

# Rapport de fin de chantier : Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



Rédacteurs	Correcteur	Approbateur
Benjamin BAUER CURIUM Ingénieur chantier	Nicolas POUYAU CURIUM Responsable opérationnel	Renaud VENCATASSIN CURIUM Président Directeur Général
Benoit THEPAUT BG Ingénieurs Conseils Chef de projet		

## Table des matières

1.	Contexte / Introduction .....	4
1.1.	Historique du site .....	4
1.2.	Description des opérations de déstockage envisagées initialement .....	6
2.	Déroulement / historique du chantier .....	13
2.1.	Résumé temporel des grandes étapes .....	13
2.2.	Expédition des déchets déstockés en filières d'élimination .....	21
2.3.	Présentation des méthodes de travail principales dans leur version finale .....	23
2.4.	Présentation du gros équipement approvisionné et utilisé pour faire face aux différents risques du chantier .....	38
3.	Bilan technique .....	42
3.1.	Bilan des opérations .....	42
3.2.	Bilan sur la gestion du personnel et ses compétences : .....	50
4.	Bilan financier et contractuel .....	52
4.1.	Marché déstockage partiel .....	52
4.1.1.	Bases contractuelles .....	52
4.1.2.	Dépenses contrôlées .....	54
4.1.2.1.	Matériel hors consommables .....	55
4.1.2.1.1.	Cas particulier des Gopher .....	55
4.1.2.1.2.	Cas particuliers d'achats de matériel hors peines et soins .....	56
4.1.2.2.	Consommables et stocks critiques .....	57
4.1.2.3.	Dépenses liées à l'hygiène et sécurité .....	57
4.1.3.	Dépenses de personnel en régie .....	59
4.1.4.	Dépenses liées à la location des engins spécifiques au chantier .....	61
4.2.	Dépenses globales du déstockage .....	61
4.3.	Bilan des économies réalisées .....	63
4.4.	Éléments critiques de la gestion financière du déstockage .....	63
1.1.	Marché stockage agréé .....	64
1.1.1.	Bases contractuelles .....	64
2.	Bilan H&S .....	65
2.1.	Synthèse du rapport APAVE .....	65
2.2.	Définition des mesures de sécurité pour assurer la protection du personnel présent sur site .....	67
3.	Retour d'expérience par évènement majeur du chantier .....	68
3.1.	Reconditionnement .....	68
3.2.	Déstockage avec traitement de plaque décollée au toit + manutention des étauçons .....	70
3.3.	Dégonflage de big-bag .....	71
3.4.	Transport de colis .....	72

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

3.5.	Protection contre la contamination croisée.....	73
3.6.	Traitement du mercure liquide .....	74
3.7.	Traitement colis instables.....	74
3.8.	Tierces expertises .....	75
4.	Missions et Actions du MOER sur le chantier .....	76
4.1.	Définition des protections au début du chantier .....	76
4.2.	Organisation et optimisation du travail .....	76
4.3.	Evaluation du risque chimique à l'avancement .....	77
4.4.	Force de proposition .....	77
4.5.	Validation de la décontamination des fronts.....	77
4.6.	Recherche de filières de traitement pour les déchets non acceptés par GSES.....	79
4.7.	Reporting.....	82
5.	Conclusion.....	82

## 1. Contexte / Introduction

### 1.1. Historique du site

Extrait du site [www.stocamine.com](http://www.stocamine.com) :

« Le Projet StocaMine est né dans les années 1980 de la nécessité de la création d'un centre de stockage de déchets ultimes en France et de la politique de reconversion du bassin d'emplois suite à la fermeture programmée des Mines de Potasse d'Alsace (MDPA) à l'échéance 2004. Il s'est inspiré de l'expérience des sites allemands de stockage souterrain déjà en activité et particulièrement de celui de réalisé dans la mine de sel de Herfa Neurode.

Les porteurs du projet étaient la société EMC et ses filiales d'alors, les entreprises MDPa et TREDI.

Le projet prévoyait de stocker les déchets au droit de l'ancienne mine Joseph-Else, située sur le ban communal de Wittelsheim dans le Haut-Rhin. Les déchets seraient enfouis à -535 mètres, sous 300 mètres de sel gemme dans des galeries creusées dans le sel sous le gisement de potasse exploité par les MDPa.

StocaMine devait devenir le centre de stockage de déchets de "classe 1" pour la région Alsace et le centre de "classe 0" pour la France métropolitaine.

En 1991, le projet a obtenu un avis favorable à l'issue de la première enquête publique. Dans le même temps, la nouvelle loi sur les déchets était votée en 1992. Cette loi a imposé de nouvelles conditions et a en particulier introduit le principe de réversibilité du stockage et son pré financement. Dans le but de se mettre en conformité avec cette loi, les initiateurs ont réaménagé le projet et l'ont soumis à nouveau au processus administratif d'autorisation. Le dossier d'enquête publique déposé à l'époque résumait le projet. Il a obtenu unanimement un avis favorable des parties consultées.

En février 1997, l'arrêté préfectoral portant autorisation d'exploiter a été publié. Avant la réception des premiers colis en février 1999, les actions suivantes ont été engagées :

- Création d'une CLIS, Commission Locale d'Information et de Surveillance, présidée par le Préfet et regroupant à parité des représentants de 5 collèges : les élus, les administrations, les associations pour la protection de la nature, l'exploitant et les représentants du personnel des MDPa.
- Constitution d'un GIP, Groupement d'Intérêt Public, à parité entre StocaMine et la mairie de Wittelsheim, financé par une dotation annuelle versée par StocaMine correspondant à 7 % du chiffre d'affaires de la société avec un minimum de 0,3 M€ par an.
- Réalisation de travaux d'infrastructure : route d'accès au site, pont de franchissement de la voie ferrée Mulhouse/Kruth, embranchement ferroviaire.
- Construction des bâtiments administratifs, d'exploitation et de réception des déchets.
- Creusement des galeries de stockage à partir de 1998.

Fin 2004, l'Etat a repris la SA MDPa en direct. Les parts de TREDI SECHE (TREDI a été vendu par le groupe EMC à Séché en 2002) ainsi que celles de l'EMC dans StocaMine ont été transférées aux MDPa. StocaMine est ainsi devenue filiale à 100 % des MDPa. »

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



De 1998 à 2002, StocaMine stocke 44 000 t de déchets. Pour chaque déchet, des analyses chimiques sont effectuées sur échantillon. Les résultats et les échantillons restants sont conservés. Seuls les déchets amiantés, qu'il n'est pas autorisé d'ouvrir, ne sont pas analysés. Au fond, chaque emplacement de colis est clairement identifié et sa position est rigoureusement renseignée dans une base de données au jour, compilant également les résultats d'analyse.

Les analyses de composition ont été réalisées à l'aide d'un spectromètre à fluorescence X (ancienne génération). Ce matériel d'analyse permet la détection d'une grande quantité d'éléments chimiques (mais sans savoir sous quelle forme ils sont présents).

Le 10 septembre 2002, un incendie au fond a été détecté, provenant du bloc 15 en cours de stockage. Il a fallu alors un peu plus de 2 mois pour maîtriser et éteindre totalement toute trace d'échauffement.

L'activité de stockage, qui n'avait pas encore atteint son point d'équilibre, a été compromise par les conséquences de l'incendie et a dû être arrêtée définitivement en septembre 2003.

*« Depuis l'arrêt de l'activité d'apport de déchets en 2002, et après la décision prise de mettre un terme à cette activité, de nombreuses études ont été réalisées pour proposer une solution définitive de fermeture de StocaMine.*

*Aussi en 2008, le ministre d'Etat, ministre de l'Ecologie de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire a diligenté une mission d'expertise pour cerner les conditions juridiques, techniques et financières de la mise en œuvre des deux options envisageables pour la fermeture du stockage de déchets ultimes exploité par StocaMine : le confinement au fond ou le déstockage (voire partiel) par la remontée des déchets au jour et leur déplacement vers d'autres sites de stockage agréés en France et en Allemagne.*

*Cette mission a été confiée à Messieurs Marc CAFFET, Ingénieur Général des Mines et Bruno SAUVALLÉ, Ingénieur en Chef des Mines, qui ont remis les conclusions de leur étude en juin 2010. Ce rapport a été présenté à la Commission Locale d'Information et de Sécurité de StocaMine le 16 septembre 2010 par Monsieur CAFFET, son rédacteur.*

*Parallèlement et afin de pouvoir élaborer le dossier de fermeture de StocaMine demandé par la loi et procéder aux études et expertises complémentaires nécessaires, StocaMine a fait appel fin 2009 à l'INERIS. » (extrait du site [www.stocamine.com](http://www.stocamine.com))*

Au 1<sup>er</sup> janvier 2009, l'entreprise MDPA est dissoute et mise en liquidation amiable. L'actionnaire principal des MDPA est l'Etat français.

Suite à la réalisation des différentes études sur le stockage, compte tenu des éléments présents dans les déchets au fond et leur quantité, le mercure est identifié comme étant l'élément potentiellement le plus pénalisant pour la nappe phréatique rhénane. A la demande de leur actionnaire, les MDPA lui soumettent fin 2011 plusieurs scénarii : confinement du site sans déstockage, déstockage partiel de 56% du mercure et confinement du site, déstockage partiel de 93% du mercure et confinement du site, déstockage total du site. Le ministre de l'environnement en place fin 2012

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

demande aux MDPAs de mettre en œuvre le scénario de déstockage partiel de 56% du mercure et de déposer un dossier de confinement illimité portant sur le reste.

Soumis à la réglementation des marchés publics, les MDPAs, maître d'ouvrage MOA, ont alors passé un appel d'offre européen pour les différents marchés identifiés :

- Marché déstockage : confié à l'entreprise minière allemande SAARMontan
- Marché restockage (expédition des déchets déstockés vers des centres agréés) : confié à Lingenheld Environnement
- Marché prévention des risques liés à la coactivité (Assistance à maîtrise d'ouvrage AMO) : confié à l'APAVE
- Marché maîtrise d'œuvre réalisation (MOER) : confié au groupement d'entreprises BG/CURIUM

Quant à l'entretien de la mine et la maintenance de ses installations, ils sont confiés par les MDPAs à l'entreprise polonaise KOPEX depuis 2007.

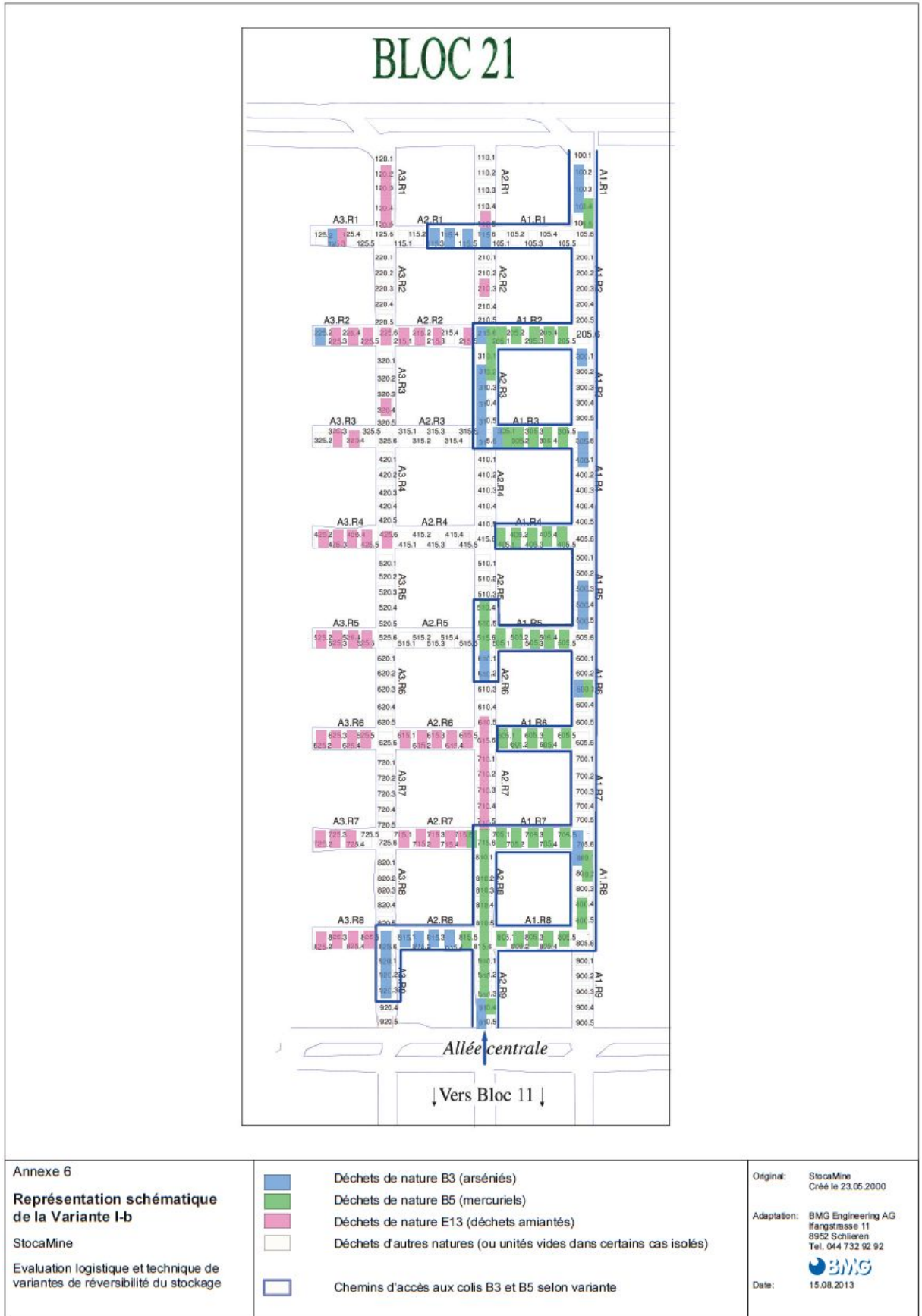
### 1.2. Description des opérations de déstockage envisagées initialement

En cours d'exploitation, les analyses chimiques effectuées par spectrométrie à fluorescence X par StocaMine ont indiqué la présence de mercure dans les déchets classés « B5 – déchets mercuriels » et dans les déchets classés « B3- déchets arséniés » avec des concentrations évidemment variables car les déchets provenaient de plusieurs producteurs différents et ont été générés par des procédés très variés. Les scénarii de déstockage de 56% et 93% du mercure ont été alors établis à l'aide de ces données et en fonction de la répartition des déchets concernés dans les blocs de stockage. Des cheminements cohérents ont été définis pour extraire un maximum de ces déchets avec un trajet minimum et en évitant le plus possible de manipuler des déchets amiantés (législation complexe).

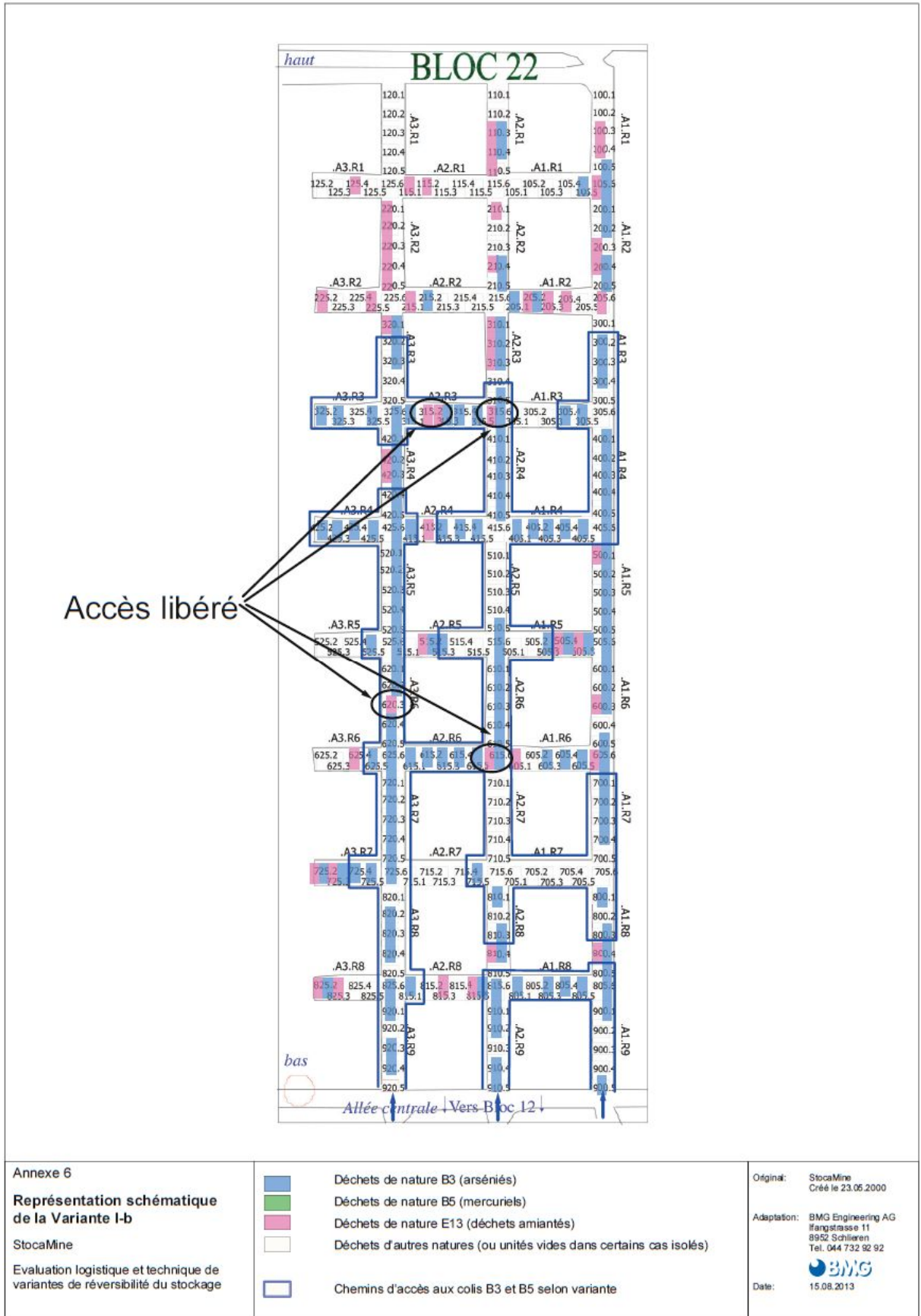
Les cheminements suivants ont été obtenus :

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

1.2.1. Scénario 56%



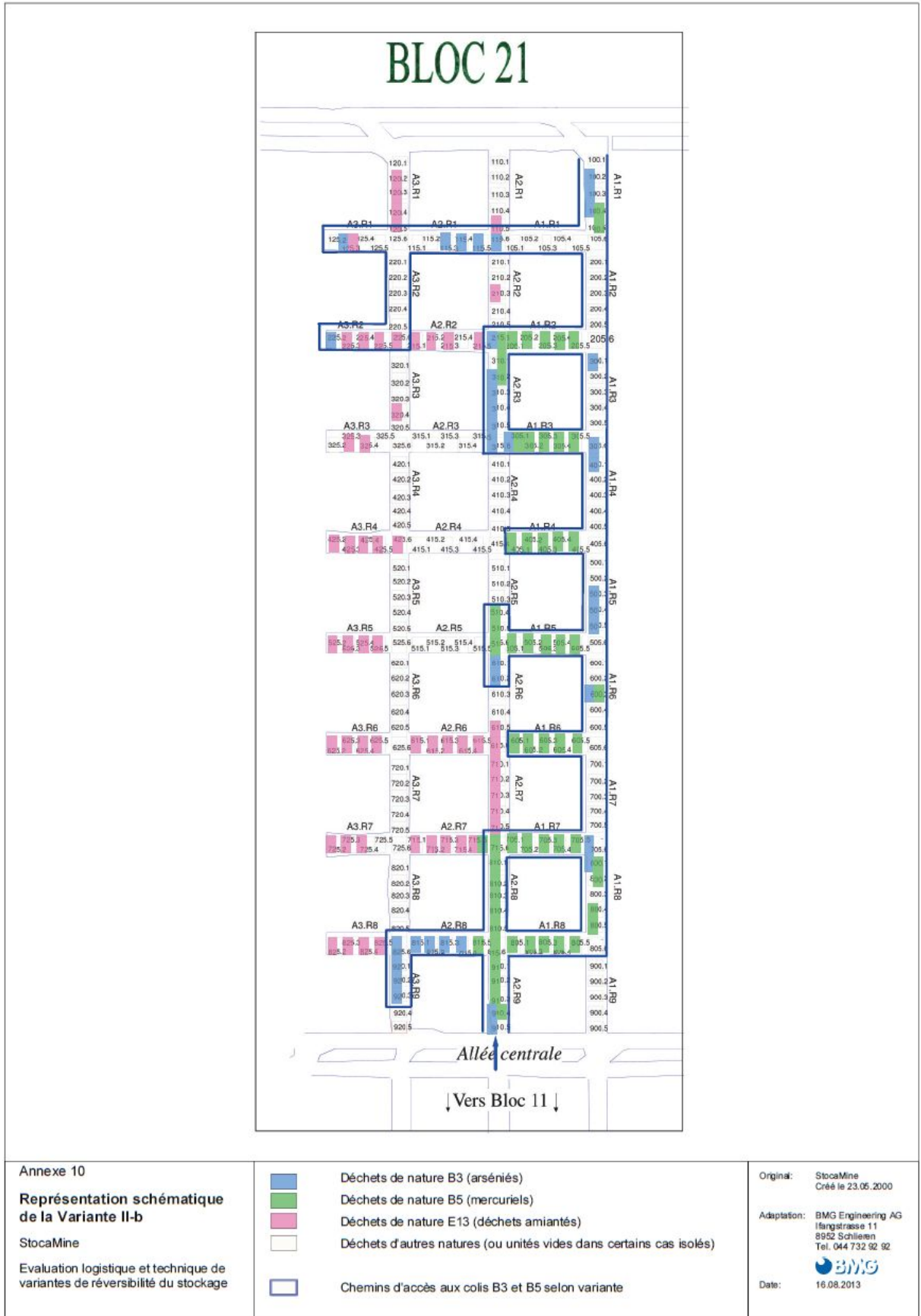
Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



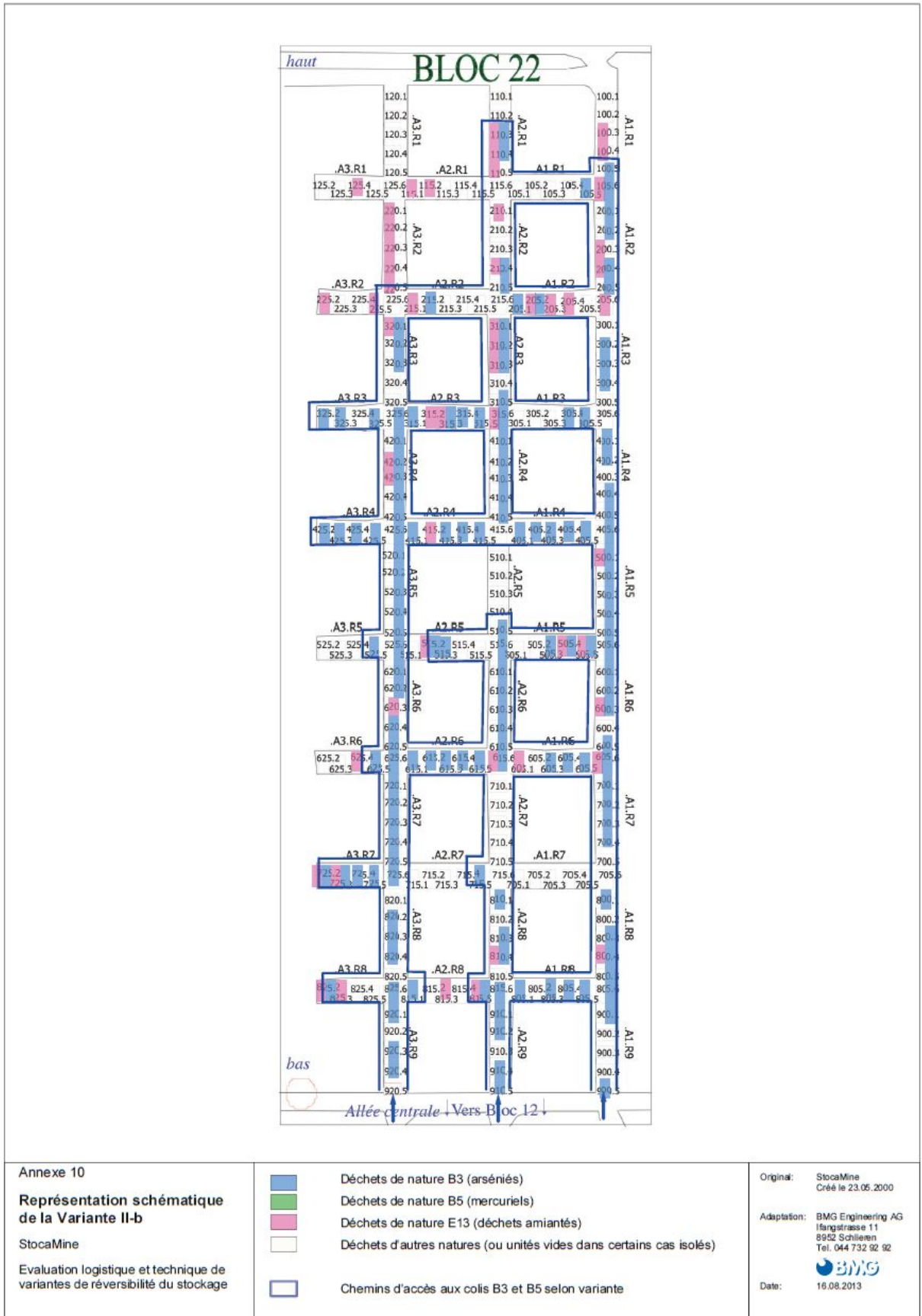


Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

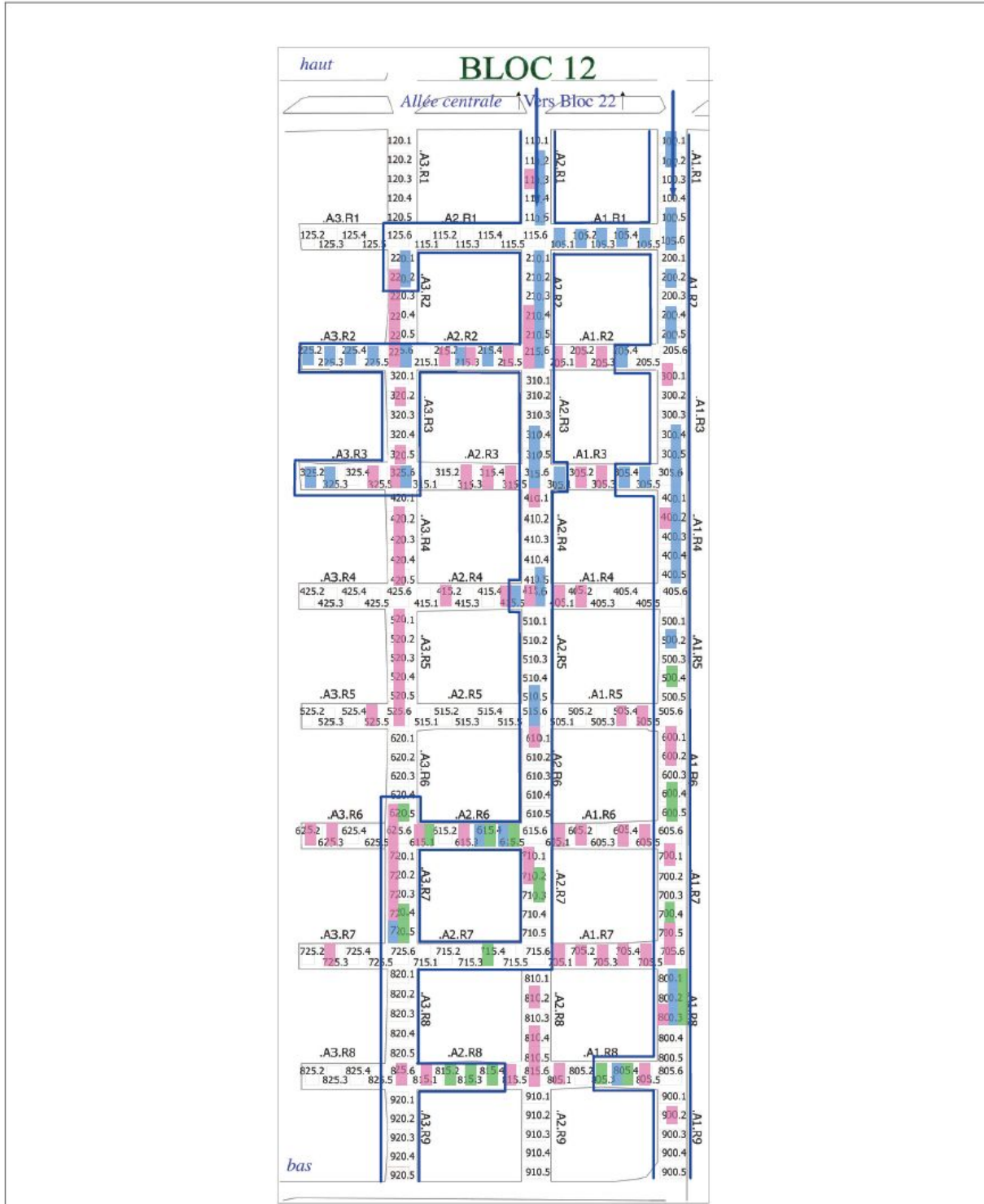
1.2.2. Scénario 93%




Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

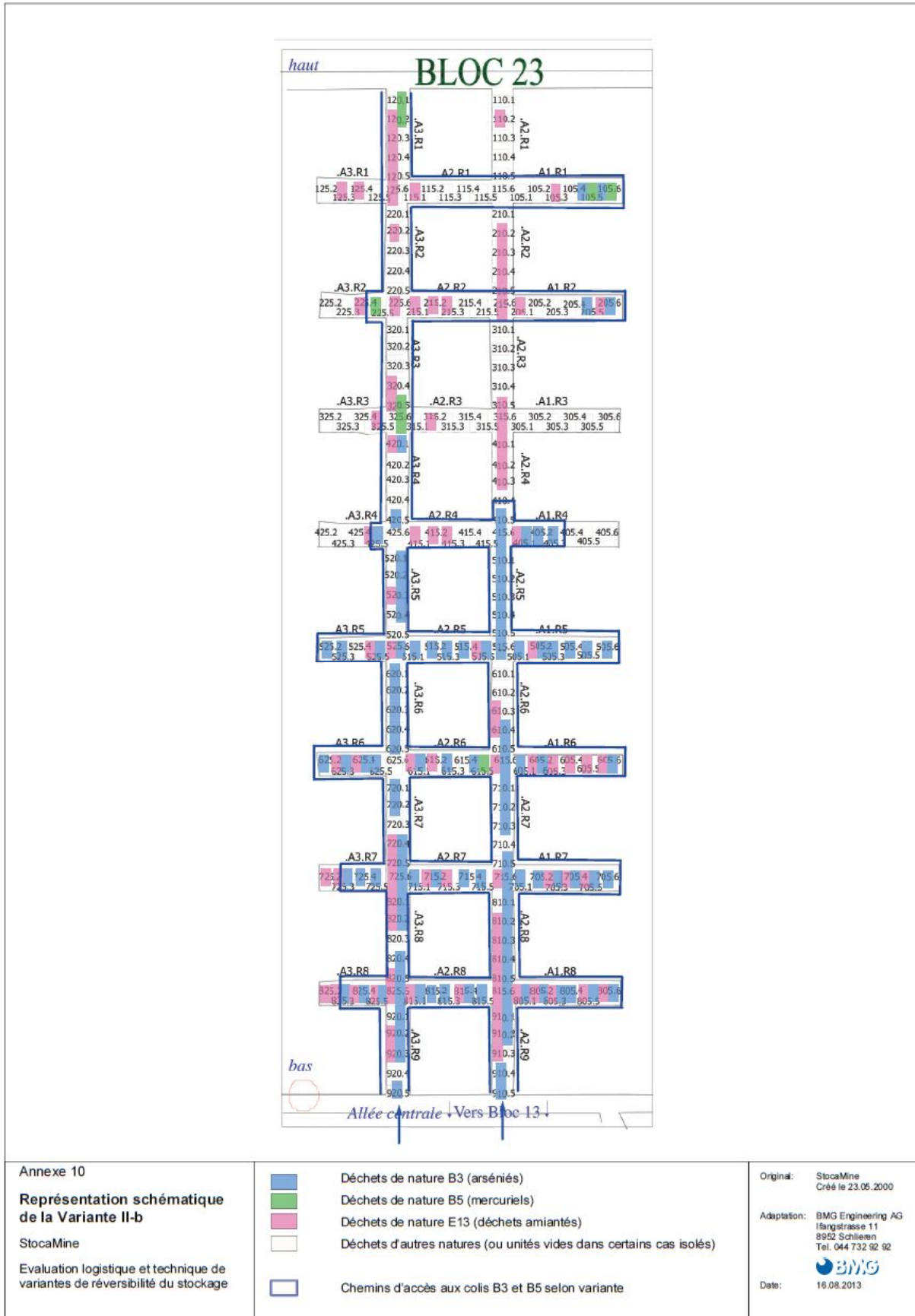


**Rapport de fin de chantier**  
**Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine**



<p>Annexe 10</p> <p><b>Représentation schématique de la Variante II-b</b></p> <p>StocaMine</p> <p>Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #4F81BD; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Déchets de nature B3 (arséniés)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #92D050; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Déchets de nature B5 (mercuriels)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #E67E22; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Déchets de nature E13 (déchets amiantés)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #FFFFFF; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 2px solid #4F81BD; margin-right: 5px;"></span> Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante</li> </ul>	<p>Original: StocaMine Créé le 23.05.2000</p> <p>Adaptation: BMG Engineering AG Ifangstrasse 11 8952 Schleien Tel. 044 732 92 92</p> <p align="center"></p> <p>Date: 16.08.2013</p>
--	--	--

