden muss. Der Durchschnittswert von 300 Jahren für die Dauer der Flutung ist wahrscheinlich hinsichtlich der aktuellen Kenntnisse, aber eine große Unsicherheit beherrscht diese Annahme; eine Dauer von ca. einem Jahrhundert kann nicht ausgeschlossen werden.*

*Diese Feststellungen rechtfertigen eine Überwachung der Flutung, womit unmittelbar begonnen werden sollte, unabhängig davon, ob eine Rückholung der Abfälle stattfindet oder nicht.*

### **Stabilität der Masse der Sole, die sich nach der Flutung im Bergwerk befindet**

Die Bewegungen der Sole in den gefluteten Hohlräumen bedingen die Emission von Schadstoffen aus der Deponie in die Umwelt. Die Flutung von Stocamine führt nicht zu einer stabilen Situation, die mit sich bringt, dass die Sole und die in ihr enthaltenen Schadstoffe sicher auf unbestimmte Zeit unbeweglich gemacht werden. Mehrere Mechanismen werden in Betracht gezogen in den verschiedenen Studien, die vom COPIL analysiert wurden. Einige Faktoren (Verheilung, Dichteschichtung) neigen zur Stabilisierung; andere hingegen (hydraulische Druckunterschiede zwischen den Schächten, weitere Konvergenz der Hohlräume im Bergwerk) führen zu Bewegungen in der Masse der Sole, denen man kein festes Ende mit Laufe der Zeit zuordnen kann.

Mehrere Mechanismen wurden in den verschiedenen Studien untersucht.

### **Faktoren der Stabilität der Masse der Sole**

#### *Verheilung und Kristallisierung*

Sehr langfristig, wenn der Verschluss vollständig ist, werden die Kontinuität des Salzgesteinsverbandes und seine sehr schwache natürliche Durchlässigkeit wiederhergestellt. Dieses Phänomen der Verheilung ist günstig im Falle einer Deponie, da sie die Einkapselung der Abfälle mit sich bringt, die nun vom Salz selbst eingeschlossen werden. Die Verheilung wird begünstigt, wenn das Salz heiß, tief und feucht ist. Die Existenz des Mechanismus ist sicher; er wird langfristig zum Einschluss beitragen. Dennoch ist seine Geschwindigkeit, die von vielen Faktoren abhängt, nicht sehr bekannt. Es ist nicht sinnvoll davon auszugehen, dass er in 300 Jahren (mögliche Dauer der Flutung) vollständig abgeschlossen ist, selbst im Bereich der Deponie, wo die Konvergenzgeschwindigkeit höher ist.

Die Ecole de Chimie de Mulhouse hat einen weiteren Mechanismus vermutet, d.h. die Kristallisierung, die durch den Unterschied des chemischen Potenzials zwischen dem flachen und dem tiefen Teil einer aufgrund der Schwerkraft entstandenen Säule gesättigter Sole entsteht. Aber dieser theoretische Mechanismus wurde nach unseren Kenntnissen noch nicht klar bestätigt, z.B. durch Beobachtungen in den zahlreichen Aushöhlungen im Salz durch Auflösungen, so dass es augenblicklich nicht sinnvoll ist, den Einschluss mit einem solchen Mechanismus zu begründen.

Man muss somit davon ausgehen, dass die Hohlräume und die Deponie noch nach der vollständigen Flutung eine gewisse Durchlässigkeit beinhalten, die prinzipiell die Zirkulation der Sole ermöglicht, wenn gewisse Bedingungen erfüllt sind.

#### *Dichteschichtung*

Ein mit gesättigter Sole gefülltes Bergwerk bildet eine Schwerkraftsenke: Die gesättigte Sole ist deutlich schwerer (Dichte von ca. 1,2) als Süßwasser (oder weniger salzhaltiges Wasser), dessen Eintritt über die Oberfläche erfolgt, und es findet eine Schichtung durch Dichteunterschiede mit einer mehr oder weniger deutlichen Grenzfläche zwischen der Sole und dem Süßwasser, das darüber fließt, statt. Es gibt zahlreiche Beispiele, wo eine solche Trennung in freien, relativ ruhigen Gewässern (Fjorde) oder im Salzabbau durch Laugung (Lösungsbergbau in Lothringen) stattfindet, und diese ist von vornherein noch effizienter in einem mehr oder weniger durchlässigen Umfeld, z.B. Schächte oder Stollen, die entsprechend verschlossen sind. Die Trennung kann somit stabil sein, und die Sole kann dann nicht mehr in Richtung der Oberfläche steigen. Die *Dichteschichtung* ist der wichtigste Mechanismus, der spontan auftritt, und der zum Einschluss in einer gefluteten Deponie beiträgt. Man muss somit sorgfältig die Auswirkungen untersuchen, die sie stören könnten.

