

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage

Stockage souterrain de déchets ultimes de Wittelsheim, Mines De Potasse d'Alsace

Le 28 octobre 2013



BMG ENGINEERING AG

Consulting:
Ifangstrasse 11 • CH-8952 Schlieren/Zürich
Tel. 044 732 92 92 • Fax 044 730 66 22
bmg@bmgen.ch • www.bmgen.ch

Labors:
Ifangstrasse 11 • CH-8952 Schlieren/Zürich
Tel. 044 732 92 92 • Fax 044 732 92 21
labors@bmgen.ch

Table des matières

1	Introduction générale.....	1
1.1	Contexte et situation initiale	1
1.2	Objectif général.....	3
1.3	Investigations antérieures	3
1.3.1	Liste non exhaustive.....	3
1.3.2	Vue d'ensemble de l'étude de 2011-2012	4
1.4	Procédure	5
1.5	Documents de référence.....	5
2	Généralités et caractéristiques du site de stockage.....	6
2.1	Caractéristiques générales du site de stockage	7
2.2	Caractéristiques des blocs de stockage	8
2.3	Situation de l'aérage	10
2.4	Vue d'ensemble sur les déchets stockés	11
2.4.1	Types et quantités.....	11
2.4.2	Conditionnement	13
2.5	Infrastructure au jour.....	15
3	Définition générale des variantes de réversibilité (I à V) et de confinement (VI)	15
4	Variantes I et II : retrait du mercure	16
4.1	Inventaire des déchets B3, B5 et E13 et répartition du Hg dans les blocs	17
4.1.1	Localisation dans les blocs des déchets B3, B5 et E13	17
4.1.2	Quantités de déchets B3 et B5 et de mercure	19
4.2	Variante(s) I	20
4.2.1	Variante de choix du groupe I : définition.....	20
4.2.2	Evaluation de la variante de choix I-b.....	24
4.2.3	Vue d'ensemble sur la Variante I-b.....	29
4.2.4	Détails sur les colis à déstocker/restocker	29
4.3	Variantes(s) II	31
4.3.1	Variante de choix du groupe II : définition.....	32
4.3.2	Evaluation de la variante de choix II-b.....	34
4.3.3	Vue d'ensemble sur la Variante II-b.....	37
4.3.4	Détails sur les colis à déstocker/restocker	38
5	Variantes III, IV et V	39
5.1	Généralités	39
5.1.1	Variantes de réversibilité partielle III et IV.....	39
5.1.2	Variante de réversibilité totale V.....	39
5.2	Inventaire des colis à déstocker selon Variante III.....	39
5.3	Inventaire des colis à déstocker selon Variante IV	40

5.4	Inventaire des colis à déstocker selon Variante V	42
6	Déroulement technique du déstockage des blocs vers le jour	44
6.1	Synoptique.....	44
6.2	Etape 1 : travaux préparatoires	47
6.2.1	Travaux préparatoires administratifs (Etape 1a)	47
6.2.2	Travaux préparatoires techniques (Etape 1b).....	47
6.3	Etape 2 : identification, déstockage/restockage des colis et réemballage	48
6.3.1	Identification des colis et étiquettes	48
6.3.2	Adaptation des mesures de sécurité	48
6.3.3	Prise du colis	49
6.3.4	Reconditionnement	51
6.4	Etape 3 : transport souterrain.....	53
6.5	Etape 4 : stockage intermédiaire des colis à remonter	53
6.6	Etape 5 : remontée des déchets	53
6.7	Etape 6 : stockage intermédiaire au jour et préparation au transport.....	54
6.7.1	Section des déchets de classe 0	54
6.7.2	Section des déchets de classe 1	54
6.8	Etape 7 : transport et élimination des déchets.....	54
6.9	Entretiens miniers	55
6.10	Système d'aérage supplémentaire	55
6.10.1	Exigences pour le système d'aérage	56
6.10.2	Solutions techniques pour l'aérage supplémentaire.....	58
6.10.3	Système d'aspiration à la source : variante de choix	60
6.11	Remarques finales	62
6.11.1	Besoins d'adaptation de l'infrastructure existante et des moyens disponibles	62
6.11.2	Traçabilité des colis	63
7	Aspects relatifs à la sécurité et à la protection de la santé au travail	65
7.1	Déstockage/restockage de déchets ne contenant pas d'amiante	65
7.1.1	Equipement de protection individuelle	65
7.1.2	Protection de la zone de travail	66
7.2	Déstockage/restockage de déchets amiantés	66
7.2.1	Equipement de protection individuelle	66
7.2.2	Protection de la zone de travail	66
7.3	Activités de reconditionnement	67
7.4	Conclusions de Swissi sur les protections individuelles après simplification	67
8	Elimination ou valorisation des déchets déstockés et remontés	68
8.1	Options d'élimination et coûts unitaires	68
8.1.1	Centre d'enfouissement technique	68
8.1.2	Stockage souterrain en Allemagne.....	70

8.2	Options de traitement et coûts unitaires	72
8.2.1	Pyrolyse	72
8.2.2	Distillation du mercure	73
8.2.3	Vitrification	75
8.2.4	Conclusion	76
9	Dimensionnement, calendrier et évaluation des coûts selon la variante engagée	76
9.1	Contexte et situation initiale	76
9.2	Généralités	77
9.3	Variante I-b	78
9.3.1	Concept technique de réversibilité.....	78
9.3.2	Calendrier	79
9.3.3	Dimensionnement et coûts de la réversibilité.....	80
9.3.4	Dimensionnement et coûts d'entretien.....	81
9.3.5	Dimensionnement et coûts de confinement.....	81
9.3.6	Coûts totaux de fermeture	83
9.3.7	Option : traitement des déchets.....	83
9.4	Variante II-b	83
9.4.1	Concept technique de réversibilité.....	84
9.4.2	Calendrier	85
9.4.3	Dimensionnement et coûts de la réversibilité.....	85
9.4.4	Dimensionnement et coûts d'entretien.....	86
9.4.5	Dimensionnement et coûts de confinement.....	87
9.4.6	Coûts totaux de fermeture	87
9.4.7	Option : traitement des déchets.....	87
9.5	Variante III	87
9.5.1	Concept technique de réversibilité.....	87
9.5.2	Calendrier	88
9.5.3	Dimensionnement et coûts de la réversibilité.....	89
9.5.4	Dimensionnement et coûts d'entretien.....	90
9.5.5	Dimensionnement et coûts de confinement.....	90
9.5.6	Coûts totaux de fermeture	91
9.5.7	Option : traitement des déchets.....	91
9.6	Variante IV	91
9.6.1	Concept technique de réversibilité.....	91
9.6.2	Calendrier	92
9.6.3	Dimensionnement et coûts de la réversibilité.....	93
9.6.4	Dimensionnement et coûts d'entretien.....	94
9.6.5	Dimensionnement et coûts de confinement.....	94
9.6.6	Coûts totaux de fermeture	95
9.6.7	Option : traitement des déchets.....	95
9.7	Variante V	95
9.7.1	Concept technique de réversibilité.....	95
9.7.2	Calendrier	96
9.7.3	Dimensionnement et coûts de la réversibilité.....	97

9.7.4	Dimensionnement et coûts d'entretien.....	98
9.7.5	Dimensionnement et coûts de confinement.....	98
9.7.6	Coûts totaux de fermeture	98
9.7.7	Option : traitement des déchets.....	99
10	Vue d'ensemble et conclusion.....	99
11	Suite des opérations.....	102

Tableaux

Tab. 1	Vue d'ensemble sur les différents types de déchets stockés dans les blocs.....	12
Tab. 2	Total des coûts selon variante	102

Figures

Fig. 1	Vue aérienne sur l'emplacement du site souterrain de StocaMine (cercle rouge : Puits Else).....	1
Fig. 2	Plan du site de stockage dans son intégralité (rouge : Bloc 15, inaccessible et non considéré, rose : blocs vides, bleu : blocs de stockage concernés par la réversibilité, vert : voie centrale séparant les deux séries de blocs)	8
Fig. 3	Plan de structure du Bloc 11	9
Fig. 4	Représentation très simplifiée de la direction de l'air frais dans le site de stockage (flèches rouges : chemins empruntés par l'air frais dans les blocs)	11
Fig. 5	Vue d'ensemble des différents types de déchets stockés dans le site de StocaMine (masses en tonnes à gauche, nombre de colis à droite)	13
Fig. 6	Plan de localisation des déchets B3, B5 et E13 au sein du Bloc 21 (choisi arbitrairement comme exemple)	18
Fig. 7	Répartition de la masse de mercure dans les blocs (Bloc 15 compris).....	19
Fig. 8	Localisation des déchets de nature E13 à déplacer dans le cas de la Variante I-b.....	21
Fig. 9	Définition de la variante de réversibilité I-b au niveau du Bloc 21 : représentation schématique du chemin emprunté	23
Fig. 10	Illustration des unités de retrait et d'accès (exemple tiré du Bloc 21)	25
Fig. 11	Proportion de mercure retiré par bloc selon Variante I-b.....	25

Fig. 12	Déchets déstockés vs déchets déplacés/restockés (nombres de colis) / Variante I-b.....	26
Fig. 13	Masse de mercure remontée (t) vs déchets déplacés/restockés (nombres de colis) / Variante I-b.....	26
Fig. 14	Direction d'avancement idéale dans les blocs (exemple du Bloc 12)	27
Fig. 15	Directions d'avancement du déstockage et du parcours de l'air frais, Variante I-b.....	28
Fig. 16	Déchets à déstocker/restocker selon Variante I-b dans les Bloc 21 et 22 (découpage par nature et indication du nombre de colis).....	30
Fig. 17	Etat final des Blocs 11, 21 et 22 après mise en œuvre de la réversibilité selon la variante I-b.....	31
Fig. 18	Définition de la Variante de réversibilité II-b au niveau du Bloc 21 : représentation schématique du chemin emprunté	33
Fig. 19	Proportion de mercure retirée par bloc selon variante de réversibilité de mise en œuvre (groupe II)	35
Fig. 20	Déchets déstockés vs déchets déplacés/restockés (nombre total de colis) / Variante II-b.....	36
Fig. 21	Masse de mercure remontée (t) vs déchets déplacés/restockés (nombre total de colis) / Variante II-b	36
Fig. 22	Déchets à déstocker/restocker selon Variante II-b par bloc (découpage par nature et indication du nombre de colis).....	38
Fig. 23	Déchets à déstocker selon Variante III par bloc (découpage par nature et indication du nombre de colis)	40
Fig. 24	Déchets à déstocker selon Variante IV par bloc (découpage par nature et indication du nombre de colis)	41
Fig. 25	Déchets à déstocker selon Variante V par bloc (découpage par nature et indication du nombre de colis)	43
Fig. 26	Synoptique du déroulement de l'exercice de la réversibilité (travaux préparatoires administratifs non inclus).....	44
Fig. 27	Etapes de l'exercice de la réversibilité	46
Fig. 28	Saisie des big-bags avec une fourche (à gauche, exemple quelconque), par les oreilles (au centre, exemple quelconque) puis avec une pince (à droite, exemple de la mine d'Herfa-Neurode en Allemagne)	50
Fig. 29	Dimensions de l'installation mobile d'aspiration/filtration : l'air sera filtré avec des pré-filtres (horizontaux, en vert clair) et des filtres HEPA (verticaux, en vert foncé).....	59
Fig. 30	Concept général des deux variantes pour l'aérage supplémentaire (en haut : aspiration à la source ; en bas : aspiration en bout de bloc)	

	– Flèche rouge = air frais, flèche bleue = air en retour, flèche verte = air potentiellement pollué.....	60
Fig. 31	Concept de l'aspiration à la source : (a) début du déstockage d'un bloc; (b) situation au milieu du déstockage. Flèche rouge = air frais ; flèche bleue = air en retour ; flèche verte : air potentiellement pollué.....	61
Fig. 32	Traçabilité des colis lors du déstockage. Les flux d'information sont indiqués par les flèches orangées.....	64
Fig. 33	Schéma simplifié du traitement de déchets riches en mercure par distillation et récupération du métal par condensation.....	74
Fig. 34	Représentation simplifiée des opérations de déstockage selon Variante I-b (tiré de l'appel d'offres)	77
Fig. 35	Calendrier d'action selon Variante I-b	79
Fig. 36	Vue d'ensemble sur la localisation des barrages et des galeries à remplir selon ERCOSPLAN (Confinement après Variante I-b).....	82
Fig. 37	Calendrier d'action selon Variante II-b	85
Fig. 38	Calendrier d'action selon Variante III	89
Fig. 39	Calendrier d'action selon Variante IV.....	93
Fig. 40	Calendrier d'action selon Variante V.....	97
Fig. 41	Calendriers d'actions pour chacune des variantes évaluées, de l'instruction du dossier de cessation d'activité au démantèlement au jour	101

Annexes

Annexe 1	Plan de situation
Annexe 2	Liste des études antérieures et des documents concernant StocaMine
Annexe 3	Plan au fond : aérage StocaMine
Annexe 4	Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13
Annexe 5	Répartition des déchets B3 et B5 et du mercure dans les blocs
Annexe 6	Définition de la variante de réversibilité I-b : représentation schématique
Annexe 7	Masses de mercure éliminées selon la Variante I-b (variante de choix du groupe I)
Annexe 8	Identification et inventaire des colis à déplacer/restocker selon Variante I-b (variante de choix du groupe I)
Annexe 9	Localisation des déchets à déplacer/restocker dans les Blocs 21 et 22 selon la Variante I-b
Annexe 10	Définition de la variante de réversibilité II-b : représentation schématique
Annexe 11	Masses de mercure éliminées selon la variante II-b (variante de choix du groupe II)
Annexe 12	Identification et inventaire des colis à déplacer/restocker selon Variante II-b (variante de choix du groupe II)
Annexe 13	Inventaire des déchets à déstocker selon Variante III
Annexe 14	Inventaire des déchets à déstocker selon Variante IV
Annexe 15	Inventaire des déchets à déstocker selon Variante V
Annexe 16	Informations sur les décharges souterraines allemandes
Annexe 17	Technologie de pyrolyse mise en œuvre par SITA
Annexe 18	Traitement des déchets contenant du mercure par Batrec
Annexe 19	Traitement des déchets contenant de l'amiante par Inertam
Annexe 20	Récapitulatif technique, estimation du dimensionnement et des coûts engendrés selon la variante mise en place
Annexe 21	Vue d'ensemble sur les calendriers d'action selon variante mise en place
Annexe 22	Vue d'ensemble des coûts pour chacune des variantes
Annexe 23	Compte-rendu de Swissi

Abréviations

A	Allée
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises
CET	Centre d'Enfouissement Technique
COPIL	Comité de pilotage
DIS	Déchets Industriels Spéciaux
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EMC	Entreprise Minière et Chimique
GSES	Glückauf Sondershausen – Entwicklungs- und Sicherungsgesellschaft
HEPA	High Efficiency Particulate Air
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
MDPA	Mines De Potasse d'Alsace
COPIL	Comité de Pilotage StocaMine
R	Recoupe
REFIOM	Résidus d'Épuration des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères
REFIDI	Résidus d'Épuration des Fumées d'Incinération des Déchets Industriels
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
UTG	Untertagedeponie
VLEP	Valeur Limite d'Exposition Professionnelle
VME	Valeur Moyenne d'Exposition

1 Introduction générale

1.1 Contexte et situation initiale

De 1999 à 2002, des galeries creusées dans le sel des Mines de Potasse d'Alsace (MDPA) ont été mises à disposition de StocaMine et utilisées comme site de stockage souterrain de déchets ultimes. Suite à l'arrêté préfectoral du 3 février 1997, l'exploitation et la gestion du stockage ont été réalisées par StocaMine, filiale du groupe public EMC (Entreprise Minière et Chimique) puis rattachée entièrement et directement aux MDPA depuis 2005. Les MDPA ont par ailleurs été placées en liquidation amiable depuis le 1^{er} janvier 2009.

Le site en question se situe sur la Commune de Wittelsheim en Alsace, environ 10 km au Nord-Ouest de la ville de Mulhouse (voir plan de situation en Annexe 1 et sur la Fig. 1 ci-dessous). Il a été creusé dans le sel gemme à une profondeur d'environ 550 m sous la surface, à une vingtaine de mètres sous la couche inférieure de potasse de la Mine Amélie.