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

### 2. Déroulement / historique du chantier 2.1. Résumé temporel des grandes étapes

2014								2015																	
mai-14	juin-14	juil-14	août-14	sept-14	oct-14	nov-14	déc-14	janv-15	févr-15	mars-15	avr-15	mai-15	juin-15	juil-15	août-15	sept-15	oct-15	nov-15	déc-15						
<b>Installation du chantier :</b> * base vie fond * sas de décontamination * vestiaire d'approche * base vie jour * dépoussiéreur * ventilateurs * AUSA * salle des masques provisoire au jour		Déstockage B21A3 pilier AJ1D-R8 selon le cycle : * passage en zone rouge * extraction de colis * reconditionnement (pour les colis à déstocker) en caisses 3 fûts * nettoyage et contrôle FX * passage en zone verte * havage redan au mur à l'aide de la Volvo * boulonnage toit et parements * prolongement de la ligne de canars * passage à nouveau en zone rouge...						Déstockage B21A1 pilier AJ1D-R8		Déstockage B21R8 de A2 vers A3 : * arrêt des opérations en milieu de pilier (toit décollé à 1,90m et posé sur les fûts)		* Arrivée de la haveuse Alpine. Formation puis machine en panne en attente de réparation. * Logiciel TIMCOD : Nouvelle offre reçue répondant au nouveau cahier des charges.		Déstockage de B21A1 pilier R7-R6		Expertise du déstockage par K-UTEC : suite à cela, décision du préfet et de la DREAL d'interdire le déstockage de colis sous contrainte d'un toit décollé tant qu'une méthode sécuritaire n'a pas été trouvée pour gérer cette situation. => arrêt du déstockage en A1 (toit décollé, fissuré, reposant sur des colis) et choix de passer par A2 pour progresser dans le B21.		Mise en place d'un mode opératoire d'extraction de 2 fronts consécutifs sans passage en zone verte dans des conditions minières bonnes.		Déstockage de B21A1 de R6 vers R5.		Abandon du système TIMCOD remplacé par une base de données mise en place par CURIUM pour le suivi logistique des mouvements de colis.		Déstockage de B21R4 de A2 vers A1.	
<b>Essais et formations :</b> * manipulation de canars * havage à l'aide d'une pelle mécanique Volvo modifiée en haveuse * boulonnage * aspirateur 11 kW * habillage/deshabillage tenue zone rouge * aspirateur et vis sans fin Gericke pour transfert de contenu de big-bag à big-bag * aspirateur de dégazage des fûts * reconditionnement de fûts * Transport de colis * endoscopie * entretien appareils de protection respiratoire * TIMCOD (système informatique pour le suivi des colis) => abandonné				Déstockage B21A2 pilier AJ1D-R8 : * reconditionnement en palette 2 sur-fûts * reconditionnement délocalisé en B21A3 pour ne pas polluer le front en A2 et pour ne pas nécessiter une hauteur importante à front et pouvoir ainsi se passer du havage * confection d'une rampe progressive pour s'affranchir du havage de la marche à chaque front				Arrêt de déstockage en B21A2 juste après le carrefour A2-R8 : toit fortement décollé reposant sur les colis. Attente de l'arrivée de la nouvelle haveuse Alpine (correspond au faible gabarit du chantier)		Déstockage de B21R8 de A1 vers A2		Déstockage de B21R7 de A1 vers A2		Reprise du déstockage de B21A2 de R8 à R7 : * havage du toit fortement décollé à l'aide de l'Alpine ou la Volvo lors des pannes de l'Alpine * sécurisation provisoire du toit avant havage par boulons en fibre de verre => procédure pas encore au point * remplacement par une sécurisation provisoire par pose d'étauçons hydrauliques		Déstockage de B21A2 de R6 à R7 : * rencontre de déchets amiantés en grande quantité * passage d'une formation amiante par les différents intervenants du déstockage * déroulé des opérations en équivalent sous-section 4 du code du travail		Déstockage de B21A2 de R6 à R5 : * Arrêt du havage du toit, conditions minières à nouveau bonnes.		Déstockage de B21A2 de R5 à R4.		Constatation d'écarts importants sur les analyses de mercure dans les déchets arsénisés entre StocaMine et les centres de stockage des déchets extraits (interférence entre l'arsenic et le mercure avec l'appareil d'analyse utilisé par StocaMine). * Réalisation d'une campagne d'analyses contradictoires à l'aide des échantillons conservés sur site dans des laboratoires externes agréés -> les déchets arsénisés ne contiennent quasiment pas de mercure !! * Redéfinition des colis à déstocker et du cheminement pour les atteindre afin de répondre à l'objectif de déstockage de 93% du mercure sur la base des nouvelles analyses.			
<b>Travail sur 1 poste par jour pour le chantier de déstockage</b>		B11 - déplacement de colis pour optimiser la place disponible pour le restockage et boulonnage des galeries découvertes lors de cette opération		Installation salle des masques définitive au fond		Expédition du premier camion de déchets vers l'Allemagne		Passage à 2 postes par jour pour le chantier de déstockage		Installation de l'atelier de reconditionnement en B21A3 et essais puis utilisation en routine.		Déstockage B21A1 pilier R8-R7		Achat de matériel pour automatiser le lavage et séchage des masques et diminuer l'effectif dédié à cette tâche.		Elaboration d'un mode opératoire de traitement de colis sous un toit décollé (sécurisation toit par étauçons et boulons fibre de verre puis havage) => accord de K. UTEC et de la DREAL d'opérer par ce moyen.		Acheminement d'un gros aspirateur industriel 37 kW pour l'aspiration de big-bags et le nettoyage de la zone rouge		Déstockage de B21A2 de R4 à R3.					
																Déstockage de B21R6 de A2 vers A1.		Déstockage de B21R5 de A2 à A1.		Déstockage de B21A2 de R3 vers R2.					

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

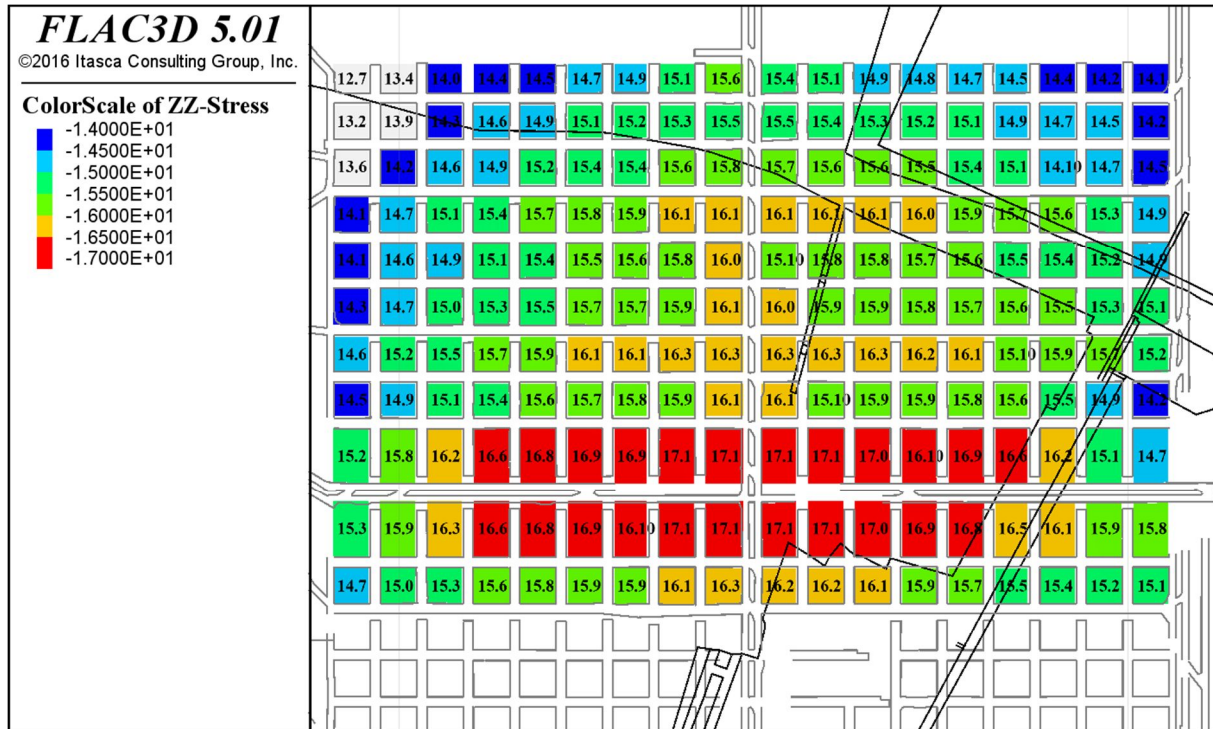
2016												2017												
janv-16	févr-16	mars-16	avr-16	mai-16	juin-16	juil-16	août-16	sept-16	oct-16	nov-16	déc-16	janv-17	févr-17	mars-17	avr-17	mai-17	juin-17	juil-17	août-17	sept-17	oct-17	nov-17	déc-17	
Déstockage de B21R3 de A2 vers A1.	Mise en place de nouveaux sas et vestiaires pour le traitement du B12.		En série du dépoussiéreur assurant une filtration H11, des filtres H13 et H14 ont été installés (ainsi que de nouveaux ventilateurs plus puissants pour vaincre cette nouvelle perte de charge) afin de mieux filtrer l'air du chantier vis-à-vis des problématiques	Épandage important de produits arsénisés à front au B12 non traité de suite. Transport de la pollution par contamination croisée loin du front et jusqu'en zone verte => Mise en place de mesures correctives pour éviter la reproduction de l'évènement.	Achat d'une machine pour raboter efficacement le mur en surface lorsqu'il est contaminé => gain de temps sur le nettoyage.	Déstockage de B12R2 de A1 vers A2 dans de bonnes conditions minières.	Déstockage de B12A1 de R2 vers R3 toujours dans de mauvaises conditions minières.			Déstockage de B12A1 de R4 vers R5 toujours dans de mauvaises conditions minières.		Déstockage de B12A1 de R5 vers R6 toujours dans de mauvaises conditions minières.		Déstockage de B12A1 de R6 vers R7 toujours dans de mauvaises conditions minières. * tenue du toit au lieu du havage; car présence de lames métalliques datant de StocaMine. * havage du mur soufflé. * havage du parement droit fortement décollé en milieu de pilier.	En prévision du déstockage du B23 en passant par l'arrière de l'allée 3 et par 2 recoupes => opération de havage de pilier pour accès direct aux recoupes depuis AO2T.	Déstockage de B12R5 de A1 vers A2, de B12A2 de R5 vers R4 et de R5 vers R6, puis de B12R5 de A2 vers A3 => <b>FIN B21</b>	Déstockage de B23R1 de AO2T vers A2 dans de bonnes conditions minières.	Déstockage de B23A3 de RAS2 vers R1 dans des conditions minières moyennes.				Déstockage de B23A3 de R2 à R3 dans de très mauvaises conditions minières. * Reprise de la sécurisation provisoire du toit par boulons en fibre de verre et étançons. * Reprise du havage du toit. <b>FIN B23!</b> <b>FIN DESTOCKAGE!</b>		
Déstockage de B21A2 de R3 à R2.	Déstockage de B21A1 de R2 à R1.	Déstockage de B11R4 de A3 vers A2 et de A3 vers l'aval. <b>FIN B11!</b>		Déstockage de B12R1 de A1 vers A2.	Expertise des méthodes de travail par K-UTEC => le travail peut être poursuivi par ces méthodes.		Expertise du chantier de déstockage par un autre tiers-expert moyennant plusieurs visites			Déstockage de B12R4 de A1 vers A2.		Déstockage de B12R5 de A1 vers A2.	Rendu du rapport de tierce-expertise => méthodes validées. Quelques remarques toutefois. Un plan d'action a été mis en place pour y répondre.	Signature par le préfet de l'arrêté préfectoral autorisant le stockage illimité des déchets dans la mine après retrait de 93% du mercure et retrait des produits phytosanitaires contenant du zirame.	Déstockage de B12R7 de A1 vers A2.	Déstockage de B12R8 de A1 vers A2 dans de bonnes conditions minières moyennes.		Déstockage de B23R6 de AO2T vers A2 dans de bonnes conditions minières.		Déstockage de B23R1 de A3 vers le B22 dans de bonnes conditions minières.	Déstockage de B23R2 dans de bonnes conditions minières.			
Déstockage de B21R2 de A2 vers A1.	Déstockage de B21A1 de R1 vers RAS2. <b>FIN B21!</b>	Déstockage de B12A1 de AJ1T vers R1. * Important redan au mur annulé progressivement par confection d'une rampe * Mur fortement soufflé et big-bags comprimés entre le toit et le mur * Manipulation de big-bags de déchets arsénisés très concentrés, très pulvérisés et sous pression des terrains * Forte contamination de la zone de travail à l'arsenic et difficulté au nettoyage (piquage du mur soufflé en profondeur) * Fine plaque décollée au toit. Sécurisation provisoire du toit puis havage à partir du carrefour A1-R1.		Déstockage de B12A1 de R1 vers R2 toujours dans de mauvaises conditions minières.			Déstockage de B12A1 de R3 vers R4 toujours dans de mauvaises conditions minières.						Décision du préfet et de la DREAL de déstocker également les déchets phytosanitaires contenant du zirame (non prévus initialement).	Déstockage de B12A2 de R6 à R7 puis de B12R7 de A2 à A3 puis de A3 de R7 à R6 dans de bonnes conditions minières.	Déstockage de B12A1 de R7 vers R8 toujours dans de mauvaises conditions minières. * toit toujours tenu car présence de lames historiques	Des produits phytosanitaires contenant du zirame et non présents sur le cheminement prévu étaient encore présent en B12R5 => Nouveau cheminement en R5.		Découverte de billes de mercure liquide à front au B23 échappées d'un colis mercuriel. Nettoyage par aspiration en suivant les habitudes. La mise en dépression a causé l'évaporation du mercure et a envoyé des vapeurs de mercure dans la mine. Les quelques opérateurs non protégés se trouvant sur le chemin n'ont heureusement pas respiré suffisamment de vapeurs pour avoir des conséquences sur la santé. L'aspirateur 37 kW a été fortement pollué au mercure.	Déstockage de B23A3 de R1 à R2 dans de mauvaises conditions minières. * tenue du toit par pose de lames resserées et Grillex. * utilisation d'étançons.	Visite de la DREAL du chantier en conditions minières dégradées. Accord pour poursuivre le déstockage sachant qu'il ne restait que quelques fronts et que la méthode est acceptable. Un rappel à la sécurité a néanmoins été donné.				
Déstockage de B21A1 de R2 vers R3.	Déstockage de B11A3 de R2 à R4.						Déstockage de B12R3 de A1 vers A2.			Enquête publique sur la fermeture du stockage.			Déstockage de B12R6 de A1 vers A2 puis de A2 vers A3 dans de très bonnes conditions minières. Déstockage de B12A2 de R6 vers R5 aussi en bonnes conditions.		Déstockage de B12R8 de A2 vers A3 dans de bonnes conditions minières.	Déstockage de B23R6 de A2 vers A3 dans de bonnes conditions minières.					Opérations de démantèlement du chantier et restitution du matériel aux MDPA.			

Quelques évènements notables apparaissent en brun et orange foncé dans les tableaux ci-dessus. Voici quelques commentaires à leur sujet :

Le cheminement présenté au chapitre précédent était un cheminement théorique. Dans la pratique, il a été amené à évoluer pour plusieurs raisons. Premièrement, les conditions minières ont perturbé l'avancement. Le chantier de déstockage a été imaginé préalablement comme étant des manutentions simples n'impliquant que l'utilisation d'un chariot élévateur. Il devait durer 12,38 mois (au final, 44 mois auront été nécessaires, phases d'installation, d'essais et de repli inclus). Seulement, ces galeries, non entretenues pendant une quinzaine d'années, n'ont pas été trouvées dans l'état escompté. Les effets de convergence (fermeture progressive naturelle de la section de la galerie pour éliminer le vide laissé) ont engendré une diminution voire disparition du vide laissé initialement entre les colis et les parois (toit et parements). De plus, des décollements de toit importants ont été rencontrés compliquant fortement les opérations d'extraction des déchets en toute sécurité (voir photo ci-dessous). Le cheminement a alors été modifié plusieurs fois compte-tenu des conditions minières (notamment en juillet 2015).

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

La prise en compte également d'une modélisation des contraintes minières du stockage a permis d'estimer les zones dans lesquelles de mauvaises conditions minières devaient être présentes. Cette modélisation a alors également influencé le cheminement choisi pour le B23 pour éviter au mieux les zones à risques (l'étude de contrainte a été reçue en cours de déstockage du B12).



Sur ce schéma des contraintes, chaque bloc de couleur correspond à un pilier, les lignes blanches entre les piliers sont donc les allées et les recoupes. Pour mieux se repérer, les blocs sont positionnés comme suit sur l'image :

B11 (3 allées)	Voie AJ1T	B21 (3 allées)
B12 (3 allées)		B22 (3 allées)
B13 (2 allées)	/	B23 (2 allées)
Voie AQ1	AJ1D	Voie AQ2
B14 (2 allées)		B24 (2 allées)

Le dégradé de couleurs du bleu au rouge décrit la force de la contrainte qui se donne sur les piliers selon les calculs de modélisation. Cette étude a donc contribué au choix de passer par l'arrière du B23 (droite de l'image) plutôt que par l'avant en AJ1 (centre de l'image).

Deuxièmement, le cheminement a été fortement modifié suite aux constats de l'entreprise de traitement des déchets retenue pour le restockage des déchets. Dans le cadre de la procédure de transfert transfrontalier des déchets, des analyses pour confirmer la compatibilité du déchet avec leur centre sont réalisées. Suite à ces analyses, les analystes ont remarqué que les déchets classés déchets arséniés contenaient certes de l'arsenic en grande quantité, mais pas (ou très peu) de mercure contrairement à ce que les analyses StocaMine mentionnaient. Il a été constaté en effet la présence quasi systématique de mercure dans les déchets arséniés selon les analyses StocaMine, ce qui n'était pas cohérent. Une vaste campagne d'analyses a alors été menée dans le cadre de la tierce expertise du dossier de fermeture préparé par les MDPAs. Comme StocaMine prélevait un échantillon (conservé dans une échantillothèque située au fond) à chaque camion de déchet arrivant sur site pour stockage (voir photo ci-dessous), une partie de ces échantillons a été utilisée pour effectuer des analyses dans un laboratoire extérieur accrédité. Quelques échantillons ont été envoyés également à un 2<sup>e</sup> laboratoire pour croiser les données et vérifier la reproductibilité des résultats fournis par le 1<sup>er</sup> laboratoire. Il est précisé que les échantillons des lots concernés ont été gérés de sorte à ce que des

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

quantités suffisantes restent disponibles sur site pour contre-expertise éventuelle et que l'ensemble de la procédure de sortie des échantillons a été contrôlé par la DREAL. Ces analyses ont alors permis de quantifier le mercure dans l'ensemble des déchets considérés à déstocker. Il est alors apparu que les déchets arséniés contenaient très peu de mercure voire pas de mercure détectable conformément à ce qu'indiquait le centre de traitement de déchets allemand. Ainsi, au total, les 6975 t de déchets arséniés stockés dans la mine ne contenaient que 179 kg de mercure (soit une concentration moyenne de 26 ppm). L'objectif du déstockage étant d'extraire le mercure à hauteur de 93%, le cheminement a donc été revu intégralement en décembre 2015 pour atteindre cet objectif. Le cheminement a concerné alors le B21, le B11, le B12 et le B23, mais plus le B22.

Troisièmement, l'étude par le tiers expert des déchets présents au fond a amené la DREAL à demander le déstockage d'une catégorie de déchets supplémentaire non mercurielle : des produits phytosanitaires contenant du zirame, un composé organique au rôle de fongicide qui pourrait également être pénalisant pour la nappe phréatique. Une partie de ces déchets n'était pas présente sur le cheminement prévu pour extraire les déchets mercuriels. Le cheminement a été donc modifié en conséquence pour extraire également ces produits phytosanitaires.

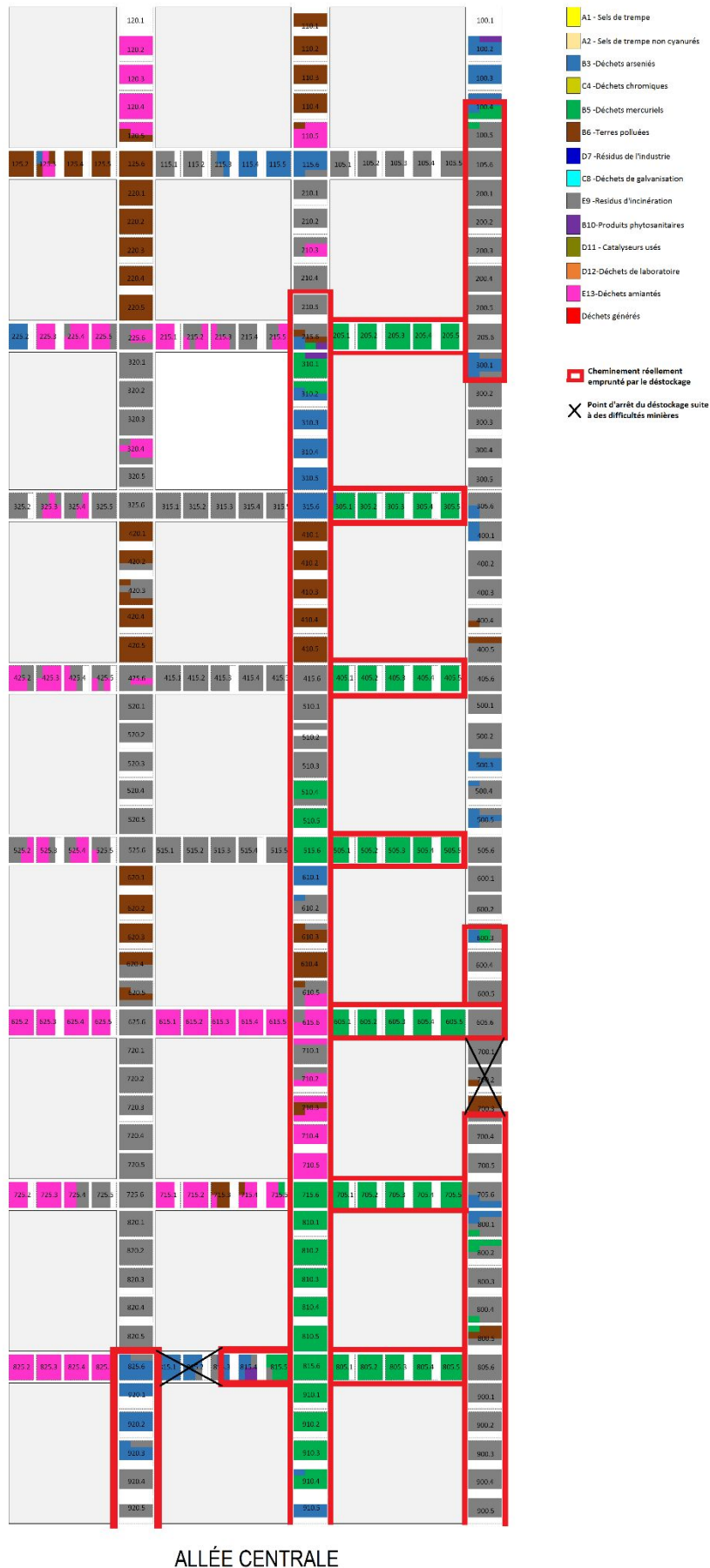


Le cheminement réel dans les blocs a donc été le suivant :



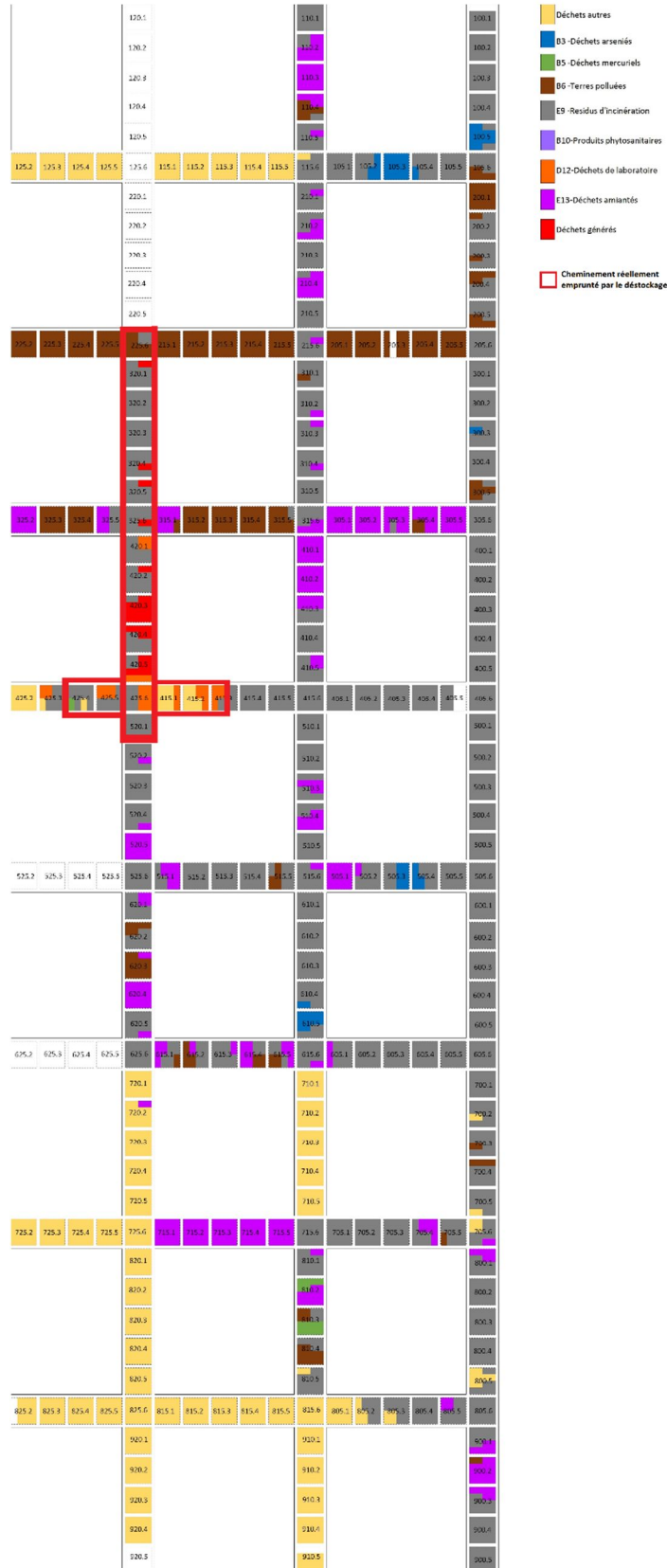
Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