### **Faktoren, die zur Bewegung der Sole führen können**

#### *Weiterer Verschluss der Hohlräume nach der Flutung*

Da das Salzkriechen in die verbleibenden Hohlräume nach dem Zeitraum der Flutung mit der Geschwindigkeit von 0,1% pro Jahr weitergeht, werden 29 Mio. m<sup>3</sup> der Hohlräume des Bergwerks mit Sole gefüllt sein (von 7 bis 29 Millionen nach den aufgestellten Hypothesen). Diese Sole wird nach dem Ende der Flutung unter der Einwirkung eines, aufgrund des Gegendrucks, den die Säule der Sole in den Schächten ausübt beträchtlich verlangsamt, Salzkriechens ausgepresst werden. Wenn man die Größenordnung von 0,01% pro Jahr für die Kriechgeschwindigkeit nach der Flutung beibehält, wird der ausgepresste Durchfluss 2.900 m<sup>3</sup>/Jahr oder 8 m<sup>3</sup>/Tag betragen. Dieser Wert resultiert aus einer Reihe von Hypothesen, wovon einige sehr solide sind, andere jedoch unsicherer, und man sollte sie nur als Größenordnung ansehen. Dies ist kein hoher Wert. Der Abbau der Sole für die Chemieindustrie in Lothringen oder Südfrankreich hat eine Produktion, die zwei Größenordnungen darüber liegen kann. Dieser Durchfluss wird auf die 15 Schächte verteilt, je nach ihrer Durchlässigkeit. Man wird später diskutieren, ob die ausgestoßene Sole aufgelöste Substanzen aus der Deponie mit sich bringt oder nicht.

Um dieses Phänomen einzuschränken, ist es in der Tat zu bevorzugen, dass die Flutung langsam vorstatten geht, damit das Schließen der Hohlräume in den Kaliabbauen und in der Deponie so weit wie möglich bis zum Ende der Flutung fortgeschritten ist.

### *Zirkulation aufgrund der hydraulischen Druckunterschiede in den Schächten*

Die Zirkulation aufgrund *hydraulischer Druckunterschiede* an den verschiedenen hydraulischen Verbindungen zwischen der tiefen Sole und den oberflächennahen Grundwasserleitern, besonders in den Schächten oder schlecht verschlossenen Bohrungen, ist eine Auswirkung, die theoretisch sehr groß sein kann. Der Druckunterschied muss recht groß sein, damit die Zirkulation effizient ist, da der hydraulische Kreislauf von einer Austrittsstelle zur nächsten recht lang, tief und schlecht durchlässig ist. Er muss außerdem ausreichend sein, um die o.g. Auswirkungen der Dichte zu kompensieren. Dieser Punkt wurde von der Ecole des Mines sowie anschließend von Mica und Cesame analysiert, mit vergleichbaren Hypothesen, und schließlich auch von Ineris.

Ist das Phänomen des Auspressens der Sole durch Konvergenz der Hohlräume nicht vorhanden, kann ein stabiles Gleichgewicht hergestellt werden, wenn man davon ausgeht, dass die Schächte, die als Wasserzutritt dienen könnten, mit gesättigter Sole bis zur Höhe besagter Verbindungen gefüllt sind, und wenn man im oberen Teil der Schächte, die als Zutritt fungieren könnten, Süßwasser oder schwach gesättigte Sole vorfindet. Dies ist eine ideale Konfiguration, da die Sole so vollständig unter Tage eingeschlossen sein könnte. Aber sie kann in Frage gestellt werden durch verschiedene Mechanismen, wovon einer besagt, dass die durch den Verschluss der Hohlräume ausgepresste Sole die Süßwasservorkommen in der Nähe der Oberfläche, die die spätere Zirkulation blockieren, verdrängt. Man muss also im Gegensatz dazu die pessimistischste Hypothese betrachten, die besagt, dass alle Schächte von identischen Pfeilern praktisch gesättigter Sole auf der gesamten Höhe des Schachts gefüllt sind, die somit die Auswirkungen der Dichteschichtung verschwinden lassen. Da nicht alle Schächte die gleiche hydraulische Druckhöhe an der Oberfläche aufweisen (aufgrund des natürlichen Abfließens ins Schwemmland des Rheins aufgrund des Höhenunterschieds von Süden nach Norden), kann eine Strömung entstehen mit Eindringen des Wassers in die Schächte des südlichen Kalireviers (Joseph und Else vor allem) und einem Wasseraustritt durch die Schächte des nördlichen Kalireviers (Ungersheim). Der zirkulierende Durchfluss ist im Allgemeinen proportional zum Druckunterschied im Zu- und Abstrombereich, und er hängt vom hydraulischen Widerstand entlang der unterirdischen Wegsamkeiten der Sole ab, der über die Schächte und die bergmännischen Arbeiten im Laufe der Schließung verläuft. Die genaue Bewertung des Durchflusses ist nicht möglich, aber man kann einen hohen Wert annehmen, wenn man beachtet, dass der Druckverlust beim Abfließen nur aufgrund der verschlossenen Schächte entsteht, indem die gleichen Hypothesen angewendet werden, die auch der Bewertung des Durchflusses der Flutung dienen. Hinsichtlich der geringen Unterschiede des hydraulischen Potenzials im Zu- und Abstrombereich sind die zirkulierenden Durchflüsse auf einige 10 oder ca. 100 m<sup>3</sup> pro Jahr beschränkt. Dieser Wert ist deutlich schwächer als der Wert des geschätzten Durchflusses beim Auspressen der Sole durch die Hohlraumkonvergenz, die somit das dominierende Phänomen für die Emission der Sole in die Umwelt darstellt.

Das vorherrschende Bild der Zirkulation wurde während der Phase des Auspressens der Sole durch Komprimierung der verbleibenden Hohlräume betrachtet. Eine konvektive Zirkulation der gleichen Art kann jedoch auch nach dieser Phase andauern, so dass der hydraulische Motor, der durch den piezometrischen Gradienten im Elsässer Grundwasser entstand, weiter besteht. Man kann dann mit schwächeren Durchflüssen rechnen, die gegen null tendieren, denn in dieser Konfiguration wird die Durchlässigkeit der alten Bergbaubereiche sehr gering, und der hydraulische Motor wird schwächer, da die Schächte, durch die das Wasser eindringt, durch Süßwasser oder weniger gesalzenes Wasser durchflossen werden und die Austrittsschächte durch gesättigte Sole.