Fig. 1 Vue aérienne sur l'emplacement du site souterrain de StocaMine (cercle rouge : Puits Else)

Le site est constitué de deux rangées de blocs disposées en vis-à-vis et séparées par une voie centrale, tous les blocs étant desservis par les Puits Joseph et Else (voir détails et représentations graphiques plus loin). Il était censé accueillir à terme un total de 320'000 tonnes de déchets ultimes. Or, alors que quelques 40'000 tonnes de déchets avaient été stockés, un incendie est survenu le 10 septembre 2002 dans le Bloc 15 et suite à cet événement, après une suspension des activités de stockage par les arrêtés préfectoraux des 12 décembre et 17 décembre de la même

année, la décision de stopper de manière définitive l'accueil de nouveaux colis de déchets a été prise en septembre 2003.

Un amendement au Code de l'environnement, daté du 3 février 2004, stipule qu'en cas de cessation de l'accueil de déchets pendant une durée d'un an, l'autorisation de stockage peut être prolongée pour une durée illimitée, levant ainsi la contrainte de la période d'attente de trente années. Néanmoins, les scénarios alternatifs devaient être étudiés. Les deux options de base qui s'offrent à StocaMine dans le cadre de la fermeture de son site de stockage sont alors le stockage illimité avec confinement au fond d'une part, mais aussi la mise en œuvre de la réversibilité d'autre part, partielle ou totale.

Par suite, le comité de pilotage (COPIL), créé pour agir en tant que commission d'expertise d'évaluation conjointe et composé de treize experts externes de formations variées, évoqua en 2011 une éventuelle réversibilité partielle visant à déstocker une partie ou la majorité des déchets contenant du mercure. Ainsi, au-delà des différentes études menées pour le compte de StocaMine (étude de risques [1], évaluation technique de la mise en œuvre de la réversibilité totale [2,3]), BMG Engineering SA (BMG), en collaboration avec l'Institut Suisse de Promotion de la Sécurité (Swissi SA), a évalué en détails en 2011-2012 deux groupes de variantes de réversibilité partielle, tous les scénarios visant le retrait exclusif des déchets contenant du mercure [4,5]. Ces deux groupes peuvent être brièvement résumés comme suit :

- Groupe de variantes I : retrait d'une partie des déchets contenant du mercure en prenant garde à déplacer le minimum de colis de déchets amiantés [4]
- Groupe de variantes II : retrait de tous (ou presque tous) les déchets contenant du mercure, sans se soucier de la présence des déchets amiantés devant être déplacés afin d'atteindre les colis stockés [5].

De cette étude, pour chaque groupe de variantes a été identifiée et affinée une variante de choix. Les deux variantes de choix résultantes seront décrites plus en détails et complétées au cours de ce manuscrit. La variante de choix du groupe I [4], laquelle permettrait le retrait de 56% de la masse totale de mercure, a finalement été retenue par l'Etat mi-décembre 2013 pour la réalisation de la réversibilité partielle et ciblée. Sur cette base, StocaMine a engagé en février 2013 une procédure d'appel d'offres de marchés publics européens pour les différentes missions liées au projet. Les travaux devraient débuter début 2014.

Or, cette disposition ne satisfaisant pas le collectif qui s'est constitué et lequel maintient sa demande de déstockage total des déchets, les tutelles de StocaMine lui ont demandé fin mai 2013 d'organiser une nouvelle concertation sous l'égide d'un garant nommé par la Commission Nationale du Débat Public, une fois le dossier de fermeture déposé. De plus, l'Etat a demandé d'examiner des variantes de déstockage complémentaires explicitées (en prolongement à la variante engagée) qui permettraient le déstockage d'un plus grand nombre de colis de déchets sans se limiter au seul retrait du mercure. C'est ce pourquoi BMG Engineering SA a été mandatée par StocaMine en juillet 2013. Il s'agit donc d'élargir la palette des scénarios de fermeture pour alimenter la concertation. Le dossier de fermeture a quant à lui été déposé le 24 juin 2013.

1.2 Objectif général

Par analogie et suite à l'étude de 2011/2012 [4,5], l'objectif de la présente étude complémentaire est d'évaluer d'autres variantes de réversibilité demandées par l'Etat.

Le but est de présenter un dossier complet autoporteur. Dans ce sens, en plus des résultats de l'évaluation des variantes complémentaires dont il est nouvellement question, le dossier doit, entre autres, présenter et décrire :

- Les variantes de choix déjà évaluées dans le cadre des études antérieures [4,5]. Celles-ci seront par ailleurs complétées et affinées.
- La synoptique globale de l'exercice de la réversibilité
- Les éléments techniques comme l'aérage
- Les résultats de l'étude concernant la protection de la santé et le respect de l'hygiène dans le cadre de l'exercice de la réversibilité
- Le dimensionnement de chacune des variantes évaluées.

L'objectif global de l'étude est d'établir une évaluation approfondie et détaillée de plusieurs options de réversibilité respectant des conditions-cadre définies et tenant compte avant tout de la proportionnalité (rapport effet/investissement de travail) et des contraintes logistiques et sanitaires. Cette étude sous-entend :

- Un inventaire complet et détaillé des déchets présents dans la mine et de ceux à déstocker/restocker selon la variante considérée
- L'évaluation technique et logistique de la mise en œuvre de la réversibilité
- L'évaluation des obligations hygiéniques, sanitaires et de sécurité
- L'évaluation des contraintes et possibilités d'élimination et/ou de traitement des déchets déstockés
- Une estimation du dimensionnement, des coûts engendrés et des délais d'exécution selon la variante considérée.

1.3 Investigations antérieures

1.3.1 Liste non exhaustive

Une liste (non exhaustive) des nombreuses études et investigations dont le site de stockage de StocaMine a fait l'objet est fournie en Annexe 2. Ces études relatent aussi bien les aspects environnementaux (par ex. études de risques), logistiques, que techniques (par ex. aspects miniers).

Les différentes références sur lesquelles reposent directement la présente étude seront évoquées au fur et à mesure du présent rapport et sont listées en Paragraphe 1.5 (voir plus loin).

1.3.2 Vue d'ensemble de l'étude de 2011-2012

Le contexte et les conditions-cadre de l'étude de 2011-2012 [4,5], laquelle sera reprise, complétée et affinée ici, peuvent être résumés comme suit :

Dans le cadre de l'étude de 2006, une évaluation générale de la mise en œuvre de la réversibilité du stockage avait été menée par BMG [2] et Swissi [3]. BMG avait alors concentré ses efforts sur les aspects techniques et logistiques, tandis que Swissi avait axé ses réflexions vers les points concernant la sécurité et l'hygiène au travail. A l'époque, aucune condition-cadre quant à un retrait sélectif des déchets n'avait été posée et les déchets amiantés n'avaient pas fait l'objet d'une attention particulière.

Ensuite, des études menées par l'INERIS sur le terme source avaient montré le rôle majeur joué par le mercure au cas où la saumure envahirait le stockage, dissoudrait les substances contenues dans les déchets et remonterait vers la nappe phréatique.¹

Par conséquent, dans le cadre de la dernière étude de 2011-2012, il s'agissait d'évaluer le déstockage d'une partie [4] ou de la majorité [5] des déchets renfermant la majeure partie du mercure (déchets dits mercuriels et arséniés, voir plus loin), d'où le terme de réversibilité partielle. Il se trouve cependant que ces déchets ne sont pas stockés de manière groupée dans les blocs concernés. Ils ont été déposés par lots en fonction de leur arrivée à StocaMine, et sont susceptibles de se trouver à côté d'autres catégories de déchets, en fonction toutefois des compatibilités définies, mais en tout état de cause à côté de déchets amiantés constitués pour l'essentiel de substances friables conditionnées en big-bags.

Le but des études de 2011-2012 était alors de déstocker les déchets mercuriels et arséniés en évitant dans la mesure du possible de devoir manipuler des déchets amiantés, afin d'éviter un épandage des poussières d'amiante après une éventuelle déchirure d'un big-bag. L'idée était de ne remonter que les colis de déchets mercuriels et arséniés et de se contenter de déplacer au fur et à mesure au sein des blocs concernés les déchets d'autres natures obstruant l'accès auxdits déchets visés par la réversibilité partielle. Les déchets amiantés ont alors fait l'objet d'une attention particulière. Ainsi, en ne déplaçant que ponctuellement quelques colis amiantés, la variante dite « de choix » du groupe I (voir § 1.1) permettait le retrait de 56% de la masse totale de mercure.

Les variantes de groupe II (voir § 1.1) concernaient le retrait de la majorité des déchets contenant du mercure sans prendre en compte la présence des déchets amiantés, pour lesquels les précautions adéquates devaient néanmoins être prises lors de leur manipulation. La variante dite « de choix » du groupe II permettait le retrait de 93% de la masse totale de mercure.

L'évaluation de ces variantes sera reprise, complétée et affinée dans le présent rapport.

¹ Eléments communiqués par StocaMine au cours d'entretiens de coordination

1.4 Procédure

Les différentes étapes constituant la présente étude complémentaire dans son ensemble peuvent être résumées comme suit :

- Réunion kick-off avec StocaMine dans ses locaux
- Exploitation de la dernière version de la base de données fournie par StocaMine (types de déchets, localisation dans les blocs, quantités, conditionnement) pour l'affinement des variantes évaluées en 2011-2012 et pour l'élaboration des nouvelles variantes
- Inventaire (nature, quantités...) des déchets à remonter ou à restocker selon les variantes
- Définition, évaluation, représentation graphique et comparaison des différentes variantes de déstockage
- Evaluation et présentation de la logistique globale et générale du déstockage/restockage, indépendamment de la variante mise en exergue
- Evaluation et présentation des points techniques à considérer lors de la réversibilité (aérage, aspiration, reconditionnement, reprise des déchets...), indépendamment de la variante mise en exergue
- Eléments d'analyse de la sécurité au travail et de la protection de la santé dans le cadre de la réalisation de la réversibilité², indépendamment de la variante mise en exergue
- Evaluation d'une éventuelle valorisation des déchets remontés et/ou de leur élimination, indépendamment de la variante mise en exergue
- Evaluation du dimensionnement de la réversibilité et du calendrier d'exécution pour chacune des variantes (jusqu'à la fermeture du site)
- Evaluation des coûts engendrés pour chacune des variantes (jusqu'à la fermeture du site)
- Rédaction du présent rapport autoporteur regroupant une partie de l'étude de 2011-2012 complétée et affinée et les résultats de la présente étude complémentaire
- Différentes réunions et entretiens dans le cadre de la phase de concertation (à venir)

1.5 Documents de référence

La présente étude se base directement sur les documents suivants (tirés de la liste de l'Annexe 2) :

² Les aspects liés à la sécurité et à la protection de la santé au travail ont été traités en 2011-2012 par Swissi, mandatée à cet effet par BMG. Les résultats ont été consignés dans un compte-rendu remis séparément à StocaMine, lequel est également annexé à la fin du présent rapport (Annexe 23). Un chapitre réservé à ce sujet présentera plus loin les principaux éléments de cette étude.

- [1] Stockage souterrain de Wittelsheim : évaluation des risques suite au confinement de déchets dans la mine. Risques dus aux substances chimiques, BMG Engineering SA, en juillet 2004 (*Référence [30] de la liste de l'Annexe 2*)
- [2] StocaMine, Stockage souterrain de Wittelsheim : évaluation technique de la variante de la mise en œuvre de la réversibilité, BMG Engineering SA, document du 27 juin 2006 (*Référence [39] de la liste de l'Annexe 2*)
- [3] StocaMine, Etude de sécurité au travail et de protection de la santé dans le cadre de la mise en œuvre de la réversibilité, Swissi SA, document du 27 juin 2006 (*Référence [37] de la liste de l'Annexe 2*)
- [4] Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage : Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure, document du 23 octobre 2012 (texte et annexes), ajusté dans la version du 5 mars 2013 (*Référence [51] de la liste de l'Annexe 2*)
- [5] Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage : Retrait des déchets contenant du mercure, document du 23 octobre 2012 (texte et annexes), ajusté dans la version du 5 mars 2013 (*Référence [52] de la liste de l'Annexe 2*)
- [6] Technische Regeln für Gefahrstoffe, Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, TRGS 519, September 2001 (*Référence [36] de la liste de l'Annexe 2*)
- [7] Le bilan aéraulique des chantiers d'amiante, INRS, ND 2137-181-00, 4^{ème} trimestre 2000
- [8] Journal officiel de la République Française, Ministère du travail, de l'emploi et de la santé, Décret n° 2012-639 du 4 mai 2012 relatif aux risques d'exposition à l'amiante
- [9] Estimation économique de diverses éventualités de fermeture de StocaMine, MDPA, Direction Générale, le 2 décembre 2011 (*Référence [50] de la liste de l'Annexe 2*).
- [10] Conceptual Design for Dam Constructions and Partial Backfill for the Isolation of the StocaMine Underground Waste Disposal Site, ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau GmbH, le 24 juin 2013 (*Référence [53] de la liste de l'Annexe 2*)

2 Généralités et caractéristiques du site de stockage

Les caractéristiques du site de StocaMine et les informations sur son infrastructure ont été décrites à plusieurs reprises dans le cadre d'études antérieures. Le but du présent chapitre est de résumer ces points et de rappeler certaines définitions techniques utiles à la bonne compréhension du rapport.

2.1 Caractéristiques générales du site de stockage

La Fig. 2 ci-dessous montre la structure du site de stockage dans son ensemble. Au total, le site s'étend sur une surface d'environ 35 ha (700 x 500 m environ) et se situe à environ 550 m de profondeur, à une altitude d'environ -260 m au-dessous du niveau de la mer, la partie Sud-Est étant légèrement plus élevée que la partie Nord-Ouest (-240 contre -295 m). Il est constitué de 2 rangées de blocs rectangulaires séparées par une voie centrale (Blocs 21 à 26 d'un côté, Blocs 11 à 16 de l'autre). Les blocs 16, 25 et 26, dont le creusement est inachevé, ne contiennent pas de déchets et ne pourraient pas en accueillir dans leur état actuel. Suite aux mauvaises conditions de tenue du toit, un éboulement dans le Bloc 15 (en rouge) a considérablement réduit l'accès aux déchets et par conséquent, ce bloc ne sera jamais déstocké et ne fera pas l'objet de travaux miniers quels qu'ils soient. En quelque sorte, le Bloc 15 est mis en quarantaine et est exclu de toutes les variantes de réversibilité.

Les déchets concernés par la réversibilité sont donc stockés dans les Blocs 11 à 14 d'une part, 21 à 24 d'autre part de chaque côté de la voie centrale (en vert).

Le site de stockage est accessible par les Puits Joseph et Else, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Le Puits Joseph a été foncé jusqu'à une profondeur de 531.1 m et ne possède qu'une recette (Une recette de puits est un étage accessible au moyen de l'installation d'extraction de ce puits). Il était utilisé pour la descente du personnel et aussi des déchets à stocker. Actuellement, il est utilisé pour l'apport en air frais dans la mine (voir plus loin les détails sur l'aérage) et pour le transport des personnels et des matériels.
- Le Puits Else a été foncé jusqu'à une profondeur de 489.2 m et ne possède également qu'une recette, laquelle se situe au niveau de la couche inférieure. Ce puits comporte par ailleurs un percement d'aérage et un accès au puisard (fond du puits). Il ne sert qu'au retour d'air de la mine.