CARTOGRAPHIE INITIALE B21



CARTOGRAPHIE B11 SUITE A LA REORGANISATION  
DU BLOC EN 2014

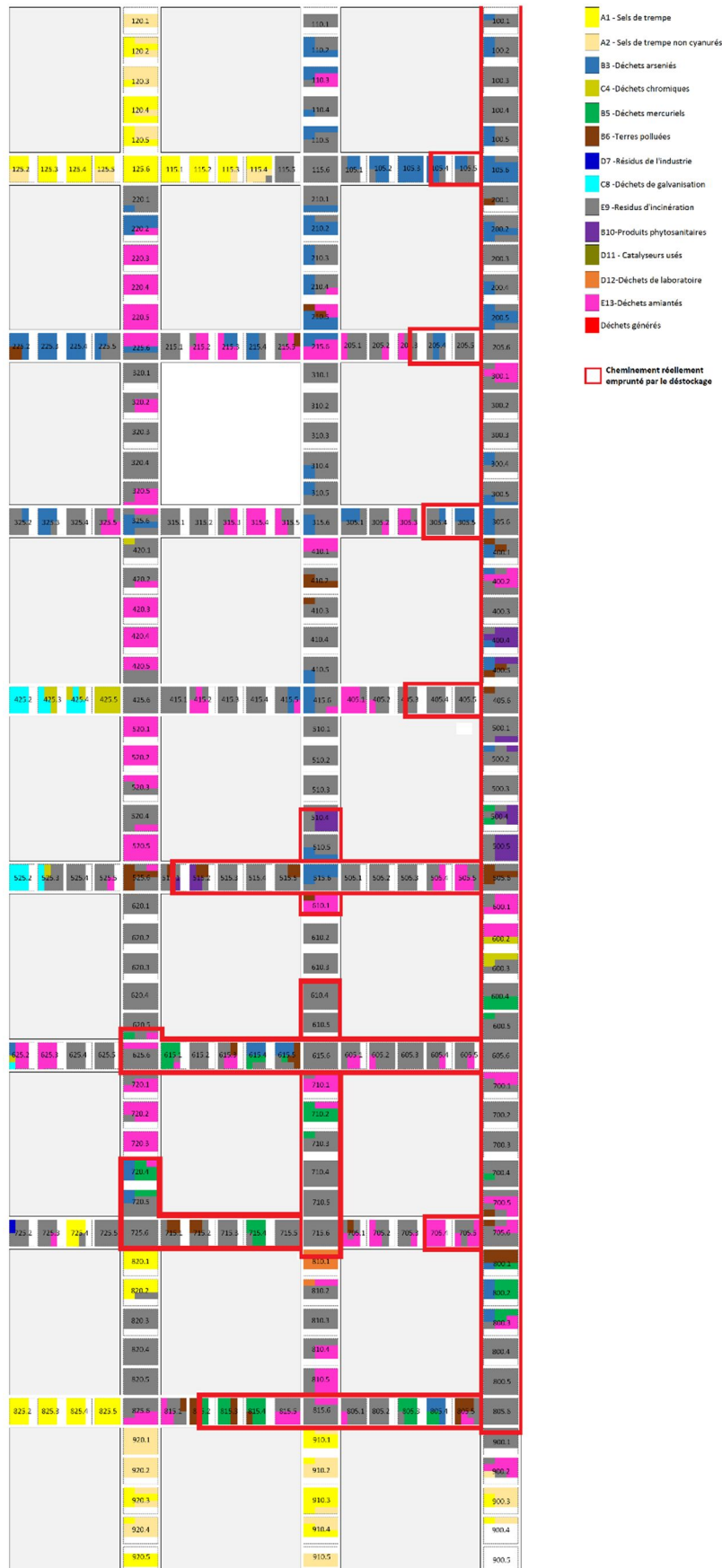
ALLÉE CENTRALE



Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

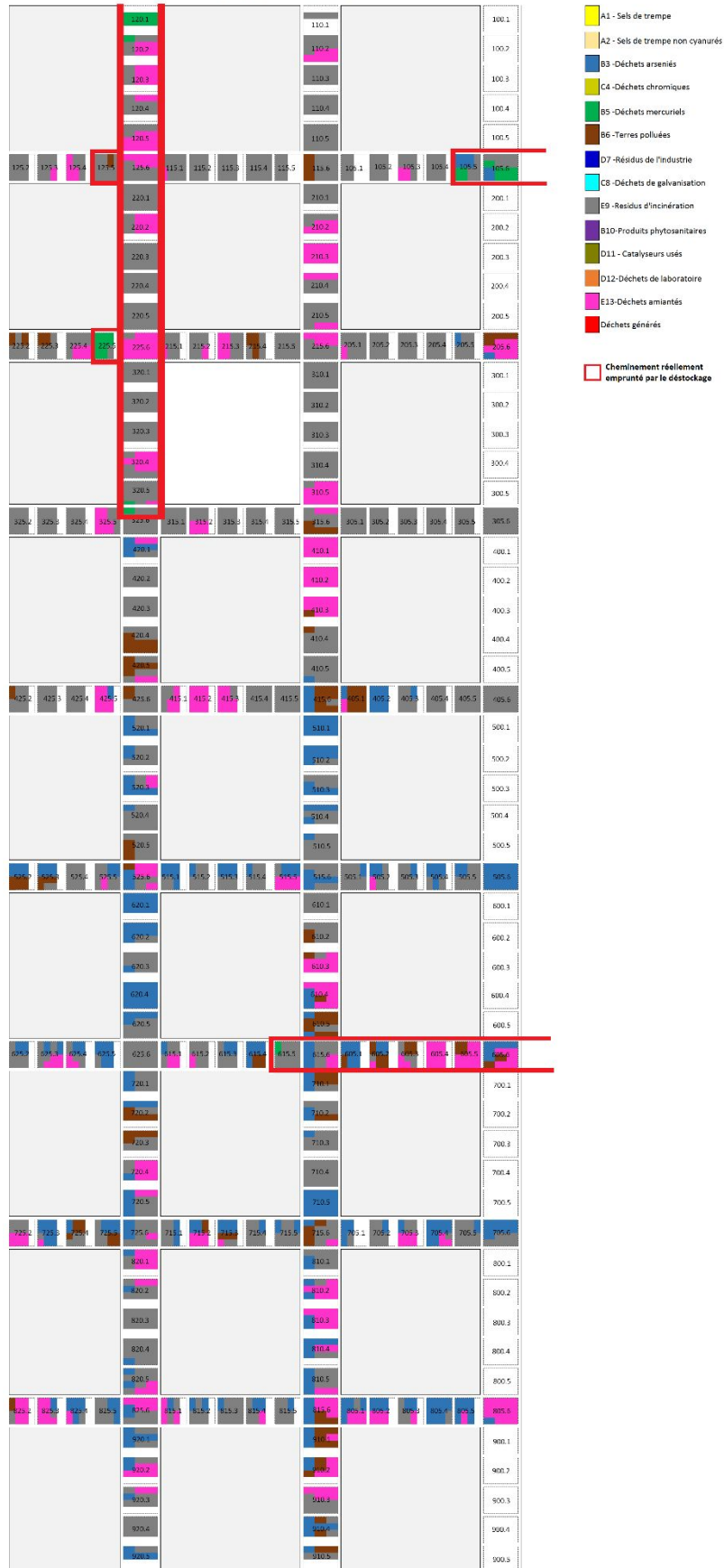
CARTOGRAPHIE INITIALE B12

ALLÉE CENTRALE



Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

CARTOGRAPHIE INITIALE B23



ALLÉE CENTRALE

## 2.2. Expédition des déchets déstockés en filières d'élimination

Pour chaque déchet devant être déstocké, il a fallu trouver une filière d'élimination. En début de chantier, plusieurs filières ont été étudiées. Pour les déchets de classe 0 tels que les déchets mercuriels et arséniés concentrés, peu de possibilités étaient ouvertes. L'enfouissement en stockage souterrain reste encore aujourd'hui la filière majoritairement employée pour ce type de déchets pour des raisons environnementales et financières. Pour cette opération, c'est la filière GSES à Sondershausen en Allemagne avec laquelle un accord a pu être trouvé pour y expédier la majorité des déchets mercuriels et arséniés (choisie par appel d'offre européen). Le marché signé avec Lingenheld concernait l'ensemble des déchets mercuriels et arséniés concernés par le déstockage à 56 %.

Pour pouvoir envoyer les déchets à GSES, des échantillons devaient d'abord être envoyés. Ces échantillons étaient analysés pour déterminer si le déchet présentait des propriétés chimiques et physiques compatibles avec le centre de stockage et aboutissait sur une étude nommée expertise minière. Cette dernière pouvait notamment autoriser l'acceptation du déchet sous certaines conditions de conditionnement particulières.



Une fois cette expertise minière effectuée et validée par GSES, l'acceptation ou le refus étaient communiqués avec les consignes particulières éventuelles. Un dossier de notification était alors préparé pour transmission aux autorités françaises et allemandes qui devaient chacune donner leur autorisation pour le passage de ces déchets par la frontière. Le déchet recevait alors un numéro de notification pour identifier le transport. En premier, le pays de sortie était contacté. Les autorités françaises garantes de la bonne et due forme des dossiers de notification ont toujours instruit rapidement l'ensemble des éléments transmis. La demande était ensuite transmise par les autorités françaises aux autorités allemandes. Ces dernières ont posé beaucoup de questions sur les déchets. Pour certains CAP, plusieurs échanges ont été nécessaires.

Concernant les échelles de temps, l'acceptation des déchets a pu s'avérer très longue. Dans les cas plutôt normaux, l'ensemble du processus a duré 3 mois, mais les délais ont pu s'étendre jusqu'à 6 mois dans certains cas, ce qui a demandé une grande anticipation des opérations de déstockage des déchets qui devaient être rencontrés dans le cheminement. Il est rappelé que les déchets ne pouvaient pas être stockés au jour plus de 3 mois d'après l'Arrêté préfectoral de StocaMine du 30 octobre 2014.

Le transport des déchets du site des MDPAs jusqu'à leur centre d'élimination s'est fait par route. Les déchets concernés ont été soumis au transport des matières dangereuses par route et ont donc respecté la réglementation de l'ADR. Des transporteurs spécifiques ont dû être choisis pour assurer ce transport, comme spécifié dans le marché passé avec Lingenheld. La préparation de l'étiquetage des colis et le chargement des camions ont été faits par un cariste formé à l'ADR.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



Certains déchets ont fait l'objet d'un refus par GSES pour cause de pouvoir calorifique interne (PCI) trop élevé ou d'hétérogénéité trop importante du déchet. Par ailleurs, les déchets à faible tonnage et peu concentrés en polluants ont été expédiés vers une autre filière plus rapidement accessible (SOLITOP en France). Pour les déchets mercuriels à PCI trop fort ou trop hétérogènes, il a été difficile de trouver des filières d'élimination. Seules des solutions très coûteuses ont été trouvées. Deux centres ont été utilisés : BATREC en Suisse et META-Régénération en France. Dans les deux cas, ce sont des installations qui récupèrent le mercure contenu dans le déchet par un processus thermique (le mercure étant un métal volatil). Ils obtiennent alors un déchet allégé en mercure qu'il est plus facile d'éliminer ainsi que du mercure isolé qu'ils peuvent transformer en cinabre HgS pour élimination sous cette forme stable non dangereuse.

Quant aux produits phytosanitaires arséniés, ils ont été expédiés dans le stockage souterrain de K+S en Allemagne en passant par SUEZ (en France) qui a effectué un prétraitement du déchet (pour lutter contre la problématique d'émission d'un gaz odorant).

Un détail de ces 4 filières autres que GSES est donné au chapitre 4.6.

EXPÉDITIONS DÉCHETS					
CAP	Qté expédiée	C3F	P2F	P4F	Filière(s)
	Total : 2308 T	Total : 108	Total : 3483	Total : 2	
112	21 T		44		SOLITOP + META-REGENERATION
315	17 T		28		META-REGENERATION
509	11 T		42		
921	2 T		4		GSES
10221	107 T		174		SUEZ
10229	4 T		10		BATREC
10317	253 T		514		GSES
10503	5 T		11		GSES
20503	2 T		1	2	META-REGENERATION
990103	26 T	13	67		
990210	5 T		8		BATREC
990305	4 T		12		BATREC
990409	101 T	95	14		
990813	1 735 T		2 514		GSES
991105	3 T		8		GSES
991106	4 T		12		SOLITOP
991107	9 T		20		SOLITOP

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

Dans le tableau ci-dessus, C3F, P2F et P4F désignent des types de conditionnement :

- C3F : Container contenant 3 fûts.
- P2F : Palette de 2 sur-fûts.
- P4F : Palette de 4 fûts.

### 2.3. Présentation des méthodes de travail principales dans leur version finale




#### 2.3.1. Analyse de risques initiale

Pour définir les méthodes de travail au démarrage du projet ainsi que les protections collectives et individuelles à respecter, les risques de l'opération ont été analysés.

Concernant le risque minier, le maître d'ouvrage, les MDPA, a partagé son expertise du site. Dans le cahier des charges, les risques miniers ont été présentés et les mesures nécessaires définies.


Concernant le risque chimique, l'analyse a été la suivante :

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine


Élément chimique	Pictogrammes de danger	Mentions de danger	VME (valeur moyenne d'exposition)	Mesures prises			
				Suppression du risque	Protection collective	Protection individuelle	Prévention/formati on/information
Mercur e (Hg)	  	<p>H330 : mortel par inhalation.  H360D : peut nuire au fœtus.  H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée  H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme</p>	0,02 mg/m <sup>3</sup> (France)	/	<p>Chantier aéré par au moins 3 m<sup>3</sup>/s.</p> <p>Mesure en continu de la teneur en mercure dans l'air aspiré du chantier et déclenchement d'alarme si la VME est atteinte.</p> <p>Filtration de l'air du chantier par filtres E11, H13 et H14 avant rejet dans le reste de la mine et mesure taux de poussières et deltaP des filtres.</p> <p>Lors du reconditionnement de fûts de déchets mercuriels, ces derniers sont dégazés (aspirateur connecté sur charbon actif) avant d'être ouverts.</p> <p>Mesure du mercure par spectrométrie à fluorescence X lors des</p>	<p>Port de protection respiratoire avec filtre A2B2E2K2 Hg P3.</p> <p>Port de vêtements couvrants (combinaison, gants, bottes) et passage par douche de décontamination en fin de vacation.</p>	<p>Sensibilisation au risque mercure.</p> <p>Procédures permettant de limiter les épandages et leurs impacts.</p> <p>Procédures en cas d'épandage.</p>






Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

					phases de décontamination.  Suivi du mercure dans les analyses biologiques systématiques du personnel.		
Arsenic (As) et composés minéraux		<p>H301 : Toxique en cas d'ingestion H331 : Toxique par inhalation H350 : Peut provoquer le cancer H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme</p>	0,2 mg/m <sup>3</sup> en As (France)	/	<p>Chantier aéré par au moins 3 m<sup>3</sup>/s.</p> <p>Mesure en continu de la teneur en arsine (AsH<sub>3</sub>, explosif) dans l'air aspiré du chantier et déclenchement d'alarme à l'approche de la LIE.</p> <p>Filtration de l'air du chantier par filtres E11, H13 et H14 avant rejet dans le reste de la mine et mesure taux de poussières et deltaP des filtres.</p> <p>Mesure de l'arsenic par spectrométrie à fluorescence X lors des phases de décontamination.</p>	<p>Port de protection respiratoire avec filtre P3.</p> <p>Port de vêtements couvrants (combinaison, gants, bottes) et passage par douche de décontamination en fin de vacation.</p>	<p>Sensibilisation au risque arsenic.</p> <p>Procédures permettant de limiter les épandages et leurs impacts.</p> <p>Procédures en cas d'épandage.</p>

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

					Suivi de l'arsenic dans les analyses biologiques systématiques du personnel.		
Chrome VI (Cr <sup>VI</sup> )		<p>H271 : Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant</p> <p>H350 : Peut provoquer le cancer</p> <p>H340 : Peut induire des anomalies génétiques</p> <p>H361f : Peut nuire à la fertilité</p> <p>H330 : Mortel par inhalation</p> <p>H311 : Toxique par contact cutané</p> <p>H301 : Toxique en cas d'ingestion</p> <p>H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée</p> <p>H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves</p> <p>H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation</p> <p>H317 : Peut provoquer une allergie cutanée</p>	0,001 mg/m <sup>3</sup> (France) /		<p>Chantier aéré par au moins 3 m<sup>3</sup>/s.</p> <p>Filtration de l'air du chantier par filtres E11, H13 et H14 avant rejet dans le reste de la mine et mesure taux de poussières et deltaP des filtres.</p> <p>Mesure du chrome par spectrométrie à fluorescence X lors des phases de décontamination.</p> <p>Suivi du plomb comme marqueur des métaux lourds présents dans les REFION dans les analyses biologiques systématiques du personnel.</p>	<p>Port de protection respiratoire avec filtre P3.</p> <p>Port de vêtements couvrants (combinaison, gants, bottes) et passage par douche de décontamination en fin de vacation.</p>	<p>Procédures permettant de limiter les épandages et leurs impacts.</p> <p>Procédures en cas d'épandage.</p>


Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

		H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme					
Béryllium (Be)	 	<p>H301 : Toxique en cas d'ingestion</p> <p>H315 : Provoque une irritation cutanée</p> <p>H317 : Peut provoquer une allergie cutanée</p> <p>H319 : Provoque une sévère irritation des yeux</p> <p>H330 : Mortel par inhalation</p> <p>H335 : Peut irriter les voies respiratoires</p> <p>H350i : Peut provoquer le cancer par inhalation</p> <p>H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée</p>	0,002 mg/m <sup>3</sup> (France) /		<p>Chantier aéré par au moins 3 m<sup>3</sup>/s.</p> <p>Filtration de l'air du chantier par filtres E11, H13 et H14 avant rejet dans le reste de la mine et mesure taux de poussières et deltaP des filtres.</p> <p>Analyse du béryllium par envoi de lingettes de prélèvement en laboratoire extérieur lors des phases de décontamination.</p>	<p>Port de protection respiratoire avec filtre P3.</p> <p>Port de vêtements couvrants (combinaison, gants, bottes) et passage par douche de décontamination en fin de vacation.</p>	<p>Procédures permettant de limiter les épandages et leurs impacts.</p> <p>Procédures en cas d'épandage.</p>
Amiante		<p>H350 : Peut provoquer le cancer</p> <p>H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée</p>	100 fibres/L (France)	<p>Etude du cheminement de sorte à éviter au maximum les zones contenant des déchets amiantés.</p>	<p>Chantier aéré par au moins 3 m<sup>3</sup>/s.</p> <p>Filtration de l'air du chantier par filtres E11, H13 et H14 avant rejet dans le reste de la mine et mesure taux de poussières et deltaP des filtres.</p>	<p>Port de protection respiratoire avec filtre P3.</p> <p>Port de vêtements couvrants (combinaison, gants, bottes) et passage par douche de</p>	<p>Procédures permettant de limiter les épandages et leurs impacts.</p> <p>Procédures en cas d'épandage.</p>

Rapport de fin de chantier  
 Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

					<p>Campagnes d'analyses de fibres d'amiante dans l'air en prenant comme référence la réglementation amiante en sous-section 4 voir rapport APAVE)</p>	<p>décontamination en fin de vacation.</p>	
<p>Dioxines / furanes</p>	<p>Pas classifié CLP</p>	<p>Très cancérigène</p>	<p>Seuil surfacique : 0,7 pg TEQ/cm<sup>2</sup> (hors France)</p>	<p>/</p>	<p>Chantier aéré par au moins 3 m<sup>3</sup>/s.</p> <p>Filtration de l'air du chantier par filtres E11, H13 et H14 avant rejet dans le reste de la mine et mesure taux de poussières et deltaP des filtres.</p> <p>Mesure du plomb comme traceur dioxines et métaux lourds par spectrométrie à fluorescence X lors des phases de décontamination.</p> <p>Suivi du plomb comme marqueur d'exposition aux REFION dans les analyses biologiques systématiques du personnel.</p>	<p>Port de protection respiratoire avec filtre P3.</p> <p>Port de vêtements couvrants (combinaison, gants, bottes) et passage par douche de décontamination en fin de vacation.</p>	<p>Sensibilisation au risque dioxines/furanes.</p> <p>Procédures permettant de limiter les épandages et leurs impacts.</p> <p>Procédures en cas d'épandage.</p>

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

<p>Polychlorobiphényles (PCB)</p>		<p>H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme</p>	<p>0,5 mg/m<sup>3</sup> (France)</p>	<p>/</p>	<p>Chantier aéré par au moins 3 m<sup>3</sup>/s.  Filtration de l'air du chantier par filtres E11, H13 et H14 avant rejet dans le reste de la mine et mesure taux de poussières et deltaP des filtres.  Mesure des PCB par kit d'analyse immuno-enzymatique in situ lors des phases de décontamination.</p>	<p>Port de protection respiratoire avec filtre P3.  Port de vêtements couvrants (combinaison, gants, bottes) et passage par douche de décontamination en fin de vacation.</p>	<p>Procédures permettant de limiter les épandages et leurs impacts.  Procédures en cas d'épandage.</p>
-----------------------------------	---	---	--	----------	---	---	--

Les méthodes de travail ont alors été définies en tenant compte de ces risques miniers et chimiques et des protections choisies. Ces méthodes sont présentées ci-après.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

### 2.3.2. Equipement individuel

Les opérations d'extraction des colis dans les blocs ont impliqué le port d'équipements de protection individuelle adaptés au risque chimique et mécanique :

- bottes de sécurité
- combinaison à capuche (catégorie 3, type 4B)
- gants (contre risque chimique et mécanique)
- masque complet
- bloc moteur d'assistance ventilatoire connecté sur le masque et équipé de filtre P3 ou A1B1E1K1 Hg P3 (selon le déchet manipulé)
- casque
- l'ensemble combinaison-bottes-gants-masque est scotché pour être étanche aux poussières



Une fois les intervenants équipés, leur équipement était contrôlé par le chef de sas et ce dernier donnait l'autorisation d'aller dans la zone de travail sur les déchets.

### 2.3.3. Zone rouge / zone verte

La zone de travail sur les déchets a été appelée zone rouge. Elle a été considérée comme potentiellement polluée à cause des opérations qui s'y déroulaient. Elle était délimitée par un rideau à lamelles transparentes. Par opposition, toute zone non polluée était appelée zone verte.



#### 2.3.4. Extraction des déchets

Les déchets extraits du front étaient conditionnés initialement en big-bags ou en fûts sur palette (sporadiquement en container ou déchet filmé sur palette). Pour les extraire du front lorsqu'ils n'étaient pas coincés par les terrains, la zone rouge était équipée d'un chariot à fourches avec bras télescopique de marque AUSA.



Chaque colis était équipé d'une étiquette StocaMine permettant de l'identifier. Ces étiquettes ont été récupérées pour confirmer le contenu du front extrait.

Les colis sortis du front ont été sur-emballés (en big-bags ou en saches plastique) puis posés sur une palette neuve pour reprise par le chariot à fourche et transport jusqu'au rideau à lamelles séparant la zone rouge de la zone verte. Les opérations d'extraction des déchets à front ont parfois occasionné l'émission de polluants. Pour ne pas polluer le reconditionnement des colis, les big-bags/saches neufs ainsi que les palettes neuves ont été stockés loin du front et approchés au dernier moment au fur et à mesure. De plus, pour ne pas poser la palette neuve sur une surface potentiellement polluée, un carré de bâche plastique était posé au sol au dernier moment juste avant d'amener la palette, puis la palette était posée sur cette sache plastique et enfin le colis sur la palette.



Le colis était posé contre le rideau à lamelle côté zone rouge (les fourches du chariot en zone rouge peuvent être polluées). Un chariot en zone verte récupérait le colis propre (le rideau était coupé à quelques dizaines de centimètre du sol pour avoir le visu sur la palette de l'autre côté du rideau).

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

Un front de déchets contient 8 à 18 colis selon la taille des colis, le plus courant étant 8 colis lorsque ce sont des fûts sur palettes (2 hauteurs de 4 colis) ou 10 colis lorsque ce sont des big-bags (2 hauteurs de 5 colis).



### 2.3.5. Passage en zone verte

Comme les galeries n'ont pas été entretenues depuis qu'elles étaient remplies de déchets (environ 15 ans), des travaux miniers ont dû être opérés au fur et à mesure. Selon l'état minier, la sécurisation des galeries a eu lieu front par front, 2 fronts par 2 fronts et quelques fois 3 fronts par 3 fronts. Pour effectuer ces travaux miniers sans risquer de contaminer les machines minières, la zone de travail a été nettoyée après chaque extraction de 1, 2 ou 3 fronts.

Puis, le maître d'œuvre (qui possédait les compétences en chimie) effectuait des analyses de contamination in situ à l'aide d'un spectromètre à fluorescence X portable permettant de détecter la présence de métaux lourds à même le sol (méthode optique, pas de prise d'échantillon nécessaire). La prise de mesure se faisait en quelques secondes et la lecture des résultats était immédiate. De nombreuses mesures étaient réalisées en zone rouge à chaque avancement, avec des points de mesures répartis sur la zone (on considère statistiquement qu'un ensemble de points de mesure ne révélant pas de contamination signifie que l'ensemble de la surface proche contenant ces points n'est pas contaminée). Pour les zones éloignées de la source potentielle d'émission de polluants, environ 10 points sur 100 m<sup>2</sup> étaient mesurés. Pour les zones à fort risque de pollution (notamment à l'approche du front de déchets), 10 points sur 10 m<sup>2</sup> étaient mesurés. Lorsqu'une pollution était détectée, le maillage de mesure était immédiatement resserré et un ensemble de mesures était pratiqué autour du point de pollution pour évaluer l'étendue de la surface contaminée. La/les surface(s) contaminées étaient alors nettoyées puis recontrôlées, et ce, plusieurs fois si nécessaire jusqu'à ce que la zone ne soit plus contaminée.

Suite à ce travail analytique, la zone de travail était déclarée verte.





## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

### 2.3.6. Sortie du matériel et du personnel de zone rouge

Lorsque du matériel ou du personnel était entré en zone rouge, il était considéré comme potentiellement pollué et ne pouvait donc pas sortir en zone verte sans précautions.

Le personnel portait (rappel) un équipement spécifique (voir chapitre 2.3.1). Avant de sortir de zone rouge, une aspersion d'eau savonneuse était pratiquée pour coller les poussières à la combinaison afin qu'elles ne puissent pas se disséminer en zone verte lorsque le personnel s'y rendait. En particulier, les bottes, les gants et le casque étaient arrosés (les bottes et le casque étaient réutilisés, les gants étaient a priori plus pollués). Des sur-chausses étaient enfilées pour empêcher le dépôt de produit nocif au mur en marchant, par coulure de l'eau savonneuse. Cette aspersion d'eau savonneuse et enfillement de sur-chausses étaient appelés pré-décontamination.

Le personnel se rendait alors vers des sas de décontamination soit à pied soit en véhicule protégé. En effet, les sas de décontamination n'étaient pas accolés à la zone rouge comme classiquement sur les chantiers chimiques et amiante. La zone rouge ici n'était pas un point fixe et évoluait sans cesse dans sa localisation au fur et à mesure de l'avancement (elle avançait avec le front pour éviter d'avoir à contrôler une immense zone rouge à chaque passage en zone verte, les blocs de stockage faisant 225m de long). Par contre, la localisation des sas de décontamination était fixe.

Le personnel passait donc par des sas de décontamination à 4 compartiments. Dans le 1<sup>er</sup>, l'intervenant retirait ses sur-chausses et se douchait brièvement en insistant uniquement sur les gants, les bottes, le casque, le masque et le bloc moteur (la combinaison est étanche à une aspersion, mais pas à une douche prolongée). Dans le 2<sup>e</sup> sas, l'intervenant se déséquipait et se déshabillait totalement tout en conservant uniquement masque et bloc moteur encore en fonctionnement. Les bottes et casque étaient jetés dans une trappe spécifique pour récupération, le reste était jeté dans une autre trappe pour mise au rebut en tant que matériel potentiellement souillé. Dans le 3<sup>e</sup> sas, l'intervenant retirait masque et bloc moteur qu'il plaçait dans une poche et prenait une douche d'hygiène. Dans le 4<sup>e</sup> sas, l'intervenant se séchait avant de rentrer au vestiaire où il pouvait déposer l'équipement de protection respiratoire et se rhabiller.



L'appareil de protection respiratoire (APR) utilisé était alors pris en charge par un responsable APR chargé de nettoyer et désinfecter ces équipements (désinfecté car en commun à l'ensemble des intervenants). Il changeait aussi régulièrement les filtres des blocs moteurs (toutes les 6 vacations ou plus souvent si c'était justifié) et réalisait des tests d'étanchéité des masques ainsi que de la maintenance (changement de valves ou de la vitre par exemple).

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



Concernant le matériel utilisé en zone rouge, pour la plupart, il était laissé en zone rouge dans une recoupe condamnée lors des passages en zone verte et rouverte lors des passages en zone rouge. Si toutefois un matériel devait sortir de zone rouge, il était contrôlé par spectromètre à fluorescence X au même titre que la zone. Son nettoyage se faisait à l'eau savonneuse (efficace dans la plupart des cas).

### 2.3.7. Travaux miniers

#### Mur soufflé ou redan au mur :

En langage minier, le mur désigne le sol. Un redan au mur est une différence de niveaux brutale, comme une marche d'escalier. Souvent, en entrée de bloc, un redan au mur était présent. Pour le roulage des engins et la sécurité du personnel, ce redan devait être éliminé progressivement par confection d'une rampe. Pour ce faire, le mur était alors havé. En langage minier, le havage désigne l'opération par laquelle la roche constituant les terrains est découpée, taillée. La machine réalisant ce travail est dénommée haveuse.



Un mur soufflé désigne une déformation du mur qui sous une pression latérale se décolle et se courbe pour former une bosse plus ou moins haute. Cette déformation du mur est gênante pour le chantier et doit être supprimée par havage également.



## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

Il a été courant qu'il ne soit pas nécessaire de haver le mur. Ce n'était pas une opération systématique.

### Sécurisation des parements :

Pour sécuriser les parements, un boulonnage à 1,50m était appliqué à raison de 1 ou 2 boulons par parement et par avancement d'1,20m. Les boulons employés étaient des boulons métalliques scellés à la résine. Très ponctuellement, un abattage de pan de parement décollé a été nécessaire.



### Sécurisation du toit :

Selon l'état du toit, les travaux miniers effectués ont été différents. En cas de toit non décollé, non fissuré, un simple boulonnage était réalisé par sécurité dans les galeries qui resteraient ouverte à la circulation un certain temps à raison de 4 ou 5 boulons de 1,50m par front (un front prend environ 1,20m de galerie). Les boulons employés étaient des boulons métalliques scellés à la résine.

En fonction de l'état de décollement du toit et de fissuration du toit, plusieurs réponses pouvaient être apportées sur décision des encadrants mineurs : boulonnage à 2m au lieu de 1,50m, réduction du pas de boulonnage, pose de lames métalliques, pose de grillage, havage du toit.



Pour juger de l'état du toit, des endoscopies étaient réalisées à 2,50m ou 3m permettant de repérer des plans de décollement.

### 2.3.8. Cas particulier des sécurisations provisoires

Lorsque le toit était jugé trop dangereux pour travailler dessous tel quel à l'extraction des déchets, des solutions de sécurisation provisoires étaient mises en place pour permettre tout de même la progression du déstockage dans ces zones difficiles. Des étau hydrauliques ont été utilisés pour sécuriser le toit au fur et à mesure de l'enlèvement des colis (colonne de colis par colonne de colis). Les étau ont été posés à distance et manutentionnés par le chariot élévateur grâce à un outil de

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

préhension conçu sur mesure. La mise sous pression des étaçons se faisait à l'aide d'un pistolet relié à l'étaçon par un flexible, donc à distance. La mise en place et la mise en pression de l'étaçon n'engendrait alors pas de risque pour les opérateurs.

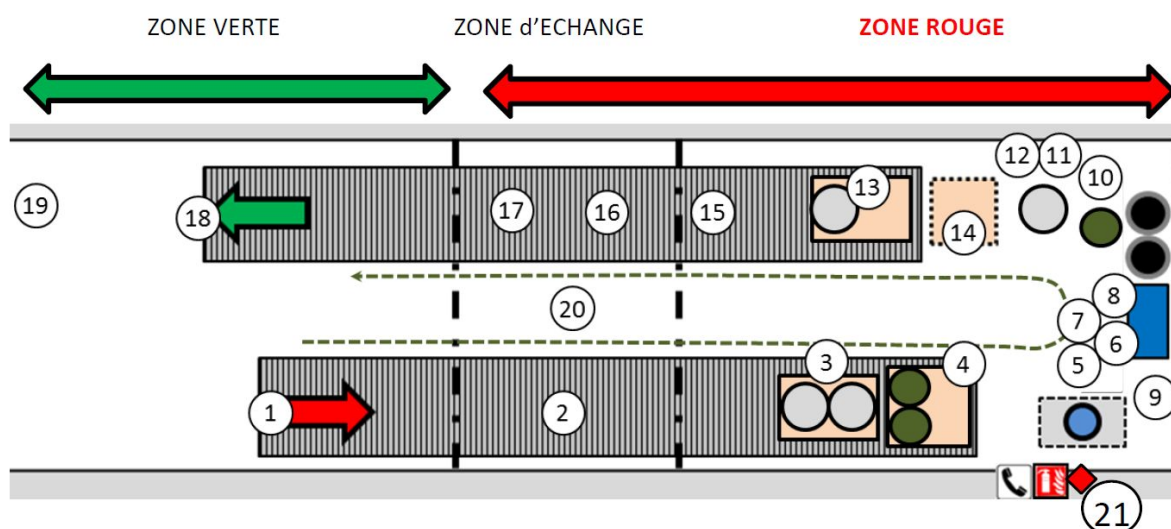


D'autre part, pour éviter la détérioration du front de déchets suivant lors des opérations de havage du toit, ce dernier était boulonné à l'aide de plusieurs rangées de boulons en fibre de verre. Ces boulons particuliers peuvent résister à une contrainte verticale (pression du toit), mais se font facilement haver par les machines d'abattage du toit. Lors des opérations de havage, une rangée de boulons en fibre de verre était laissée non havée à ras du front pour que le toit ne tombe pas sur les colis sous la sollicitation de la haveuse.