*Der COPIL geht davon aus, dass der dominierende Mechanismus, der die Emission der Sole ins Grundwasser nach einer vollständigen Flutung mit sich bringen könnte, das Auspressen der Sole aufgrund der Konvergenz der verbleibenden Hohlräume ist. Unter allen Annahmen schlägt der COPIL vor, dass der Verschluss der Schächte Joseph und Else auf die möglichst effizienteste Art vollzogen werden sollte, um ein Abfließen der Sole weitgehend zu reduzieren, das durch den hydraulischen Gradienten im oberflächennahen Elsässer Grundwasser bedingt wäre. Man müsste auch, um ein möglichst hohes Maß an Sicherheit zu erreichen, zeigen, dass neben den Zugangswegen durch die Stollen und Schächte, die man durch Bauwerke verschließen könnte, es keine anderen möglichen Wege im Salzgebirge gibt, durch welche die Sole abfließen könnte.*

### *Zirkulation durch die Deponie*

Das vorherige Schema beschreibt eine Zirkulation, die hauptsächlich durch die unterirdischen Hohlräume über die Schächte in Richtung der Oberfläche erfolgt. Man muss prüfen, ob diese Zirkulation mindestens teilweise durch die Deponie selbst erfolgen kann. Der Durchfluss der Zirkulation hängt von drei Parametern ab: Von der Länge des hydraulischen Fließwegs der Sole durch die Deponie; von der Durchlässigkeit der Deponie oder der Fähigkeit der Flüssigkeiten dort zu zirkulieren, die mit der Porosität zusammenhängt, und die wahrscheinlich stark durch den Verschluss der Stollen reduziert wird; sowie vom Druckunterschied in der Sole zwischen dem Eintrittspunkt in die Deponie und dem Austrittspunkt. In vielen Fällen, selbst bei fehlendem Verschluss der Stollen, ist der Durchfluss durch die Deponie oder durch einen Teil der Deponie sehr gering oder gleich null. Aber man kann die Möglichkeit nicht ausschließen, dass es außergewöhnliche Konfigurationen gibt, die einen größeren Durchfluss ermöglichen. Ein Beispiel ist eine Konfiguration, in der die Durchlässigkeit in einem der beiden Schächte Joseph und Else größer ist unter dem Niveau der Deponie, dann jedoch nach oben hin kleiner wird und in anderen Schächten entgegengesetzt verläuft. Die lokale Zirkulation von unten nach oben erfolgt dann durch einen gekoppelten Kreislauf, der das Durchfließen der Deponie fördern würde.

*Der COPIL unterstreicht das Interesse an einer Untersuchung der bestehenden Verbindungen zwischen der Deponie und den übrigen bergbaulichen Hohlräumen, so dass der Durchfluss durch die Deponie minimiert werden kann. Diese Messung ist hauptsächlich sehr langfristiger Art, da das Phänomen des Auspressens der Sole durch die Konvergenz dann beendet sein wird.*

### *Ausbreitung und natürliche Konvektion*

Zur Erinnerung: Es existieren weitere Mechanismen, die zur Emission der Schadstoffe ins Grundwasser führen könnten:

- Die Molekulardiffusion, die nicht ein Transport der Sole ist, sondern eine Wanderung von gelösten Elementen in einer Sole, die im Allgemeinen unbeweglich sein kann: Dies ist ein extrem langsamer Prozess, der noch in einigen Fällen verzögert werden kann durch die Sorption gelöster Stoffe an vorhandenen tonhaltigen Materialien.
- Die natürliche Konvektion, d.h. die Zirkulation der Sole unter dem Einfluss des Dichteunterschieds, der durch den Temperaturunterschied zwischen den Bereichen über und unter Tage entsteht; dies ist auch ein sehr langsamer Mechanismus in einem porösen Medium, wie der Schachtverfüllungen.

Aus diesen Feststellungen geht hervor, dass zwei Arten von Mechanismen langfristig einen Durchfluss der Sole an die Oberfläche mit sich bringen könnten:

- Das wichtigere Phänomen ist das Auspressen der Sole unter dem Einfluss der Hohlraumkonvergenz unter Tage; seinen Auswirkungen kann durch die Reduzierung der Porosität entgegengewirkt werden.
- Ein zweites Phänomen ist die konvektive Zirkulation durch einen piezometrischen Gradienten im Grundwasser des Elsass; ihren Auswirkungen kann durch die Reduzierung der anfänglichen Durchlässigkeit in den Hohlräumen des Bergwerks und durch eine effiziente Schließung der noch nicht verfüllten Schächte entgegengewirkt werden.

Die Reduzierung der Porosität und der Durchlässigkeit in der Deponie wird in der Schlussfolgerung diskutiert.

### ***Einfluss der Emission der Sole auf das Grundwasser***

Die Emission der Sole durch die Schächte in das Grundwasser hat einen Einfluss auf die Wasserqualität, die sich durch eine Erhöhung des Salzgehalts und einen Zufluss chemischer Schadstoffe aufgrund des Auslaugens der Abfälle durch die Sole aus der Deponie ausdrückt. Die erste Art von Auswirkung (Versalzung) ist unabhängig von der gewählten Option für die Schließung von Stocamine.