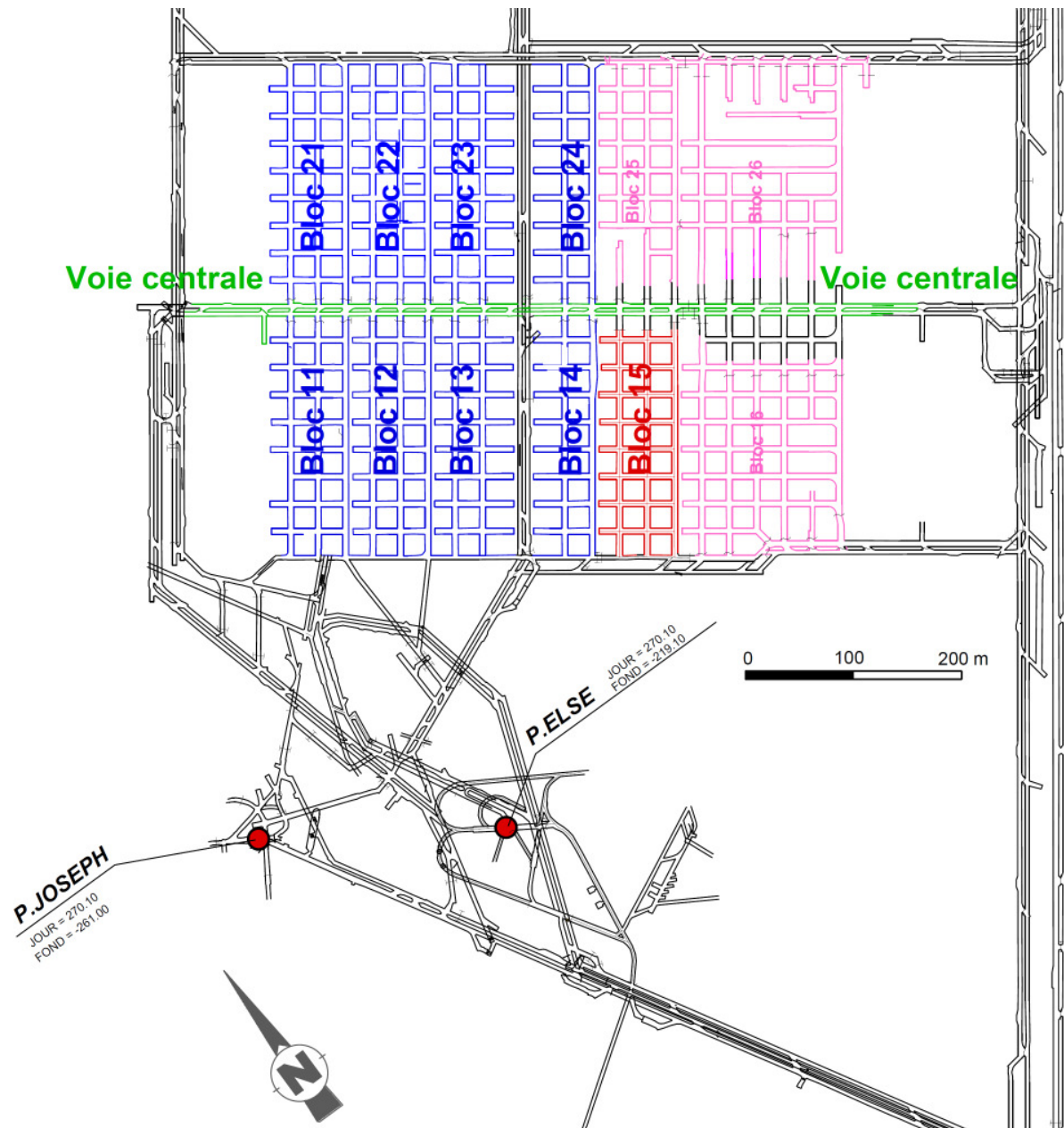


Fig. 2 Plan du site de stockage dans son intégralité (rouge : Bloc 15, inaccessible et non considéré, rose : blocs vides, bleu : blocs de stockage concernés par la réversibilité, vert : voie centrale séparant les deux séries de blocs)

2.2 Caractéristiques des blocs de stockage

Comme illustré en Fig. 3, chaque bloc est constitué d'allées (A) parallèles les unes aux autres (perpendiculaires à la voie centrale) et de recoupes (R) (parallèles à la voie centrale). Tous les blocs qui nous intéressent (21 à 24 et 11 à 14) possèdent 8 recoupes. Les blocs 21, 22, 11 et 12 possèdent 3 allées et les blocs 23, 24, 13 et 14 en possèdent deux (voir Fig. 2). Chaque allée est longue de 225 m et la distance entre deux recoupes est de 25 m. Les allées sont également séparées d'une distance de 25 m. Ainsi, les allées et les recoupes délimitent les piliers carrés de sel

gemme de 20 m de côté. Les déchets, conditionnés dans des colis (voir détails plus loin), sont stockés dans les unités (par exemple : Unité 200.4 dans le Bloc 11, dans l'allée de coordonnées A1.R2, voir illustration en Fig. 3).

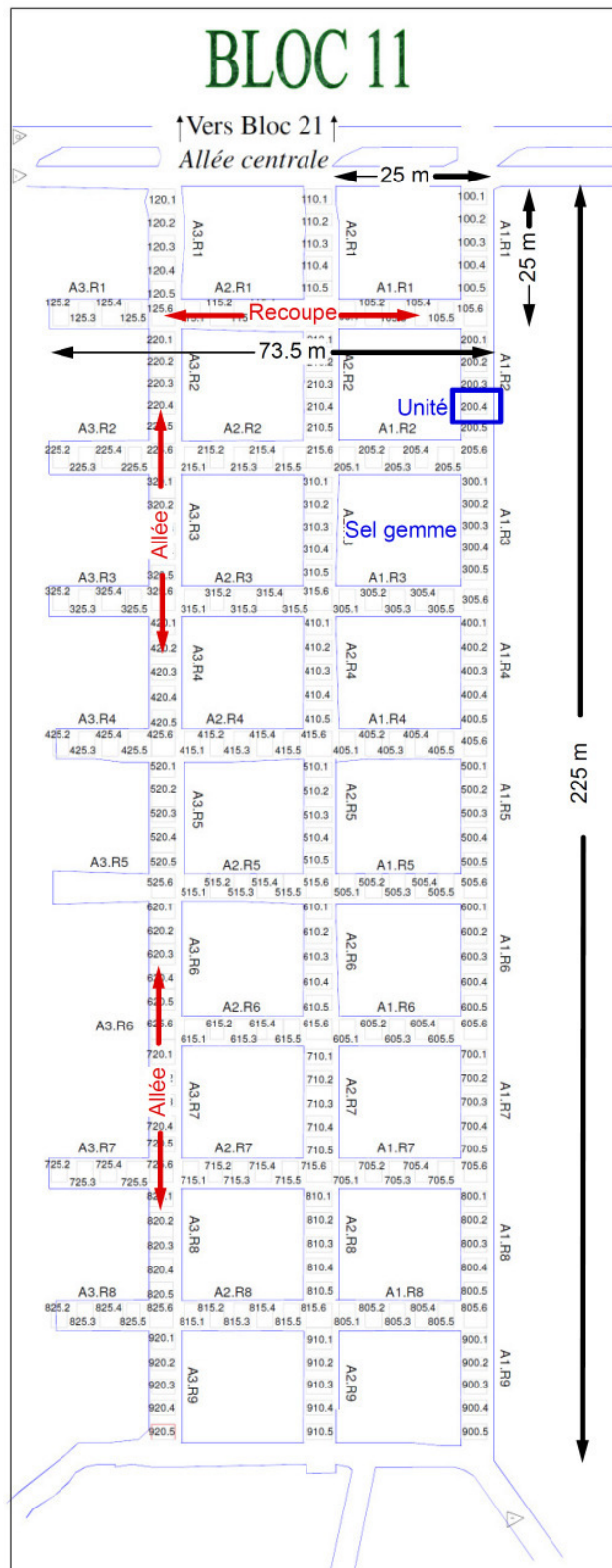


Fig. 3 Plan de structure du Bloc 11

Les galeries de StocaMine, telles que creusées à l'origine, montrent des dimensions relativement réduites par rapport à d'autres mines de stockage équivalentes. Avec le temps, ces dimensions se sont considérablement réduites en raison du fluage (phénomène de convergence horizontale et verticale : « *le sel travaille* »). Ceci à un tel point qu'une bonne partie des colis de déchets touchent maintenant le toit et/ou les parements des unités dans lesquelles ils sont stockés, ce qui rend leur extraction d'autant plus difficile et non sans risque pour les colis (voir détails plus loin). Le suivi des convergences montre une évolution moyenne de 2 à 3 cm par an.³ A l'origine, les galeries montraient les dimensions suivantes :

- Voies d'accès : 3.8 m de largeur, 2.8 m de hauteur
- Allées : 5.5 m de largeur, 2.8 m de hauteur
- Recoupes : 5.5 m de largeur, 2.8 m de hauteur.

Les blocs sont séparés par des piliers de trois mètres d'épaisseur et ne communiquent pas entre eux.

2.3 Situation de l'aérage

Le système d'aérage (entrée et sortie d'air), dont un agrandissement sur le réseau StocaMine est fourni en Annexe 3 (plan original : ensemble des MDP), est aujourd'hui le même que lors de l'étude de 2006 [2], à savoir :

- L'air frais entre par le Puits Joseph (voir situation en Annexe 3).
- L'aérage de la mine accueillant StocaMine est assuré par deux ventilateurs de 160 kW (ES1 BQ-202 et ES1 BQ-209), situés au fond à proximité du seul puits de retour d'air, le Puits Else, visible sur le plan de l'Annexe 3. Les ventilateurs travaillent en aspiration.

La Fig. 4 montre de manière très simplifiée les directions du flux d'air dans le site de stockage. Ce qu'il est primordial de retenir est le fait que l'air frais se déplace de la voie centrale en direction des voies latérales en traversant les blocs.

³ Eléments communiqués par StocaMine au cours d'entretiens de coordination

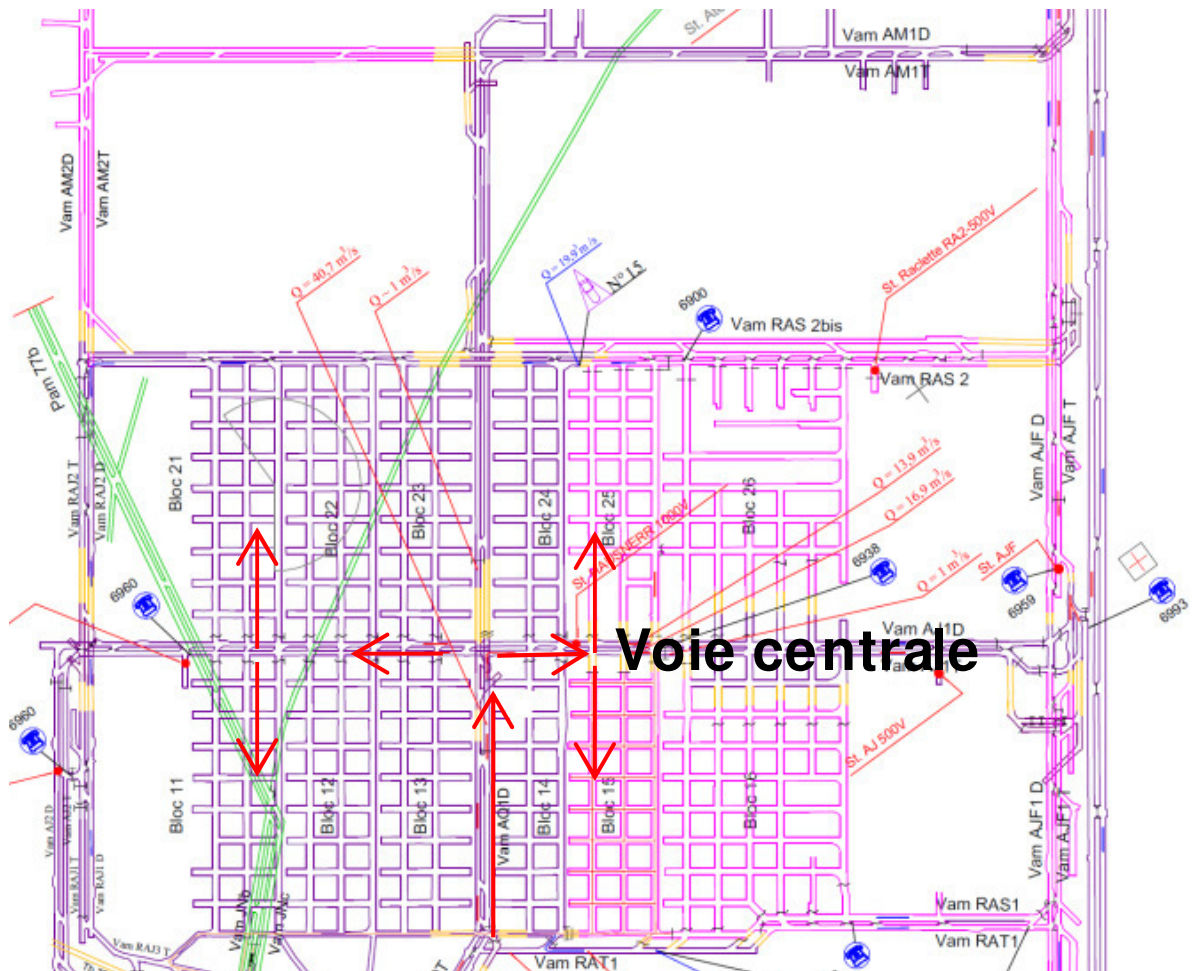


Fig. 4 Représentation très simplifiée de la direction de l'air frais dans le site de stockage (flèches rouges : chemins empruntés par l'air frais dans les blocs)

2.4 Vue d'ensemble sur les déchets stockés

2.4.1 Types et quantités

Le Tableau 1 montre les quantités des différents types de déchets classés selon leur nature présents au sein des quelques 40'000 t de déchets stockés. Ces récentes informations sont tirées d'une base de données Access élaborée et fournie par StocaMine. Cette dernière permet, entre autres, un inventaire et une localisation précise de tous les déchets stockés dans les blocs, ainsi que la détermination de leur composition (comme par exemple la concentration et la masse de mercure dans chaque colis, voir plus loin).

Tab. 1 Vue d'ensemble sur les différents types de déchets stockés dans les blocs

Nature des déchets	Numéro nature	Classe	Masse (t)	% massique / total	Nbr. de colis	Conditionnement
Sels de trempe	A1	0	2'156	5	2'164	99% fûts, 1% conteneurs
Sels de trempe non cyanurés	A2	0	1'218	3	1'191	98% fûts, 2% conteneurs
Déchets arséniés	B3	0	6'975	16	7'107	16% big-bags, 83% fûts, 1% conteneurs
Déchets mercuriels	B5	0	2'272	5	1'753	99% fûts, 1% conteneurs
Terres polluées	B6	0	5'263	12	4'627	95% big-bags, 4% fûts, 1% conteneurs
Produits phytosanitaires	B10	0	128	0.3	105	100% fûts
Déchets chromiques	C4	0	429	1	358	1% big-bags, 92% fûts, 7% conteneurs
Déchets de galvanisation	C8	0	641	1	587	90% big-bags, 10% fûts
Résidus de l'industrie	D7	0	138	0.3	324	100% fûts
Déchets de laboratoire	D12	0	169	0.4	201	92% fûts, 8% conteneurs
Résidus d'incinération	E9	1	20'714	47	38'966	98% big-bags, 2% fûts
Déchets amiantés	E13	1	3'774	9	9'821	83% big-bags, 12% palettes filmées, 5% fûts
Totaux			43'876		67'204	

Au total, environ 44'000 t de déchets ultimes (soit plus de 67'000 colis) sont actuellement stockés dans les blocs (Bloc 15 compris), dont 16% de déchets arséniés (nature B3) et 5% de déchets mercuriels (nature B5), lesquels contiennent du mercure en quantités significatives. Les résidus d'incinération (REFIDI ou REFION) sont de loin prépondérants, avec une fraction massique de presque 50% par rapport à la masse totale des déchets présents. Notons que le stockage contient également une faible fraction de déchets dont la nature n'a pas été validée par le laboratoire. Ces déchets ne sont pas répertoriés dans la base de données et ne sont par conséquent pas inclus dans le Tableau 1.

Au-delà de leur nature, les différents types de déchets sont répertoriés en deux grandes classes :

- Classe 0 : déchets obligatoirement destinés au stockage souterrain
- Classe 1 : déchets pouvant être repris par un Centre d'Enfouissement Technique de classe 1 (CET 1). Ceci concerne seulement les résidus d'incinération E9 et les déchets amiantés E13.

La Fig. 5 représente graphiquement la répartition massique respectivement par nombre de colis des déchets selon leur nature.