### 2.3.9. Reconditionnement des déchets

Les déchets mercuriels extraits du front étaient conditionnés en fûts 200L avec sachet interne et bouchon de plâtre coulé au-dessus du déchet avant fermeture du couvercle (conditionnement d'origine). Selon les filières d'élimination et selon les particularités de certains déchets, les instructions de reconditionnement ont pu varier, mais une base commune était employée. A partir de mars 2015, les colis à reconditionner étaient envoyés dans un atelier spécifique construit en B21A3. Voici un plan de l'atelier de reconditionnement :

Vue en détail de la zone de reconditionnement



Les colis (palettes 4 fûts) étaient déposés sur un convoyeur d'entrée de l'atelier (étape 1) et glissaient sur ce dernier en traversant les rideaux à lamelles délimitant la zone rouge de la zone verte

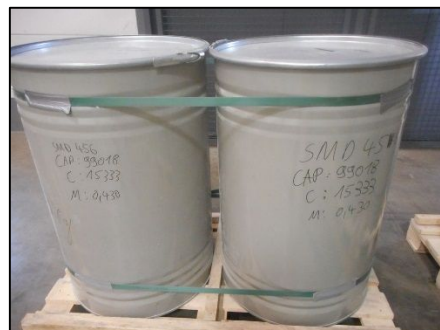
## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

(étape 2). Une palette de sur-fûts était approvisionnée également par ce convoyeur (étape 3). L'un d'eux était placé dans un trou pour des problématiques de hauteur. Le cerclage de la palette 4 fûts était coupé et un fût était transporté hors de la palette à l'aide d'un palan électrique et d'une pince (étape 4). Pour les étapes 5 à 9, le fût était parfois dégazé, selon le déchet, à l'aide d'un aspirateur branché sur fûts de charbons actifs spécifiques pour l'absorption du mercure, puis le couvercle était ouvert et enfin le bouchon de plâtre cassé et retiré à l'aide de pic de mineur ou d'un burin pneumatique selon la texture du plâtre. Les déchets de plâtre étaient placés dans un fût de déchets générés (étape 10) qui était restocké dans le stockage une fois plein. Régulièrement, un échantillon était prélevé sur le déchet alors rendu accessible afin de compléter la réserve d'échantillons de déchets présents à l'échantillonnage et afin d'effectuer des analyses sur ces nouveaux échantillons, à comparer avec les analyses basées sur les échantillons StocaMine.

Une sache plastique était alors placée dans le sur-fût en position 11. Le fût délesté de son bouchon de plâtre était à nouveau soulevé par le palan et placé dans le sur-fût (étape 12) enveloppé dans sa sache. La sache était alors refermée sur le fût en pratiquant un col de cygne, puis le couvercle du sur-fût refermé. Le sur-fût était alors prêt. Il était identifié pour son suivi logistique et placé sur une palette au niveau du convoyeur de sortie (étape 13). Les déchets de palettes provenant du colis initial et de couvercle de fût étaient conditionnés dans un big-bag (étape 14) et restockés dans une zone spécifique du chantier (déchet hautement combustible).



Les sur-fûts étant plus larges, il n'a pas été possible d'en placer 4 sur une palette standard. Des palettes spécifiques ont alors été approvisionnées plus longues et moins larges permettant d'y mettre 2 sur-fûts. Pour assurer la stabilité du colis, des renforts en forme de « H » ont été cloués sur la palette et chaque sur-fût a été placé dans un des creux du « H ».



La palette de sur-fûts pleins était nettoyée à l'aide d'une brosse (étape 15) puis évacuée vers la sortie où elle était cerclée (étape 18) en zone verte puis transportée vers le jour (étape 19).

## 2.4. Présentation du gros équipement approvisionné et utilisé pour faire face aux différents risques du chantier

### 2.4.1. Aspirateur 37 kW

L'achat de ce matériel a été décidé dans le but de pouvoir aspirer le contenu d'un big-bag coincé par les terrains sous pression. D'autres systèmes ont été testés auparavant mais qui ne présentaient pas satisfaction en termes de sécurité ou de rendement.



Cet aspirateur en 3 grands modules a permis d'appliquer une dépression de 500 mbar soit 50 kPa. Cette dépression importante au niveau de la pompe à vide (1<sup>er</sup> module) a permis d'avoir une force d'aspiration toujours encore importante après ajout de grandes pertes de charge. En effet, depuis la pompe à vide, la dépression était conduite vers un module de filtration (2<sup>e</sup> module) contenant d'abord 1 filtre police H14, puis 2 filtres 9 poches en parallèle. Ensuite, se connectait une cuve de récupération de l'essentiel des poussières par effet cyclone (3<sup>e</sup> module) et enfin jusqu'à plus de 50m de flexible allant au lieu d'aspiration. Le diamètre des flexibles était de 100 mm entre la cuve et l'approche du front et un dernier morceau de diamètre 80 mm se trouvait en bout de ligne. Le 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> module se trouvaient au même endroit tandis que le moteur (1<sup>er</sup> module, pompe à vide) était séparé de 25 m (1 pilier) des deux autres pièces, connecté par des flexibles de diamètre 150 mm. Au bout des flexibles pouvait s'adapter une buse d'aspiration avec un système d'adjonction d'air qui permettait de plonger entièrement la buse dans le big-bag tout en assurant un mélange produit/air optimal pour que le transport des produits fonctionnait.



Au final, cet aspirateur puissant a beaucoup plus servi pour le nettoyage courant du mur de la zone de travail puisque c'était une opération quotidienne alors que le dégonflage de big-bag était un besoin ponctuel.

Une fois la cuve remplie de produits, son contenu peut être vidangé dans un big-bag (ou un fût). L'aspirateur a donc permis le transvasement de produits de big-bag à big-bag. Le test a été fait plusieurs fois d'aspirer un big-bag en entier. Le meilleur temps a été de 40 minutes.

### 2.4.2. Surfaceuse

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

En entrée de bloc 12, le chantier a été fortement gêné par des pollutions du mur à l'arsenic. L'aspiration du mur ne suffisait pas. Une contamination du sel gemme sur une profondeur allant du millimètre jusqu'à quelques centimètres a été rencontrée. La solution immédiate a été de piquer le mur avec des marteaux-piqueurs, mais ce travail a été très fastidieux. Pour simplifier cette opération, une surfaceuse a été achetée, permettant de raboter le mur tout en aspirant la fine poussière produite en connectant l'appareil sur l'aspirateur. Un passage de la surfaceuse permettait de retirer environ 0,5 cm rapidement. L'apport de cet appareil sur le chantier a permis de gagner beaucoup de temps pour la décontamination de sols profondément souillés.



### 2.4.3. Ventilation – filtration H11 / H13 / H14 & capteurs

Pour ventiler le chantier et filtrer l'air ayant traversé le chantier avant de le rejeter dans la mine, une installation de ventilation couplée à une filtration de type HEPA E11 avec décolmatage pneumatique automatique des filtres a été initialement mise en place. Un filtre E11 permet d'arrêter 95% des particules les plus dures à piéger (celles de 0,3 µm de diamètre). En réalité, un test EMERY a été fait sur le filtre et sa capacité de filtration était bien meilleure (99,91%).



Par la suite, pour être certain de piéger les fibres d'amiante et les particules fines arséniées, des caissons de filtration H13 et H14 ont été ajoutés et les ventilateurs ont été changés pour pouvoir assurer un bon débit de ventilation malgré ces nouvelles pertes de charge (environ 10 à 12 m<sup>3</sup>/s au total).

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



L'ensemble du système était équipé de capteurs. Des capteurs de différence de pression pour les 3 niveaux de filtration permettaient de détecter un colmatage trop important des filtres (augmentation du  $\Delta P$ ) ou au contraire un percement des filtres (diminution du  $\Delta P$ ). Egalement, en sortie des ventilateurs étaient placés 4 capteurs : un capteur de poussières, un capteur de mercure total, un capteur d'arsine et un capteur de phosphine. Ces valeurs étaient reportées au jour et pouvaient y être lues en direct. Des alarmes se déclenchaient à l'atteinte de seuils fixés en fonction des valeurs limites d'exposition professionnelle.

#### 2.4.4. Jumbo de foration et boulonnage CMM

Un jumbo de marque CMM a été mis à disposition par les MDPa pour réaliser les forations et le boulonnage du toit et des parements de manière déportée.



#### 2.4.5. Pousseurs pneumatiques pour foration et boulonnage GOPHER et TURBO BOLTER

En complément de la CMM, des pousseurs pneumatiques ont été achetés pour effectuer les forations nécessitant des diamètres de foration différents (notamment pour l'endoscopie) ou bien pour travailler en galerie à hauteur trop faible pour la tourelle de la CMM. L'inconvénient de ces pousseurs est que son utilisateur se trouve juste en-dessous de la zone qu'il est en train de sécuriser. C'est pourquoi, lorsque c'était possible, la CMM était privilégiée.



## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



### 2.4.6. Haveuse Volvo EC70 et Alpine F6A

Pour réaliser les opérations de havage du mur ou du toit, une première machine a été approvisionnée : une pelle mécanique Volvo EC70 transformée en haveuse après plusieurs modifications majeures. Toutefois, pour qu'elle ait une hauteur de galerie suffisante pour circuler dans les blocs de stockage, il s'est avéré nécessaire de haver plus de terrain que nécessaire puisque toutes les autres machines étaient plus basses. Elle apportait donc une nouvelle contrainte pour être capable de traiter le problème de mur à haver. C'est pourquoi il a été décidé d'acheter une nouvelle haveuse moins haute que les chariots télescopiques : l'Alpine F6A. Tout le long du chantier, les deux machines ont été conservées. C'est l'Alpine qui était utilisée prioritairement, mais la Volvo lui a régulièrement servi de remplaçante en cas de panne ou autre indisponibilité lorsque la hauteur du chantier le permettait.



### 2.4.7. Etauçons hydrauliques

Lorsqu'un toit était fortement décollé, il était dangereux de travailler en-dessous à l'extraction des déchets, surtout si ces derniers servaient justement de soutènement. Or le toit ne pouvait pas être boulonné ou havé tant que les déchets se trouvaient dessous. Il a été nécessaire de trouver alors une solution de sécurisation provisoire, le temps de retirer les déchets de dessous le toit. Pour répondre à cette problématique, des étauçons hydrauliques ont été approvisionnés (voir chapitre 2.3.8). Leur mise sous pression se faisait à l'aide d'une pompe hydraulique haute pression TP300 envoyant de l'eau avec 4% d'huile anticorrosion.

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



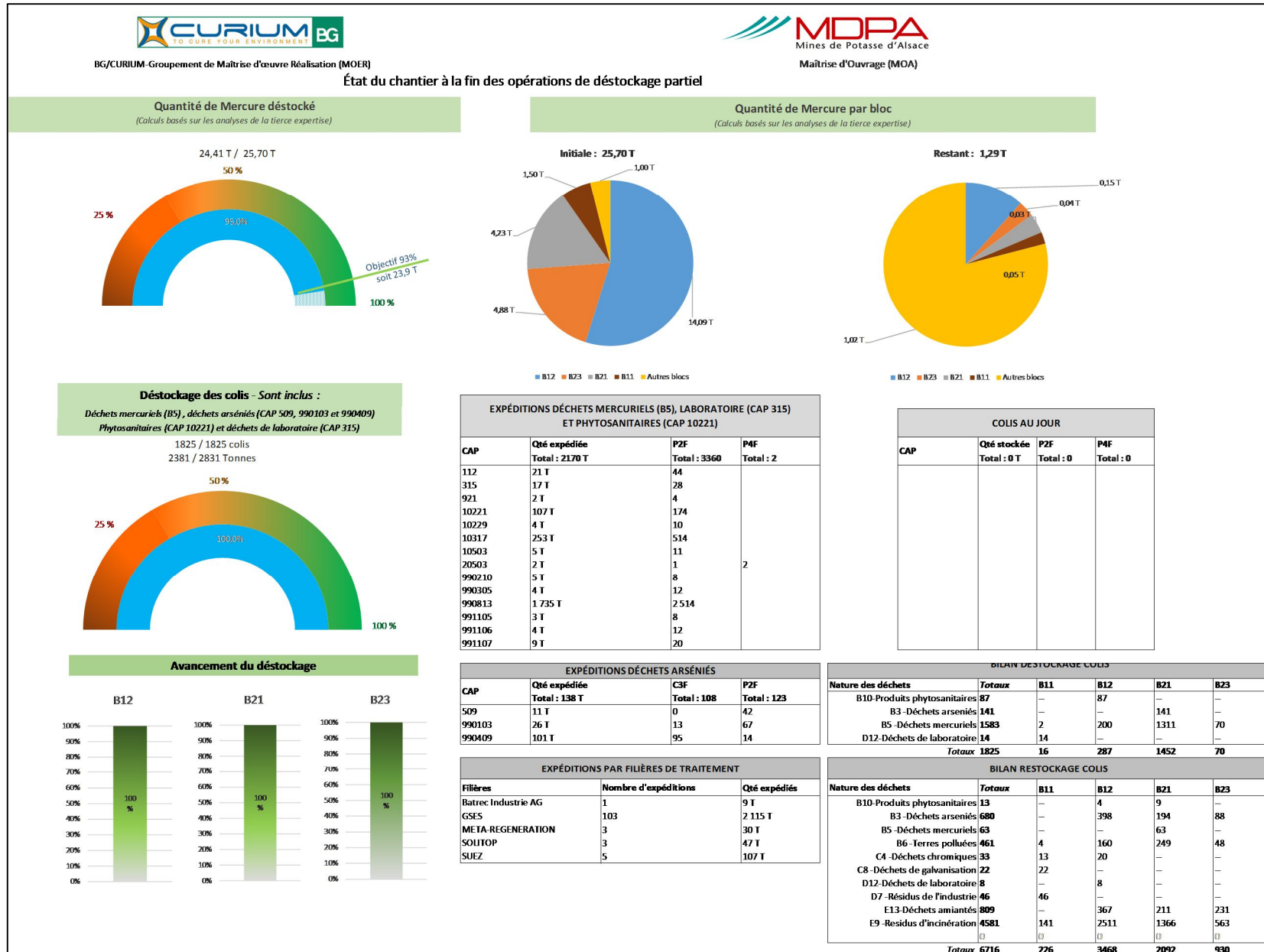
### 3. Bilan technique

#### 3.1. Bilan des opérations

Le suivi logistique de l'ensemble des mouvements de colis a été tracé à l'aide d'une base de données Access construite par un des intervenants CURIMUM sur site. Cette base de données permet donc la consultation de nombreuses données et statistiques relatives au chantier de déstockage. La base est conservée par les MDPa sur leur serveur. Pour alimenter ce rapport en données, quelques formulaires et tableaux ont été produits et sont présentés ci-après.

- Le premier formulaire intitulé « Etat du chantier à la fin des opérations de déstockage partiel » est le formulaire ayant servi de tableau de bord pour suivre l'avancement du chantier. Il contient le calcul de la quantité de mercure déstockée en masse pour comparer à l'objectif fixé pour cette opération de déstockage partiel. Il présente la répartition du mercure dans les blocs (initiale et finale) et plusieurs graphiques d'avancement du chantier (à 100% donc dans cette version finale) ainsi que des bilans de déstockage de colis, restockage de colis et expéditions de colis.
- Le 2<sup>e</sup> formulaire intitulé « Quantité de mercure par bloc » est un tableau présentant dans le détail la quantité de mercure par bloc et par classe de déchet.
- Le 3<sup>e</sup> formulaire intitulé « Bilan déchet par classe avant et après déstockage » présente un bilan du nombre de colis présents dans le stockage par classe de déchet avant déstockage et après déstockage ainsi que leur masse respective.
- Le 4<sup>e</sup> formulaire intitulé « Bilan des expéditions à la fin des opérations de déstockage » présente le nombre de colis et la masse expédiés par CAP.
- Le 5<sup>e</sup> et le 6<sup>e</sup> formulaire présentent un bilan de la quantité de substances chimiques par bloc et par classe de déchet basé sur les résultats de la tierce-expertise d'analyse des échantillons StocaMine.

# Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

*Quantité de Mercure par bloc*

*Avant commencement du déstockage*

	B11	B12	B13	B14	B15	B21	B22	B23	B24	Total
A1 -Sels de trempe	2 kG	2 kG	1 kG	1 kG	0 kG				0 kG	6 kG
A2 -Sels de trempe non cyanurés	5 kG	0 kG	0 kG	0 kG	0 kG				0 kG	6 kG
B3 -Déchets arseniés	0 kG	105 kG	15 kG	0 kG	0 kG	2 kG	38 kG	20 kG		179 kG
B5 -Déchets mercuriels	641 kG	13 876 kG	440 kG	314 kG		4 214 kG		4 843 kG	4 kG	24 333 kG
B6 -Terres polluées	2 kG	2 kG	2 kG	1 kG		1 kG	0 kG	2 kG	2 kG	11 kG
C4 -Déchets chromiques	0 kG	1 kG	4 kG	0 kG					0 kG	4 kG
C8 -Déchets de galvanisation	0 kG	0 kG	0 kG	2 kG	0 kG				4 kG	6 kG
D12-Déchets de laboratoire	843 kG	87 kG	25 kG	48 kG					24 kG	1 026 kG
E9 -Residus d'incinération	12 kG	19 kG	20 kG	11 kG	5 kG	10 kG	21 kG	17 kG	13 kG	126 kG
<b>Total</b>	<b>1 505 kG</b>	<b>14 090 kG</b>	<b>506 kG</b>	<b>377 kG</b>	<b>5 kG</b>	<b>4 226 kG</b>	<b>59 kG</b>	<b>4 882 kG</b>	<b>47 kG</b>	<b>25 699 kG</b>

*A la fin des opérations de déstockage*

	B11	B12	B13	B14	B15	B21	B22	B23	B24	B25	Total
A1 -Sels de trempe	2 kG	2 kG	1 kG	1 kG	0 kG				0 kG		6 kG
A2 -Sels de trempe non cyanurés	5 kG	0 kG	0 kG	0 kG	0 kG				0 kG		6 kG
B3 -Déchets arseniés	1 kG	67 kG	15 kG	0 kG	0 kG	39 kG	38 kG	19 kG	0 kG		179 kG
B5 -Déchets mercuriels	2 kG		440 kG	314 kG					4 kG	1 kG	761 kG
B6 -Terres polluées	2 kG	1 kG	2 kG	1 kG	0 kG	1 kG	0 kG	2 kG	2 kG	0 kG	11 kG
C4 -Déchets chromiques	0 kG	0 kG	4 kG	0 kG		0 kG			0 kG	0 kG	4 kG
C8 -Déchets de galvanisation	0 kG	0 kG	0 kG	2 kG	0 kG	0 kG			4 kG		6 kG
D12-Déchets de laboratoire	0 kG	63 kG	25 kG	48 kG					24 kG	29 kG	189 kG
E9 -Residus d'incinération	13 kG	14 kG	20 kG	11 kG	5 kG	11 kG	21 kG	16 kG	13 kG	4 kG	126 kG
<b>Total</b>	<b>25 kG</b>	<b>147 kG</b>	<b>506 kG</b>	<b>377 kG</b>	<b>5 kG</b>	<b>51 kG</b>	<b>59 kG</b>	<b>37 kG</b>	<b>47 kG</b>	<b>34 kG</b>	<b>1 288 kG</b>

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

### BILAN DÉCHETS PAR CLASSE AVANT ET APRÈS DÉSTOCKAGE

#### Bilan initial avant les opérations de déstockage

	Nombre de colis	Masse totale (T)
A1 -Sels de trempe	2164	2156
A2 -Sels de trempe non cyanurés	1191	1218
B10-Produits phytosanitaires	105	128
B3 -Déchets arseniés	7107	6975
B5 -Déchets mercuriels	1753	2272
B6 -Terres polluées	4672	5306
C4 -Déchets chromiques	358	429
C8 -Déchets de galvanisation	587	641
D12-Déchets de laboratoire	201	169
D7 -Résidus de l'industrie	324	138
E13-Déchets amiantés	9821	3774
E9 -Residus d'incinération	38922	20671
	<b>67 205</b>	<b>43 876,03</b>

#### Bilan à la fin des opérations de déstockage partiel

	Nombre de colis	Masse totale (T)
A1 -Sels de trempe	2164	2156
A2 -Sels de trempe non cyanurés	1191	1218
B10-Produits phytosanitaires	19	8
B3 -Déchets arseniés	7001	6875
B5 -Déchets mercuriels	209	130
B6 -Terres polluées	4674	5306
C4 -Déchets chromiques	358	429
C8 -Déchets de galvanisation	587	641
D12-Déchets de laboratoire	187	153
D7 -Résidus de l'industrie	324	138
Déchets générés	686	502
E13-Déchets amiantés	9823	3774
E9 -Residus d'incinération	39033	20671
	<b>66 256</b>	<b>41 999,33</b>

### BILAN DES EXPÉDITIONS A LA FIN DES OPÉRATIONS DE DÉSTOCKAGE

Total expédié (T)	Containers 3 fûts	Palettes 2 fûts	Palettes 4 fûts
2 201	108	3 309	2

#### Détail

Nature déchets	N° CAP	Masse expédié (T)	Containers 3 fûts	Palettes 2 fûts	Palettes 4 fûts
B5 -Déchets mercuriels	112	21,05		44	
D12-Déchets de laboratoire	315	16,60		28	
B3 -Déchets arseniés	509	11,10		42	
B5 -Déchets mercuriels	921	1,65		4	
B5 -Déchets mercuriels	10229	3,51		10	
B5 -Déchets mercuriels	10317	252,88		514	
B5 -Déchets mercuriels	10503	4,70		11	
B5 -Déchets mercuriels	20503	2,48		1	2
B3 -Déchets arseniés	990103	26,35	13	67	
B5 -Déchets mercuriels	990210	5,32		8	
B5 -Déchets mercuriels	990305	3,56		12	
B3 -Déchets arseniés	990409	100,68	95	14	
B5 -Déchets mercuriels	990813	1735,29		2514	
B5 -Déchets mercuriels	991105	3,02		8	
B5 -Déchets mercuriels	991106	4,25		12	
B5 -Déchets mercuriels	991107	8,50		20	

## Rapport de fin de chantier

### Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

Bilan initial avant commencement des opérations de déstockage. Résultats exprimés en Tonnes.

	Sb	As	Ba	Be	B	Cd	Cr	Co	Cu	Sn	Mn	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Te	Tl	V	Zn	NH4+	CN-	HCT
<b>Grand Total</b>	<b>99,69</b>	<b>1 747</b>	<b>78,6</b>	<b>0,00</b>	<b>1,23</b>	<b>32,94</b>	<b>31,77</b>	<b>0,13</b>	<b>103,7</b>	<b>3,37</b>	<b>1,12</b>	<b>25,70</b>	<b>6,32</b>	<b>23,64</b>	<b>250,0</b>	<b>2,88</b>	<b>4,58</b>	<b>0,00</b>	<b>0,42</b>	<b>260,0</b>	<b>3,76</b>	<b>4,37</b>	<b>0,18</b>
<b>B11</b>	<b>2,46</b>	<b>11,5</b>	<b>26,7</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,69</b>	<b>4,99</b>	<b>0,00</b>	<b>14,6</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1,51</b>	<b>1,52</b>	<b>4,36</b>	<b>14,8</b>	<b>0,49</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>32,6</b>	<b>0,44</b>	<b>2,16</b>	<b>0,02</b>
A1 -Sels de trempe	0,02	0,0	2,2			0,17	0,40		3,2			0,00	0,02	0,69	2,8	0,04				7,4	0,40	2,16	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,01	0,0	22,3			0,00	0,41		0,0			0,01	0,08	0,19	0,0	0,03				0,1	0,04		
B3 -Déchets arseniés	0,02	9,5	0,3	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,9			
B5 -Déchets mercuriels	0,00	0,0	0,0			0,02	0,00		0,0			0,64	0,00	0,01	0,0	0,00				0,0			
B6 -Terres polluées	1,82	1,0	0,1			0,13	2,13		3,9			0,00	0,45	0,84	2,3	0,21				2,1			0,02
C4 -Déchets chromiques	0,03	0,0	0,2			0,00	1,01		0,6			0,00	0,07	0,29	0,6	0,08				0,3			
C8 -Déchets de galvanisation	0,01	0,0	0,1			0,04	0,47		5,8			0,00	0,02	1,91	0,1	0,05				1,2			
D12-Déchets de laboratoire	0,19	0,9	0,0			0,19	0,01		0,0			0,84	0,00	0,02	1,5	0,01				0,0			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,37	0,1	1,4			0,14	0,51		1,0			0,01	0,87	0,40	7,5	0,06				19,5			
<b>B12</b>	<b>19,84</b>	<b>350,9</b>	<b>15,3</b>	<b>0,00</b>	<b>0,20</b>	<b>3,59</b>	<b>2,62</b>	<b>0,00</b>	<b>18,0</b>	<b>0,84</b>	<b>0,02</b>	<b>14,09</b>	<b>0,61</b>	<b>3,76</b>	<b>40,7</b>	<b>0,39</b>	<b>1,15</b>	<b>0,00</b>	<b>0,04</b>	<b>43,9</b>	<b>0,62</b>	<b>0,55</b>	<b>0,00</b>
A1 -Sels de trempe	0,01	0,0	3,7			0,07	0,28		0,3			0,00	0,02	0,70	1,6	0,03				3,5	0,60	0,55	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,02	0,0	8,6			0,01	0,14		0,0			0,00	0,02	0,62	0,3	0,01				0,1	0,03		
B10-Produits phytosanitaires		17,7																		3,6			
B3 -Déchets arseniés	17,27	329,0	0,7	0,00	0,20	3,16	0,15	0,00	14,8	0,84	0,02	0,10	0,12	0,25	29,4	0,00	1,15	0,00	0,04	16,1			
B5 -Déchets mercuriels	0,01	0,1	0,3			0,02	0,04		0,1			13,88	0,00	0,08	1,1	0,00				0,2			
B6 -Terres polluées	1,69	3,5	0,1			0,04	0,22		0,6			0,00	0,01	0,03	0,5	0,08				0,2			0,00
C4 -Déchets chromiques	0,01	0,0	0,1			0,00	0,55		0,2			0,00	0,01	0,17	0,4	0,04				0,1			
C8 -Déchets de galvanisation	0,02	0,0	0,2			0,04	0,67		1,0			0,00	0,02	1,65	0,3	0,06				1,8			
D12-Déchets de laboratoire	0,25	0,5	0,0			0,03	0,00		0,0			0,09	0,06	0,00	1,6	0,10				0,1			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,58	0,1	1,5			0,24	0,56		1,1			0,02	0,36	0,26	5,6	0,06				18,1			
<b>B13</b>	<b>1,11</b>	<b>26,6</b>	<b>13,1</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,42</b>	<b>10,11</b>	<b>0,00</b>	<b>8,8</b>	<b>0,51</b>	<b>0,75</b>	<b>4,15</b>	<b>17,2</b>	<b>0,85</b>	<b>17,2</b>	<b>0,85</b>	<b>1,15</b>	<b>0,00</b>	<b>0,04</b>	<b>25,3</b>	<b>0,48</b>	<b>0,37</b>	<b>0,00</b>
A1 -Sels de trempe	0,01	0,1	3,1			0,14	0,18		1,1			0,00	0,02	0,39	0,2	0,02				2,3	0,42	0,37	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,10	0,0	6,8			0,01	0,17		0,0			0,00	0,01	0,85	0,3	0,02				0,1	0,06		
B3 -Déchets arseniés	0,26	26,2	0,5		0,02	0,03	0,42		0,4			0,01	0,01	0,00	2,1	0,01				2,5			
B5 -Déchets mercuriels	0,06	0,0	0,1			0,02	0,00		0,1			0,44	0,00	0,04	0,0	0,00				0,0			
B6 -Terres polluées	0,04	0,1	0,1			0,00	2,35		0,2			0,00	0,00	0,14	0,7	0,21				0,2			0,00
C4 -Déchets chromiques	0,15	0,0	1,2			0,00	6,47		3,1			0,00	0,34	1,55	8,2	0,51				0,9			
C8 -Déchets de galvanisation	0,01	0,0	0,2			0,02	0,18		2,8			0,00	0,01	0,94	0,2	0,02				3,1			
D12-Déchets de laboratoire	0,07	0,1	0,0			0,01	0,00		0,0			0,02	0,02	0,00	0,5	0,03				0,0			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,42	0,1	1,1			0,20	0,34		1,1			0,02	0,34	0,24	4,9	0,04				16,1			
<b>B14</b>	<b>0,61</b>	<b>11,0</b>	<b>7,5</b>	<b>0,00</b>	<b>0,50</b>	<b>3,91</b>	<b>2,3</b>	<b>0,38</b>	<b>0,31</b>	<b>2,24</b>	<b>10,0</b>	<b>0,41</b>	<b>0,38</b>	<b>0,31</b>	<b>2,24</b>	<b>10,0</b>	<b>0,41</b>	<b>0,38</b>	<b>0,31</b>	<b>14,5</b>	<b>1,36</b>	<b>0,94</b>	<b>0,00</b>
A1 -Sels de trempe	0,01	0,1	4,3			0,33	0,38		1,2			0,00	0,04	0,51	0,1	0,04				2,5	1,32	0,94	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,00	0,0	1,0			0,00	0,09		0,0			0,00	0,01	0,04	0,2	0,01				0,0	0,04		
B3 -Déchets arseniés	0,07	10,4	1,0		0,00	0,01	0,01		0,0			0,00	0,00	0,01	3,9	0,01				1,3			
B5 -Déchets mercuriels	0,07	0,0	0,1			0,02	0,00		0,0			0,31	0,00	0,00	0,0	0,00				0,0			
B6 -Terres polluées	0,03	0,0	0,2			0,01	1,83		0,1			0,00	0,01	0,50	0,4	0,16				0,3			0,00
C4 -Déchets chromiques	0,01	0,0	0,0			0,00	0,48		0,0			0,00	0,00	0,01	1,2	0,04				0,0			
C8 -Déchets de galvanisation	0,01	0,0	0,1			0,01	0,83		0,2			0,00	0,00	0,80	0,3	0,07				0,4			
D12-Déchets de laboratoire	0,14	0,3	0,0			0,02	0,00		0,0			0,05	0,03	0,00	0,9	0,05				0,1			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,27	0,1	0,8			0,12	0,28		0,8			0,01	0,22	0,36	3,0	0,03				9,9			
<b>B15</b>	<b>0,12</b>	<b>0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>12,01</b>	<b>0,65</b>	<b>1,0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,14</b>	<b>4,05</b>	<b>1,5</b>	<b>0,07</b>	<b>0,00</b>	<b>1,5</b>	<b>0,07</b>	<b>1,15</b>	<b>0,00</b>	<b>0,04</b>	<b>5,5</b>	<b>0,25</b>	<b>0,30</b>	<b>0,00</b>
A1 -Sels de trempe	0,00	0,0	1,3			0,02	0,04		0,5			0,00	0,01	0,11	0,0	0,00				0,7	0,25	0,30	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,00	0,0	0,1			0,00	0,00		0,0			0,00	0,00	0,00	0,0	0,00				0,0	0,00		
B3 -Déchets arseniés	0,00	0,7	0,1		0,00	0,00	0,00		0,0			0,00	0,00	0,00	0,1	0,00				0,1			
B6 -Terres polluées	0,00	0,0	0,0			11,94	0,03		0,0			0,00	0,00	3,57	0,1	0,00				0,0			0,00
C8 -Déchets de galvanisation	0,01	0,0	0,0			0,00	0,42		0,1			0,00	0,00	0,18	0,0	0,05				0,4			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,10	0,0	0,5			0,06	0,16		0,4			0,00	0,12	0,20	1,3	0,02				4,3			
<b>B21</b>	<b>0,77</b>	<b>47,8</b>	<b>2,8</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,17</b>	<b>3,64</b>	<b>0,05</b>	<b>1,9</b>	<b>0,02</b>	<b>0,92</b>	<b>4,23</b>	<b>1,01</b>	<b>1,97</b>	<b>6,8</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,28</b>	<b>23,9</b>	<b>0,00</b>	<b>0,15</b>	<b>0,00</b>
B10-Produits phytosanitaires		0,9																		0,0			
B3 -Déchets arseniés	0,07	46,5	1,1	0,00	0,01	0,00	2,90	0,03	0,0	0,02	0,31	0,00	0,06	1,40	0,4	0,00	0,00	0,00	0,21	6,5			
B5																							

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

Bilan à la fin des opérations de déstockage. Résultats exprimés en Tonnes.