Ältere Studien, insbesondere die Studie der Ecole des Mines, gaben einen ersten Überblick über diesen Einfluss durch einen Verdünnungsfaktor des schadstoffhaltigen Wwassers der Deponie auf das oberflächennahe Grundwasser im Rahmen eines „Schachtszenarios“. Hierfür haben die Autoren den Unterschied der hydraulischen Drücke in den Schächten als dominanten Mechanismus für die Emission der Sole angesehen, und die schätzten den Durchfluss dieses Abwassers auf maximal 40 m<sup>3</sup>/Jahr. Sie schlussfolgerten, dass dieser Durchfluss, der gemischt ist mit dem Wasser, das durch eine Trinkwasserförderung mit einem Durchfluss von 100 m<sup>3</sup>/h (ca. 900.000 m<sup>3</sup>/Jahr) gepumpt wurde, ein Durchfluss, der leicht durch das Elsässer Grundwasser geliefert werden kann, zu einer Verdünnung um einen Faktor von ca. 25.000 führte. Diese Schätzung muss vor allem überprüft werden im Hinblick auf die aktuellen Kenntnisse, da der Durchfluss der Sole jetzt auf 2.850 m<sup>3</sup>/Jahr geschätzt wird nach dem Referenzszenario unter dem Einfluss des Ausstoßens der Sole durch Verschließen der verbleibenden Hohlräume, das jetzt der dominante Mechanismus zu sein scheint.

Ineris hat eine tiefer gehende Bewertung dieses Einflusses vorgenommen, deren Methodologie und erste Ergebnisse dem COPIL vorgestellt wurden, ohne dass die entsprechenden Berichte verfügbar waren. Ineris basiert seine Analyse auf drei Punkten: i) Einer geochemischen Bewertung des Gehalts an Schadstoffen des Quellterms; ii) Szenarien der Leerung der Deponie durch die Sole nach den Einrichtungen bei der Schließung; iii) einer Modellierung des Abflusses in das Elsässer Grundwasser und der Wanderung der Schadstoffe in diesem Grundwasser.

Aufgrund der Nichtverfügbarkeit der vollständigen Berichte von Ineris und der Fristen für die Vorlage seines Endberichts war der COPIL nicht dazu in der Lage, die Schlussfolgerungen von Ineris zu prüfen. Er kann sich somit nicht definitiv zur Gültigkeit der Hypothesen, der Berechnungen und der vorgestellten Ergebnisse äußern. Hinsichtlich der Wichtigkeit dieser Ergebnisse ist es notwendig, sie von einem dritten Experten prüfen zu lassen.

#### **Konzentration des Quellterms**

Abhängig von den Eigenschaften der Abfälle und ihrem geochemischen Umfeld, besitzt Ineris eine Liste der metallischen Schadstoffe, deren Verhalten in einer Lösung auf zwei Effekte aufgeteilt werden kann. Die Lösbarkeit der Elemente Nickel, Blei, Barium, Wismut, Kobalt, Kadmium und Arsen wird kontrolliert durch die Löslichkeit tragender Mineralphasen und ist somit unabhängig vom Verhältnis Wasser-Feststoffe. Die Sole, welche die Abfälle umgibt, nimmt diese Elemente auf bis zu einer maximalen Konzentration, die Ineris bewertet durch geochemische Modelle auf der Basis der Thermodynamik. Andere wichtige Elemente wie Antimon, Chrom und Quecksilber haben ein labiles Verhalten, und ihre Konzentration wird direkt durch das Verhältnis Wasser-Feststoffe beeinflusst. Je schwächer die Menge des anwesenden Wassers ist, umso höher ist die Konzentration, denn diese Konzentration ist nicht von einer Lösbarkeitsgrenze eingeschränkt, sondern sie resultiert aus der Auflösung der gesamten anwesenden Masse. Man schätzt, dass ca. 50 Tonnen Quecksilber in den Abfällen vorhanden sind; am Ende des Zeitraums der Lagerfüllung schwimmen sie in 7.000 m<sup>3</sup> Sole, was zu einer Quecksilberkonzentration in der Sole von ca. 7 g/l führt.

Für diese labilen Elemente sind die wichtigen Faktoren die anfängliche Gesamtmasse in der Deponie und die Stoffstromverteilung aus der Deponie. Man kann sagen, dass nicht vernachlässigbare Unsicherheiten hinsichtlich der eingelagerten Mengen bestehen. Somit schwanken für die beiden Elemente, die am meisten zu stören scheinen, diese Mengen zwischen 47 und 48 Tonnen für das Quecksilber und zwischen 79 und 107 Tonnen für das Antimon. Ineris hat die vorherigen Schätzungen nach unten angepasst. Diese Unsicherheiten beeinflussen direkt die Schlussfolgerungen der Risikoanalyse, da die Konzentrationen direkt proportional zu den anwesenden Massen sind. Die Unsicherheit zu den Mengen der Elemente, deren Konzentration von einer Lösbarkeitsgrenze beschränkt ist, hat geringere Auswirkungen, da sie nur die Dauer der Emission der Schadstoffe betrifft und nicht ihre Konzentration im Quellterm.

#### **Schadstofftransport aus der Deponie**

In einem vorherigen Ansatz untersucht Ineris zwei Szenarien der Emission von Schadstoffen von den Schächten aus in Richtung des oberflächennahen Grundwassers, wobei man entweder davon ausgeht, dass Verschlüsse angebracht sind oder nicht, um die Deponie vom Rest des Bergwerks zu isolieren.