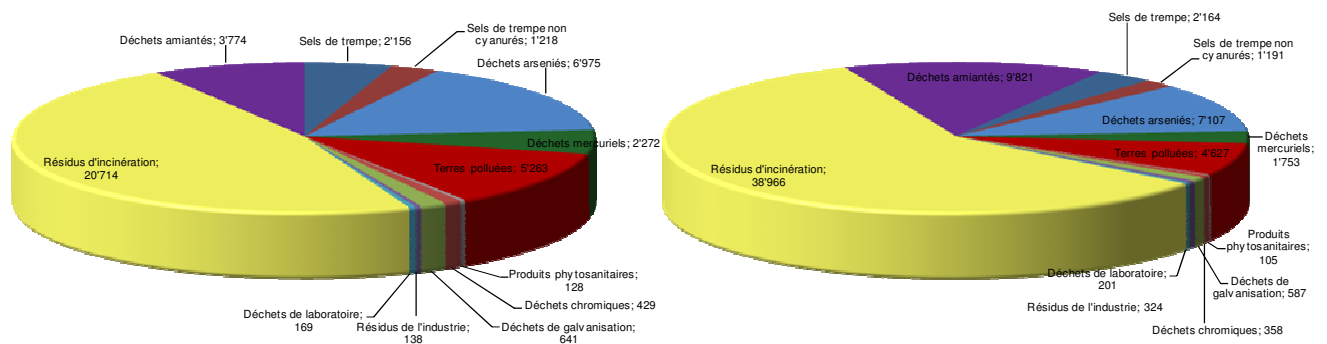


Fig. 5 Vue d'ensemble des différents types de déchets stockés dans le site de StocaMine (masses en tonnes à gauche, nombre de colis à droite)

2.4.2 Conditionnement

Sur le site de StocaMine, il existe 4 types de conditionnement des déchets :

- Sacs big-bags (reposant sur des palettes, 1 pièce par palette)
- Fûts (reposant sur des palettes, 4 par palette)
- Conteneurs (sans palette)
- Palettes filmées.

On appelle colis les déchets stockés sur une palette (big-bags, fûts ou éléments filmés) ou un conteneur.

2.4.2.1 Big-bags

Trois types de big-bags ont été utilisés pour l'emballage des déchets :

- Toile de 200 g/m² + 30 g/m² laminée, avec doublure PE incolore 70 microns, 4 oreilles de 30 cm, dimensions 87 x 87 x 120 cm (pour les déchets amiantés avec marquage « amiante »). Poids max. : 1'000 kg, empilable 6/1
- Toile de 200 g/m² non laminée, 4 oreilles de 30 cm, dimensions 111 x 111 x 130 cm. Poids max. : 1'500 kg, empilable 6/1
- Toile de 130 g/m² non laminée, avec doublure HD 35 microns, 4 oreilles de 40 cm, dimensions 90 x 90 x 130 cm. Poids max. : 1'000 kg, empilable 5/1.

2.4.2.2 Fûts

La majorité des fûts utilisés a un volume de 220 l. Il y a six types de fûts, tous, à l'exception d'un cas, avec au moins une housse interne en polyéthylène (PE) fermée hermétiquement :

- fûts sans housse : utilisé pour les sels de trempe, si le matériel a été refroidi directement à l'intérieur de l'emballage
- fûts avec housse PE et bouchon de béton

- fûts avec housse PE et bouchon de mousse polyuréthane
- fûts avec housse PE et bouchon de plâtre
- fûts avec housse PE et bouchon en charbon actif
- fûts avec fût à l'intérieur en polyéthylène de 120 l ; espace entre les deux fûts rempli de béton.

2.4.2.3 Conteneurs

Les conteneurs métalliques ont des dimensions de 120 x 110 x 110 cm et une masse de 250 kg. Trois types de conteneurs ont été utilisés à StocaMine :

- conteneurs fermés hermétiquement et boulonnés
- conteneurs avec housse interne en polyéthylène fermés hermétiquement et boulonnés
- conteneurs avec joint hermétique et soudé.

2.4.2.4 Palettes filmées

Les palettes filmées ont une base de dimensions maximales de 120 x 120 cm. Leur hauteur est variable, mais elle est en tous cas inférieure à la hauteur maximale d'un big-bag (130 cm).

Les palettes filmées ont été utilisées seulement pour des plaques et des tuyaux en fibrociment contenant de l'amiante liée (catégorie E13, classe 1).

2.4.2.5 Palettes

Trois types de palette en bois ont été utilisés (100 à 120 x 120 cm, env. 12 cm de hauteur):

- palettes à 3 chevrons, 2 entrées
- palettes à 3 semelles, 4 entrées (palettes EURO)
- palettes à 5 semelles, 4 entrées.

2.4.2.6 Etat des colis

Comme le montre le Tableau 1 ci-avant, la plupart des colis est conditionnée soit en big-bags, soit en fûts. Seuls 2% des déchets sont conditionnés en conteneurs. 83% des colis amiantés sont conditionnés en big-bags (amiante friable) et 12% sur palettes filmées (amiante liée, non friable).

L'état des colis joue un rôle prépondérant dans le (bon) déroulement d'une réversibilité. Dans le cas présent, les colis se trouvent depuis 11 à 14 ans dans une atmosphère relativement sèche (humidité d'environ 40%) à une température comprise entre 15 et 30°C selon les sections, le tout en milieu salin. Sous ces conditions, surtout dû au fait que les colis sont sous pression latéralement et/ou verticalement (fluage), le risque d'une détérioration des colis, surtout des big-bags et des fûts, est réel. Les big-bags peuvent devenir rigides et cassants et sont par conséquent sus-

ceptibles de se déchirer lors de leur manipulation. Ceci a été démontré lors du déstockage partiel du Bloc 11 de 2001, lorsqu'environ 10% des big-bags se sont déchirés au cours de leur reprise. Depuis, plus de 10 années se sont écoulées et il faut donc s'attendre à un état empiré des colis, en liaison avec l'évolution des galeries. Les fûts, quant à eux, peuvent être attaqués par la corrosion et devenir ainsi ponctuellement friables et percés. Nous l'avons remarqué lors de notre visite de la mine du 13 décembre 2011.

En outre, expérience faite lors du déstockage de 2001, environ 30% des palettes seraient détériorées et ne pourraient ainsi pas être utilisées pour transporter les colis jusqu'au jour ou dans les alvéoles de restockage.

Par conséquent, une réversibilité impose de :

- Procéder à un réemballage des colis au fond dans les cas le nécessitant
- Remplacer les palettes détériorées.

La situation est différente selon que les colis soient destinés à un nouveau site de stockage souterrain ou qu'ils ne soient que déplacés au sein-même du site de StocaMine. Ceci sera traité plus en détail au cours du chapitre consacré à la mise en œuvre de la réversibilité.

2.5 Infrastructure au jour

L'infrastructure au jour de StocaMine comprend un bâtiment administratif, un accès de déchargement pour camions et un pour les trains, un local de déchargement des colis et d'entrepôt intermédiaire, puis l'accès au Puits Joseph.

Le local de déchargement abrite le laboratoire analytique équipé d'une hotte d'aspiration (analyses physico-chimiques du contenu des colis).

L'infrastructure au jour semble suffisante en cas de mise en œuvre d'une réversibilité. Quelques adaptations logistiques seraient cependant vraisemblablement nécessaires et à définir par StocaMine et/ou l'entreprise chargée du marché au jour.

3 Définition générale des variantes de réversibilité (I à V) et de confinement (VI)

Les 6 variantes de réversibilité (ou de fermeture) concernées par le présent dossier, aussi bien celles déjà évaluées dans le cadre des études antérieures que les nouvelles à étudier, sont définies comme suit :

- **Variante(s) I** : cette variante est une variante de réversibilité partielle selon laquelle seuls les déchets contenant du mercure (B3 et B5) sont déstockés. Ici, seule une partie desdits déchets serait déstockée, la condition-cadre de premier plan étant d'éviter de manipuler des colis de déchets amiantés. Cette variante a été traitée dans le cadre de l'étude de 2011-2012 [4]. Trois sous-variantes ont alors été définies, évaluées et comparées afin d'identifier une variante de choix. La variante de choix concerne seulement les deux blocs 21 et

22 et permet le retrait de 56% de la masse totale de mercure présente au fond. Ceci sera décrit en détails dans le chapitre réservé à cette variante.

- **Variante(s) II** : cette variante est une variante de réversibilité partielle selon laquelle seuls les déchets contenant du mercure sont déstockés. Ici, tous (ou presque tous) les déchets contenant du mercure seraient déstockés, sans se soucier de devoir manipuler des déchets amiantés afin d'atteindre les colis stockés et en prenant bien évidemment les mesures adéquates. Cette variante a été traitée dans le cadre de l'étude de 2011-2012 [5]. Deux sous-variantes ont alors été définies, évaluées et comparées afin d'identifier une variante de choix. La variante de choix concerne seulement les blocs 12, 21, 22 et 23 et permet le retrait de 93% de la masse totale de mercure présente au fond, soit la quasi-totalité. Ceci sera décrit en détails dans le chapitre réservé à cette variante.
- **Variante III** : cette variante est nouvellement à évaluer. Elle complète la Variante de choix du groupe I. Elle est une variante de réversibilité partielle selon laquelle l'ensemble des déchets des blocs 21 et 22 sont déstockés, indépendamment de leur nature.
- **Variante IV** : cette variante est nouvellement à évaluer. Elle complète la Variante de choix du groupe II. Elle est une variante de réversibilité partielle selon laquelle l'ensemble des déchets des blocs 12, 21, 22 et 23 sont déstockés, indépendamment de leur nature.
- **Variante V** : cette variante considère la réversibilité totale de l'ensemble des déchets indépendamment de leur nature, à l'exception de ceux situés dans le Bloc 15. Cette variante a été évaluée dans le cadre de l'étude de 2006 [2,3], elle sera tout de même complétée sur la base des nouvelles connaissances acquises depuis.
- **Variante VI** : cette variante ne concerne pas la réversibilité, mais le confinement total en laissant l'ensemble des déchets au fond. Cette variante ne sera pas traitée dans le présent rapport, lequel est axé vers les options de réversibilité. Nonobstant, le confinement après les opérations de réversibilité sera considéré dans le cas des variantes précitées.

4 Variantes I et II : retrait du mercure

Comme énoncé ci-avant, les variantes de réversibilité partielle des groupes I et II concernent seulement les déchets contenant du mercure en quantités substantielles, c'est-à-dire les déchets mercuriels (classe nature B5) et arséniés (classe nature B3). Par ailleurs, dans certains cas, les déchets contenant de l'amiante (E13) représentent un élément primordial et limitant.

Ainsi, dans ce chapitre, après une présentation de l'inventaire des déchets de nature B3, B5 et E13 et de la répartition du mercure dans les blocs, les variantes de choix (retrait de 56%, respectivement de 93% de la masse totale de mercure pré-

sente au fond) de réversibilité partielle des groupes I et II seront présentées et évaluées en détails.

4.1 Inventaire des déchets B3, B5 et E13 et répartition du Hg dans les blocs

Les déchets contenant le plus de mercure (Hg) sont les déchets arséniés (B3) et les déchets mercuriels (B5). Ce sont les seules natures de déchets concernées par les variantes de réversibilité I et II : seuls ces déchets et plus exactement seule une partie d'entre eux serait déstockée, tout en veillant dans certains cas à devoir manipuler le moins possible de déchets amiantés. Dans ce qui suit, les déchets B3 et B5 seront parfois simplement appelés « déchets contenant du mercure », bien que d'autres déchets comme par exemple les déchets de laboratoire (D12), contiennent eux aussi du mercure en concentrations similaires mais sont présents en quantités moindres.

L'exploitation de la base de données StocaMine évoquée ci-avant a permis, entre autres :

- une localisation précise des déchets concernés par le déstockage selon les Variantes I et II (B3 et B5) puis des déchets amiantés (E13), lesquels méritent une attention toute particulière
- une quantification précise des déchets B3 et B5
- une quantification précise de la masse en Hg et la répartition du métal dans les blocs.

4.1.1 Localisation dans les blocs des déchets B3, B5 et E13

La Fig. 6 illustre un exemple (Bloc 21) de plan de localisation des colis de déchets d'intérêt dans le cadre des Variantes I et II (B3, B5 et E13) dans les différents blocs. L'ensemble de ces plans se trouve en Annexe 4 (Blocs 11 à 14 puis 21 à 24). Les unités colorées sont occupées par des colis de déchets B3 (bleu), B5 (vert) ou E13 (rose) en quantités variables selon les unités. Les unités non colorées sont, pour la plupart d'entre elles, occupées par des déchets d'autres types que ceux précités, en quantités variables, et ne sont pas à confondre avec des unités vides. Selon la nature et l'unité de stockage, le nombre de colis par unité peut aller jusqu'à plus de 80 mais se situe généralement autour de 30. Notons que les plans de localisation sont purement qualitatifs et ne donnent aucune information sur les quantités de déchets présentes.

Remarque : vu que les déchets stockés dans le Bloc 15 ne feront jamais l'objet d'une réversibilité, ce dernier n'a pas été considéré dans le cadre de la localisation des colis et est donc absent de l'Annexe 4.

Au vu de ces plans, il apparaît une certaine « concentration » des déchets B3 dans les Blocs 22 et 23 et des déchets B5 dans le Bloc 21. Les Blocs 11 et 24 sont les blocs présentant le moins de déchets contenant du mercure.

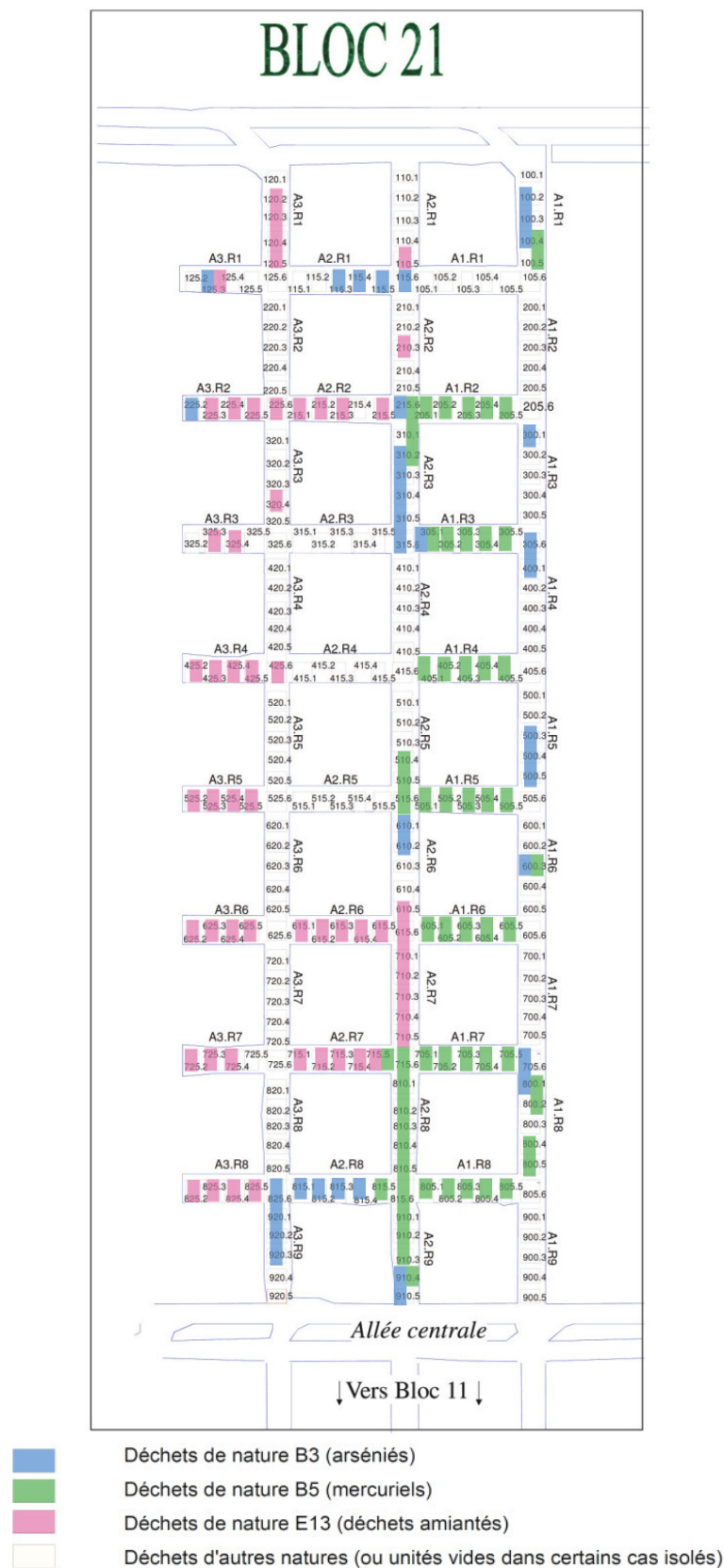


Fig. 6 Plan de localisation des déchets B3, B5 et E13 au sein du Bloc 21 (choisi arbitrairement comme exemple)

4.1.2 Quantités de déchets B3 et B5 et de mercure

La répartition des déchets B3 et B5 et du mercure dans les différents blocs (Bloc 15 compris) est montrée par le tableau de l'Annexe 5.