	Sb	As	Ba	Be	B	Cd	Cr	Co	Cu	Sn	Mn	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Te	TI	V	Zn	NH4+	CN-	HCT
<b>Grand Total</b>	<b>99,63</b>	<b>1 722</b>	<b>78,0</b>	<b>0,00</b>	<b>1,22</b>	<b>32,65</b>	<b>30,48</b>	<b>0,10</b>	<b>103,4</b>	<b>3,36</b>	<b>0,38</b>	<b>1,29</b>	<b>6,28</b>	<b>22,90</b>	<b>247,1</b>	<b>2,88</b>	<b>4,57</b>	<b>0,00</b>	<b>0,33</b>	<b>255,2</b>	<b>3,76</b>	<b>4,37</b>	<b>0,18</b>
<b>B11</b>	<b>2,32</b>	<b>10,8</b>	<b>26,7</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,49</b>	<b>5,04</b>	<b>0,00</b>	<b>13,8</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>1,52</b>	<b>4,29</b>	<b>13,6</b>	<b>0,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>33,0</b>	<b>0,44</b>	<b>2,16</b>	<b>0,02</b>
A1 -Sels de trempe	0,02	0,0	2,2			0,17	0,40		3,2			0,00	0,02	0,69	2,8	0,04				7,4	0,40	2,16	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,01	0,0	22,3			0,00	0,41		0,0			0,01	0,08	0,19	0,0	0,03				0,1	0,04		
B3 -Déchets arseniés	0,04	9,6	0,3	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	2,0			
B5 -Déchets mercuriels	0,00	0,0	0,0			0,00	0,00		0,0			0,00	0,00	0,00	0,0	0,00				0,0			
B6 -Terres polluées	1,82	1,0	0,1			0,13	2,16		3,9			0,00	0,45	0,85	2,3	0,24				2,1			0,02
C4 -Déchets chromiques	0,03	0,0	0,2			0,00	0,99		0,6			0,00	0,07	0,29	0,6	0,08				0,3			
C8 -Déchets de galvanisation	0,01	0,0	0,1			0,04	0,46		5,0			0,00	0,01	1,83	0,1	0,05				1,0			
D12-Déchets de laboratoire	0,00	0,0	0,0			0,00	0,00		0,0			0,00	0,00	0,02	0,0	0,00				0,0			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,41	0,1	1,4			0,15	0,56		1,1			0,01	0,88	0,40	7,7	0,07				20,1			
<b>B12</b>	<b>13,70</b>	<b>244,4</b>	<b>14,7</b>	<b>0,00</b>	<b>0,15</b>	<b>2,65</b>	<b>2,30</b>	<b>0,00</b>	<b>10,6</b>	<b>0,61</b>	<b>0,06</b>	<b>0,15</b>	<b>0,41</b>	<b>3,48</b>	<b>30,0</b>	<b>0,31</b>	<b>0,84</b>	<b>0,00</b>	<b>0,11</b>	<b>33,4</b>	<b>0,62</b>	<b>0,55</b>	
A1 -Sels de trempe	0,01	0,0	3,7			0,07	0,28		0,3			0,00	0,02	0,70	1,6	0,03				3,5	0,60	0,55	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,02	0,0	8,6			0,01	0,14		0,0			0,00	0,02	0,62	0,3	0,01				0,1	0,03		
B10-Produits phytosanitaires			0,6																	0,0			
B3 -Déchets arseniés	11,98	241,2	1,0	0,00	0,15	2,31	0,15	0,00	8,0	0,61	0,06	0,07	0,07	0,19	21,9	0,00	0,84	0,00	0,11	14,2			
B6 -Terres polluées	1,07	2,2	0,1			0,03	0,14		0,4			0,00	0,01	0,02	0,3	0,05				0,1			
C4 -Déchets chromiques	0,01	0,0	0,1			0,00	0,53		0,2			0,00	0,01	0,17	0,4	0,04				0,1			
C8 -Déchets de galvanisation	0,02	0,0	0,2			0,04	0,67		1,0			0,00	0,02	1,65	0,3	0,06				1,8			
D12-Déchets de laboratoire	0,18	0,4	0,0			0,02	0,00		0,0			0,06	0,04	0,00	1,2	0,07				0,1			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,43	0,1	1,1			0,18	0,38		0,8			0,01	0,23	0,13	4,0	0,04				13,5			
<b>B13</b>	<b>1,11</b>	<b>26,6</b>	<b>13,1</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,42</b>	<b>10,11</b>		<b>8,8</b>			<b>0,51</b>	<b>0,75</b>	<b>4,15</b>	<b>17,2</b>	<b>0,85</b>				<b>25,3</b>	<b>0,48</b>	<b>0,37</b>	<b>0,00</b>
A1 -Sels de trempe	0,01	0,1	3,1			0,14	0,18		1,1			0,00	0,02	0,39	0,2	0,02				2,3	0,42	0,37	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,10	0,0	6,8			0,01	0,17		0,0			0,00	0,01	0,85	0,3	0,02				0,1	0,06		
B3 -Déchets arseniés	0,26	26,2	0,5		0,02	0,03	0,42		0,4			0,01	0,01	0,00	2,1	0,01				2,5			
B5 -Déchets mercuriels	0,06	0,0	0,1			0,02	0,00		0,1			0,44	0,00	0,04	0,0	0,00				0,0			
B6 -Terres polluées	0,04	0,1	0,1			0,00	2,35		0,2			0,00	0,00	0,14	0,7	0,21				0,2			0,00
C4 -Déchets chromiques	0,15	0,0	1,2			0,00	6,47		3,1			0,00	0,34	1,55	8,2	0,51				0,9			
C8 -Déchets de galvanisation	0,01	0,0	0,2			0,02	0,18		2,8			0,00	0,01	0,94	0,2	0,02				3,1			
D12-Déchets de laboratoire	0,07	0,1	0,0			0,01	0,00		0,0			0,02	0,02	0,00	0,5	0,03				0,0			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,42	0,1	1,1			0,20	0,34		1,1			0,02	0,34	0,24	4,9	0,04				16,1			
<b>B14</b>	<b>0,61</b>	<b>11,0</b>	<b>7,5</b>	<b>0,00</b>	<b>0,50</b>	<b>3,91</b>	<b>2,3</b>		<b>2,3</b>			<b>0,38</b>	<b>0,31</b>	<b>2,24</b>	<b>10,0</b>	<b>0,41</b>				<b>14,5</b>	<b>1,36</b>	<b>0,94</b>	<b>0,00</b>
A1 -Sels de trempe	0,01	0,1	4,3			0,33	0,38		1,2			0,00	0,04	0,51	0,1	0,04				2,5	1,32	0,94	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,00	0,0	1,0			0,00	0,09		0,0			0,00	0,01	0,04	0,2	0,01				0,0	0,04		
B3 -Déchets arseniés	0,07	10,4	1,0		0,00	0,01	0,01		0,0			0,00	0,00	0,01	3,9	0,01				1,3			
B5 -Déchets mercuriels	0,07	0,0	0,1			0,02	0,00		0,0			0,31	0,00	0,00	0,0	0,00				0,0			
B6 -Terres polluées	0,03	0,0	0,2			0,01	1,83		0,1			0,00	0,01	0,50	0,4	0,16				0,3			0,00
C4 -Déchets chromiques	0,01	0,0	0,0			0,00	0,48		0,0			0,00	0,00	0,01	1,2	0,04				0,4			
C8 -Déchets de galvanisation	0,01	0,0	0,1			0,01	0,83		0,2			0,00	0,00	0,80	0,3	0,07				0,0			
D12-Déchets de laboratoire	0,14	0,3	0,0			0,02	0,00		0,0			0,05	0,03	0,00	0,9	0,05				0,1			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,27	0,1	0,8			0,12	0,28		0,8			0,01	0,22	0,36	3,0	0,03				9,9			
<b>B15</b>	<b>0,12</b>	<b>0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>12,01</b>	<b>0,65</b>		<b>1,0</b>			<b>0,00</b>	<b>0,14</b>	<b>4,05</b>	<b>1,5</b>	<b>0,07</b>				<b>5,5</b>	<b>0,25</b>	<b>0,30</b>	<b>0,00</b>
A1 -Sels de trempe	0,00	0,0	1,3			0,02	0,04		0,5			0,00	0,01	0,11	0,0	0,00				0,7	0,25	0,30	
A2 -Sels de trempe non cyanurés	0,00	0,0	0,1			0,00	0,00		0,0			0,00	0,00	0,00	0,0	0,00				0,0	0,00		
B3 -Déchets arseniés	0,00	0,7	0,1		0,00	0,00	0,00		0,0			0,00	0,00	0,00	0,1	0,00				0,1			
B6 -Terres polluées	0,00	0,0	0,0			11,94	0,03		0,0			0,00	0,00	3,57	0,1	0,00				0,4			0,00
C8 -Déchets de galvanisation	0,01	0,0	0,0			0,00	0,42		0,1			0,00	0,00	0,18	0,0	0,05				0,0			
D7 -Résidus de l'industrie	0,0			0,00																			
E9 -Residus d'incinération	0,10	0,0	0,5			0,06	0,16		0,4			0,00	0,12	0,20	1,3	0,02				4,3			
<b>B21</b>	<b>6,29</b>	<b>128,7</b>	<b>2,5</b>	<b>0,00</b>	<b>0,06</b>	<b>1,03</b>	<b>2,48</b>	<b>0,01</b>	<b>9,5</b>	<b>0,24</b>	<b>0,14</b>	<b>0,05</b>	<b>1,08</b>	<b>1,51</b>	<b>14,8</b>	<b>0,08</b>	<b>0,32</b>	<b>0,00</b>	<b>0,12</b>	<b>26,1</b>	<b>0,25</b>	<b>0,30</b>	<b>0,15</b>
B10-Produits phytosanitaires			0,8																	0,0			
B3 -Déchets arseniés	5,35	127,3	0,9	0,00	0,06	0,86	1,81	0,01	6,8	0,24	0,14	0,04	0,09	0,94	8,4	0,00	0,32	0,00	0,12	8,7			
B5 -Déchets mercuriels																							
B6 -Terres polluées	0,41	0,6	0,2			0,06	0,14		0,7			0,00	0,22	0,14	0,5	0,02				1,3			0,15
C4 -Déchets chromiques	0,00	0,0	0,0			0,00	0,02		0,0			0,00	0,0										

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

Le premier formulaire de ce chapitre, nommé « Etat du chantier à la fin des opérations de déstockage partiel » présente un nombre de colis de déchets mercuriels déstockés de 1583. Dans le 3<sup>e</sup> formulaire de ce chapitre, nommé « Bilan déchets par classe avant et après déstockage », on observe que le stockage contenait initialement 1753 colis de déchets mercuriels et n'en comporte aujourd'hui plus que 209. Or  $1753 - 209$  n'est pas égal au nombre de colis déstockés de 1583. Les chiffres sont pourtant exacts.

En effet, il faut prendre en considération le cas particulier du CAP 981016. Ce dernier a été déstocké au B21. Il comportait 39 colis MDPA (palettes 4 fûts). Il a été reconditionné en 78 colis SMD (palette 2 sur-fûts). Par la suite, les analyses ont montré qu'il contenait une quantité négligeable de mercure. Combiné au fait qu'il était très hétérogène et donc qu'il était difficile de lui trouver une filière d'élimination, il a été décidé de le restocker, ce qui n'a pas empêché d'atteindre l'objectif de déstockage partiel de 93% du mercure.

Les 209 colis mercuriels présent dans le stockage suite à l'opération de déstockage contiennent donc 78 palettes de 2 sur-fûts équivalentes à 39 colis dans leur état initial. Pour parler en équivalent colis initial, il faut donc réaliser le calcul suivant :  $209 - 78 + 39 = 170$  équivalent colis MDPA mercuriels restants dans le stockage.

Or, la différence des 1753 colis initiaux avec les 1583 colis déstockés donne bien  $1753 - 1583 = 170$  équivalent colis MDPA mercuriels restants dans le stockage.

### 2. Cas des nombres de colis de déchets arséniés :

Comme pour les déchets mercuriels, certains colis ont été reconditionnés puis finalement restockés sur site (suite à la découverte de l'absence de mercure dans les déchets arséniés). D'autre part, de nombreux colis rencontrés étaient conditionnés sous forme de big-bags. Il est arrivé que certains de ces big-bags soient coincés par les terrains (notamment en entrée du B12). Pour pouvoir les extraire, il a fallu aspirer le contenu des big-bags et les transférer dans de nouveaux big-bags, souvent moins remplis. Un colis MDPA comprimé a donc pu générer 2 colis pour restockage. Ainsi, la différence entre les colis présents initialement et les colis présents après déstockage n'est pas égale au nombre de colis arséniés déstockés.

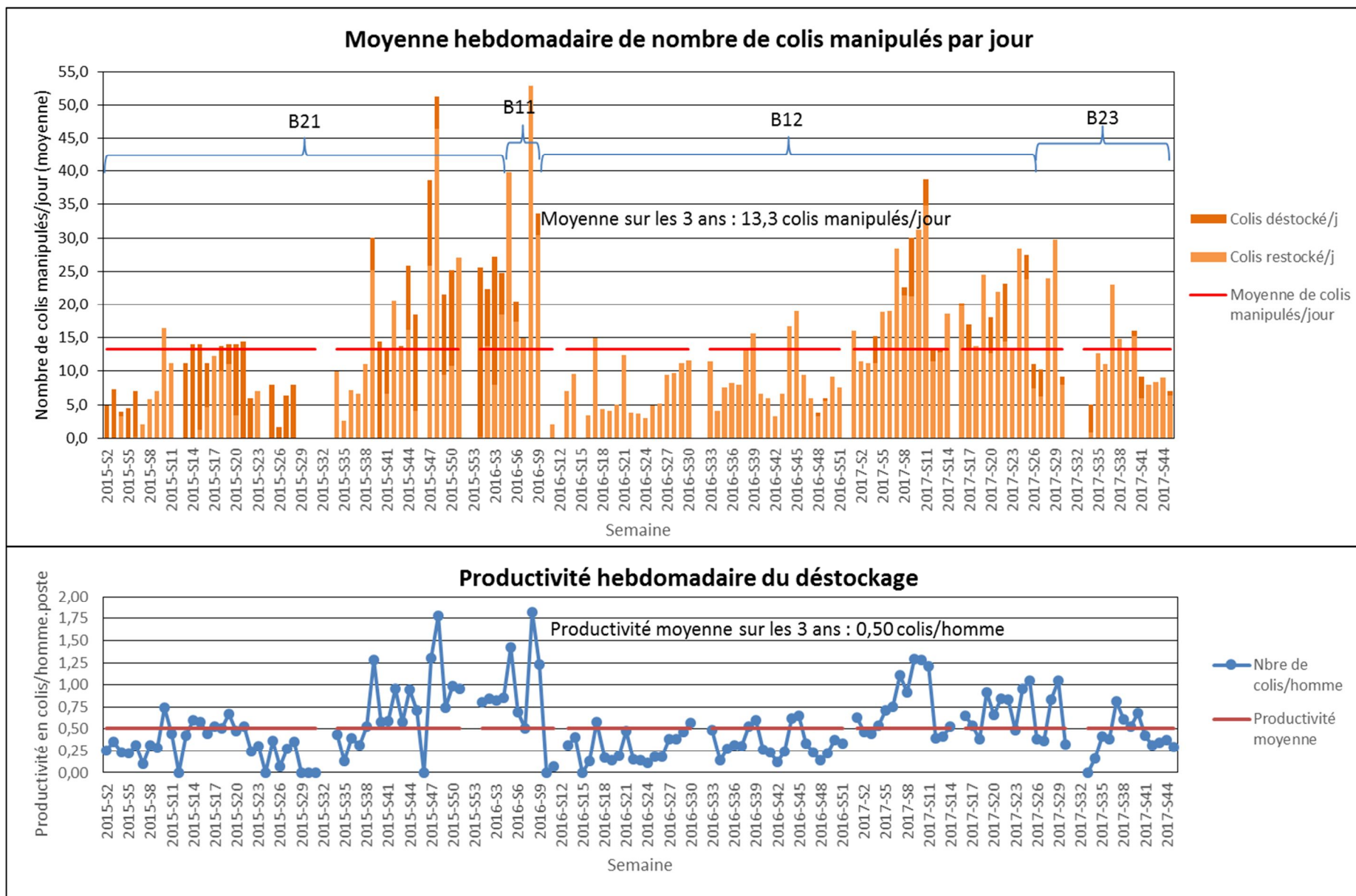
### 3. Cas des produits phytosanitaires :

Le stockage contenait 105 colis de produits phytosanitaires et n'en comporte plus que 19. Parmi les 105, ceux qui contenaient du zirame étaient au nombre de 88. 87 d'entre eux ont été déstockés. Le 88<sup>e</sup> présentait une fuite de liquide, il a été décidé de ne pas l'inclure dans l'opération de déstockage. Il a été reconditionné de la manière suivante : 2 fûts fuyant isolés dans un container prévu pour 3 fûts (C3F) et les 2 autres fûts ont été mis sur une palette 2 fûts. Ce 88<sup>e</sup> colis s'est donc transformé en 2 colis qui ont été restockés au B21. Les 19 colis restants après déstockage représentent donc l'équivalent de 18 colis initiaux MDPA. La différence entre les 105 colis MDPA initiaux et les 18 équivalent-colis MDPA restants à la fin est bien égale aux 87 colis déstockés.

Ci-dessous, un graphique présentant les performances de l'extraction des déchets depuis début 2015 (passage à 2 postes) jusqu'à la fin du chantier en fin 2017 :



Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



**Rapport de fin de chantier**  
**Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine**

**3.2. Bilan sur la gestion du personnel et ses compétences :**

L'effectif demandé à l'entreprise titulaire du marché de déstockage SAARMontan a constamment varié. Leur personnel était en déplacement pour intervenir sur site. Les opérations sur des déchets toxiques dans une mine peuvent en décourager plus d'un. Pour ces diverses raisons, il a été compliqué de maintenir un personnel stable sur site. Au total sur les 3,5 années, 117 personnes ont été amenées sur site par SAARMontan face à une demande d'effectif située entre 24 et 32 personnes par jour à partir du moment où le chantier est passé sur 2 postes par jour en janvier 2015.

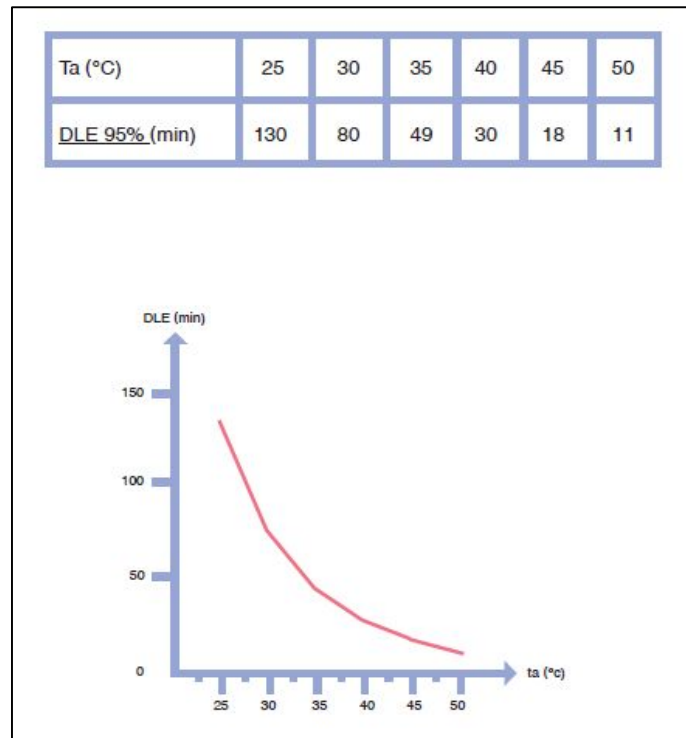
L'effectif classique était le suivant :

Effectif standard sans reconditionnement					Effectif standard avec reconditionnement				
Fonction	Journée	P1	P2	Total	Fonction	Journée	P1	P2	Total
Chef projet	1			22	Chef projet	1			32
Assistant QSE	1				Assistant QSE	1			
Ingénieur fond	1				Ingénieur fond	1			
Chef de poste		1	1		Chef de poste		1	1	
Chef de sas		1	1		Chef de sas		1	1	
Responsable APR		1			Responsable APR		1		
Opérateur rouge front		6	6		Opérateur rouge front		6	6	
Opérateur rouge atelier					Opérateur rouge atelier		4	4	
Conducteur AUSA verte et travaux divers		1	1		Conducteur AUSA verte et travaux divers		2	2	

Pour effectuer le déstockage des déchets en zone rouge, il fallait former des équipes de 3. Lorsque l'on opère en appareil de protection respiratoire, le temps de travail est limité à cause de la pénibilité de ces conditions. Cette limite de temps de travail dépend de la température en zone de travail, ce qui a pu créer des problèmes organisationnels en plein cœur de l'été. En effet, un abaque définit :

- Pour  $T < 25^{\circ}\text{C}$  : le temps de vacation maximal autorisé est de 2h10 (le temps de vacation comprend toujours l'habillage et la décontamination qui prend environ 30min en tout) soit 1h40 effective en zone de travail et pour chaque vacation effectuée, les intervenants doivent se reposer 30min avant de reprendre toute forme de travail.
- Pour  $25^{\circ}\text{C} < T < 28^{\circ}\text{C}$ , le temps de vacation reste inchangé, mais le temps de pause post-vacation passe à 1h.
- Pour  $28^{\circ}\text{C} < T < 30^{\circ}\text{C}$ , le temps de vacation est réduit à 1h40, soit 1h10 effective en zone de travail et toujours 1h de pause après.
- Pour  $30^{\circ}\text{C} < T$ , le temps de vacation est réduit à 1h10, soit 40min effective en zone de travail et toujours 1h de pause après.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



En règle générale, 2 équipes de 3 personnes étaient prévues pour faire fonctionner la zone rouge en continu s'il y avait du travail en rouge pour tout le poste. Les 2 équipes se relayaient facilement, l'une en zone rouge, l'autre en pause, tant que la température était inférieure à 28°C.

A partir de 28°C, lorsqu'une équipe A voyait l'équipe B arriver en zone de travail pour la relever, l'équipe A avait 15min de décontamination, 1h de pause puis 15min d'habillage pour retourner en zone rouge, alors que l'équipe B avait déjà dû quitter la zone de travail depuis 20min. Garder la même organisation a donc généré une inoccupation de la zone de travail lors de hausse de température. Tous les efforts devaient donc être faits pour maintenir une température plus basse. Si ce n'était pas possible, une augmentation de l'effectif était nécessaire pour assurer un travail en continu en zone rouge.

Remarque : Plus on s'éloignait des voies d'arrivée de l'air frais et on entrait profondément dans les blocs de stockage, plus la température était élevée.

Concernant le reconditionnement, l'atelier étant bien équipé de manière industrielle (convoyeur, palan), les opérations s'y déroulant ne nécessitaient pas la même taille d'équipe. Des équipes de 2 étaient formées et étaient soumises aux mêmes règles de vacation avec port d'appareil de protection respiratoire.

De l'équipement spécifique a été acheté pour améliorer les conditions de travail d'entretien des masques et diminuer l'effectif dédié à cette tâche (équipement de type machine à laver). Cet équipement a permis au responsable APR de gérer le parc d'appareils seul pour 2 postes (sauf cas particuliers d'utilisation plus intensive de l'équipement de zone rouge).

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



En permanence, un chef de sas se tenait aux vestiaires ou à proximité. Il avait des responsabilités multiples :

- Aide à l'équipement des intervenants pour la zone rouge
- Entretien des sas de décontamination (nettoyage et désinfection réguliers)
- Centralisation de la communication (à l'aide du téléphone présent au vestiaire) – les vestiaires étaient également le point de rassemblement du chantier
- Responsable des stocks d'EPI

Concernant la formation, chaque opérateur arrivant sur le chantier recevait tout d'abord un accueil sécurité dispensé par l'APAVE, puis SAARMontan lui donnait une formation théorique à l'oral sur le fonctionnement du chantier, ses procédures, ainsi qu'une formation pratique à l'équipement de zone rouge et la décontamination. Cette session de formation durait 3 jours, puis l'intervenant était placé dans les équipes fond pour apprendre le travail directement sur le lieu des opérations.

Pour le cas particulier de la manipulation de déchets amiantés, chaque intervenant y ayant été confronté a suivi une formation opérateur en sous-section 4 selon le code du travail (+ quelques formations encadrant).

### 4. Bilan financier et contractuel

De par l'unicité technique du projet et compte tenu des nombreuses inconnues identifiées en amont du déstockage, les dispositifs contractuels des marchés stockage et déstockage se devaient de présenter à la fois un cadre clair et une souplesse permettant des adaptations contractuelles en cours de projet. Depuis la consultation des entreprises jusqu'à la réception des chantiers, de nombreux ajustements contractuels ont été réalisés afin de garantir l'équilibre du projet pour les entreprises comme pour les MDPA. Ces ajustements sont présentés dans les paragraphes ci-après.

#### 4.1. Marché déstockage partiel

##### 4.1.1. Bases contractuelles

Sans retour d'expérience sur une opération similaire, le marché déstockage partiel a intégré 3 étapes fondamentales permettant de lancer les opérations effectives de déstockage :

- Une phase 0 d'étude pour la définition précise des installations, des moyens et des modes opératoires,

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

- Une phase 1 de mobilisation sur site dans laquelle sont mobilisés et installés les équipements définis en phase 0. Cette phase comprenait aussi une phase d'essai de déstockage à blanc pour valider les équipements et les modes opératoires.
- Une phase 2 d'essais en charge consistant à appliquer les modes opératoires en condition réelle et sous surveillance médicale avant de passer en phase 3 de déstockage.

Le Cahier des Charges Techniques et Particulières (CCTP) prévoyait dans sa version initiale que les phases 0 à 2 permettent d'acquérir les données de cadences de déstockage et d'approvisionnement nécessaire pour permettre la réalisation de la phase 3 "déstockage" en pendulage, permettant de rémunérer l'entreprise en fonction de ses performances de déstockage. Ce principe a été abandonné au cours de la phase ACT du projet compte tenu du trop grand nombre de paramètres sans recul technique ne permettant pas de cadrage suffisant (notamment la maîtrise du risque minier, du risque amiante et du risque chimique –risque d'épandage).

De nouvelles bases contractuelles ont donc été établies en phase de cadrage de la consultation :

1. Dépenses contrôlées : L'approvisionnement matériaux, équipements spécifiques, prestations extérieures et consommables se fait par refacturation au MDPA, ajouté d'un coefficient de peines et soins. Chaque dépense unitaire est évaluée et validée par le MOER et le MOA d'un point de vue technico économique.
2. Régie : Les frais de personnel sont facturés en régie selon le poste occupé par le personnel au moment de son intervention.
3. Location : Les engins spécifiques au chantier (engins de manutention, rabasseneuse) sont facturés selon un coût mensuel de location basé sur leur valeur locative ou d'achat (divisée par le nombre de mois prévu au chantier) ajouté d'un coefficient de peines et soins.

A l'issue de cette phase de cadrage, l'obligation de moyens supplantait l'obligation de résultats (le pendulage étant annulé), laissant le MOER et le MOA seuls pilotes des opérations.

Ce changement a eu comme conséquence de renforcer le rôle du MOER sur le contrôle des aspects financier du déstockage aussi bien sur site (contrôle des approvisionnements, hommes, machines et équipements), qu'en gestion de projet (VISA financier mensuel de l'ensemble des justificatifs des factures de SAARMontan).

Les dépenses ont été établies comme ceci par phase de projet :

N° phase	Phase		Type de dépense
Phase 0	ETUDES – Modes opératoires, approvisionnement		FORFAIT
Phase 1	APPROVISIONNEMENT des équipements spécifiques		DEPENSES CONTROLEES
	INSTALLATION des équipements au Fond et au Jour		FORFAIT
	ESSAIS à BLANC		Régie (personnel) + dépenses contrôlées (matériel consommables)
Phase 2	ESSAIS en CHARGE (max 20 JO)		Régie (personnel) + dépenses contrôlées (matériel consommables)
Phase 3	Déstockage	Équipements spécifiques	Achat direct, location ou dépenses contrôlée
		CONSOMMABLES	DEPENSES CONTROLEES
		EQUIPE	EN REGIE

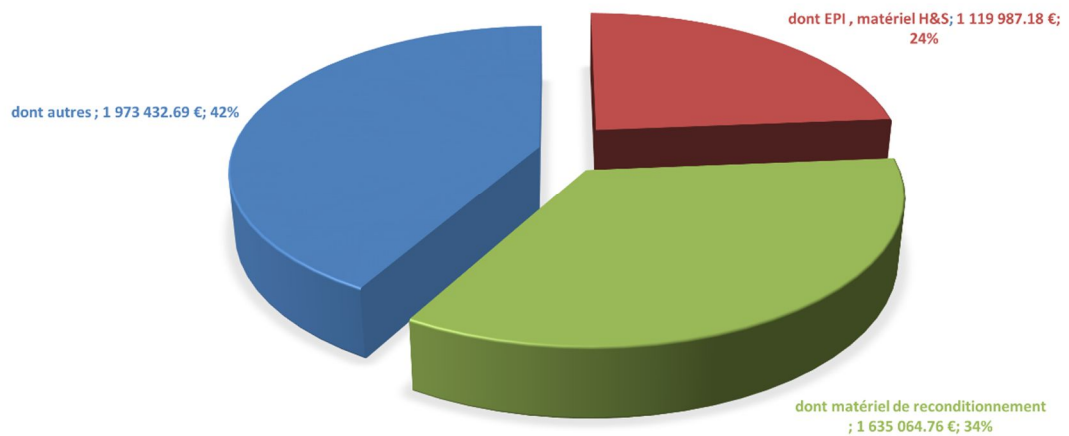
Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

N° phase	Phase	Type de dépense
Phase 4	Démobilisation	Forfait

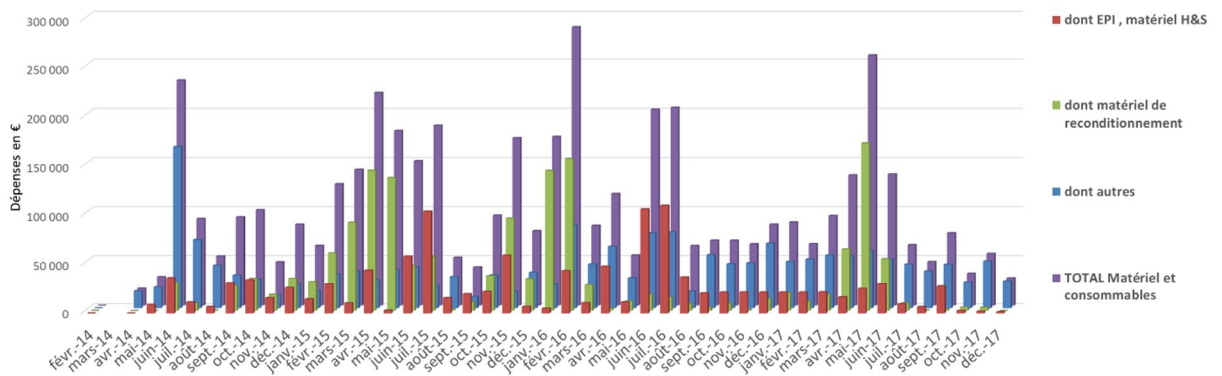
### 4.1.2. Dépenses contrôlées

Les graphiques suivants mettent en évidence la répartition et l'évolution des dépenses contrôlées à l'avancement du chantier :

PHASE 3: DESTOCKAGE : RÉPARTITION DÉPENSES MATERIELS ET CONSOMMABLES



PHASE 3 DESTOCKAGE : EVOLUTION DES DÉPENSES MATERIEL ET CONSOMMABLES EN DÉPENSES CONTROLEES



## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

En 4 années de travaux les dépenses contrôlées ont représenté environ 4,7 millions d'euros répartis en 3 catégories :

- 42 % (~2M€) : Matériel consommable et hors consommable (hors H&S) nécessaire à la maintenance du chantier (noté "autre" dans les graphique) : outils, matériel de construction, consommables travaux miniers...
- 34 % (~1.6 M€) : Matériel de reconditionnement : fûts, saches, bigs-bags, sur fûts, bâches, palettes, cales...
- 24 % (~1.2 M€) : Matériel dédiées aux aspects hygiène et sécurité (EPI, EPC, désinfection, eau, base vie...)