Im Falle, dass man die Deponie nicht hydraulisch vom Rest des Bergwerks isoliert, wenn der Solespiegel die Deponie erreicht, füllt sie sich gleichzeitig mit dem Bergwerk. Die verunreinigte Sole wird sich dann im Restvolumen der über der Deponie liegenden Hohlräume im Bergwerk ansammeln, das auf 6,8 Mio. m<sup>3</sup> in der hohen Hypothese (mit einem niedrigen Wert von 1,5 Mio. m<sup>3</sup>) geschätzt wird. Dieses Solevolumen löst alle labilen Elemente auf und wird mit 0,01% pro Jahr, d.h. 680 m<sup>3</sup>/Jahr ausgestoßen. Man merkt an, dass die Unsicherheit das Restvolumen betreffend keine Folgen hat, da das freigesetzte Schadstoffinventar das gleiche bleibt, wenn dieses Volumen sich verändert, da die Konzentration und der Fluss der Sole entgegengesetzt proportional sind. Die Konzentration, die im Grundwasser freigesetzt wurde, ist hingegen proportional zu diesem Volumen.

Falls die hydraulischen Barrieren eingesetzt werden, um die Deponie zu isolieren, läuft das Bergwerk mit Grundwasser voll, bevor die Deponie selbst mit Sole gefüllt wird und somit anfangen kann, verunreinigte Sole auszustoßen. Die Masse der labilen Elemente wird dann in den 7.000 m<sup>3</sup> der restlichen Hohlräume in der Deponie aufgelöst mit einer Konzentration, die ca. 1.000 mal höher ist als im vorangehenden Fall, aber der Fluss der ausgestoßenen verunreinigten Sole wird auf 7.000 x 0,01%, d.h. auf 0,7 m<sup>3</sup>/Jahr reduziert.

Man geht davon aus, dass hinsichtlich des Schadstoffinventars, das ins Grundwasser gelangt, die beiden Fälle zum gleichen Ergebnis führen.

Man besagt, dass man, falls die hydraulischen Barrieren eingesetzt werden, das Risiko von Abflüssen in erster Linie durch die Steinsalzbarriere, die sich zwischen der Deponie und dem Bereich des Kaliabbaus, der 25 m oberhalb liegt, befindet, analysieren muss.

#### **Verdünnung im oberflächennahen Grundwasser des Elsass**

Um den Einfluss auf das oberflächennahe Grundwasser im Elsass zu untersuchen, führt Ineris eine Modellierung des Abflusses und des Transports gelöster Stoffe in diesem Grundwasser durch (durchgeführt durch BRGM, das eine Software zur Grundwassermodellierung (Marthe) besitzt auf der Grundlage von Literaturdaten). Die Details dieser Modellierung wurden dem COPIL nicht vorgelegt, aber es geht daraus hervor, dass Quecksilberkonzentrationen über einer Größenordnung von 1 µg/l, die der aktuellen Norm für Trinkwasser entspricht, erreicht werden können.

Dies führt dazu, dass Ineris das Modell der Schadstoffemissionen aus der Deponie verfeinert hat durch eine genauere Analyse der Rolle der hydraulischen Barrieren. Die Schlussfolgerung ist, dass ein wichtiger Parameter die Beziehung zwischen der Konvergenzgeschwindigkeit der Deponie und der Konvergenzgeschwindigkeit der Kaliabbaue zu dem Zeitpunkt ist, an dem die Deponie vollständig geflutet ist und beginnt, verunreinigte Sole freizusetzen. Die Berechnung des Einflusses auf das Grundwasser zeigt somit, dass für das Quecksilber die Konzentration weiterhin unter dem aktuellen trinkwassergrenzwert von 0,1 liegt, der laut Ineris nach 1.000 Jahren erreicht werden dürfte. Dies hat zur Folge, dass die Rolle der hydraulischen Barrieren darin besteht, die Flutung der Deponie über diese Dauer hinweg zu verzögern.

#### **Synthese des COPIL**

Ausgehend von den Konzepten von Ineris hat der COPIL seine eigene Synthese zur Bewertung des langfristigen Einflusses der Deponie auf das oberflächennahe Grundwasser erstellt.

Wenn man davon ausgeht, dass der Einfluss die gleichen Folgen hat, gleich zu welchem Zeitpunkt er eintritt, so ist seine Bewertung unabhängig von der Zeit und kann stationär erfolgen. Unter diesen Bedingungen beginnt die Deponie, das zu einem bestimmten Zeitpunkt mit Sole gefüllt ist, verunreinigte Sole mit einer Konzentration  $C$  (kg/m<sup>3</sup>) freizusetzen unter dem Einfluss der Komprimierung des verbleibenden Hohlraums  $v$  (m<sup>3</sup>), die zu diesem Zeitpunkt mit der Rate  $\varepsilon$  (%/Jahr) stattfindet. Der spezifische Fluss des Schadstoffs  $F$  (kg/Jahr) wird somit durch die Gleichung:

$F = v \cdot \varepsilon \cdot C$  ausgedrückt.

Es ist wahrscheinlich pessimistisch zu sagen, dass dieser Fluss nicht in den verbleibenden Hohlräumen des Bergwerks bleibt, sondern dass er durch die Schächte in Richtung des Grundwassers freigesetzt

wird. Da sich die Deponie in Zustromrichtung geneigt und in der Nähe des südlichen Endes der Kaliabbaue befindet, liegt das größte Volumen der Hohlräume im Bergwerk im Norden und wird durch Komprimierung den größten Teil der Sole ausstoßen. Es ist somit begründet zu sagen, dass die verunreinigte Sole aus der Deponie zum größten Teil verdrängt wird in Richtung der Schächte Joseph und Else und in geringerem Maße in Richtung von Amélie I und Amélie II.