En résumé, au total, sont présents au fond de la mine :

- 7'107 colis de nature B3, pour une masse totale de 6'975 t
- 1'753 colis de nature B5, pour une masse totale de 2'272 t

Tous déchets confondus, 51.1 t de mercure sont présents au fond de la mine, dont :

- 34.1 t dans les déchets de classe B3 (67%) - avec une concentration moyenne d'environ 4.9 kg/t
- 15.1 t dans les déchets de classe B5 (29%) – avec une concentration moyenne d'environ 6.6 kg/t
- 1.9 t dans les déchets d'autres classes (4%) – dont :
 - 1.4 t dans les déchets de laboratoire (D12), dont 62% des colis sont situés dans le Bloc 11 puis le reste dans les Blocs 12, 13, 14 et 24
 - 0.4 t dans les résidus d'incinération (E9).

La répartition du mercure dans les blocs (Bloc 15 compris) est représentée par le graphique de la Fig. 7. La masse de mercure par colis a été déterminée (par StocaMine) par extrapolation de la valeur de concentration mesurée dans un échantillon prélevé du colis par spectrométrie de fluorescence X au sein des laboratoires StocaMine.

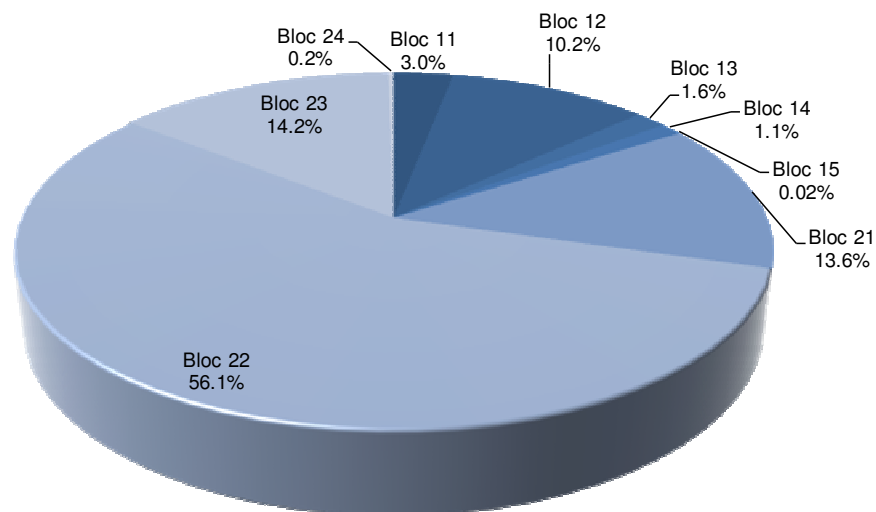


Fig. 7 Répartition de la masse de mercure dans les blocs (Bloc 15 compris)

Comme le montre la Fig. 7, le Bloc 22 est le bloc qui, de loin, contient le plus de mercure, avec un taux d'environ 56% de la masse totale. En seconde position se place le Bloc 23 avec 14.2% de la masse totale, suivi par le Bloc 21, lequel contient 13.6% de la masse totale en mercure.

4.2 Variante(s) I

Le but de l'étude de 2011/12 [4] était l'évaluation d'une réversibilité ciblée axée vers le déstockage de déchets contenant du mercure (B3 et B5) sans devoir déplacer ou alors de manière ponctuelle des colis de déchets amiantés. Cette réflexion est basée sur le fait que le déplacement des colis (big-bags) de déchets amiantés puisse en provoquer la déchirure et ainsi favoriser l'épandage d'amiante. Quoi qu'il en soit, selon Swissi, des conditions de chantier de désamiantage doivent être impérativement respectées dès qu'un big-bag contenant de l'amiante est déplacé (voir rapport Swissi en Annexe 2).

Respectant ce cadre, différentes sous-variantes avaient été considérées, définies et comparées, afin de pointer la variante de choix de cette catégorie, laquelle offrirait, entre autres, le meilleur rapport effet/investissement de travail. Le présent chapitre présente en détails cette variante de choix.

4.2.1 Variante de choix du groupe I : définition

Dans le cadre de l'étude de 2011/12 [4], le groupe de variantes I avait été subdivisé en 3 sous-variantes (Variantes I-a à I-c). La variante de choix, **Variante I-b**, est définie comme suit :

Variante I-b : selon cette variante, on ne considère que les Blocs 21 et 22, lesquels font partie des 3 blocs contenant le plus de mercure (se référer à la Fig. 7 et à l'Annexe 5). Dans le Bloc 21, les déchets B3 et B5 sont déstockés sans manipuler aucun colis contenant des déchets amiantés. En revanche, dans le Bloc 22, les quelques colis de déchets amiantés des unités 620.3 (2 colis), 615.6 (5 colis), 315.6 (2 colis), 315.2 (1 colis) et 315.3 (3 colis), soit au total 13 colis, sont déplacés et restockés au sein-même du bloc dans l'unité la plus proche afin de libérer l'accès à une grande quantité de colis de déchets B3 et B5 (voir localisation de ces colis en Fig. 8) ci-après. Les colis de déchets d'autres natures que B3 et B5 et obstruant l'accès aux colis à déstocker (pour les déchets E13, seules les unités précitées sont concernées) sont déplacés et restockés au sein-même de StocaMine (dans le même bloc dans la mesure du possible).

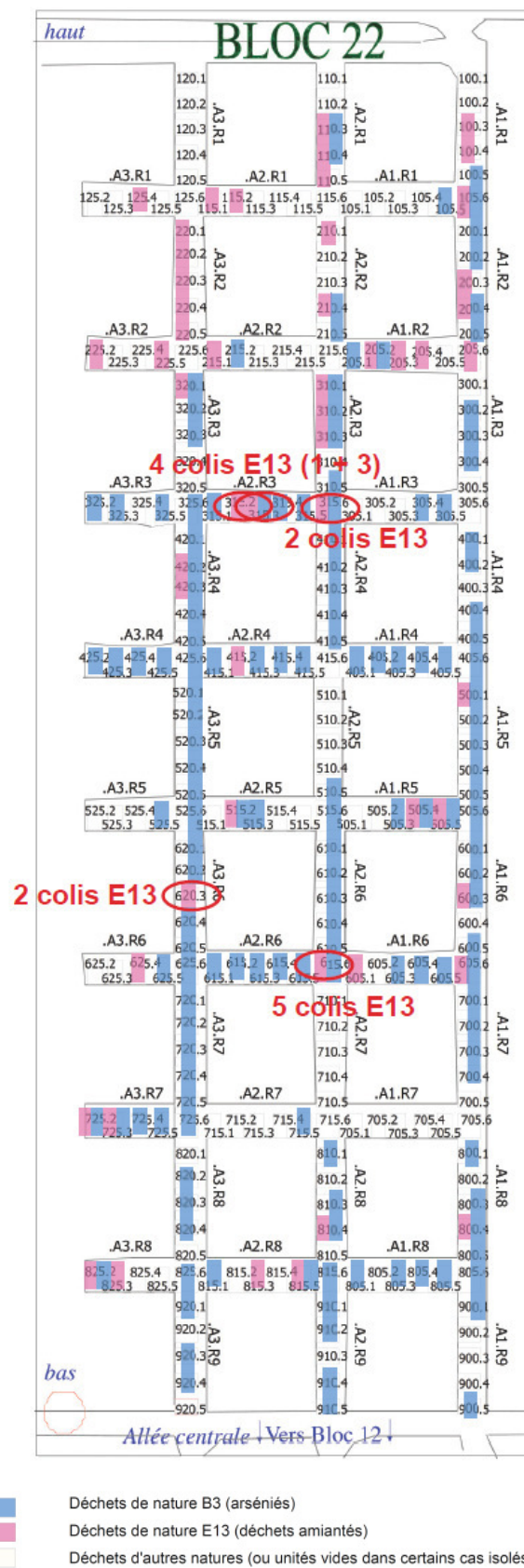


Fig. 8 Localisation des déchets de nature E13 à déplacer dans le cas de la Variante I-b

La Fig. 9 illustre schématiquement le chemin emprunté lors de la réversibilité dans le cas du Bloc 21 (retrait des déchets B3 et B5 en évitant les déchets E13), choisi arbitrairement pour exemple. Les représentations schématiques complètes (pour les deux blocs mis en jeu) sont fournies en Annexe 6.

Concernant le Bloc 21, notons que les déchets sont déstockés/restockés depuis la voie centrale en remontant de manière générale vers la voie latérale. Ceci est un point important au vue de l'aérage existant dans la mine (voir plus loin pour plus de détails).

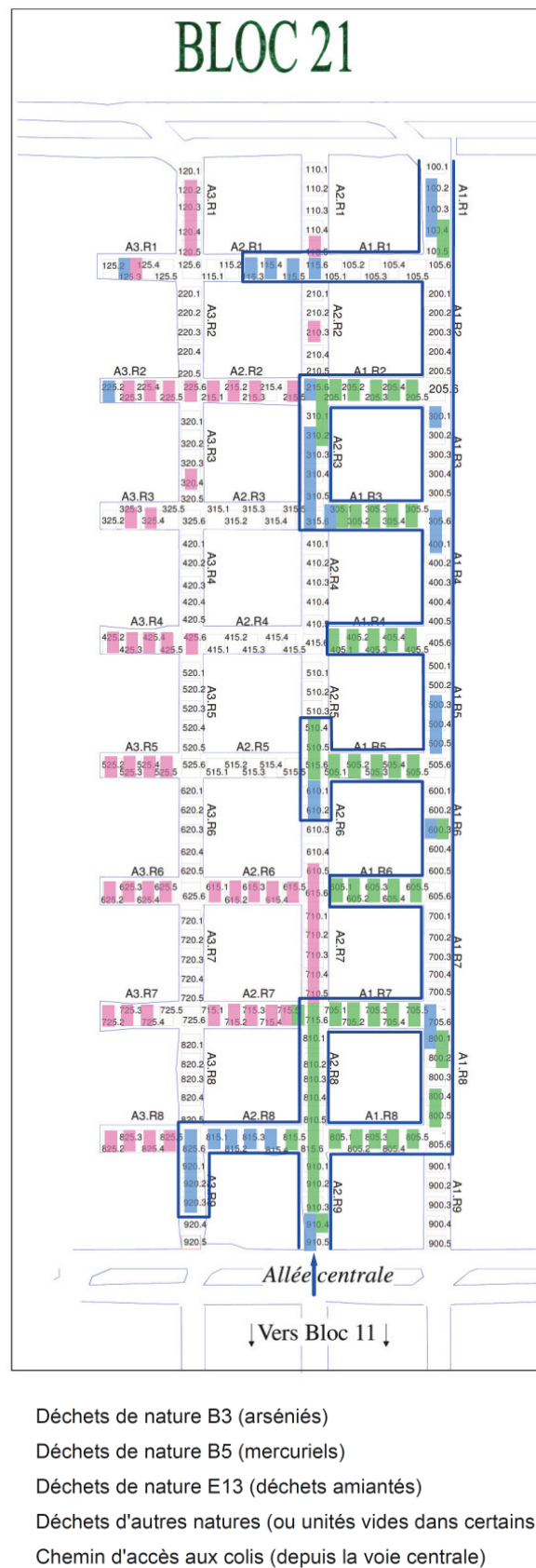


Fig. 9 Définition de la variante de réversibilité I-b au niveau du Bloc 21 : représentation schématique du chemin emprunté

4.2.2 Evaluation de la variante de choix I-b

Dans le cadre de l'étude de 2011/12 [4], les trois variantes de réversibilité partielle évoquées ci-avant ont été évaluées et comparées, ce qui a permis de pointer la Variante I-b comme variante de choix pour ce groupe, laquelle permet un rapport effet/masse de travail optimal et est compatible avec les aspects techniques imposés par la structure en place. Les critères primordiaux considérés pour la comparaison des variantes ont été les suivants :

- Masse de mercure éliminée
- Ratio du nombre de colis à remonter par rapport au nombre de colis à déplacer et à restocker (colis obstruant l'accès aux déchets à déstocker B3 et B5)
- Ratio de la masse de mercure éliminée par rapport au nombre de colis à déplacer/restocker
- Compatibilité de la direction d'avancement avec l'aérage existant
- Conditions de restockage, possibilités de restockage dans le même bloc afin d'éviter de transporter « inutilement » les déchets sur des longues distances dans les galeries
- Distance entre les points de déstockage et de restockage le cas échéant.

4.2.2.1 Evaluation en chiffres (nombres de colis, masses de déchets et de mercure)

Le tableau de l'Annexe 7 regroupe, pour la Variante I-b et par bloc, les informations suivantes :

- Nombres de colis de déchets B3 et B5 déstockés (remontés)
- Masses de déchets remontées (B3 et B5)
- Masses de mercure éliminées
- Proportion de la masse de mercure éliminée par rapport à la masse totale présente au fond de la mine
- Nombre de colis à déplacer et à restocker.

Ces informations sont issues de l'exploitation de la base de données StocaMine et ont été obtenues en traitant chaque unité concernée par le déstockage séparément. En ce qui concerne les déchets à restocker, ont été prises en compte aussi bien les unités où se trouvent les déchets contenant du mercure (B3 et B5), baptisées « unités de retrait », que les unités contenant d'autres déchets et se situant sur le chemin d'accès aux déchets précités, baptisées « unités d'accès » (voir illustration schématique en Fig. 10).

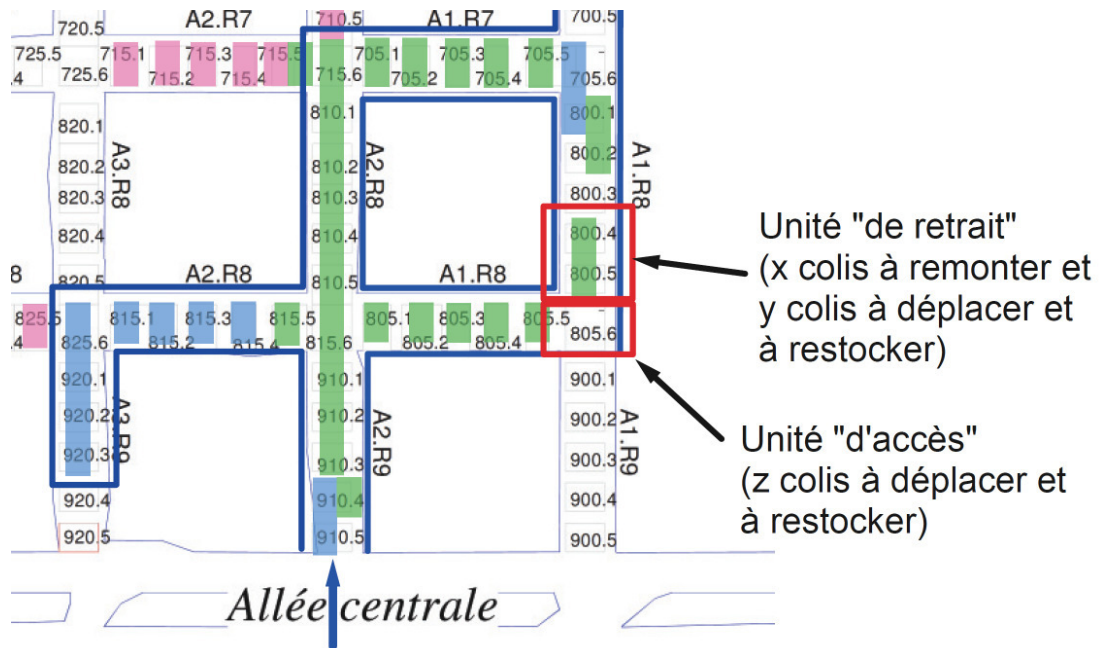


Fig. 10 Illustration des unités de retrait et d'accès (exemple tiré du Bloc 21)

- Proportion de mercure éliminé**

La Fig. 11 représente graphiquement la proportion (%) de mercure éliminé par bloc selon la Variante I-b par rapport au total de la masse présente au fond de la mine (Bloc 15 compris), soit 51.1 t (se référer à l'Annexe 5).