Comme en témoigne le second graphique, les dépenses se caractérisent par leurs irrégularités témoignant des variations de rythme dans le déstockage. On notera par exemple :

- Un approvisionnement important de matériel en avril/mai/juin 2014 dans la phase d'installation puis des dépenses assez régulières tout au long du chantier au gré des besoins,
- Des approvisionnements en matériel de reconditionnement massifs en amont des phases de déstockage de chaque bloc : bloc 21 (janvier - Juin 2015), bloc 12 (janvier février 2016) et bloc 23 (Avril – Juin 2017),
- Des approvisionnements plus irréguliers en EPI et en matériel dédié à l'hygiène et sécurité. Au cours du premier semestre 2016, après des constats de rupture de stocks en consommables de reconditionnement puis de sur-approvisionnements en EPI, un système de contrôle et de suivi des stocks a été mis en place par SAARMontan sur demande et sous la supervision du MOER. Cette disposition a eu comme conséquence un lissage des dépenses de consommables, synonymes d'avancée notable au niveau financier et contractuel.

### 4.1.2.1. Matériel hors consommables

Le matériel hors consommable est défini comme tout matériel hors consommable pour le reconditionnement (fûts, sur fûts etc...) ou matériel H&S (EPI, EPC).

Il peut s'agir de matériel spécifique au chantier (extracteur d'air, aspirateur industriel, sas de décontamination, matériel de construction, pièces de rechange des engins de travaux miniers) mais aussi de petits outillage de type perceuse, meuleuse, disceuse, burin, perforateurs.

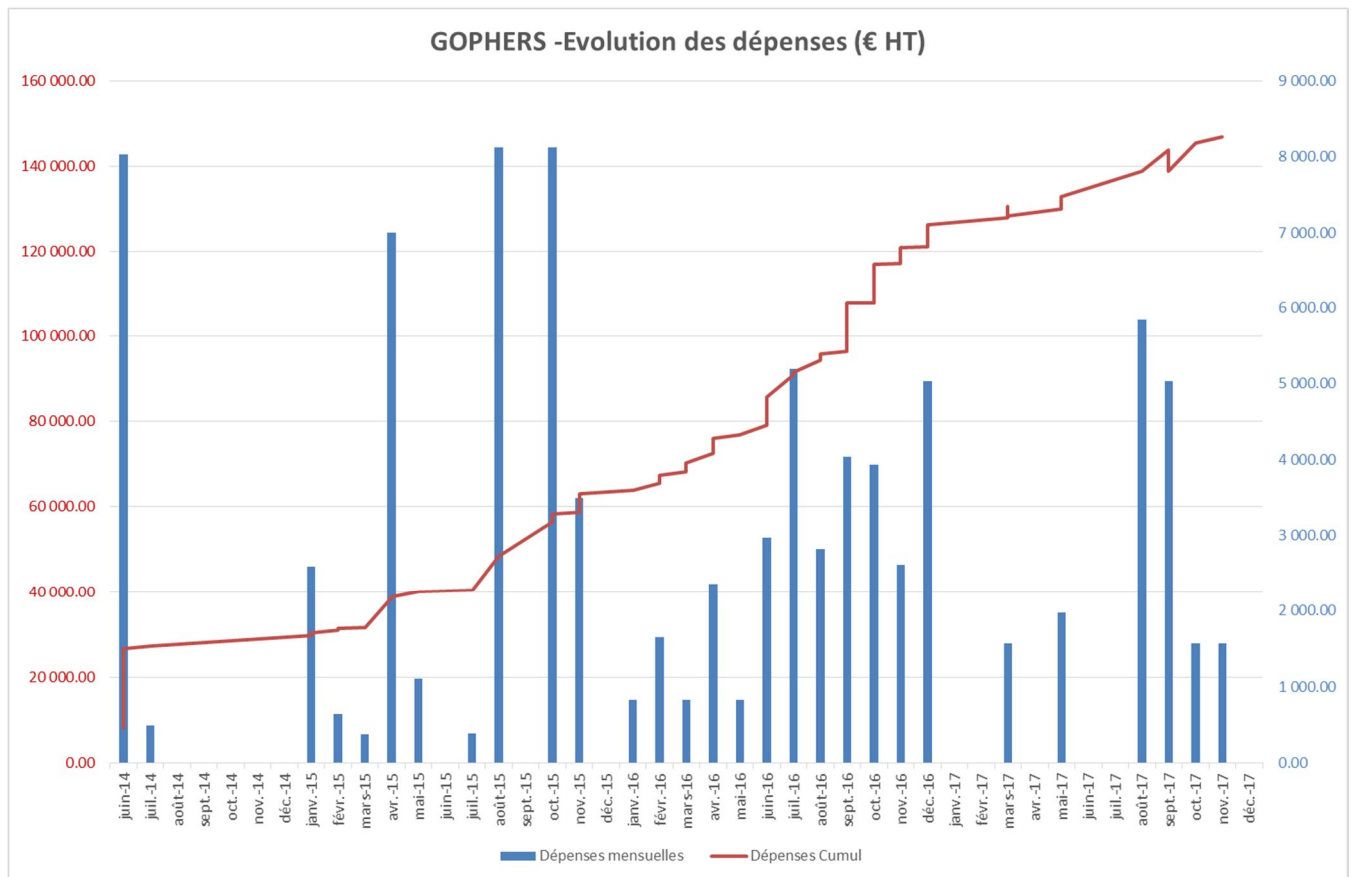
Ces dépenses ont été particulièrement fortes au moment des changements de bloc ou en phase d'installation en 2014. Entre ces phases, et surtout à partir de 2016, ces dépenses en matériel hors consommables ont maintenu un niveau élevé et régulier (45% des dépenses mensuelles en matériel en moyenne) en raison du vieillissement accéléré du matériel du fait de l'environnement "salin" et corrosif et des nécessaires maintenances et réparations.

En effet, en milieu salin, la durée de vie d'un outil métallique ne dépasse pas 3 à 6 mois selon la qualité initiale de l'outil. Les nécessités de rachat de matériel sont très régulières parfois mensuelles s'agissant d'outillage pour le sciage, perçage, meulage. De même, on notera que les engins de manutention (AUSA) très sollicités dans le cadre du chantier ont fait l'objet de maintenances régulières et parfois coûteuses (remplacement des moteurs). Au final, les AUSA auront coûtés en pièce détaché une à deux fois leur valeur d'achat neuf (45 k€ HT hors peines et soins) au cours des 2.5 années d'utilisation.

#### 4.1.2.1.1. Cas particulier des Gopher

Les GOPHER sont les appareils miniers de forage/boulonnage manuels utilisés tout au long de la vie du chantier. Ils nécessitent de nombreuses maintenance et l'approvisionnement de couronnes et de tiges de forage. Pour l'exemple, le graphique suivant mets en exergue les dépenses liées aux maintenances et aux consommables liés au GOPHERs :

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



Au bout d'un an d'utilisation, les interventions sur les GOPHERS ont été de plus en plus fréquentes et les coûts de maintenance ont de fait augmentés. Sur la fin du chantier, les GOPHERS ont été remplacés peu à peu par le dispositif TurboBolter pour lequel il n'est pas encore possible de faire de retour d'expérience sur ses coûts de maintenance.

Les dépenses en approvisionnement et en maintenance des GOPHERs illustrent bien l'accélération des coûts du fait de leur utilisation dans un milieu agressif vis-à-vis des métaux.

### 4.1.2.1.2. Cas particuliers d'achats de matériel hors peines et soins

Dans les adaptations contractuelles notables, on peut noter, du fait de leur montant élevé, l'achat de matériel en direct par les MDPa après recherche et qualification du matériel par SAARMontan. Cela a été le cas :

- pour le second caisson de ventilation ainsi que pour les filtres H13 et H14 du ventilateur (coût >> 100 k€),
- pour les boulons de confortement miniers dont le modèle était déjà utilisé par les MDPa dans le cadre des opérations de maintenance de la mine,
- le ventilateur 2 x 55 kW et son variateur de fréquence,
- l'aspirateur industriel 37 kW,
- La seconde rabasseuse modèle ALPINE F6a,
- La ligne de canars rigides en AJ1,
- Les équipements de l'atelier de reconditionnement (palans électriques, convoyeur monorail)

Cette disposition a permis de générer des économies substantielles tout au long du projet.



### 4.1.2.2. Consommables et stocks critiques

Comme évoqué précédemment, à partir de février 2016, sur demande et supervision du MOER, SAARMontan a mis en place une gestion des stocks de consommables jugés "critiques", c'est-à-dire de consommables dont l'absence peut être bloquante pour le chantier. Cette décision a fait suite à 2 évènements :

1. Janvier 2016 : Rupture des stocks en saches plastiques puis en palettes nécessaires au fonctionnement de l'atelier de reconditionnement des fûts.
2. Avril- Juin 2016 : Achats en masse de consommables par SAARMontan afin d'éviter toute rupture de stock. Ces achats ont généré un surplus des stocks de consommables par rapport à la consommation envisagée à terme du chantier.

Compte tenu de ces évènements, la gestion des stocks de consommables "critiques" a été mise en place à partir du second semestre 2016. Les items concernés étaient :

- Matériel Hygiène et sécurité
  - Gants de manutention et gants de type chimiques,
  - Combinaisons
  - Body – kits (kit sous-vêtements jetables)
  - Masques FFP3
  - Serviettes (sortie de douche de décontamination),
  - Filtres/cartouches à particules ou combinés
- Matériel de reconditionnement
  - Fûts,
  - Surfûts,
  - Big-bags,
  - Palettes,
  - Saches,
  - Absorbants,
  - Bandes de cerclage.

Le stock tampon (stock minimal + stock d'urgence sécuritaire) a été défini sur la base de la consommation moyenne mensuelle observée et le délai d'approvisionnement des items concernés (pouvant être de 2 mois pour certains items comme les surfûts).

Cette disposition a permis

- de sécuriser le chantier en évitant toute rupture de charge en cours de travail,
- de lisser les coûts d'approvisionnement en consommables, notamment au niveau des EPI.

En fin de chantier les stocks de consommables en surplus, c'est-à-dire dépassant en quantité du stock tampon, ont fait l'objet d'un rachat de la part de SAARMontan (environ 20 k€).

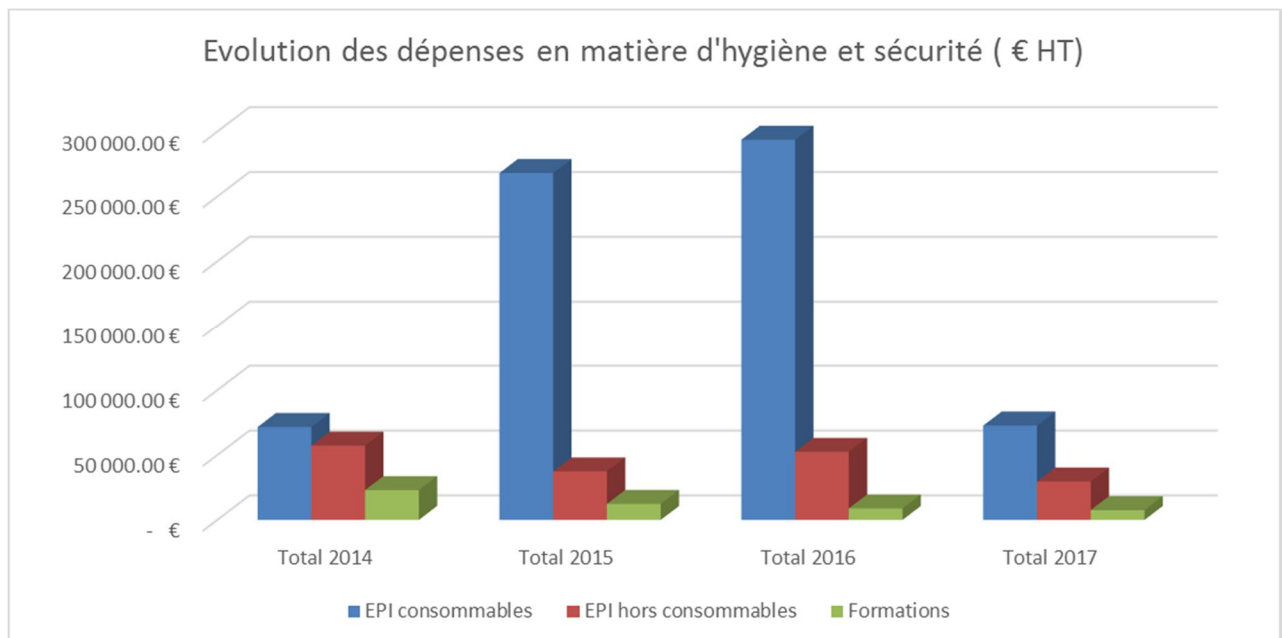
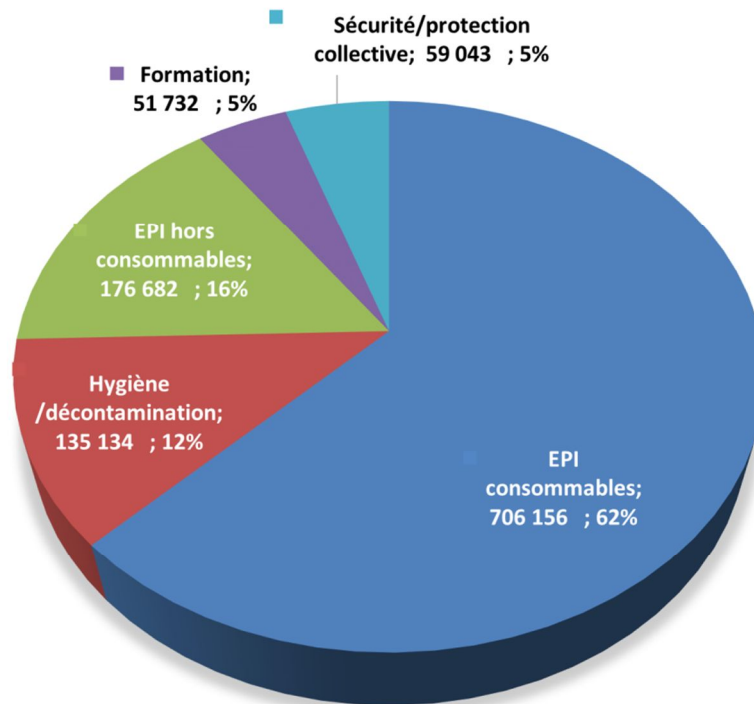
On notera que la gestion des stocks n'aurait pas pu être mise en place au début du projet sans le recul nécessaire sur les cadences de déstockage et de consommation par le MOER et SAARMontan.

### 4.1.2.3. Dépenses liées à l'hygiène et sécurité

Les graphiques suivants mettent en évidence la répartition et l'évolution des dépenses en matière d'hygiène et sécurité :

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

**PHASE 3: DESTOCKAGE : RÉPARTITION  
DÉPENSES HYGIÈNES & SÉCURITÉ (€ HT)**



Les différents items abordés dans les graphiques ci-dessus concernent les items suivants :

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

	EPI consommables	EPI hors consommables	Formations
Comprend	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pièces de rechange des APR</li> <li>- Combinaisons</li> <li>- Gants</li> <li>- Masques FFP3</li> <li>- Sous-vêtements jetables</li> <li>- Lunettes de protection</li> <li>- Bouchons de protection auditive</li> <li>- Cartouches filtrantes pour les APR</li> <li>- ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Achat des APR Dräger</li> <li>- Bottes de sécurité</li> <li>- Chaussures de sécurité</li> <li>- Casques</li> <li>- Équipement de la salle des masques</li> <li>- Coques de protection auditives adaptables sur les casques</li> <li>- Lunettes de correction adaptables sous les masques</li> <li>- ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risque chimique</li> <li>- Amiante</li> <li>- Habilitation travaux électriques</li> <li>- SST</li> <li>- Entretien des APR</li> <li>- ...</li> </ul>

Les dépenses cumulées en terme d'hygiène et sécurité avoisinent les 1,12 M€, soit environ 7 % du montant global du chantier de déstockage. Elles sont majoritairement liées à l'achat de consommables pour les besoins du front de déstockage (~62%), puis pour 30 % du montant des dépenses en terme d'hygiène et sécurité, aux besoins en matériel pour l'entretien des bases vies et pour la décontamination des équipements, ainsi que les EPI semi – pérennes (chaussures, bottes, masques). Enfin, les Équipements de Protection Collectifs (EPC) et les besoins en formation du personnel représentent environ 5% (50 -60 k€) chacun des dépenses liées à l'hygiène et sécurité.

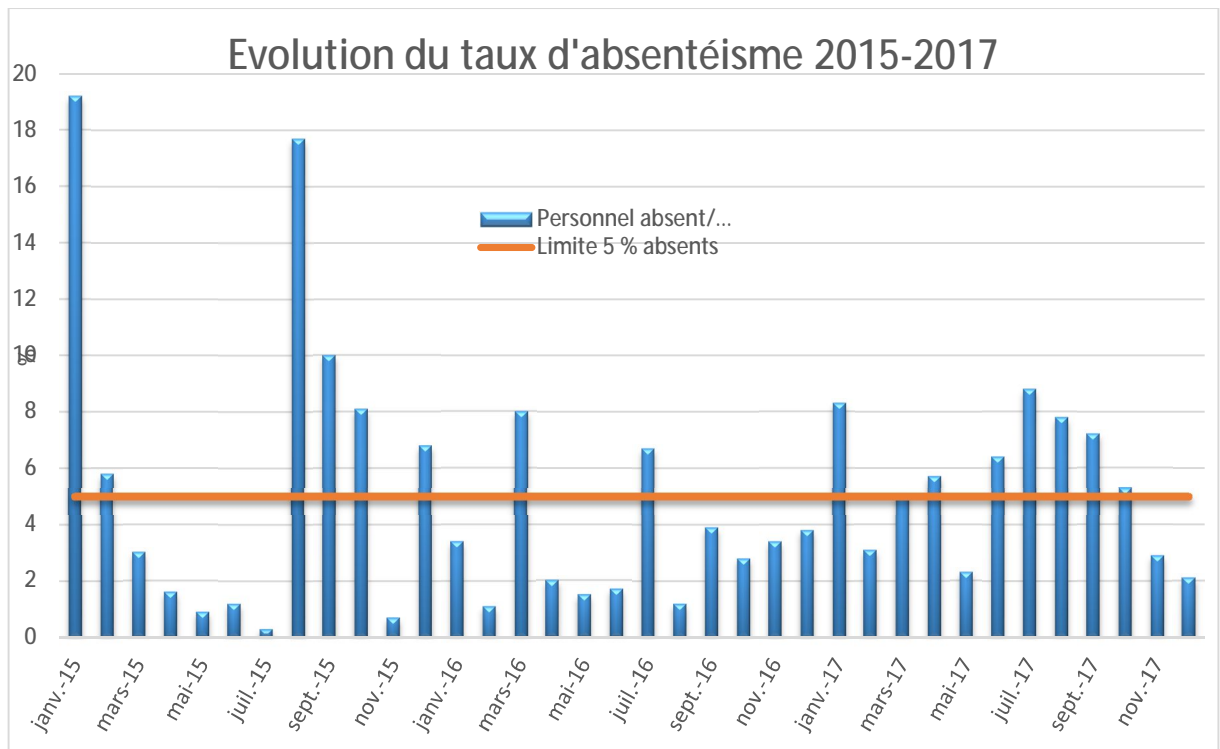
Pour ce qui est des formations, certaines dispositions contractuelles ont été mises en œuvre au cours du chantier. En effet, compte tenu d'une part, que certaines formations spécifiques au projet sont venues se rajouter au pack de formations risques chimiques/amiante dont SAARMontan était redevable et au regard du fort turnover des équipes de déstockage, une partie du montant des formations a été pris en charge par les MDPA sous réserve que la ressource concernée ait pu travailler 10 jours au front de déstockage. Cette disposition a eu 2 conséquences :

- Générer une légère économie à l'échelle du projet,
- Éviter une aggravation du turnover des équipes de déstockage en supposant que SAARMontan mette l'accent sur le recrutement et sur la fidélisation de ses opérateurs.

#### 4.1.3. Dépenses de personnel en régie

Les dépenses de personnel en régie sont le poste de dépense le plus important du chantier (~10 M€). Dès la mise en œuvre de l'atelier de reconditionnement en 2015, le chantier étant rentré dans une logique cadencée de type industrielle. De fait l'approvisionnement et la formation des opérateurs sont devenus le nerf de la guerre pour maintenir la plus haute productivité possible sur le terrain. Malgré les efforts du MOER pour suivre le personnel, mais aussi malgré les efforts de SAARMontan pour remplacer le personnel vacant, le taux d'« absentéisme » (défini comme le personnel vacant/le personnel demandé par le MOER) a dépassé les 5% pendant 16 mois et a même dépassé 15% pendant 2 mois.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



Plusieurs raisons ont été évoquées pour expliquer ce taux d'absentéisme :

- Les démissions (turnover élevé),
- Les arrêts maladie,
- Les superpositions de congés anticipés,
- Les congés non-anticipés,
- L'affectation du personnel à d'autres chantiers,
- ... La distance entre le chantier et la base sarroise engendrant obligatoirement un détachement "usant" des opérateurs allemands.

En 2015, des mesures ont été prises par l'entreprise SAARMontan avec la formation et le maintien d'un pool de personnel pour anticiper d'éventuelles absences et le maintien d'un contingent d'opérateurs sur la base Sarroise de l'entreprise. En raison du turnover élevé, le travail de contrôle du MOER a été de s'assurer que l'ensemble des compétences étaient présentes sur les postes journaliers et d'adapter le programme en fonction.

Il est difficile de chiffrer le coût de cet absentéisme par rapport au coût global du déstockage, dans la mesure où le programme journalier était réadapté pour occuper au mieux les équipes présentes. Aussi, d'un commun accord entre le MOER et SAARMontan certaines souplesses ont été adoptées pour améliorer la productivité générale :

- A la demande du MOER ou sous réserve de sa validation ainsi que celle des MDPA : prise charge des heures supplémentaires au-delà de 8 heures et dans un maximum légal de 11 heures,
- Possibilité de refacturer les heures de réparation/maintenance de matériel sur la base SAARMontan de Jägersfreude, sur une base horaire moindre que celle pratiquée sur Wittelsheim et dans la limite d'un forfait de 8 heures, tous postes confondus.

On notera qu'en 2015, une négociation contractuelle avait amené une proposition de système de bonus – malus visant à motiver l'entreprise SAARMontan à pallier à l'absentéisme de ses équipes. La

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

discussion n'avait pas abouti, SAARMontan ayant argumenté qu'il ne pouvait pas anticiper les démissions.

### 4.1.4. Dépenses liées à la location des engins spécifiques au chantier

4 engins ont été facturés en location au cours du projet :

- 3 engins de manutention de type AUSA,
- 1 engin de rabassement de type VOLVO EC70

Le montant cumulé de location de ces engins sur la durée de chantier est de 301 848 € réparti comme suit :

	AUSA 1	AUSA 2	VOLVO EC70	AUSA 2	TOTAL
Mise à disposition	mai-14	juin-14	août-14	mai-15	
Montant global location (€ HT)	66 982	66 982	120 476	47 408	301 848
Valeur de l'engin à l'achat avec peines et soins (€ HT)	64 672	64 672	129 810	64 672	323 826

Le tableau ci-avant présente l'équivalent à l'achat en dépenses contrôlées des mêmes engins. On se rend compte que malgré les 26 mois de mise à disposition du matériel, le dispositif de location s'est avéré rentable par rapport à l'achat et ce pour plusieurs raisons :

- Sur une base de 12,38 mois, les dispositions contractuelles initiales prévoyaient l'ouverture d'une négociation des modalités de location au bout de 24 mois en cas de dépassement des délais de déstockage,
- La négociation qui a suivi à la fin du premier semestre 2016 a permis :
  - De baisser les mensualités des engins pour les mois ultérieurs jusqu'à fin du chantier de déstockage partiel,
  - Intégrer une option d'achat à terme et à tout moment du chantier.

En définitif, les 3 AUSA ont été acquises par les MDPa et la VOLVO EC70 est restée en l'état au fond de la mine, SAARMontan ne souhaitant pas faire remonter l'engin et les MDPa ne souhaitant pas l'acquérir en raison de l'absence d'opportunité pour utiliser l'engin sur d'autres chantiers, mais aussi en raison de la dégradation inévitable de l'engin si il sortait au jour.

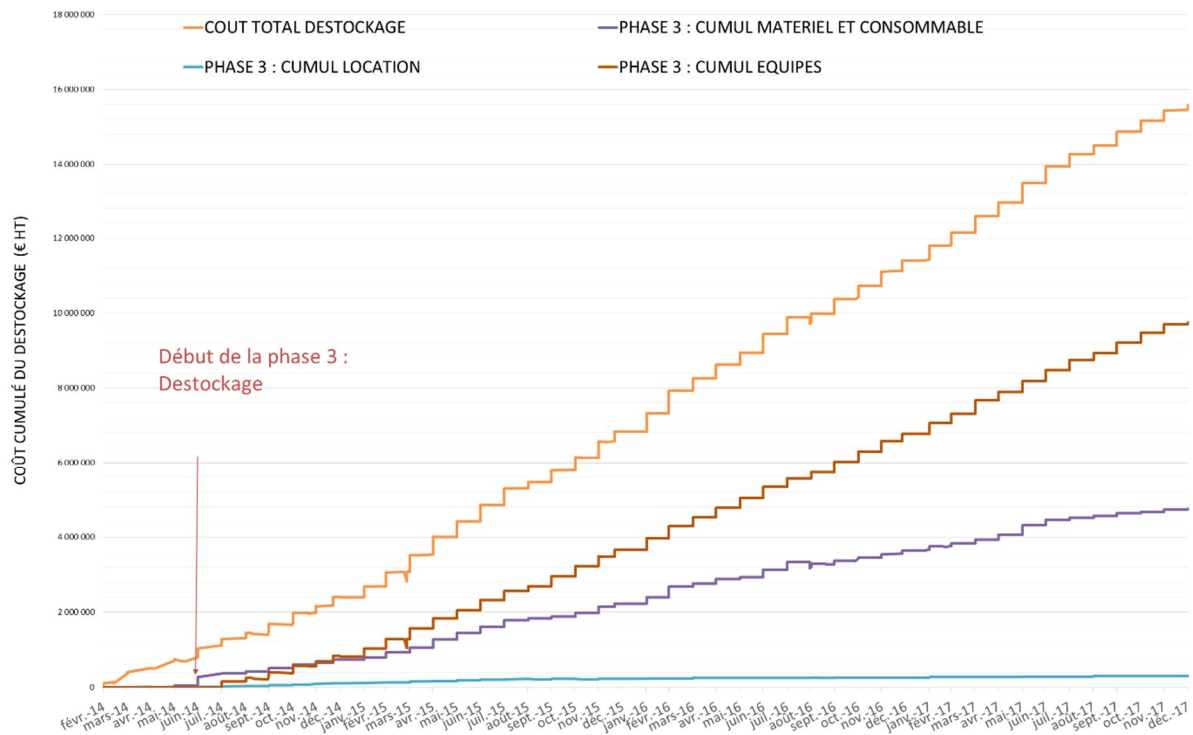
En définitif, le dispositif de location s'est avéré efficace financièrement. Toutefois, compte tenu de la sollicitation ardue des engins, du taux de remplacement élevé des pièces des engins et des opérations de maintenances quasi continues, les dépenses globales liées à la mise à disposition des engins dépassent largement le montant global de location. Dans le cadre d'un chantier de même type qui durerait plus de 1 à 2 ans, il serait plutôt conseillé d'acquérir les engins en direct et d'astreindre l'entreprise à garantir un taux de fonctionnement élevé (90-95%) sur la base d'un plan de maintenance programmé efficace.

### 4.2. Dépenses globales du déstockage

Les graphiques suivants mettent en évidence l'évolution des dépenses globales du chantier, y compris les phases 0, 1 et 2 :

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

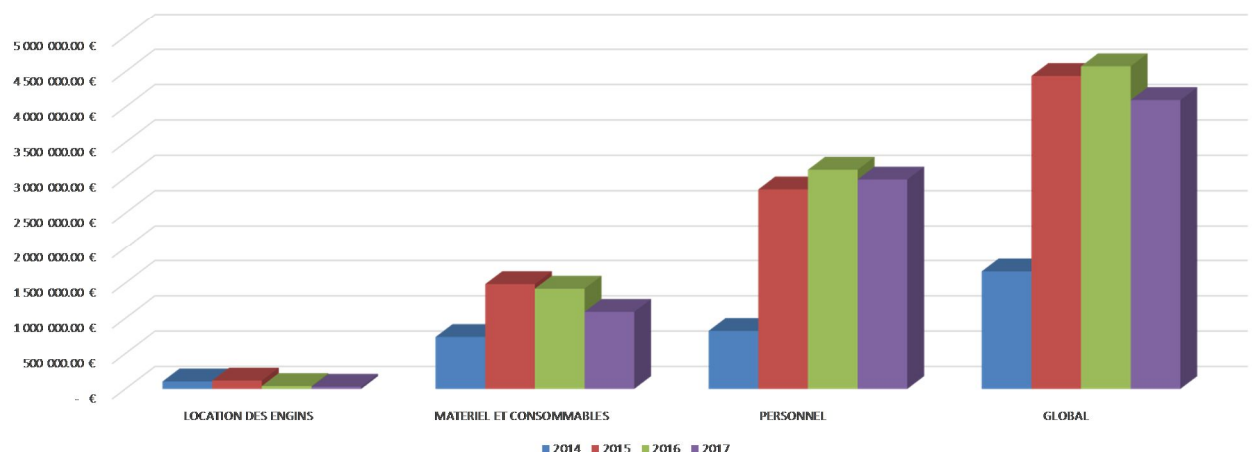
EVOLUTION DU COÛT CUMULÉ DE DESTOCKAGE € HT



Le graphique suivant représente la répartition des dépenses de la phase 3 déstockage par type de dépenses :

Bilan annuel dépenses PHASE 3 "Déstockage"				
	LOCATION DES ENJINS	MATERIEL ET CONSOMMABLES	PERSONNEL	GLOBAL
2014	106 019.65 €	736 318.63 €	822 196.91 €	1 664 535.19 €
2015	118 441.81 €	1 484 173.12 €	2 837 464.68 €	4 440 079.60 €
2016	42 455.21 €	1 419 871.14 €	3 115 264.21 €	4 577 590.56 €
2017	31 669.39 €	1 091 141.26 €	2 977 009.22 €	4 099 819.87 €
<b>TOTAL</b>	<b>298 586.06 €</b>	<b>4 731 504.15 €</b>	<b>9 751 935.02 €</b>	<b>14 782 025.23 €</b>

Bilan annuel dépenses PHASE 3 "Déstockage"



Le montant global des opérations de déstockage partiel des déchets mercuriel, hors frais de fonctionnement de la mine, hors achat de certains équipements spécifique (ventilateurs, filtres, boulon de soutènement) et hors coûts de Maîtrise d'œuvre est de 15 565 792 € HT (15,6 M€) dont 14,8 M€ HT pour la phase 3 "déstockage" et environ 0,8 M€ HT de phase préparatoire.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

La plus grosse dépense concerne le personnel dédié au déstockage avec 9,8 M€ HT, soit 63 % du montant global du chantier. Les dépenses en matériel et consommables développées dans les paragraphes précédents représentent 4,7 M€ soit environ 30% du montant global du chantier. La location des engins est minoritaire avec 0,3 M€ € soit 2% du chantier.