Zwei Fälle entstehen somit abhängig vom geochemischen Verhalten der Schadstoffe, wie es von Ineris analysiert wurde.

Betreffend die Elemente, die löslichkeitsbegrenzt freigesetzt werden, erreicht die Konzentration C im gefluteten Lager den Wert  $C_0$ , der von den chemischen Gleichgewichten bestimmt wird. Der Fluss ist also:

$$F = v \cdot \varepsilon \cdot C_0$$

Betreffend die labilen Elemente, löst sich ihre gesamte Masse M im Volumen V auf. Der Fluss ist:

$$F = \varepsilon \cdot M$$

Da es nicht möglich ist, bei  $C_0$  einzugreifen (was möglich gewesen wäre, wenn die Abfälle eine Inertisierung vor ihrer Einlagerung durchlaufen hätten), gibt es drei Freiheitsgrade zur Reduzierung der Freisetzung und zur Minimierung des Einflusses:

- Für die Substanzen, die einer Lösbarkeitsgrenze unterliegen, eine Reduzierung des restlichen Hohlraums der Deponie; dies kann erreicht werden durch die Verfüllung des Raums zwischen den Abfällen vor dem Verschluss;
- für die Substanzen aller Art (labile oder mit beschränkter Konzentration) eine Reduzierung der Geschwindigkeit des Verschlusses für die verbleibenden Hohlräume der Deponie; dies kann erreicht werden durch Verzögerung des Zeitpunktes der vollständigen Flutung der Deponie oder durch Erhöhung des mechanischen Widerstands der Materialien, die sich in der Deponie befinden, durch Verfüllen der Hohlräume; der letztere Punkt schließt sich dem vorangehenden an;
- für die labilen Elemente (was unwirksam ist für die Elemente, deren Verhalten in der Lösung einer Lösbarkeitsgrenze unterliegt) eine Reduzierung der in der Deponie anwesenden Masse. Dieses Ziel kann erreicht werden durch eine selektive Rückholung der Abfälle, die Elemente beinhalten, die Probleme mit sich bringen.

*Der COPIL merkt an, dass die unbefristete Lagerung der aktuell in Stocamine vorhandenen Abfälle mittelfristig zu einem Einfluss auf die Qualität des oberflächennahen Elsässer Grundwassers führen kann, was eine Beeinträchtigung dieser Ressource mit sich bringen kann. Er geht davon aus, dass es Entwicklungsmöglichkeiten gibt, die ermöglichen, Ausgleichmaßnahmen zu treffen, die diesen Einfluss auf ein akzeptables Niveau bringen können.*

### **SCHLUSSFOLGERUNG ZUR UNBEFRISTETEN LAGERUNG**

Das Prinzip des Einschusses toxischer Substanzen in Stocamine basiert auf der Stabilität der Masse der im Bergwerk entstandenen gesättigten Sole. Diese Masse muss soweit wie möglich reduziert werden, und es ist besser, wenn die Flutung so spät wie möglich eintritt, wenn der Verschluss der Hohlräume durch das Kriechen des Salzes so weit wie möglich fortgeschritten ist.

Im normalen Szenario, wenn die Bergwerke Amélie und Marie-Louise hydraulisch miteinander verbunden sind, was langfristig am wahrscheinlichsten ist, erfolgt die Flutung nach einem Zeitraum von ca. 300 Jahren, aber dieser Zeitraum kann noch viel länger sein, wenn die Durchlässigkeit der Schächte geringer ist als in der pessimistischen Bewertung, die erstellt wurde. Eine Entwicklung, die im Gegensatz dazu zu einer schnelleren Flutung führt, besonders durch die starke Erhöhung der Durchlässigkeit der Schächte, ist weniger wahrscheinlich als in vielen anderen Salzbergwerken, kann jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Nach der Flutung können zwei Mechanismen die Stabilität der Masse der resultierenden Sole in Frage stellen. Die Existenz des ersten ist praktisch sicher, die des zweiten wahrscheinlich.

Der erste ist die weitere Konvergenz der unterirdischen Hohlräume mit einer reduzierten Geschwindigkeit, wenn die Flutung vollständig ist und die Wassersäulen der Sole in den Schächten einen gewissen Gegendruck bieten, der dem Verschluss der Hohlräume entgegenwirkt. Der zirkulierende Durchfluss, den man schätzen kann, befindet sich in einer Größenordnung von 1.000 m<sup>3</sup>/Jahr. Er reduziert sich noch im Laufe der Zeit, aber das unvermeidbare Endergebnis ist das Auspressen fast der gesamten beinhaltenen Sole, vielleicht erst nach einigen zehntausenden von Jahren. Bis dahin ist es wahrscheinlich, dass die Abfälle in der Salzmasse eingekapselt sein werden.

Der zweite ist die Einführung einer Strömung in der Tiefe aufgrund des Unterschiedes des hydraulischen Potenzials, der von Süden nach Norden in der oberflächlichen Grundwasserschicht auf der Höhe der verschlossenen Bergbauschächte entsteht. Die Existenz eines solchen Abflusses ist nicht nachgewiesen, da in einigen Konfigurationen eine stabile Grenzfläche zwischen der tiefen gesättigten Sole und der nicht gesättigten Sole näher an der Bodenoberfläche entstehen kann. Der zirkulierende Durchfluss, der in einem pessimistischen Schema angenommen werden kann, befindet sich in der Größenordnung von einigen zehn bis zu hundert m<sup>3</sup>/Jahr, die deutlich unter der Größenordnung liegt, von welcher der vorangehende Mechanismus ausgeht.