Au total, la Variante I-b permet le retrait de 56.5% de la masse totale de Hg.

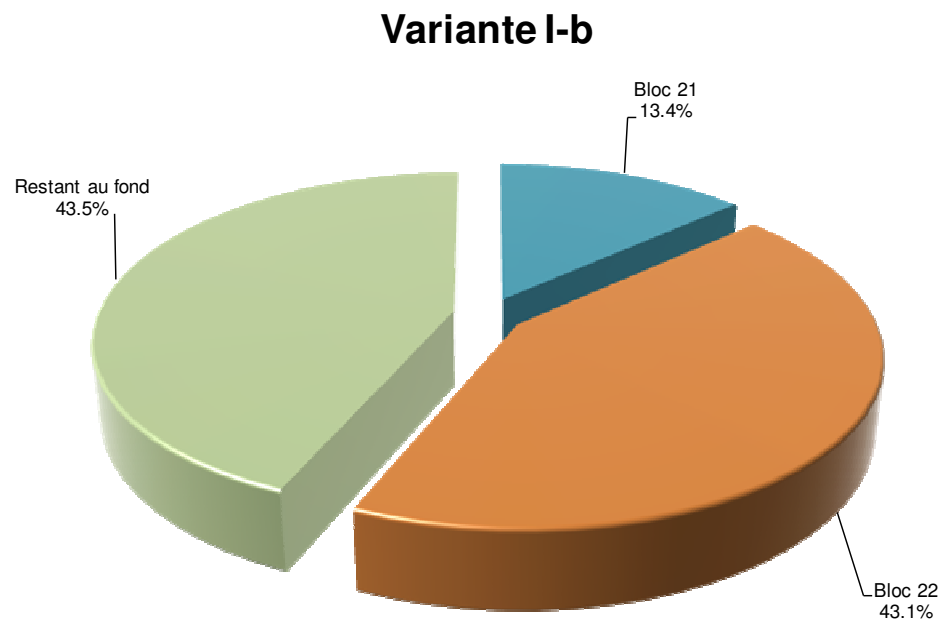


Fig. 11 Proportion de mercure retiré par bloc selon Variante I-b

• Déchets déstockés vs déchets à déplacer et à restocker

Les graphiques de la Fig. 12 et de la Fig. 13 ci-après permettent de visualiser par bloc :

- le nombre de colis déstockés (B3 et B5) avec le nombre de colis à déplacer d'une part (Fig. 12),
- les masses de mercure retirées avec le nombre de colis à déplacer d'autre part (Fig. 13).

Comme le montre la Fig. 12, le nombre de colis à déplacer/restocker est quasiment égal à celui de colis remontés : 4'478 colis à restocker pour 4'265 colis retirés (moins de 5% de plus).

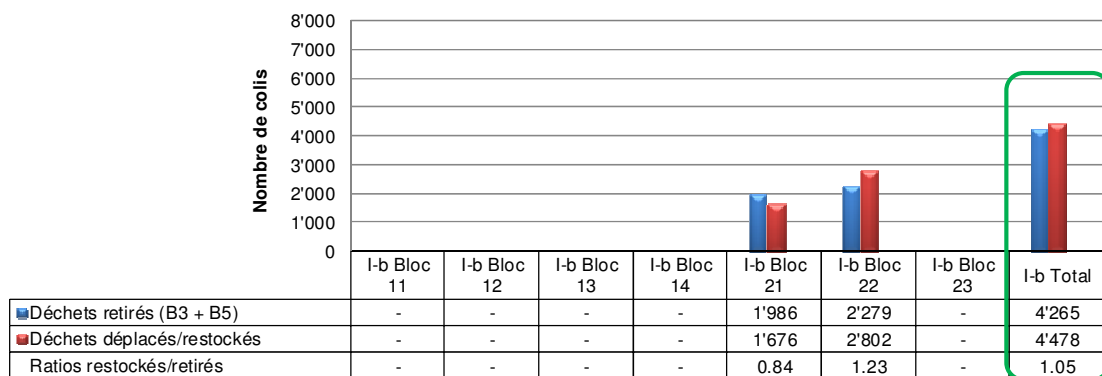


Fig. 12 Déchets déstockés vs déchets déplacés/restockés (nombres de colis) / Variante I-b

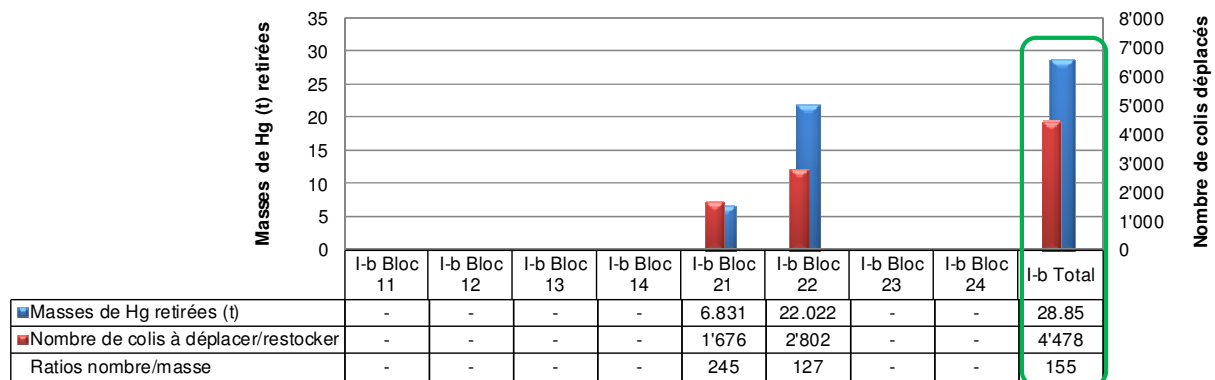


Fig. 13 Masse de mercure remontée (t) vs déchets déplacés/restockés (nombres de colis) / Variante I-b

L'évaluation des trois sous-variantes de ce groupe avait montré que, au vu des quantités de déchets à déplacer/restocker, la Variante I-b était la variante qui présentait le ratio effet/investissement de travail le plus efficient, d'où la dénomination de variante de choix (pour plus de détails, voir rapport BMG [4]).

4.2.2.2 Considération de l'aérage en place dans la mine

Comme évoqué plus haut, dans les blocs, le système d'aérage actuellement en place dirige l'air frais de la voie centrale vers les extrémités latérales. Lors du retrait

des colis, idéalement, l'avancement des équipements dans les blocs doit se faire dans le même sens que la direction de l'air frais, afin d'éviter un retour d'air pollué ou de poussières en cas d'avarie (crevaison d'un big-bag par exemple). La Fig. 14 illustre ce point en prenant pour exemple le Bloc 12 (schéma tiré de l'étude de 2006 [2]).

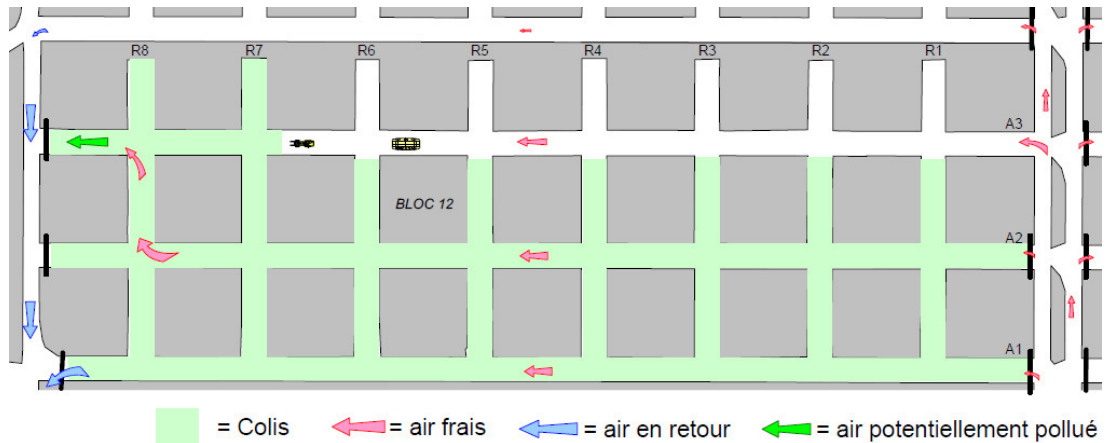


Fig. 14 Direction d'avancement idéale dans les blocs (exemple du Bloc 12)

Comme le montre l'Annexe 6, la Variante I-b présente une direction (générale) d'avancement intégralement en accord avec la direction de l'air frais selon le système d'aérage actuel (accès aux unités des blocs 21 et 22 depuis la voie centrale et avancement dans le sens de l'air frais, voir illustration en Fig. 15).

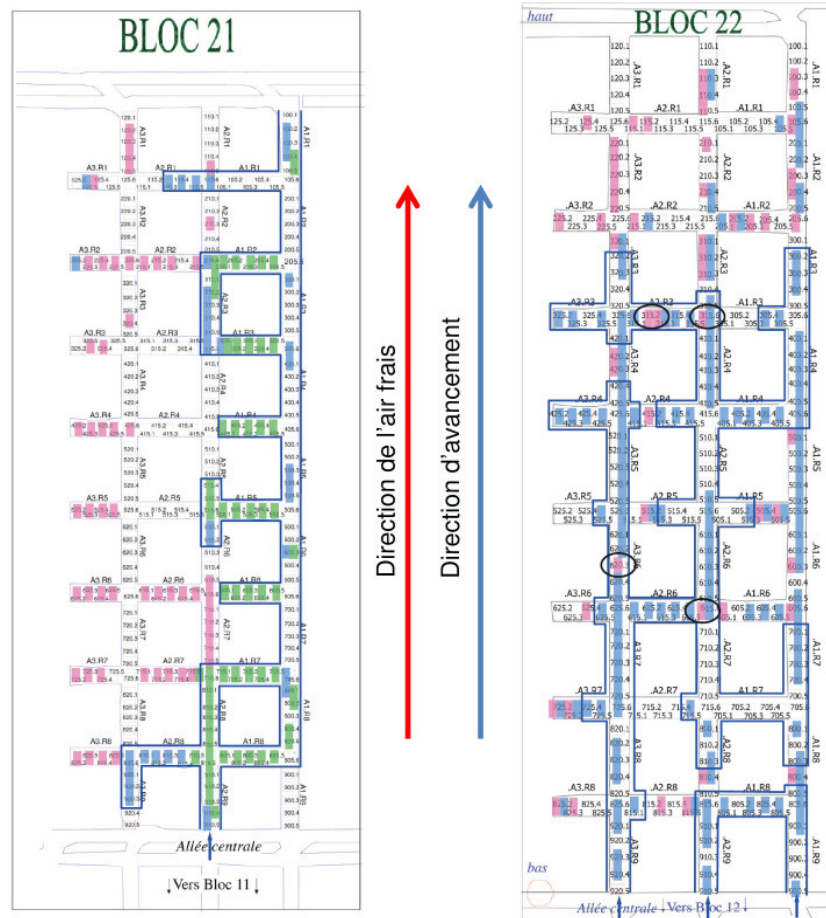


Fig. 15 Directions d'avancement du déstockage et du parcours de l'air frais, Variante I-b

4.2.2.3 Considérations logistiques

La Variante I-b offre d'autres avantages concernant la logistique de déstockage/restockage :

- Elle ne concerne que deux blocs (Blocs 21 et 22), lesquels se situent côte-à-côte, ce qui limite la « région » de déstockage si l'on considère le site dans son ensemble (voir Fig. 2).
- Une partie des colis autres que B3 et B5 se situant sur les chemins d'accès peuvent être restockés dans le Bloc 11, lequel présente quelques unités vides en début de bloc depuis la voie centrale et se situe juste en face du Bloc 21 (voir Fig. 2). Ceci permet d'initier les opérations de déstockage sans avoir à remonter les colis autres que B3 et B5. Une autre alternative serait de les stocker dans la voie centrale.
- Au regard de la disposition des colis de déchets B3 et B5 dans les Blocs 21 et 22 (voir Annexe 6), il apparaît qu'au moins une grande partie des déchets à déplacer (autres que B3 et B5) puissent être restockée au sein des mêmes blocs. Sinon, certains colis de l'un des deux blocs peuvent être restockés dans l'autre (blocs situés côte-à-côte).

4.2.3 Vue d'ensemble sur la Variante I-b

Comme démontré par l'étude de 2011/12 [4], concernant le groupe de variantes I, la Variante I-b est la plus avantageuse au regard des éléments suivants :

- Rapport effet / masse de travail à fournir
- Direction d'avancement générale dans les blocs (compatible avec la direction de l'air frais)
- Logistique de déstockage (opérations limitées à deux blocs).

Sur ces bases, même si elle impose la manipulation de quelques colis de déchets amiantés, la Variante I-b a été identifiée comme la variante de choix de ce groupe pour la mise en œuvre de la réversibilité partielle. C'est pourquoi cette variante a été retenue par StocaMine comme hypothèse la plus pertinente en cas de déstockage partiel.

En bref, la Variante I-b permettrait l'élimination de 28.8 t de mercure (soit 56.5% de la masse totale) dont 22.0 t du Bloc 22 et 6.8 t du Bloc 21.

Concernant le Bloc 22 :

- 2'279 colis seraient déstockés (exclusivement des déchets B3)
- 2'802 colis seraient déplacés puis restockés (voir détails dans le chapitre suivant) :
 - En majeure partie des déchets de nature E9 (résidus d'incinération)
 - Sporadiquement des déchets de nature B6 (terres polluées) et B10 (substances phytosanitaires).

Concernant le Bloc 21 :

- 1'986 colis seraient déstockés (déchets B3 et B5)
- 1'676 colis seraient déplacés puis restockés (voir détails dans le chapitre suivant):
 - En majeure partie des déchets de nature E9
 - Sporadiquement des déchets de nature B6.

4.2.4 Détails sur les colis à déstocker/restocker

La Variante I-b impose le déplacement de 1'676 colis dans le Bloc 21 et 2'802 dans le Bloc 22, lesquels ne seront pas remontés mais replacés dans les unités vides au fur-et-à-mesure de l'exercice de la réversibilité. Les détails sur ces colis (nature et quantités par bloc), tirés de la dernière base de données fournie par StocaMine, sont donnés en Annexe 8.

Comme le montrent les chiffres du tableau de l'Annexe 8, il s'agit ici surtout de colis de déchets E9 (résidus d'incinération), lesquels représentent plus de 95% des colis à déplacer selon la Variante I-b. Les 5% restants sont des déchets de nature B6

(terres polluées), B10 (substances phytosanitaires) et E13 (déchets amiantés, Bloc 22).

Ces chiffres sont représentés graphiquement par la Fig. 16.

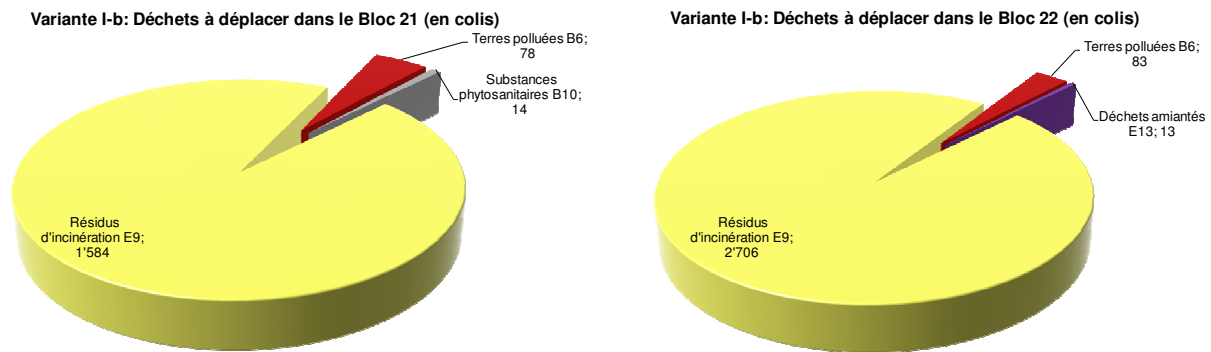


Fig. 16 Déchets à déstocker/restocker selon Variante I-b dans les Bloc 21 et 22 (découpage par nature et indication du nombre de colis)

La base de données a également permis d'identifier, dans chaque unité concernée par le déstockage selon la Variante I-b (Blocs 21 et 22), la nature des déchets présents. En d'autres termes, les déchets à déplacer et à restocker énumérés ci-avant ont été localisés dans les unités concernées par la réversibilité. Ceci est représenté graphiquement en Annexe 9 (représentations qualitatives).