En termes d'évolution des dépenses, après une phase d'investissements remarquable en matériel en 2014, on remarque des dépenses très soutenues au niveau du personnel et ce jusqu'à la fin du chantier en décembre 2017. Cela est dû au passage du déstockage à 2 postes en janvier 2015 et à la maîtrise des dépenses en matériel avec le concours de l'action du MOER.

Le tableau suivant ramène les dépenses de déstockage à un taux mensuel :

	Période		Dépenses TOTALS (M€ HT)	Nombre de mois	Dépenses mensuelles (M€ HT/ mois)
	de	à			
1 poste	mai-14	déc-14	1,6	8	0,200
2 postes	janv-15	déc-17	13,1	36	0,364

Ce tableau met en évidence que le passage de 1 à 2 postes en janvier 2015 a eu comme conséquence de réduire légèrement les coûts mensuels de déstockage principalement en mutualisant l'encadrement et l'ingénierie de projet sur les 2 postes. Il est entendu que la nécessité de cet encadrement ne permettrait pas de réaliser le chantier en le mutualisant sur 3 postes. Néanmoins, dans le cas où le chantier devait être refait, l'éventualité d'ouvrir 2 fronts en simultané (sous réserve qu'ils soient suffisamment distants) par poste serait à étudier. Cependant cela signifierait doubler les moyens techniques et de reconditionnement.

### 4.3. Bilan des économies réalisées

Les économies réalisées au cours de chantier sont évaluées à 0,96 M€ HT (soit environ 6 % des montants facturés) réparties comme suit:

- 0,26 M€ HT du fait des révisions annuelles des prix. En effet, le poste personnel était soumis à révision des prix selon une formule mercuriale indexée sur l'indice TP dont la valeur initiale du marché n'a jamais été dépassée au cours du déstockage.
- 0,7 M€ HT du fait de l'action de contrôle de factures de l'entreprise SAARMontan par le MOER et des MDPAs dans le cadre du principe de dépenses contrôlées.

### 4.4. Éléments critiques de la gestion financière du déstockage

Les 4 années de mise à l'épreuve du dispositif contractuel du marché de déstockage des déchets ultimes de Stocamine permettent un recul suffisant pour en dégager les bonnes dispositions et les pistes d'améliorations.

Sur le principe des dépenses contrôlées en consommables et en matériel, ce dispositif s'est montré efficace car il a permis de justifier les dépenses dans leur usage, leurs quantités et dans leur coûts. Toute dépense inutile ou non comprise dans la liste du matériel soumis aux dépenses contrôlées a fait l'objet d'une demande d'avoir systématique. Ce dispositif a nécessité une implication forte du MOER dans l'exercice de contrôle financier. Il a reposé sur une très bonne connaissance contractuelle des 2 parties, ainsi qu'une coopération et une transparence totale de l'entreprise. On pourra déplorer quelques discussions/négociations controversées au cours du chantier à ce sujet, mais au final on retiendra que le dialogue entre l'entreprise SAARMontan, le MOER BG/CURIUM et les MDPAs a toujours abouti à un compromis.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

On retiendra aussi l'intérêt des MDPAs à acheter certains gros équipements en direct afin d'éviter les peines et soins de l'entreprise, mais en rémunérant l'ingénierie qui a permis de sélectionner et de qualifier le matériel.

Sur le principe de location du matériel et compte tenu des frais de maintenance et du nécessaire fort taux de remplacement des pièces, il est conseillé de ne faire appel à ce principe que pour des périodes de travaux courts (< 1 an ou 2 ans) comme c'était le cas initialement, les travaux de déstockage étant évalués en 2014 sur un délai de 12,38 mois. Au-delà nous conseillons d'acheter le matériel en direct.

Sur le principe du personnel en régie, celui-ci était nécessaire compte tenu des nombreuses inconnues en début de chantier, mais aussi pour gagner en réactivité sur le terrain en faisant grossir ou réduire au besoin les équipes de déstockage. En effet, le nombre de personnes nécessaires au fond est directement dicté par le rythme de déstockage et/ou de reconditionnement. D'une semaine sur l'autre en fonction des prévisions de déstockage, sur demande du MOER, SAARMontan devait présenter des équipes par poste réduites ou étendues (5 minimum à 15 maximum). Cette gestion "au besoin" sous contrôle du MOER a permis de maintenir un rythme de travail efficace et rentable en maintenant un haut niveau d'occupation des équipes.

Considérant l'expérience acquise sur le rythme de déstockage et de reconditionnement tel qu'évoqué dans ce rapport, il aurait été possible, d'imaginer une rémunération par pendulage au colis extrait en fonction de plusieurs critères pondérant : l'état minier au front, l'état du colis au front ou encore les distances entre le front, l'atelier de reconditionnement et le monte-charge. Ce mode de rémunération aurait pu être une alternative permettant de maintenir une pression sur l'entreprise pour améliorer le rendement de déstockage. Toutefois, ce principe a ses limites. Celles de l'hygiène, la sécurité et la protection des travailleurs notamment qui seraient potentiellement dégradées par cette voie.

Enfin, concernant les pénalités, aucune de celles présentes initialement dans le CCTP et l'Acte d'Engagement n'a été appliquée dans le déstockage dans la mesure où elles étaient toutes basées sur un retard de livraison par phase du chantier par rapport au calendrier contractuel. Toutefois, chaque phase (étude, essais, déstockage..) a été plus longue en raison de l'absence totale de chantier de référence sur ce sujet et des difficultés techniques rencontrées à l'avancement. Les désordres miniers sont prévisibles mais leur maîtrise au front l'est moins. Le système de pénalités, si sa mise en oeuvre avait été possible, aurait pu être indexé principalement sur la productivité, le pendulage, le taux de fonctionnement des équipements spécifiques et l'approvisionnement des équipes au bon nombre.

### 1.1. Marché stockage agréé

#### 1.1.1. Bases contractuelles

Le marché "stockage agréé", dont LINGENHELD Environnement était le titulaire, comprenait 2 volets :

- § 1 volet administratif comportant la réalisation de dossiers pour les 2 codes UN des déchets devant être stockés. Les dossiers comprenaient les analyses, expertise minière, dossier de notification et de transport transfrontalier et Certification d'acceptation préalable,
- § 1 volet technique comportant une rémunération au colis (par type de colis) enlevé et réceptionné sur l'exutoire final (en majorité la filière GSES à Sonderhausen en Allemagne).

Aux fins de respect de procédure de notifications, les dossiers de notification ont été réalisés sur la base des numéros de CAP des anciens producteurs afin d'avoir un dossier par catégorie de déchet et par producteur. Au final, le volet administratif a été largement amendé de par :

- La multiplication des dossiers de notifications,



## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

- La nécessité d'une expertise minière renforcée (pour l'ensemble des CAP concernés) au sein de K-UTEC en Allemagne,
- L'augmentation du délai de chantier ayant généré des frais d'immobilisation de matériel.

Aussi, comme indiqué au paragraphe 4.6 ci-après, 11 CAP producteurs ont dû trouver des filières finales alternatives en raison de leurs caractéristiques chimiques non compatibles avec GSES.

Au final le bilan financier du marché stockage est présenté comme suit :

	Montant hors taxe et hors TGAP (Taxe générale sur les Activités Polluantes)
Volet administratif (dossiers administratif, expertise minière, avenant de délai)	126 317 €
Volet technique : rémunération au colis enlevé filière générale GSES	1 203 515 €
Volet technique : rémunération au colis enlevé filières alternatives	703 798 €
<b>TOTAL</b>	<b>2 033 629 €</b>

## 2. Bilan H&S

### 2.1. Synthèse du rapport APAVE

C'est l'APAVE qui a été chargée du suivi de la prévention des risques sur le chantier de déstockage en collaboration avec les différents acteurs du chantier.

L'APAVE a produit un rapport final dressant le bilan de son suivi et de ses actions tout le long du chantier. Ce rapport est dénommé « Rapport final APAVE 2017 » et est en possession des MDPA. Pour ne pas faire doublon, l'ensemble des données présentées dans ce rapport ne seront pas répétées ici. On retiendra quelques informations à titre de résumé :

- Incidents-accidents :
  - Un suivi rigoureux de tous les incidents, accidents ou événements à risques a été fait. Ces événements ont été répertoriés et analysés pour aboutir à des plans d'actions adaptés.
  - Au final, le taux de fréquence des accidents est très élevé (en moyenne 139,6 contre 40,3 dans les travaux publics) mais le taux de gravité est faible comparativement (en moyenne 1,25 contre 2,8 dans les travaux publics). Il y a eu donc beaucoup d'accidents, mais n'entraînant que de courts arrêts de travail.
- Suivi médical :
  - L'APAVE a également assuré l'organisation du suivi médical pour les intervenants du chantier. En accord avec la médecine du travail des MDPA, un plan de suivi des paramètres biologiques des personnes potentiellement exposées a été défini et tenu :
    - § Prélèvement urinaire hebdomadaire avec analyse de :
      - Créatinine, arsenic urinaire global, mercure urinaire global, arsenic et mercure urinaire rapporté au taux de créatinine
    - § Prélèvement sanguin trimestriel avec analyse de :
      - NFS, plaquettes, créatinine + clairance calculée, ASAT, ALAT, Gamma GT, dosage plombémie, dioxines/furanes
  - Les résultats sont évidemment confidentiels et conservés par la médecine du travail 50 ans, ils peuvent être transmis à l'intervenant sur demande de sa part.

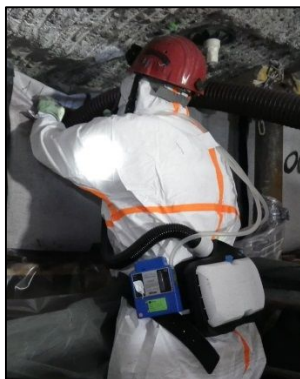
Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

- Les seuls dépassements des seuils biologiques règlementaires qui ont été observés se sont avérés être d'origine alimentaire (consommation de produits de la mer, chargés en arsenic) et sans rapport avec le chantier.
- Formations :
  - L'APAVE a également été mandatée pour effectuer ou suivre le déroulement de plusieurs formations :
    - § Accueil sécurité
    - § Conduite d'engins du déstockage
    - § Formation amiante
    - § Formation ADR (transport de matières dangereuses par route)
    - § Formation à l'utilisation d'extincteur
    - § Formation à l'évacuation de la cage du puits d'accès à la mine
    - § Formation à l'utilisation de l'appareil respiratoire autonome BG4
    - § Formation à l'évacuation générale de la mine
    - § Présentation du scout incendie (engin au fond équipé pour l'intervention sur un incendie)



- Suivi amiante :
  - L'APAVE a effectué par le biais de son service SEE beaucoup de mesures de présence de fibres d'amiante dans l'air à chaque fois que le déstockage rencontrait des déchets amiantés. Le programme de ces mesures a été défini et validé par la DREAL (qui en a informé la CARSAT), l'APAVE, BG/CURIUM et MDPA. Plusieurs types de mesures ont été effectués :
    - § Mesure à 5 mètres en amont du front contenant des déchets amiantés.
    - § Mesure sur un opérateur pour analyser sa réelle exposition.
    - § Mesure en entrée d'aérage (l'ensemble des fibres émises doit passer par là).
    - § Mesure en sortie d'aérage (permet de vérifier que l'air rejeté dans la mine et respiré par d'autres personnes non protégées ne contenait pas de fibres, les éventuelles fibres émises étaient arrêtées par les filtres H11/H13/H14).
  - Au total, 501 mesures d'air pour recherche de fibres d'amiante ont été pratiquées. Uniquement 7 mesures ont permis de détecter des fibres et dans ces 7 cas, le résultat a été inférieur au seuil règlementaire de 10 fibres/L.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



- GEH (groupe d'exposition homogène) :
  - Toujours par le biais de son service SEE, l'APAVE a réalisé des mesures d'air pour évaluer l'exposition des intervenants aux différents polluants qui pourraient être rencontrés et ce pour chaque poste de travail.
  - Un seul dépassement des valeurs limites réglementaires a été mesuré. Suite à un programme de contre-mesures, il s'est avéré que c'était une valeur aberrante, incohérente avec toutes les autres.
- Gestion des eaux des sas :
  - L'eau récupérée après utilisation dans les sas de décontamination a fait l'objet d'analyses systématiques. L'APAVE s'est chargée des prélèvements pour envoi en laboratoire et interprétation des résultats d'analyse produits. Selon le cas, l'eau souillée pouvait être versée dans le bassin d'exhaure situé au jour régulièrement rejeté dans le circuit classique des eaux usées. Si les analyses montraient un non-respect des teneurs compatibles au circuit classique des eaux usées, elles étaient alors traitées par une société spécialisée.

On retiendra en conclusion du rapport de l'APAVE : « Ce chantier, hors norme, tant en termes de procédés mis en œuvre que de moyens mis en place concernant la prévention des risques professionnels n'a pas été générateur d'accident grave ni d'incident causant une pollution ou une exposition pour le personnel ». Pour compléter, même s'ils ont été détectés et si leurs conséquences sont restées minimales grâce aux mesures de sécurité, il y a tout de même eu trois incidents sérieux (cf. 3.5, 3.6 et 3.7).

### 2.2. Définition des mesures de sécurité pour assurer la protection du personnel présent sur site

Un point peu détaillé dans le rapport APAVE a été le travail fait pour définir les protections collectives et individuelles mises en place pour assurer la sécurité des intervenants du chantier et autres personnes impactées par le chantier.

Comme la réalisation du déstockage, le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'assistance à maîtrise d'ouvrage étaient représentés par plusieurs entreprises, toutes présentes plus ou moins régulièrement sur le chantier, l'ensemble du chantier se faisait en coactivité. L'analyse de risque faite pour l'établissement du plan de prévention (rédigé et renouvelé annuellement par l'APAVE) a pris alors en compte l'ensemble des risques du chantier de déstockage (le plan de prévention ne s'intéressait pas aux risques propres des entreprises, mais aux risques liés à la coactivité).

Les plans de prévention sont en possession des MDPAs sur leur serveur informatique. Le dernier plan de prévention (2017) est joint en annexe de ce document.

La majorité du travail d'analyse des risques et de définition des protections collectives et individuelles à mettre en regard s'est faite en 2014, dans l'organisation de début de chantier.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

Toutefois, les conditions de sécurité ont été constamment améliorées puisque de nouvelles opérations, de nouvelles façons de faire ont été générées par l'avancement du chantier.

A titre d'exemple, pour expliquer ce qui apparaît dans le plan de prévention, voici comment a été géré le risque d'émission de mercure gazeux lié à la manipulation de déchets mercuriels :

Danger	Risques	Mesures prises
Présence de mercure gazeux	Respiration par le personnel qui se trouve dans la zone de manipulation des déchets (contamination)	Port de protection respiratoire avec filtre chimique A2B2E2K2 Hg P3.
		Ventilation de la zone de travail (+ de 3 m <sup>3</sup> /s) par aspiration.
		Mesure en continu de la teneur en mercure dans l'air aspiré du chantier de déstockage, report des mesures sur système informatique au jour.
	Respiration par le personnel hors zone de manipulation des déchets (contamination)	Définition d'un seuil au-delà duquel le port du filtre chimique ne permet plus la protection de l'intervenant (teneur mesurée par le capteur surveillée par un préposé chargé de prévenir les intervenants de l'émission trop importante de mercure et d'ordonner l'arrêt du travail et l'évacuation de la zone polluée).
Mesure en continu de la teneur en mercure dans l'air rejeté par le chantier de manipulation des déchets et report sur système informatique au jour.		
		Déclenchement d'une alarme dans toute la mine en cas de dépassement de la VME dans cet air rejeté. L'alarme ordonne l'évacuation de la zone balayée par l'air rejeté par le chantier.

A plusieurs reprises, cette sécurité s'est avérée nécessaire et efficace pour empêcher toute contamination du personnel. Un exemple concret est présenté dans le chapitre 3.6.

Pour considérer l'ensemble des risques identifiés pour les opérations du chantier et les mesures mises en place, il faut se référer au plan de prévention joint en annexe. Le chapitre 6 de ce rapport détaille également plusieurs situations dans lesquelles des situations à risque ont été détectées et des mesures de protection ont été mises en place et se sont avérées efficaces.

### 3. Retour d'expérience par évènement majeur du chantier

#### 3.1. Reconditionnement

La méthode de reconditionnement a été grandement modifiée au cours du chantier jusqu'à atteindre la méthode décrite plus haut dans le point 2.3.9.

Tout d'abord, ce sont les contraintes de hauteur dans le chantier qui ont guidé le choix de la méthode. Il était envisagé des vidanges de fût à l'aide d'un retourne-fût fixé sur les fourches de la AUSA ou encore l'envoi d'un fût dans un grand broyeur, mais ces méthodes se sont vite avérées pénalisantes car trop encombrantes. La solution d'insertion du fût tel quel dans un fût un peu plus grand s'est vite détachée comme une solution plus simple. Initialement, le reconditionnement se réalisait dans la zone de travail d'extraction des déchets. Cela obligeait donc à garder en permanence une zone de travail à forte hauteur et empêchait le travail à l'extraction des déchets simultanément au reconditionnement. De plus, le reconditionnement était source de pollutions importantes dans une zone qui devait pourtant passer très régulièrement en zone verte. Ces différents points ont conduit à la mise en place d'un atelier de reconditionnement isolé à partir du moment où une place pour l'y mettre avait été libérée (B21A3).

Pour solutionner la problématique de hauteur, un trou de diamètre légèrement supérieur à celui d'un sur-fût a été creusé. Le sur-fût pouvait alors y être mis. L'insertion du fût dans le sur-fût a généré un besoin en hauteur de toit inférieur grâce à ce trou au mur.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

Pour faciliter les transports des colis et des fûts, deux convoyeurs à rouleaux ont été mis en place et un palan électrique sur pont roulant a été approvisionné avec une pince permettant la prise de fûts par le dessus. En cas de fûts très corrodés (situation fréquente), la prise du fût par la pince se saisissant du couvercle arrachait toute la partie supérieure du fût plutôt que de soulever le contenant en entier. Des sangles étaient utilisées pour soulever les fûts.



Initialement, les saches étaient mises autour du fût avant insertion dans le sur-fût ce qui poussait les opérateurs à travailler autour du fût une fois celui-ci soulevé par le palan. Une solution alternative a été trouvée consistant à mettre la sache dans le sur-fût en la retroussant sur les bords extérieurs du sur-fût. Au moment de l'insertion du fût, le fût entraînait par son poids la sache retroussée au fur et à mesure.

Pour le CAP 010317, GSES demandait l'ajout d'absorbant tout autour du fût entre la sache et le sur-fût. Rapidement est apparu le problème que l'absorbant soit poussé tout d'un côté et se retrouve absent à l'autre extrémité suite à la manutention des colis. Pour maintenir un centrage du fût assurant une répartition correcte de l'absorbant dans l'espace annulaire, des bandes caoutchouc ont été achetées. Elles étaient d'abord scotchées au fût verticalement pour créer une épaisseur en 4 endroits du fût (2 longues bandes disposées en croix et passant par-dessous le fût). Une fois de plus cela générerait un travail sur fût soulevé ou bien à ras du sol dans des positions non ergonomiques. Les opérateurs ont alors eu l'idée de positionner les bandes caoutchouc en croix sur le sur-fût. Au même titre que la sache, les bandes caoutchouc étaient alors emportées par le fût dans sa descente dans le sur-fût.



## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

En définitive, la dimension des sur-fûts s'est avérée contraignante à plusieurs reprises. En hauteur, certains fûts du stockage (notamment pour les produits phytosanitaires) étaient très légèrement trop hauts et obligeaient les opérateurs à replier ou découper la partie supérieure du fût pour qu'il rentre dans son conditionnement final. Par ailleurs, il a été proposé un temps de placer le couvercle du fût en fond, mais la plupart du temps, l'épaisseur rajoutée était trop importante et le sur-fût ne fermait plus. Pour le CAP 010317, les bandes caoutchouc rajoutaient une épaisseur également. Un peu plus de marge en hauteur sur ces fûts aux dimensions sur mesure aurait été un confort.

### 3.2. Déstockage avec traitement de plaque décollée au toit + manutention des étauçons

En présence d'un toit fissuré, chaque fissure était mise en lumière par un coup de bombe de peinture. Grâce à cela, un visuel rapide permettait par la suite de détecter quels morceaux pourraient se détacher du toit et ainsi la sécurisation du toit pouvait être faite intelligemment.



La pose d'étauçons en zone de travail au fur et à mesure de l'enlèvement des colis sous le toit (voir 2.3.8) se faisait tout au début manuellement. Rapidement, le problème de la masse importante de ces équipements est apparu ainsi que le problème de l'exposition des opérateurs sous un toit encore non sécurisé le temps de la pose des étauçons. Le pistolet de commande de l'arrivée du liquide haute pression dans l'étauçon a donc été prolongé d'une rallonge et permettait ainsi la mise en pression à distance. Pour amener l'étauçon sur place sans effort pour le dos et sans s'exposer sous le toit dangereux, un outil de manutention des étauçons a été conçu pour fixation sur les fourches de la AUSA.



La question de la pression à appliquer par l'étauçon sur le toit a été longtemps débattue. Une pression importante casse la plaque de décollement du toit lorsqu'elle est déjà fragile. Si une pression faible est appliquée, lors de la pose des étauçons suivants ou plus tard des boulons en fibre de verre, si le serrage est plus important et que la plaque est légèrement soulevée, le premier étauçon va tomber, il ne tiendra plus rien. La solution choisie à la fin a été d'appliquer une forte pression, quitte à

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

casser la plaque et plaquer le morceau détaché contre le toit sain à l'aide de l'étau. Ce morceau était ensuite boulonné avec boulons en fibre de verre puis havé après foudroyage des étaux.

Une fois le front entièrement extrait et le toit étaux au fur et à mesure de l'extraction, la zone était nettoyée et contrôlée pour passage en zone verte. Selon l'état de la plaque de décollement, il pouvait être décidé de la suspendre en la boulonnant avec pose de lames et boulons de 2m. Si l'on jugeait que la plaque était trop cassante ou trop faïencée, le toit était d'abord boulonné à l'aide de boulons en fibre de verre scellés à la résine puis les étaux pouvaient être foudroyés (à distance également, la clé de foudroyage est accrochée au bout d'un cordon qu'il suffit de tirer à distance une fois la clé placée sur l'étau). Le toit pouvait alors être havé en sécurité.



Pour que les havrits et d'éventuelles plaques fragilisées par les coups de butoir de la haveuse ne tombent pas sur les big-bags et les endommagent alors que le chantier était en zone verte et que les opérateurs n'étaient pas équipés de protection respiratoire, des protections du front étaient placées. Des tapis de bande de caoutchouc étaient suspendus au toit à ras du front.

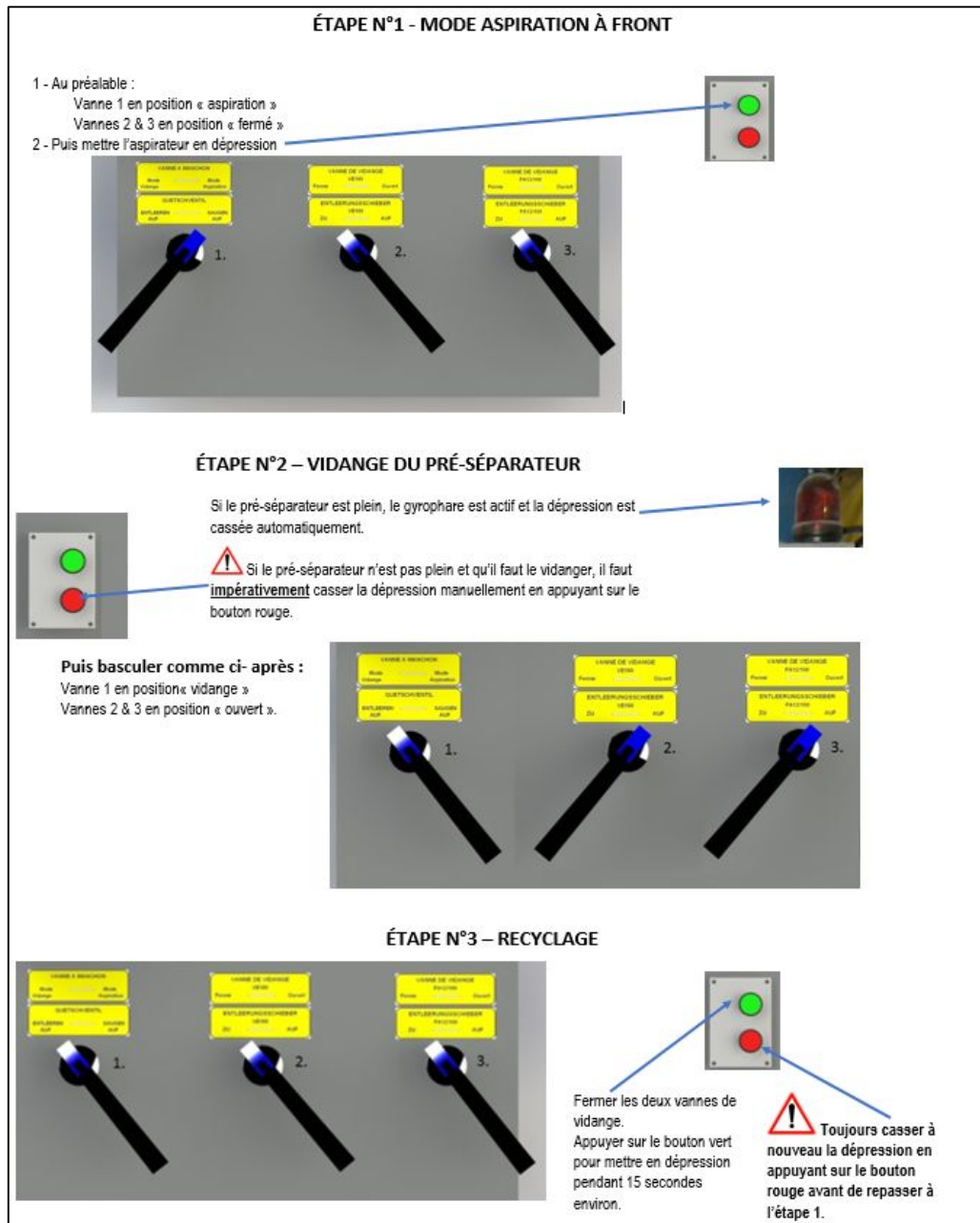
### 3.3. Dégonflage de big-bag

Lors des premières tentatives de vidange de big-bags coincés, 2 méthodes ont été comparées : une vidange mécanique en perçant un trou et en plaçant une goulotte pour guider la chute de produit vers un nouveau big-bag en contrebas en aidant avec une pelle ; d'autre part une pompe à vide du fournisseur Gericke montée sur une vis sans fin connectée à un tuyau d'aspiration a été testée et privilégiée pour éviter l'épandage de produit et la production de poussières de la méthode mécanique. Cette solution était extrêmement lente et nécessitait l'apport à front de matériel encombrant.

L'aspirateur 37 kW a alors été acheté (voir 2.4.1), fait sur mesure pour répondre au besoin du chantier par l'entreprise WIELAND en passant par son fournisseur français ASPI. Au niveau de la cuve de l'aspirateur, un tableau de commande était présent pour piloter l'appareil. Un mode opératoire illustré y a été associé (voir ci-dessous).

Une commande déportée disposant uniquement des fonctions marche/arrêt/arrêt d'urgence a été également mise en place. Les manettes du tableau de commande devaient être d'abord dans la bonne position pour aspiration à front puis le démarrage et l'arrêt de l'aspiration pouvaient alors être commandés depuis le front grâce à cette commande.

Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



Pour dégonfler un big-bag de la rangée supérieure dans de bonnes conditions, il a fallu utiliser cet aspirateur en un point assez haut. Les opérateurs ont alors utilisé des moyens d'élévation pour travailler en sécurité (PIRL ou panier-nacelle fixé sur AUSA).

Initialement, l'aspirateur était équipé d'un système de décolmatage des filtres par vibration, mais le système de vibration abîmait les filtres. Le frottement répété du cadre vibrant contre les filtres a fini pour les trouser par usure. Ce système avait été choisi pour que l'ensemble du module de filtration ne soit pas trop haut. Après constatation qu'un peu plus de hauteur ne serait pas pénalisant, ce système de décolmatage a été changé pour un système pneumatique rajoutant quelques centimètres en hauteur. Ce système n'a plus occasionné d'endommagement des filtres.

### 3.4. Transport de colis

De nombreux colis ont été extraits des blocs de stockage et ont été déplacés dans des voies non desservies par l'installation de ventilation-filtration du chantier, que ce soit pour les conduire à l'atelier de reconditionnement ou vers un autre bloc pour restockage. Initialement, les colis étaient transportés simplement par chariot à fourches sans protection particulière, mais petit à petit, des



## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

sécurités ont été ajoutées ou améliorées, de peur d'un incident d'ordre chimique en aérage non filtré, non contrôlé.

Ces colis ont été emballés dans un sur-big-bag pour les big-bags ou dans une sache pour les colis de fûts puis sanglés au tablier du chariot dans un premier temps. Puis pour améliorer la stabilité du colis et sa protection mécanique, un outil permettant un maintien latéral a été construit. Ensuite il a été décidé de finalement mettre les colis amiantés et arséniés (les plus dangereux) dans un container fermé et de transporter le container par le chariot à fourches. Enfin lors du déstockage du B23, les colis étaient transportés par JPL, un engin des MDPAs dédié pour le transport sécurisé des colis avec chargement et déchargement en aérage filtré et contrôlé uniquement.



### 3.5. Protection contre la contamination croisée

Pour empêcher la propagation de pollutions, les solutions rapidement mises en place ont été de nettoyer tout matériel sortant de zone et de protéger le mur proche du front en y posant un tapis de bande caoutchouc.

En mai 2016, en début du B12, lors de l'extraction de big-bags de déchets arséniés blancs pulvérulents à fine granulométrie et à forte concentration en trioxyde d'arsenic  $As_2O_3$  concentré à plus de 50% (dose létale pour l'homme voisine de 100 mg), un épandage de ce produit a eu lieu au mur. Les épandages ne peuvent être évités à 100%, ce qui est important, c'est la réaction suite à l'incident qui consiste à éviter la dispersion des polluants et surtout le transport de polluants hors de zone rouge. Les consignes pour ce genre d'incident étaient de prévenir la hiérarchie et de nettoyer la zone polluée sans reprendre le travail et attendre les consignes de la hiérarchie. Dans ce cas particulier, ces consignes n'ont pas été respectées. Ce n'est que plus tard que le MOER a constaté par des mesures au spectrophotomètre FX une contamination majeure en arsenic à front et des points de pollution également en zone verte. L'épandage n'ayant pas été nettoyé et l'extraction des déchets ayant continué, les intervenants ont approvisionné des palettes neuves pour y poser les colis à sortir de zone rouge. Ces palettes neuves ont été posées au mur, à l'endroit pollué par la poudre arséniée. Ces palettes sont devenues alors fortement polluées en partie basse. Elles ont été transportées près du rideau à lamelles où elles ont déposé des contaminants puis ont été reprises par un chariot de la zone verte qui les a manoeuvrées en déposant encore des polluants sur plusieurs zones du trajet jusqu'au lieu de restockage. Toute contamination a pu être nettoyée et chaque zone polluée a pu être libérée de tout contaminant. L'incident n'a eu heureusement aucun impact d'ordre médical sur les intervenants. L'évènement a été analysé en détail car considéré évidemment comme très grave et a même fait l'objet d'une réunion du CHSCT.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine



Pour éviter que cela ne se reproduise, de nouvelles mesures ont été instaurées en plus d'un rappel à l'ordre. Pour chaque colis sortant du front, au moment d'apporter la nouvelle palette sur laquelle il était posé, on apportait également un carré de bâche plastique jetable que l'on posait au mur au dernier moment avant d'y mettre la palette puis le colis sur la palette. La bâche n'était utilisée que pour 1 colis puis jetée et ce à chaque colis. De plus pour tout colis dont l'enveloppe semblait devenue trop faible, une vidange par aspiration devait être pratiquée pour éviter le déchirement du sac lors de sa manutention et donc un épandage massif. Suite à cet incident, plus aucune contamination croisée n'a eu lieu. Il semble d'ailleurs que la gravité de cet incident et le sérieux avec lequel il a été traité a permis une prise de conscience des intervenants de l'importance de ces gestes qui leur étaient demandés pour se protéger du risque chimique.