Die Anwesenheit solcher Bewegungen der Sole, die sich in den unterirdischen Hohlräumen und den Schächten befindet, bedeutet nicht notwendigerweise, dass die Sole in großer Menge in der Deponie selbst zirkuliert. Eine solche Zirkulation geht von einem Druckunterschied in der Sole zwischen einem Zugangspunkt zur Deponie und einem Austrittspunkt aus. Es gibt keinen offensichtlichen Grund, dass ein solcher Unterschied auftaucht und bleibt, aber es kann nicht ausgeschlossen werden.

Das Referenzszenario kann als wahrscheinlich angesehen werden, aber es enthält zahlreiche Unsicherheiten hinsichtlich der Geschwindigkeit der verschiedenen Phänomene.

Hinsichtlich des Einflusses auf das Grundwasser ist das Quecksilber der Schadstoff, der am besorgniserregendsten ist, aber es gibt auch weiterhin offene Fragen zum Antimon, dessen Chemie im Salzmilieu nur sehr wenig bekannt ist.

Die vorherigen Studien von Ineris, die dem COPIL bekannt wurden, zeigen eindeutig, dass man mit begründet pessimistischen Hypothesen berechnen kann, dass die Quecksilberkonzentration den aktuellen Trinkwasserschwellenwert im oberflächennahen Grundwasser überschreitet. Diese Prognose ist ungünstig, selbst wenn es sich um eine lokale Verunreinigung handelt, die eine begrenzte Fläche betrifft (ein Streifen von einer Länge von einigen Kilometern im Abstrom der Schächte, aus denen die Schadstoffe kommen).

Unter diesen Bedingungen ist es notwendig, die Wirksamkeit der Ausgleichsmaßnahmen zu betrachten und zu analysieren, die unabdingbar sind für die Entwicklung von Stocamine in Richtung einer unbefristeten Lagerung. Diese Maßnahmen sind die folgenden:

- Die Analyse und Bewertung des Zustandes der Steinsalzbarriere zwischen der Deponie und der abgebauten Kalischicht.
- Die Anbringung einer zusätzlichen technischen Barriere zwischen der Deponie und den oberflächennahen Grundwasserleitern. Diese Barriere muss nach zwei Prinzipien entworfen werden, um die Flutung zu verzögern und um die Konvergenzrate verbleibenden Hohlräume zu minimieren: i) In der Deponie muss durch Injektion geeigneter Materialien das Hohlräumvolumen minimiert werden, ii) es müssen zwischen den Kaliabbau und der Deponie 21 Verschlüsse an den Zugängen angebracht werden.
- Eine Rückholung des größten Teils (man könnte sich dazu entschließen, unter Tage eine kleine Anzahl von sehr schwer zugänglichen Fässern zu belassen) der Abfälle, die die Elemente einschließen, deren geochemisches Verhalten als am kritischsten angesehen wird (Quecksilber und eventuell Antimon sowie weitere Elemente, nach aktuellem Stand der Kenntnis). Es

ist wichtig, darauf zu achten, dass der Verbleib dieser Abfälle optimiert wird, wobei der COPIL im Falle des Quecksilbers das Recycling empfiehlt.

Der COPIL empfiehlt, im Sinne der bereits von Stocamine durchgeführten Studien, dass das Minimum der Hohlräume in der Deponie belassen wird, und dass alle Zugangswege zum Lager durch dichte Verschlüsse geschlossen werden, deren Entwurf sich an den zahlreichen, besonders in Deutschland durchgeführten technischen Studien orientieren kann.. Er empfiehlt auch, dass ein möglichst genaues Inventar der Abfälle erstellt wird, die chemische Elemente mit labilem Verhalten beinhalten, neben einer Bewertung der Möglichkeit ihrer Rückholung.

### **Überwachung**

Das Problem der Überwachung nach dem Verschluss ist vielen Anlagen unter Tage, Deponien für radioaktive Abfälle, CO<sub>2</sub>-Lagern und Deponien toxischer Abfälle gemeinsam.

Einerseits sucht man eine endgültige Lösung, die der Gemeinschaft und den zukünftigen Generationen keine Verpflichtung zur Überwachung auferlegt. Man achtet statt dessen darauf, dass die Sicherheit der Deponie nach ihrer Schließung vollständig passiv sichergestellt wird, d.h. durch das Zusammenspiel von natürlichen physischen Phänomenen (Verschluss der Hohlräume, Einkapselung der Abfälle, Dichtentrennung) und nachhaltigen künstlichen Barrieren. Bei einem gut entworfenen Lager ist das Eingreifen des Menschen nach der Schließung prinzipiell unnötig.

Andererseits wird das endgültige Gleichgewicht häufig erst nach den Entwicklungen nach der Schließung erreicht, die sich über mehrere Jahrzehnte erstrecken, wenn nicht sogar über mehrere Jahrhunderte (Verschluss der Hohlräume und Flutung). Diese Entwicklungen können manchmal Änderungen unterliegen (Beschleunigung der Flutung), so dass es sinnvoll erscheint, mindestens während eines bestimmten Zeitraums eine Überwachung einzurichten, die ermöglicht zu prüfen, ob das Deponiesystem sich wie in den Modellen vorgesehen verhält, und die das Vertrauen der Öffentlichkeit fördert.

Die Überwachung ermöglicht zudem, einen Erfahrungsaustausch sicherzustellen, der genutzt werden kann, um die Kenntnisse und zukünftigen Konzepte weiterzuentwickeln.