Une logistique de déstockage/restockage détaillée montrant entre autres la possibilité de restocker les colis déplacés non remontés en grande majorité au sein des mêmes blocs avait été proposée dans le cadre de l'étude précédente et ne sera pas reprise ici [4]. La Fig. 17 montre néanmoins l'état final des trois blocs concernés par la réversibilité (Bloc 21 et 22 et aussi Bloc 11 pour le restockage), lequel peut être résumé comme suit (voir détails en [4]) :

- Les vides du Bloc 11 (allée A3.R1) sont maintenant comblés.
- Plus de la moitié de l'allée A1 du Bloc 21 est vide et pourrait accueillir d'autres déchets en cas de besoin.
- Environ 1/3 des galeries du Bloc 22 sont vides et pourraient elles aussi accueillir d'autres colis.

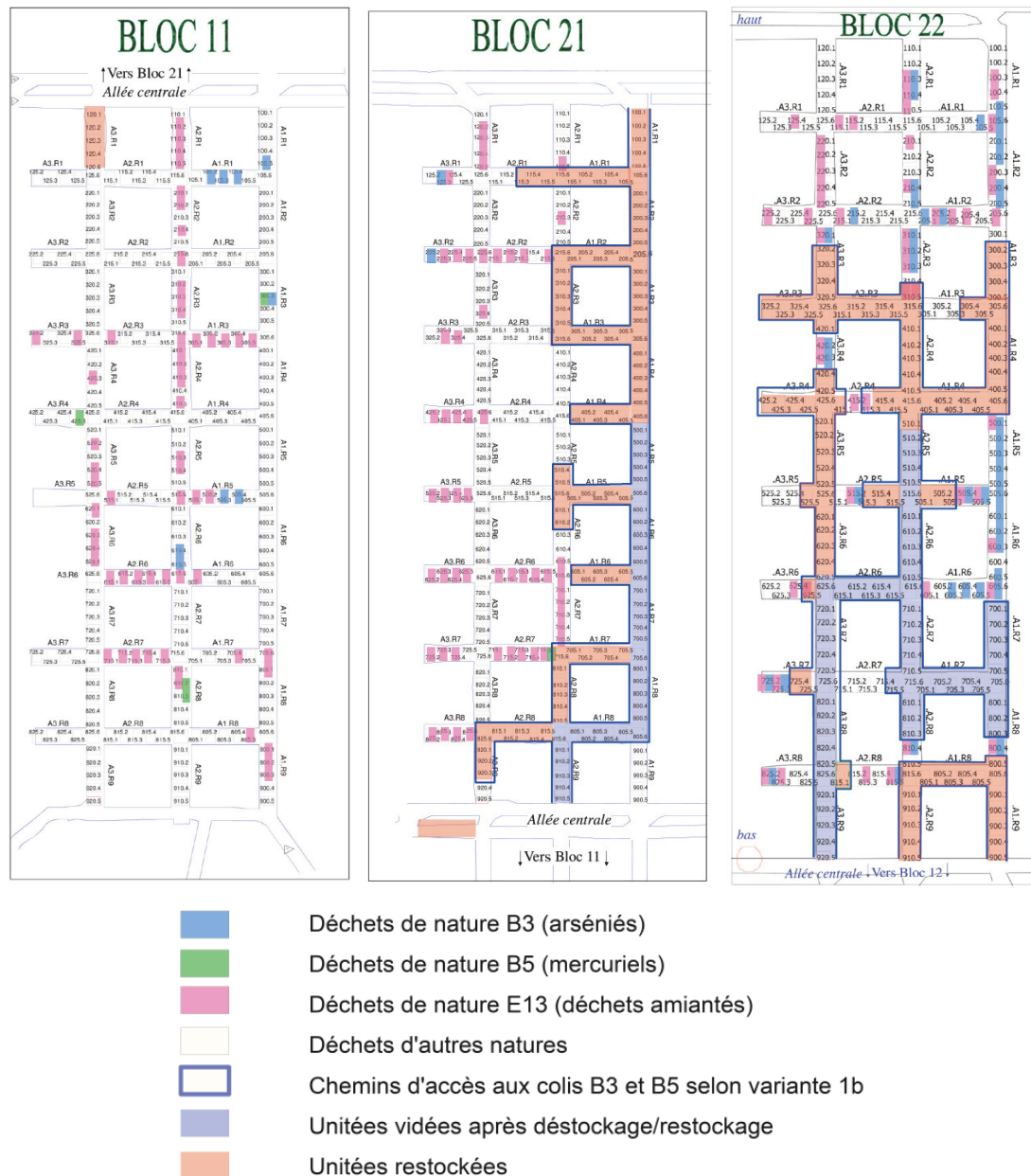


Fig. 17 Etat final des Blocs 11, 21 et 22 après mise en œuvre de la réversibilité selon la variante I-b

4.3 Variantes(s) II

La seconde étude de 2011/12 [5] s'articulait autour de l'évaluation d'une réversibilité partielle ciblée, elle aussi axée vers le déstockage des déchets contenant du mercure de nature B3 et B5. La grande différence avec les variantes du groupe I dont la variante de choix a été présentée au cours des chapitres précédents, est que l'on ne se préoccupe pas de la présence des déchets amiantés obstruant l'accès aux déchets visés par la réversibilité, mais en prenant bien évidemment les mesures nécessaires et adéquates en cas de leur déplacement. Ainsi, les variantes du groupe II concernaient le retrait de l'ensemble (ou presque) des colis B3 et B5.

Respectant ce cadre, deux sous-variantes avaient été considérées, définies et comparées, afin de pointer la variante de choix pour cette catégorie, laquelle offrirait, entre autres, le meilleur rapport effet/investissement de travail. Le présent chapitre présente en détails cette variante de choix.

4.3.1 Variante de choix du groupe II : définition

Dans le cadre de l'étude de 2011/12 [5], le groupe de variantes II a été subdivisé en 2 sous-variantes (Variantes II-a et II-b). La variante de choix, **Variante II-b**, est définie comme suit :

Variante II-b : selon cette variante, on ne considère que les Blocs 12, 21, 22 et 23, lesquels contiennent le plus de mercure (se référer à la Fig. 7 et à l'Annexe 5). La totalité des déchets B3 et B5 située dans ces blocs est remontée. Les colis de déchets d'autres natures que B3 et B5 et obstruant l'accès aux colis à déstocker sont déplacés et restockés au sein-même du site.

Bien que la Variante II-b ne présente pas de condition-cadre stricte vis-à-vis des déchets amiantés (contrairement à la Variante I-b, laquelle impose de ne pas manipuler de colis amiantés ou alors à titre ponctuel et exceptionnel), il était judicieux de choisir des chemins d'accès dans les blocs de telle sorte que l'ensemble des déchets B3 et B5 puisse être accessible en déplaçant/restockant le moins possible de colis d'autres déchets et plus particulièrement de déchets amiantés (nature E13). La Fig. 18 illustre schématiquement le chemin emprunté lors de la réversibilité selon Variante II-b dans le cas du Bloc 21, choisi arbitrairement. Les représentations schématiques complètes (pour tous les blocs mis en jeu) sont fournies en Annexe 10. Notons que ces cheminements représentent des scénarios d'accès au colis envisageables et peuvent être modulés ou encore optimisés dans le cadre de la concrétisation d'un projet de réversibilité.

Concernant la Variante II-b, notons que, d'après les voies d'accès proposés en Annexe 10, dans tous les blocs, les déchets sont déstockés/restockés depuis la voie centrale en remontant de manière générale vers la voie latérale. Ceci est un point important au vu de l'aérage existant dans la mine.

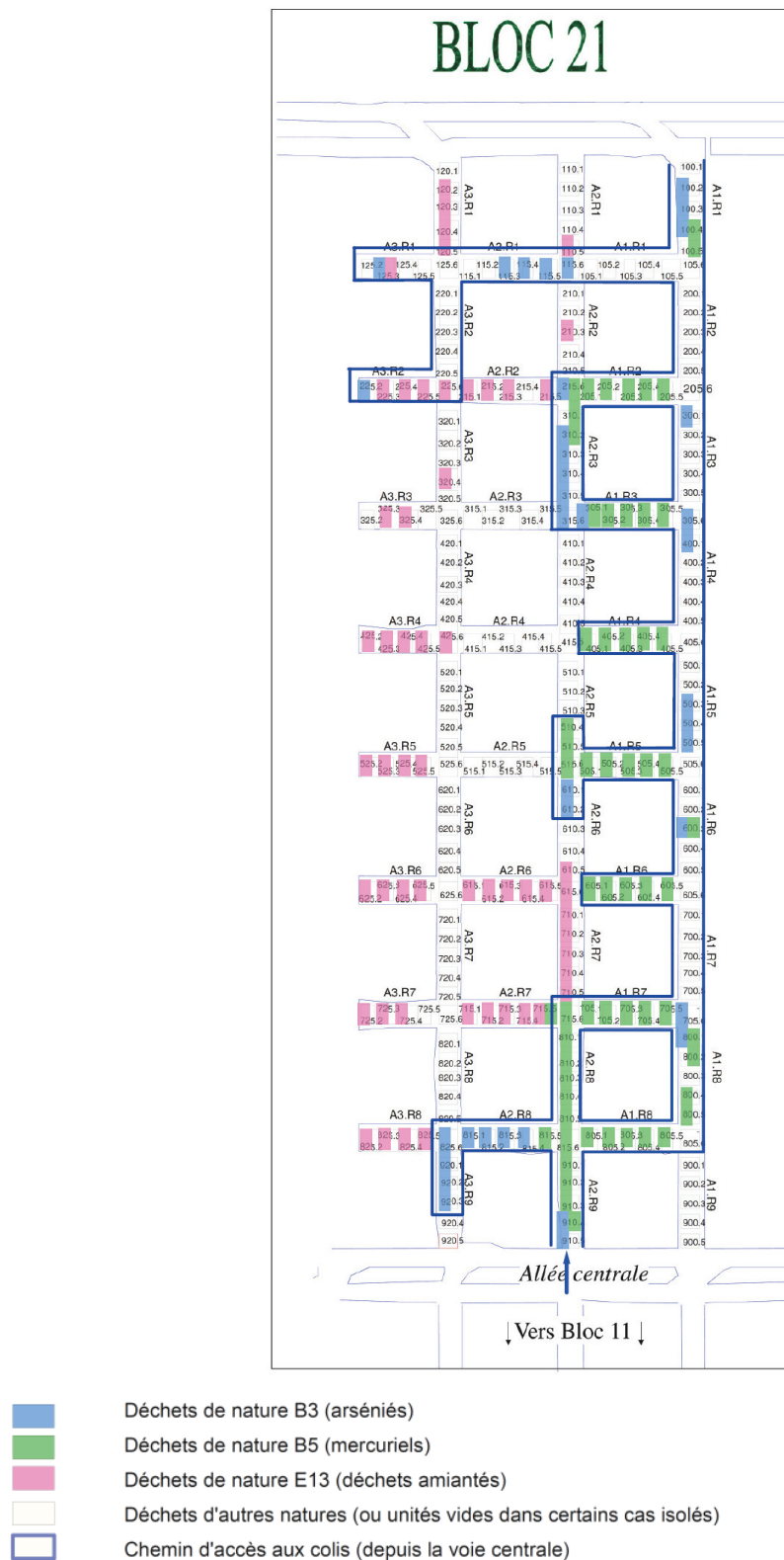


Fig. 18 Définition de la Variante de réversibilité II-b au niveau du Bloc 21 : représentation schématique du chemin emprunté

4.3.2 Evaluation de la variante de choix II-b

Dans le cadre de l'étude de 2011/12 [5], les deux variantes de réversibilité partielle évoquées ci-avant ont été évaluées et comparées, ce qui a permis de pointer la Variante II-b comme variante de choix pour ce groupe, laquelle permet un rapport effet/masse de travail optimal et est compatible avec les aspects techniques imposés par la structure en place. Les critères primordiaux considérés pour la comparaison des variantes ont été les suivants :

- Masse de mercure éliminée
- Ratio du nombre de colis à remonter par rapport au nombre de colis à déplacer et à restocker (colis obstruant l'accès aux déchets à déstocker B3 et B5, attention particulière sur les colis de nature E13)
- Ratio de la masse de mercure éliminée par rapport au nombre de colis à déplacer/restocker (attention particulière sur les colis de nature E13)
- Compatibilité de la direction d'avancement avec l'aérage existant
- Conditions de restockage, possibilités de restockage dans le même bloc afin d'éviter de transporter « inutilement » les déchets sur des longues distances dans les galeries
- Distance entre les points de déstockage et de restockage le cas échéant.

4.3.2.1 Evaluation en chiffres (nombres de colis, masses de déchets et de mercure)

Le tableau de l'Annexe 11 regroupe, selon la Variante II-b et par bloc, les informations suivantes :

- Nombres de colis de déchets B3 et B5 déstockés (remontés)
- Masses de déchets remontées (B3 et B5)
- Masses de mercure éliminées
- Proportion de la masse de mercure éliminée par rapport à la masse totale présente au fond de la mine
- Nombre total de colis à déplacer et à restocker (colis amiantés y compris)
- Nombre de colis de déchets amiantés (E13) à déplacer et à restocker.

Ces informations sont issues de l'exploitation de la base de données StocaMine et ont été obtenues en traitant chaque unité concernée par le déstockage séparément. En ce qui concerne les déchets à restocker, ont été prises en compte aussi bien les unités où se trouvent les déchets contenant du mercure (B3 et B5), baptisées « unités de retrait », que les unités contenant d'autres déchets et se situant sur le chemin d'accès aux déchets précités, baptisées « unités d'accès » (voir illustration schématique en Fig. 10 plus haut).

- **Proportion de mercure éliminé**

La Fig. 19 représente graphiquement la proportion (%) de mercure éliminée par bloc selon la Variante II-b par rapport au total de la masse présente au fond de la mine (Bloc 15 compris), soit 51.1 t (se référer à l'Annexe 5).

Au total, la Variante II-b permet le retrait de 93.2% de la masse totale de Hg.

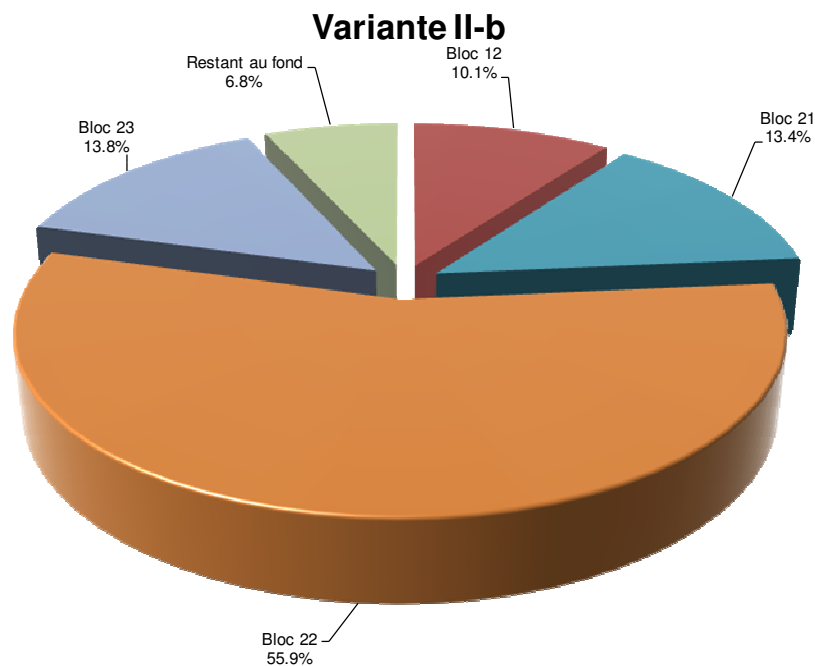


Fig. 19 Proportion de mercure retirée par bloc selon variante de réversibilité de mise en œuvre (groupe II)

- **Déchets déstockés vs déchets à déplacer et à restocker**

Les graphiques de la Fig. 20 et de la Fig. 21 ci-après permettent de visualiser par bloc :

- le nombre de colis déstockés (B3 et B5) avec le nombre total de colis à déplacer/restocker d'une part (Fig. 20),
- les masses de mercure retirées avec le nombre total de colis à déplacer/restocker d'autre part (Fig. 21).