### 3.6. Traitement du mercure liquide

En fin de chantier, en B23A3, une nouvelle situation a été rencontrée. Un des déchets mercuriels contenait du mercure liquide mélangé à des terres et l'un de ses fûts n'était pas étanche et a largué quelques gouttes de mercure liquide au mur. Par réflexe, la procédure habituelle en cas de rencontre de polluants a été appliquée et ce mercure liquide a été aspiré à l'aide de l'aspirateur 37 kW. A cause de la dépression importante, le mercure s'est évaporé et sous forme de gaz, il a pu franchir les filtres de l'aspirateur, filtre police compris et sortir en zone verte à l'échappement du moteur de l'aspirateur. Quelques intervenants se trouvaient alors sur le chemin du gaz en zone verte, sans protection respiratoire. L'air est ensuite rentré à nouveau au B23 mis en dépression par l'installation de ventilation-filtration du chantier. En sortie de ventilateur, le capteur de mercure (voir 2.4.3) a détecté une forte teneur en mercure dans l'air rejeté et une alarme s'est déclenchée. Grâce à ce système de protection, la situation a pu être comprise rapidement et l'aspirateur a été arrêté stoppant net également l'émission de vapeurs de mercure. L'émission ayant été de courte durée, les analyses biologiques n'ont montré aucune contamination du personnel potentiellement exposé.



Pour pouvoir traiter un problème similaire plus tard, une pompe à vide avec flacon laveur a été achetée et a servi à traiter la rétention sur laquelle a été posé le colis fuyant. La rétention a en effet reçu quelques kilogrammes de mercure liquide de la part de ce colis. La pompe à vide n'a pas pu être testée dans le cas d'une contamination du mur, car il n'y en a pas eu de seconde.

### 3.7. Traitement colis instables

A plusieurs reprises est arrivé que des colis étaient à front dans une position instable et menaçaient de chuter vers la zone de travail. Il était important de sécuriser ces configurations

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

rapidement, la masse d'un big-bag pouvant dépasser la tonne. Le risque d'écrasement d'un opérateur par un colis était réel sans parler des conséquences chimiques éventuelles de la chute d'un big-bag rempli de produits toxiques.



Lorsque c'était possible, le comportement privilégié était de retirer le colis tout de suite. Lorsqu'il n'était pas forcément sécuritaire de s'approcher pour extraire le colis sur un front suivant avec de mauvaises conditions minières du toit, le bras télescopique pouvait être utilisé (attention : plus le bras est sorti, plus la charge transportable diminue). Sinon, une sécurisation provisoire était nécessaire comme la pose d'un étau hydraulique devant le colis instable ou bien le coincement du big-bag avec un bois fiché dans le sol.

En sécurisation définitive lorsque c'était un front qui ne devait pas être retiré qui comportait des colis instables, une grosse chaîne attachée de part et d'autre aux parements était tendue pour retenir les colis.

### 3.8. Tierces expertises

La DREAL, ayant joué le rôle d'inspecteur du travail, a été amenée à exiger une tierce expertise du chantier de déstockage pour valider ou invalider les méthodes de travail employées face aux risques importants rencontrés. Ces expertises ont poussé les acteurs du chantier à constamment optimiser les méthodes (il y a eu au total 3 expertises en 3,5 années) et ont donc eu un impact positif. De plus, ce regard extérieur a permis de valider à plusieurs reprises les moyens mis en place, le travail réalisé quotidiennement.

Un autre type de tierce expertise a été celle concernant les analyses des déchets présents au fond sur la base des échantillons prélevés par StocaMine à l'époque de la réception des lots de déchets. La base de travail de composition chimique des produits stockés au fond s'est avérée inexacte dans certains cas particuliers et la découverte de ces erreurs analytiques a bouleversé le périmètre du déstockage (voir 2.1).

Pour reproduire de nouvelles analyses chimiques, un plan d'échantillonnage a été construit. En effet, certains échantillons étaient en trop faible quantité pour effectuer les analyses tandis que certains déchets à fort tonnage comportaient une quantité très importante d'échantillons (notamment les REFION [Résidus d'Épuration des Fumées d'Incinération d'Ordures Ménagères]). Il a alors fallu faire d'une part des regroupements de certains déchets pour en faire un échantillon suffisamment lourd en cherchant des déchets similaires et d'autre part choisir d'écartier certains échantillons équivalents à d'autres pour économiser en temps d'analyse (mais représente aussi une économie financière par la même occasion) sur cette vaste opération d'analyses. Au total, 288 échantillons ont été analysés (plus quelques doublons sur un 2<sup>e</sup> laboratoire pour croiser les données).

A réception de ces nouveaux résultats d'analyse, l'ensemble de ces données ont été rentrées dans la base de données et la répartition du mercure a pu être calculée pour définir les nouveaux scénarii permettant d'atteindre le déstockage de 93% du mercure.

## 4. Missions et Actions du MOER sur le chantier

### 4.1. Définition des protections au début du chantier

Au démarrage de ce chantier, alors qu'il y avait beaucoup d'inconnues, il a fallu mettre en place les premiers éléments, définir les besoins et les solutions adéquates. Seul le maître d'œuvre possédait une compétence chimique et une expérience dans le domaine des chantiers de dépollution. Il s'en est donc servi pour mettre en place des protections adaptées aux risques du déstockage en collaboration avec SAARMontan, MDPa et l'APAVE.

Ainsi, l'ensemble des premiers modes opératoires ont été rédigés par la maîtrise d'œuvre avec SAARMontan. De plus, le MOER a communiqué la nécessité de :

- Travailler avec des protections respiratoires type masque complet et filtres ABEK Hg P3 ainsi que des tenues de travail jetables dédiées à la zone rouge.
- Prévoir des sas de décontamination avec vestiaire d'approche
- Prévoir un aérage du chantier en aspiration avec filtration de cet air provenant de la zone de travail sur les déchets
- Prévoir des capteurs de contrôle des rejets d'air vis-à-vis des poussières et gaz potentiels qui pourraient être générés par les déchets entreposés dans le stockage. Ont été alors choisis : un capteur poussières totales, un capteur de mercure (gazeux et particulaire), un capteur d'arsine et un capteur de phosphine. Ces choix ont été sécuritaires puisqu'en l'occurrence, il n'y a jamais eu de détection d'arsine ou de phosphine. Par contre le capteur poussières et le capteur mercure ont tous deux servi de nombreuses fois et ont montré leur utilité.

### 4.2. Organisation et optimisation du travail

Afin d'organiser le travail, des réunions étaient tenues hebdomadairement, organisées par le maître d'œuvre et comportant des représentants des MDPa, de SAARMontan et de l'APAVE (et plus épisodiquement de LINGENHELD). Lors de ces réunions, un suivi des actions (avec responsable et délai) était tenu avec ajout de nouveaux points au fur et à mesure de l'apparition de nouvelles remarques. Ces réunions étaient aussi le lieu de définition du personnel à mettre en place pour le fonctionnement du chantier pour les semaines à venir. C'est aussi là que des demandes d'achat de matériel étaient faites (puisque le chantier était en dépenses contrôlées pour rappel) et devaient être argumentées. Un bilan de l'avancement y était aussi fait.

Pour quelques points spécifiques plus complexes, d'autres séances de travail collégial ont pu être tenues pour définir certains points organisationnels. Notamment, à titre d'exemple, lorsque les résultats des analyses chimiques des échantillons par la tierce expertise ont été reçus et rentrés dans la base de données, il a fallu définir les nouveaux cheminements de déstockage permettant d'extraire les déchets mercuriels en prenant le moins de risque et à moindre coût (une des missions du maître d'œuvre était de trouver des sources d'économie sans pour autant rogner sur la sécurité ou la qualité du résultat). C'était le sujet d'une réunion spécifique.

Concernant l'optimisation des méthodes de travail, des visites fréquentes étaient faites sur le chantier, y compris en zone rouge lors de l'extraction des déchets. Parfois formalisées sous la forme d'AUDIT, ces visites ont permis de remarquer des problématiques et de chercher des solutions, notamment avec le personnel qui y était confronté. Pour certaines problématiques complexes, elles ont donné lieu à des réunions de travail spécifiques. En complément des visites du MOER, des discussions avec les encadrants de SAARMontan ainsi qu'avec l'APAVE et les MDPa ont permis de soulever des remarques pertinentes puisqu'eux-mêmes visitaient également le chantier régulièrement.

Egalement, le maître d'œuvre s'est chargé de planifier les opérations, de proposer des plannings d'avancement tant bien que mal en fonction des conditions impactant le chantier. Le MOER a également donné des objectifs moyens à viser par l'entreprise exécutante et leur a régulièrement

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

donné des pistes d'amélioration pour les aider à tendre vers cet objectif ou à le dépasser. Malheureusement, les rythmes d'avancement du chantier étaient fortement impactés par les conditions minières, bien plus que par les performances d'optimisation du travail, ce qui a donc généré une productivité très variable (voir fin du chapitre 3.1).

### 4.3. Evaluation du risque chimique à l'avancement

Au fur et à mesure de l'avancement, le maître d'œuvre, en tant que chimiste, observait les fiches d'identification des déchets ainsi que leurs analyses pour déterminer la dangerosité des produits qui allaient être bientôt rencontrés. Les informations déduites étaient transmises aux intervenants avec les consignes en résultant. Notamment, ce travail servait à choisir le type de filtre à porter pour être protégé. Le filtre combiné [particules + agents chimiques gazeux] étant plus cher et plus résistant, le filtre particules était privilégié en cas d'absence de risque gaz. De même, le dépouillement des analyses chimiques permettait d'adapter certaines méthodes de travail, de prendre des précautions supplémentaires, notamment en ce qui concerne la partie contrôle libératoire qui devait cibler les polluants susceptibles d'être présents.

### 4.4. Force de proposition

En travaillant de concert avec le MOA, l'AMO et l'entreprise exécutante, le MOER a su faire preuve de force de proposition, d'une part pour les dispositions à prendre au démarrage du chantier et d'autre part plusieurs études ont été produites en cours de chantier pour aider à la prise de décision sur de nouveaux sujets avec des arguments concrets.

A titre d'exemple, une des dernières études produites évaluait la capacité d'absorption du mercure par les filtres combinés Dräger des appareils de protection respiratoire permettant de déterminer la durée acceptable de port de ces filtres en fonction de la concentration en mercure gazeux dans l'air de la zone de travail. Cette étude a permis de montrer en le justifiant que lorsque le seuil d'alarme était atteint dans la zone de travail (correspondant à la VLEP pour une exposition sans protection), il n'était pas nécessaire d'évacuer la zone pour les opérateurs protégés par filtres combinés. Effectuer une vacation complète de 2h, équipé de ces filtres, dans une ambiance mercurielle de cet ordre ne met pas en danger la santé des opérateurs. Une valeur limite était alors donnée à partir de laquelle, l'évacuation s'avérait nécessaire, avec bien sûr une marge de sécurité.

### 4.5. Validation de la décontamination des fronts

Une tâche annexe, mais très chronophage, qui a été attribuée à CURIUM en plus de sa mission de maîtrise d'œuvre aux côtés de BG a été de réaliser les contrôles libératoires de la zone de travail à chaque avancement.

Pour ce faire, un spectromètre à fluorescence X portable a été utilisé. Cet appareil permet la détection et la quantification approximative des métaux lourds et autres éléments chimiques sur de nombreuses matrices. Seuls les atomes sont quantifiés, pas sous quelle forme ils sont présents. Il était donc possible par exemple de donner la teneur en arsenic, mais pas de dire si c'était du trioxyde de di-arsenic  $As_2O_3$  ou du pentoxyde de di-arsenic  $As_2O_5$ .

En fonction des déchets rencontrés, les éléments marqueurs pertinents ont été choisis. Pour les déchets arséniés, l'arsenic était mesuré. Pour les déchets mercuriels, le mercure était mesuré. Pour les REFIOM, le plomb et le zinc étaient mesurés (a fait l'objet d'une étude pour déterminer quels éléments chimiques étaient les plus adaptés pour servir de marqueurs). Pour les autres types de déchets, le marqueur était choisi au cas par cas. La plupart du temps, les 4 marqueurs cités ont été suffisants pour déterminer la présence de produits épandus en zone de travail.

#### 4.5.1. Détermination de seuils surfaciques

Pour chacun de ces marqueurs, il a fallu déterminer des seuils libératoires surfaciques, c'est-à-dire des seuils au-delà desquels la surface mesurée était considérée contaminée et devait être traitée

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

et en-deçà desquels il n'y avait pas de risque pour la santé des opérateurs s'ils travaillaient dans la zone sans protection chimique.

Pour fixer ces seuils, la méthode initiale employée a été la suivante (cas de l'arsenic) :

- La DJTP (dose journalière totale admissible provisoire fixée par la JEFCA en 2010) en arsenic est de 3 µg/kg de la personne/jour.
- On considère un poids standard d'une personne de 70 kg.
- La DJTP devient donc 3 x 70 = 210 µg/j.
- Par convention on rapporte cette quantité à une surface de 100 cm<sup>2</sup> pour en déduire un seuil de pollution surfacique.
- Le seuil est alors de 210 / 100 = 2 µg/cm<sup>2</sup> pour un adulte de 70 kg.

Puis, en cours de chantier, lorsqu'il a été décidé de mettre en place des seuils spécifiques pour les REFION, une autre méthode plus conventionnelle a été utilisée, la méthode présentée par l'OSHA. Ci-dessous l'exemple du déroulé de la méthode pour le cas de l'arsenic :

- On dispose de la VME (valeur moyenne d'exposition maximale admissible pendant une journée de travail sans effet sur la santé) en France : VME = 0,2 mg/m<sup>3</sup>.
- Une journée de travail est fixée pour une durée T = 8h.
- Un travailleur respire en moyenne un débit d'air D = 10 m<sup>3</sup>/h.
- On en déduit une dose journalière maximale admissible =  $VME \times T \times D$  qui est donc une quantité d'arsenic cumulée à laquelle l'intervenant aura été exposé au bout de sa journée de travail de 8h s'il est exposé tout du long à la VME.
- Pour déterminer un seuil surfacique on rapporte cette quantité sur une surface S = 100 cm<sup>2</sup> par convention.
- Le seuil de pollution surfacique sera donc =  $\frac{VME \times T \times D}{S}$  =  $\frac{0,2 \times 8 \times 10}{100}$  = **0,02** / = **20** µ /

On constate donc qu'avec la VME française basée sur une vieille directive de 1985 le seuil est 10x plus élevé, le seuil choisi initialement avec la première méthode était donc largement sécuritaire et a alors été conservé. Pour information, la VME aux Etats-Unis est 20 fois inférieure, donc amène à un seuil proche de celui employé, mais ces valeurs ne sont pas à prendre pour référence sur un chantier sur le sol français.

Nous avons donc sur le chantier les seuils suivants :

Élément chimique	Symbole	Seuil	Unité
Arsenic	As	2	µg/cm <sup>2</sup>
Mercurure	Hg	3	µg/cm <sup>2</sup>
Plomb	Pb	15	µg/cm <sup>2</sup>
Zinc (pas pour sa toxicité intrinsèque, mais en tant que marqueur pour les REFION)	Zn	Variable selon déchet	/

Pour les REFION, le zinc a servi de marqueur comme de nombreux éléments étaient présents en quantités variables dans ces résidus d'incinération, mais que le zinc y était systématiquement présent et en grande quantité. Notamment, des éléments dangereux qui pouvait parfois être présents étaient des dioxines et furanes, molécules organiques complexes à toxicité très élevée pour certains congénères et qui ne peuvent être détectées par le spectromètre à fluorescence X qui ne mesure pour rappel que les atomes.

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

Une étude a été produite par le maître d'œuvre pour évaluer le seuil en zinc à suivre pour déclarer qu'une zone n'était pas contaminée par un REFIOM pouvant contenir des dioxines et furanes. Pour cela, des analyses des différents REFIOM ont été faites en ciblant notamment les dioxines et furanes et le zinc. Pour chaque lot de REFIOM, en fonction de sa teneur en dioxines et furanes, de la toxicité de ces dernières et de la teneur en zinc, un seuil surfacique en zinc a été calculé. Une cartographie des seuils en fonction des lots de REFIOM et de leur emplacement dans le stockage a été dressée et utilisant le seuil le plus faible en cas de présence de plusieurs lots.

### 4.5.2. Méthode de contrôle libératoire

Concernant l'exécution du contrôle libératoire, voir le chapitre 2.3.5.



### 4.6. Recherche de filières de traitement pour les déchets non acceptés par GSES

Comme expliqué dans le chapitre 2.2, des filières autres que le stockage souterrain de Sondershausen GSES ont dû être trouvées pour certains déchets. Comme le titulaire du marché restockage était en difficulté pour trouver des filières d'élimination pour ces quelques déchets compliqués aux propriétés indésirables pour la plupart des filières classiques, CURIUM a mis à profit son réseau utilisé par ailleurs dans le cadre de ses autres chantiers de dépollution pour trouver des filières adaptées. Ainsi, les 4 autres filières (SOLITOP, BATREC, META-Régénération et K+S via SUEZ) ont toutes été des filières démarchées par CURIUM qui a pu leur présenter les déchets et qui a jugé de la pertinence de ces filières. La solution d'élimination a alors été transmise à Lingenheld qui s'est chargé du transport et des démarches administratives.



Le détail des CAP non transmis à GSES, leur destination et la raison du choix des filières est présenté ci-dessous :

Numéro de CAP	Filière choisie	Argument
000509	SOLITOP	Présence de polypropylène => PCI trop élevé pour GSES.
991106	SOLITOP	Envoi sur SOLITOP plutôt que GSES jugé plus pertinent du fait de la faible dangerosité, du faible tonnage et de la procédure

Rapport de fin de chantier  
 Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

		d'acceptation sensiblement plus longue pour GSES que pour SOLITOP.
991107	SOLITOP	Résines échangeuses d'ions => PCI trop élevé pour GSES.
000112 – A	SOLITOP	Partie du CAP 000112 constitué de terres très faiblement polluées au mercure, compatibles avec un enfouissement de surface. Envoi sur SOLITOP plutôt que GSES jugé plus pertinent du fait de la faible dangerosité, du faible tonnage et de la procédure d'acceptation sensiblement plus longue pour GSES que pour SOLITOP.
990210	BATREC	Les autorités allemandes ont fait blocage pour les dossiers d'export de faible tonnage. Produit incompatible avec l'enfouissement type SOLITOP.
990305	BATREC	Charbons actifs => PCI trop élevé pour GSES
010229	BATREC	Charbons actifs => PCI trop élevé pour GSES
000112 – B	META-REGENERATION	Partie du CAP 000112 constitué de débris souillés au mercure très hétérogène et notamment certains débris à PCI élevé ainsi que des flacons de mercure liquide => incompatible avec GSES et tri non réalisable sur chantier. META-REGENERATION moins cher que BATREC.
000315	META-REGENERATION	Déchets de laboratoires, hétérogènes et flaconnages => incompatibles avec GSES. Contient mercure, mais aussi arsenic => offre très élevée de BATREC à cause de l'arsenic, moins cher chez META-REGENERATION
020503	META-REGENERATION	Faible tonnage, présence de mercure liquide imprégné dans des terres, procédure d'acceptation plus longue pour GSES que pour META-REGENERATION
010221	SUEZ	Refus par GSES du déchet en l'état car il émettait des gaz odorants. Refus par SOLITOP du déchet car les essais de stabilisation ne sont pas efficaces sur ce produit.

Ci-dessous sont présentées les 4 filières autres que GSES qui ont été utilisées pour l'évacuation des déchets déstockés :

#### 4.6.1. SOLITOP à St Cyr Des Gats (85)

SOLITOP est une filiale de VEOLIA basée en France à St Cyr Des Gats.

SOLITOP est un centre de traitement de type CSDU1 (Centre de Stockage de Déchets Ultime de classe 1). Conformément à la réglementation pour les enfouissements en classe 1, les déchets sont enfouis dans des cavités isolées en partie basse par des terrains imperméables type argiles.

L'acceptation des déchets sur ce centre de traitement est conditionnée par les résultats des tests de lixiviation réalisés par SOLITOP sur les échantillons représentatifs de chaque CAP. Le déchet



## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

peut être accepté en l'état, peut être accepté après une opération de stabilisation ou bien peut être refusé s'il n'est pas conforme aux critères d'acceptation du centre de traitement.

Parmi les déchets de StocaMine envoyés à SOLITOP,

- Les déchets de type « anneaux de rachig souillés à l'arsenic » (CAP 000509) et « cendres lithiées » (CAP 991106) ont subi une opération de stabilisation avant stockage définitif.
- Les déchets de type « résines échangeuses d'ions » (CAP 991107) et « terres polluées au mercure » (CAP 000112) ont été acceptés sans opération de stabilisation.

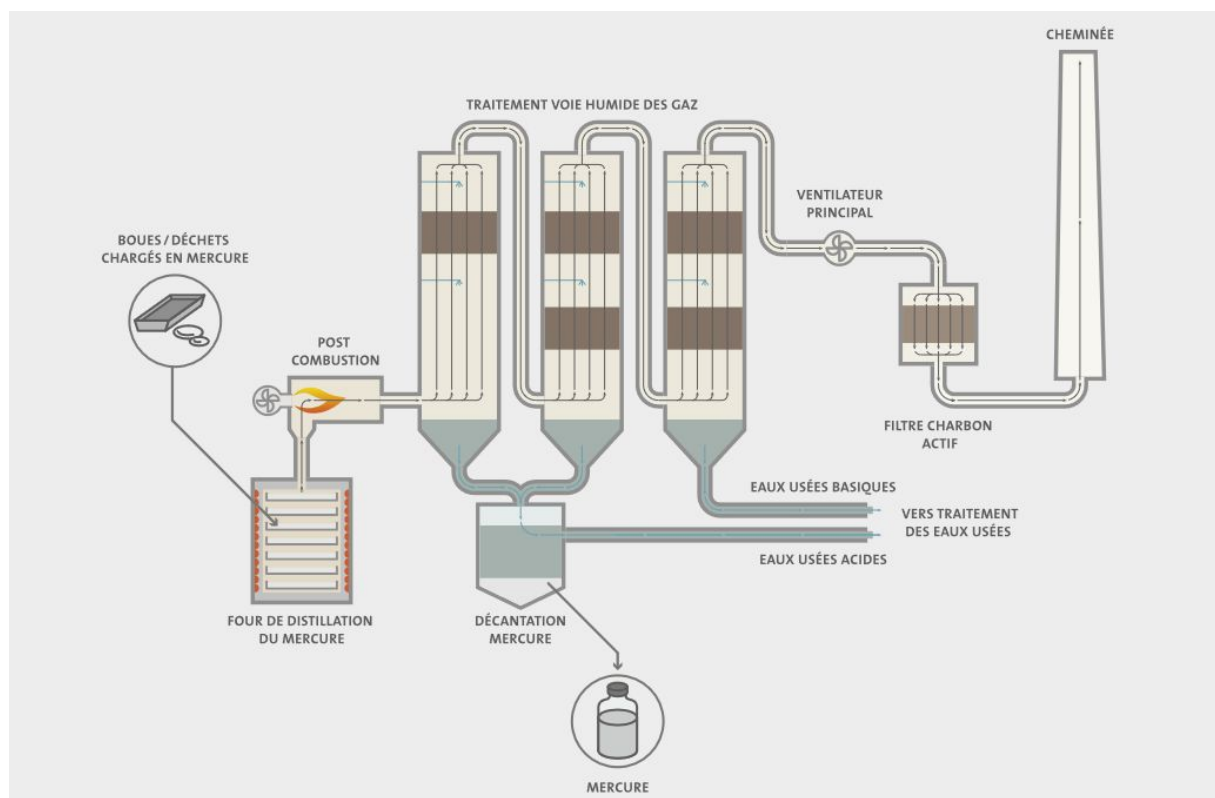
### 4.6.2. BATREC

BATREC est une filiale de VEOLIA basée en Suisse. Elle est spécialisée dans le traitement de déchets mercuriels. Les CAP 990210, 990305 et 010229 y ont été expédiés.

Le procédé appliqué aux déchets mercuriels est le suivant :

- Distillation du déchet dans un four pour extraire les vapeurs de mercure.
- Traitement par voie humide des gaz et condensation du mercure.
- Traitement du mercure liquide avec une solution contenant du soufre activé pour produire du cinabre HgS.

Par la suite, le cinabre a été envoyé en mine de sel (stockage de déchets ultimes) de K+S à Herfa-Neurode en Allemagne.



### 4.6.3. META-REGENERATION à Château Arnoux Saint Auban (04)

Comme BATREC, cette filière, basée en France cette fois, ne traite que les déchets mercuriels. Les CAP 000112, 000315 et 020503 y ont été expédiés.

Le procédé appliqué aux déchets est le suivant :

- Tri manuel (si nécessaire) puis différents traitements par catégories de déchets issues du tri :

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

- Pour les plastiques et autres matériaux incompatibles avec un traitement thermique, le déchet est lavé avec un tensio-actif. Le mercure est piégé (en partie ou en totalité) par la solution chimique.
- Pour les terres, métaux et autres éléments, ils sont placés dans un four spécifique pour subir une opération de désorption thermique. Le mercure étant volatil, l'augmentation de la température permet d'évaporer le mercure qui se trouvait à l'état d'oxydation 0 dans le déchet initial. Ces vapeurs de mercure sont ensuite recondensées par refroidissement générant du mercure à l'état liquide.
- Le mercure liquide récupéré par la phase de tri ou obtenu après la désorption thermique passe dans une unité de production du cinabre HgS. Le cinabre obtenu est un déchet ultime et est alors envoyé en mine de sel en Allemagne.
- Des tests de lixiviation sont réalisés sur les déchets restants et selon les résultats, ils sont envoyés soit :
  - En CSDU 1 (Centre de Stockage de Déchets Ultimes de classe 1)
  - En CSDU 2 (Centre de Stockage de Déchets Ultimes de classe 2)

### 4.6.4. SUEZ à Beautor

Pour les déchets phytosanitaires (pyral), correspondant au CAP 010221, la filière d'élimination choisie a été le centre de Beautor de SUEZ.

Sur ce centre, un atelier spécifique a été préparé pour isoler le lieu d'intervention sur ces déchets. Dans cet atelier, les produits, sous forme de blocs pris en masse dans les fûts, ont été réduits en morceaux par une pelle mécanique munie d'un brise-roche dans des rétentions métalliques. Le produit a alors été mélangé avec un sel de chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) pour stabiliser le produit et limiter les émissions de vapeurs ammoniacuées. Le mélange a alors été conditionné en fûts 220L.

Les fûts de déchet transformé ont alors été expédiés dans un centre de stockage souterrain de K+S en Allemagne.

### 4.7. Reporting

Un reporting dense a été réalisé pour consigner par écrit les réflexions et décisions ainsi que pour rendre compte des réalisations.

Ainsi, un rapport quotidien était rédigé pour transcrire ce qui avait été fait, étayé d'illustrations, de rapports d'analyses et également de consignes pour le lendemain, de remarques hygiène et sécurité observées sur le chantier. Ces rapports quotidiens se servaient des rapports de poste des équipes de SAARMontan pour sa rédaction.

Les réunions hebdomadaires faisaient également l'objet systématique de compte-rendu pour acter les décisions prises et les tâches à réaliser.

Enfin, mensuellement, un résumé des points essentiels était fait pour donner une vision du chantier d'un point de vue plus éloigné. Ce sont ces comptes-rendus mensuels qui ont principalement servi à rédiger ce rapport de fin de mission.

Chaque réunion de travail spécifique faisait également l'objet d'un écrit rédigé par le maître d'œuvre.

## 5. Conclusion

Au final, cette opération complexe avait été largement sous-estimée au départ. Comme les conditions de travail ne pouvaient être connues, des essais à blanc en surface avaient été conduits. Grâce à ces essais, une productivité escomptée a été établie et compte tenu du cheminement initial envisagé, cette productivité amenait à une durée du déstockage de 12,38 mois. Mais avec les conditions minières qui ont souvent ralenti le chantier, les différentes problématiques chimiques qui

## Rapport de fin de chantier Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

ont été rencontrées, l'ajout de nouvelles tâches pour sécuriser les opérations, la modification du cheminement de déstockage à réception des nouvelles analyses, le chantier aura finalement duré trois ans et 7 mois, de l'installation du chantier jusqu'à sa démobilisation (cf. 2.1).

On notera qu'au fil des problématiques rencontrées, les équipes mises en place pour réaliser cette opération ont fait preuve d'une grande adaptabilité, et d'une bonne créativité. En face de chaque difficulté, des solutions ont pu être conçues et mises en place, parfois plusieurs fois jusqu'à remplir l'objectif visé.

Pour chacun des intervenants du déstockage, cette opération complexe pour le moment à priori unique au monde aura été très instructive et aura apporté de nombreuses compétences et connaissances.

Le suivi des stocks aurait pu être optimisé. En effet, sur ce chantier de déstockage, les stocks étaient initialement très peu suivis et ont engendré des arrêts de chantier pour rupture des consommables nécessaires à l'avancement. Un suivi a alors été lentement mis en place pour gérer les approvisionnements mais le suivi des stocks en général aurait pu encore être largement amélioré s'il avait été conçu dès le démarrage notamment pour rendre les discussions d'ordre financier beaucoup plus simples à gérer.

Initialement chiffré à 4 M€ sur 12,38 mois, l'opération de déstockage aura coûté 15,6 M€ et 3 ans et 7 mois de chantier. Le stockage agréé aura coûté plus de 2 M€ pour un bilan de l'opération de déstockage/restockage de 17,6 M€ pour un volume de 1825 colis/2381 tonnes de déchets stockés en filière agréée en Allemagne. En sus, on notera ici que les coûts de Maîtrise d'œuvre s'élèvent à environ 1,43 M€, soit un taux de 8% du montant global des travaux.

Dans un contexte si peu prévisible, une marge de sécurité importante aurait pu être anticipée autant sur les délais que sur les moyens financiers qui ont été employés pour mener l'opération à terme. L'opération était ici en régie sur le personnel et dépenses contrôlées sur le matériel ce qui a permis un financement jusqu'à terme, mais si un forfait avait été convenu au démarrage sur la base d'un budget prévisionnel, il n'aurait largement pas suffi. Un mode de facturation au forfait ou en fonction d'un pendulage aurait pu être envisagé, mais pas dès le démarrage. Une première phase du chantier devait obligatoirement se dérouler en dépenses contrôlées, le temps de saisir les différentes problématiques principales et de mettre en place les méthodes adaptées. Une fois cette première phase passée, les opérations auraient pu être réalisées au colis traité, avec un tarif dépendant des conditions minières rencontrées.

L'aspect maintenance a apporté son lot de difficultés également. Une grande partie des engins étaient adaptés aux travaux à effectuer mais pas à l'ambiance saline (principalement la rabasseneuse Volvo et les chariots télescopiques AUSA). L'ambiance saline de cette mine a causé de nombreux dégâts sur les différentes machines employées et une maintenance lourde a dû être mise en place.



Rapport de fin de chantier  
Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine

On retiendra de ce chantier son achèvement complet malgré des situations à très fort risque. Ces risques ont pu heureusement être réduits par la mise en place permanente de nouvelles méthodes et de nouveaux moyens, conduisant cependant à une très forte réduction du rythme d'avancement. Le turn-over important des équipes de SAARMontan s'explique d'ailleurs grandement par ce chantier à forts risques, les mesures contraignantes associées et le contrôle poussé mis en place. Comme l'objectif du déstockage portait sur une fraction très limitée des déchets présents dans les blocs de stockage, cela a permis également de limiter les risques de l'opération. Malgré ces risques, aucun accident grave nuisant irrémédiablement à la santé d'un intervenant n'a eu lieu.