*Der COPIL empfiehlt, dass ein Überwachungssystem eingeführt wird.*

Die Überwachung muss die Qualitätskontrolle des Wassers in der Nähe der wahrscheinlichen Austrittsstellen (Schächte) an der Erdoberfläche und in den Grundwasserleiter auf der gewünschten Höhe sowie der Luftzusammensetzung unterhalb der Schachtköpfe beinhalten. Aber es handelt sich um Maßnahmen, die während eines langen Zeitraums keine Informationen liefern, wenn die Anlage sich wie vorgesehen verhält. Eine Information, die von jetzt an zugänglich ist, kann geliefert werden durch die Messung der Wassertiefe in den Bohrungen im Bergwerk, die Auskunft gibt über den Fortschritt der Flutung und den Verschluss der Hohlräume.

Die Einführung eines Messsystems für den Wasserspiegel in einem der Schächte Joseph oder Else ist nicht wünschenswert, da es ein Hindernis für die effiziente Schließung darstellen kann, und da die Ankunft der Sole erst in einem Jahrhundert oder später erfolgen wird. Das System müsste somit aus mehreren Bohrungen zur Überwachung bestehen, die ermöglichen, die Entwicklung der Flutung durch die Messung des Fortschreitens der Grenzfläche Luft/Sole in der Anlage zu verfolgen. Man bräuchte normalerweise zwei davon in der Nähe des Lagerbereichs. Dennoch könnte es sein, dass sie im normalen Entwicklungsszenario dazu führen, dass eine Luft/Sole-Grenzfläche erst in einigen Jahrzehnten detektiert werden kann. Man muss somit mindestens eine weitere Bohrung vorsehen, die Zugang verschafft zu einem Bereich tiefer im Bergwerk Amélie, wo die Sole früher ankommt oder bereits angekommen ist. Somit könnte man die Entwicklung der Luft/Sole-Grenzfläche im Bergwerk verfolgen und analysieren, die Flutungsgeschwindigkeit prüfen durch Nutzung des Risswerks der Hohlräume unter Tage und eine eventuell schnellere Entwicklung feststellen.

Wir merken an, dass abhängig von den Ergebnissen der Überwachung der Pegel der Sole es durch Bohrungen möglich wäre, in der Zukunft ein Abpumpen vorzusehen, das ermöglicht, die Flutung der

Deponie selbst zu verzögern. Die geschätzten Flutungsdurchflüsse sind vollständig mit einem solchen Vorgehen kompatibel.

*Eine solche Überwachung betrifft die Flutung der Kaliabbaue und ist unabhängig von der Zukunft der Abfälle in Stocamine. Die Verpflichtung zur Überwachung ist prinzipiell nicht zeitlich begrenzt. Ihre Ergebnisse müssen regelmäßig interpretiert und bewertet werden, um daraus die eventuell zu treffenden Maßnahmen abzuleiten. Es könnte sich als gut erweisen, ein Zeitintervall festzulegen, nach dem eine vollständige Betrachtung der Ergebnisse stattfindet.*

*Die Ergebnisse dieser Überwachung müssen der Öffentlichkeit regelmäßig mitgeteilt werden.*

*Der Auslass der Luft, die sich im oberen Teil des Bergwerks befindet, muss zum entsprechenden Zeitpunkt erfolgen, und eine Bohrung zur Überwachung des Luftdrucks müsste zu diesem Zweck im oberen Teil der Kaliabbauen durchgeführt werden.*

## **Referenzen**

Stocamine. BMG. Stockage souterrain de Wittelsheim : évaluation technique de la variante de la mise en oeuvre de la réversibilité [Untertagedeponie von Wittelsheim: Technische Bewertung der Version der Umsetzung der Rückholbarkeit]. Dokument vom 27. Juni 2006.

Stocamine. Institut de sûreté (IdS). Détermination des dangers [Bestimmung der Gefahren], Bericht 04.wh.002.303517 vom 15. Juli 2004. Nr. 29.

Stocamine. AGC Groupe PROMAN. B. Feuga. 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 [Vergleich zwischen den Isolierungsbedingungen der Abfälle am Standort der Deponie Stocamine und an einigen deutschen Lagerstandorten in Salz- oder Kalibergwerken]. März 2010.

Stocamine. Ecole des Mines de Paris, CGES. F. Hadj-Hassen und M. Tijani. Actualisation de l'étude de stabilité de déchets toxiques dans la mine Amélie [Aktualisierung der Studie zur Stabilität toxischer Abfälle im Bergwerk Amélie]. Februar 2006.

Stocamine. Déstockage dans le bloc 11 [Rückholung im Block 11], Mitteilung von H. Haegelin, 11. Februar 2004.

P. Bérest, B. Brouard, B. Feuga. Abandon des mines de sel : faut-il envoyer ? [Schließung von Salzbergwerken: Soll man fluten?] Revue Française de Géotechnique, Nr. 106-107, 1. Quartal 2004, S. 53-71.

Stocamine. Ineris. Stockage souterrain de Stocamine (68). Etude hydrogéologique de l'ennoyage du site. [Untertagedeponie von Stocamine (68). Hydrogeologische Studie der Flutung des Standorts.] Studienbericht DRS-10-108130-12810B vom 9. März 2011.

Stocamine. Ineris. Etude géomécanique du stockage de Stocamine [Geomechanische Studie der Deponie Stocamine]. Studienbericht DRS 10-108130-130-14273A vom 23. Dezember 2010.