Comme le montre la Fig. 20, la Variante II-b oblige de déplacer et de restocker plus de colis qu'ils n'en sont remontés : 15'780 colis à restocker pour 7'981 colis retirés (ratio de 2 environ).

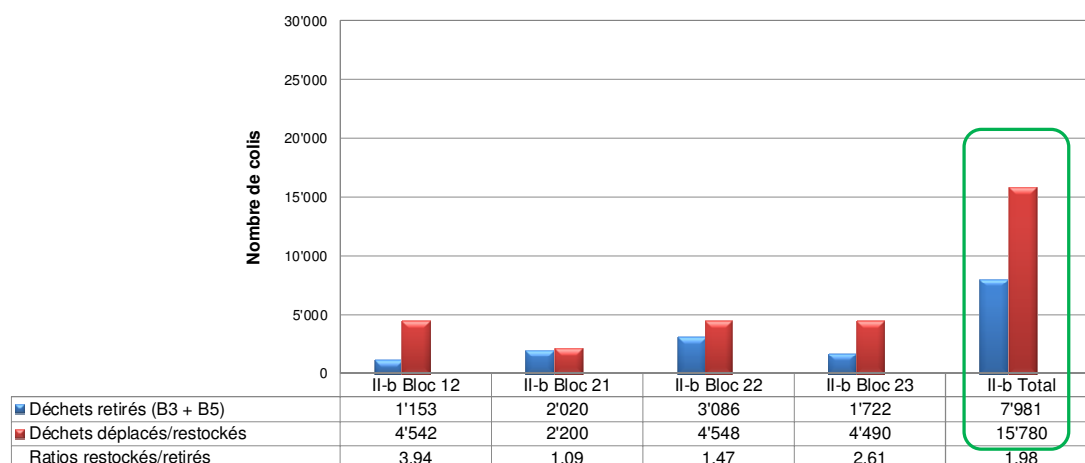


Fig. 20 Déchets déstockés vs déchets déplacés/restockés (nombre total de colis) / Variante II-b

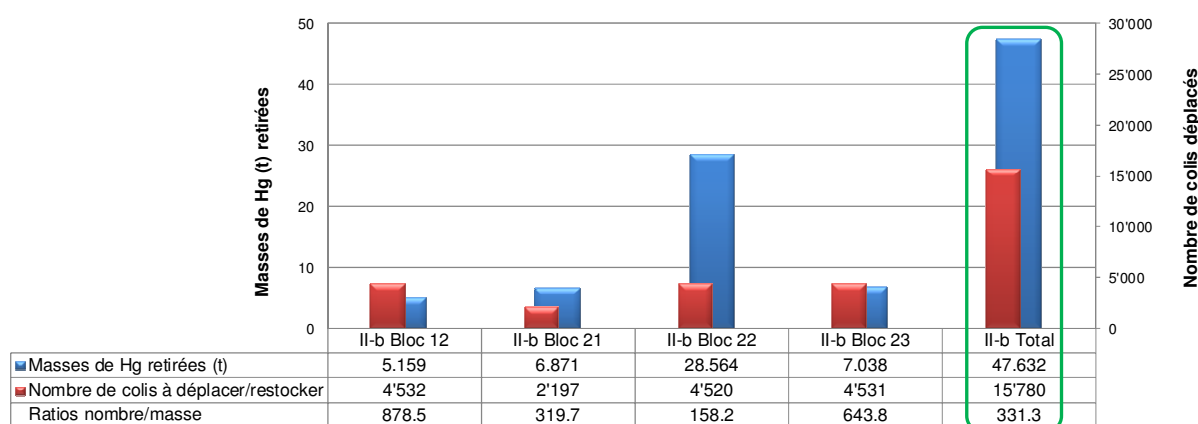


Fig. 21 Masse de mercure remontée (t) vs déchets déplacés/restockés (nombre total de colis) / Variante II-b

L'évaluation des deux sous-variantes de ce groupe avait montré que, au vu des quantités de déchets à déplacer/restocker, la Variante II-b était la variante qui présentait le ratio effet/investissement de travail le plus efficient, d'où la dénomination de variante de choix (pour plus de détails, voir rapport BMG [5]).

Il est important de ne pas perdre de vue que les colis de déchets amiantés (nature E13) sont les plus délicats à déplacer/restocker en raison de leur contenu et des très lourds moyens de sécurité à mettre en œuvre lors de leur manipulation (voir rapport Swissi en Annexe 23). La comparaison des sous-variantes avait également montré l'efficacité de la Variante II-b à cet effet (2'083 colis E13 à restocker pour 7'981 colis retirés).

4.3.2.2 Considérations logistiques

La Variante II-b offre d'autres avantages concernant la logistique de déstockage/restockage :

- Elle ne concerne que la moitié des blocs (Blocs 12, 21, 22, 23), dont 3 se situent côte-à-côte (Blocs 21, 22, 23), ce qui limite la « région » de déstockage si l'on considère le site dans son ensemble (voir Fig. 2).
- Une partie des colis autres que B3 et B5 se situant sur les chemins d'accès peuvent être restockés dans le Bloc 11, lequel ne serait alors pas déstocké et présente quelques unités vides en début de bloc depuis la voie centrale et se situe juste en face du Bloc 21 (voir Fig. 2). Ceci permet d'initier les opérations de déstockage sans avoir à remonter les colis autres que B3 et B5. Une autre alternative serait de les stocker dans la voie centrale.
- Au regard de la disposition et de la densité de présence des colis de déchets B3 et B5 dans les blocs concernés par la Variante II-b (voir Annexe 10), il apparaît qu'au moins une grande partie des déchets à déplacer (autres que B3 et B5) puisse être restockée au sein-même des blocs.

4.3.3 Vue d'ensemble sur la Variante II-b

Comme démontré par l'étude de 2011/12 [5], concernant le groupe de variantes II, la Variante II-b est la plus avantageuse au regard des éléments suivants :

- Rapport effet / masse de travail à fournir
- Logistique de déstockage et possibilité apparente de restocker au sein-même des blocs de déstockage.

Sur ces bases, la Variante II-b a été identifiée comme la variante de choix pour la mise en œuvre de la réversibilité partielle de la majeure partie des déchets contenant du mercure. Le cas échéant, elle serait réalisée en complément à la Variante I-b (voir détails plus loin).

En bref, la Variante II-b permettrait l'élimination de 47.6 t de mercure (soit 93.2% de la masse totale), dont 5.1 t du Bloc 12, 6.9 t du Bloc 21, 28.6 t du Bloc 22 et 7.0 t du Bloc 23.

Concernant le Bloc 12 :

- 1'153 colis seraient déstockés (de natures B3 et B5)
- 4'542 colis seraient déplacés et restockés, dont 619 (env. 14%) de nature E13 (voir détails dans le chapitre suivant).

Concernant le Bloc 21 :

- 2'020 colis seraient déstockés (de natures B3 et B5)
- 2'200 colis seraient déplacés et restockés, dont 133 (env. 6%) de nature E13 (voir détails dans le chapitre suivant).

Concernant le Bloc 22 :

- 3'086 colis seraient déstockés (de nature B3 exclusivement)

- 4'548 colis seraient déplacés et restockés, dont 364 (env. 8%) de nature E13 (voir détails dans le chapitre suivant).

Concernant le Bloc 23 :

- 1'722 colis seraient déstockés (de natures B3 et B5)
- 4'490 colis seraient déplacés et restockés, dont 967 (env. 22%) de nature E13 (voir détails dans le chapitre suivant).

4.3.4 Détails sur les colis à déstocker/restocker

La Variante II-b impose le déplacement de 15'780 colis, dont 2'200 du Bloc 21 pris comme exemple, lesquels ne seront pas remontés mais replacés dans les unités vides au fur-et-à-mesure de l'exercice de la réversibilité. Les détails sur ces colis (nature et quantités par bloc), tirés de la dernière version de la base de données fournie par StocaMine, sont donnés en Annexe 12.

Comme le montrent les chiffres de l'Annexe 12, il s'agit ici surtout de colis de déchets E9 (résidus d'incinération), lesquels représentent plus de 75% du total des colis à déplacer/restocker. Le reste est surtout composé de colis de nature E13 (environ 13%) et de colis de nature B6 (terres polluées, environ 8%). Sinon, sporadiquement, quelques colis de déchets de natures B10 (substances phytosanitaires, Blocs 12 et 21), A1 (sels de trempe, Bloc 12), A2 (sels de trempe non cyanurés, Bloc 12) et C4 (déchets chromiques, Bloc 12) devront être déplacés.

Ces chiffres sont représentés graphiquement par la Fig. 22.

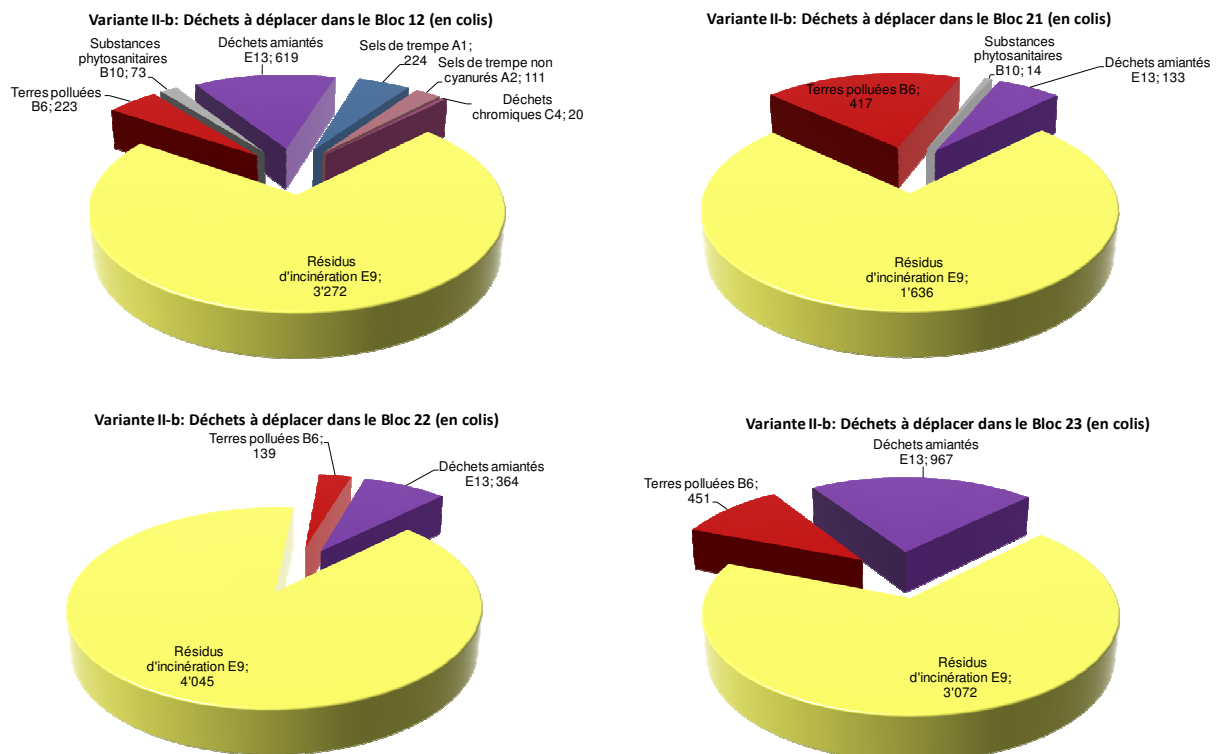


Fig. 22 Déchets à déstocker/restocker selon Variante II-b par bloc (découpage par nature et indication du nombre de colis)

Notons que la base de données permettrait d'identifier la nature des déchets présents dans chaque unité des blocs concernés.

5 Variantes III, IV et V

5.1 Généralités

Le but du présent chapitre est d'inventorier l'ensemble des déchets présents dans les blocs concernés par les Variantes III, IV et V, puis d'en présenter une vue d'ensemble détaillée par nature et quantités. Ces travaux se basent sur l'exploitation de la dernière version de la base de données fournie par StocaMine.

5.1.1 Variantes de réversibilité partielle III et IV

Les variantes de réversibilité partielle III et IV n'ont pas été traitées dans le cadre des études précédentes. Elles complètent les Variantes I-b et II-b évaluées et décrites précédemment (variantes de choix des groupes I et II).

Elles ne concernent que certains blocs et les blocs ciblés selon la variante seront déstockés en totalité, indépendamment de leur nature, contrairement aux Variantes I-b et II-b, lesquelles ne concernent que le retrait des déchets contenant du mercure (natures B3 et B5).

Selon ces deux variantes, comme la totalité des blocs concernés serait déstockée, aucun tri préalable des déchets et aucune évaluation logistique de chemins d'accès préférentiels ne sont nécessaires. A cet effet, cela n'implique par conséquent aucune comparaison de potentielles sous-variantes.

5.1.2 Variante de réversibilité totale V

Cette variante concerne la réversibilité totale, hormis Bloc 15. Ainsi, les Blocs 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23 et 24 seront déstockés en totalité, indépendamment de la nature des déchets qui y sont stockés.

5.2 Inventaire des colis à déstocker selon Variante III

La Variante III complète la Variante I-b évaluée et décrite précédemment (variante de choix du groupe I). Elle est une variante de réversibilité partielle. Tout comme la Variante I-b, elle ne concerne que les Blocs 21 et 22. Seulement, dans ce cas, l'ensemble des déchets desdits blocs serait déstocké, indépendamment de leur nature.

Les quantités de colis à déstocker inventoriés par nature et par bloc sont rassemblées dans le tableau de l'Annexe 13a. Les masses de déchets correspondantes sont rassemblées dans le tableau de l'Annexe 13b. Les nombres de colis à déstocker sont représentés graphiquement par la Fig. 23 (découpage par bloc et par nature).

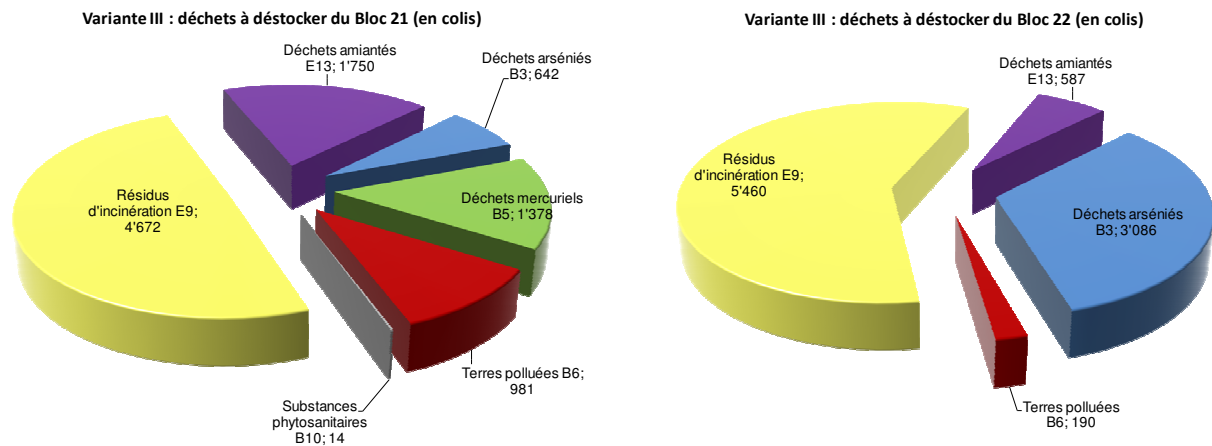


Fig. 23 Déchets à déstocker selon Variante III par bloc (découpage par nature et indication du nombre de colis)

Selon la Variante III, un total de 18'760 colis seraient déstockés (masse totale de 13'149 t), dont, en nombre de colis :

- Environ 54% de résidus d'incinération E9
- Environ 21% de déchets arséniés B3
- Environ 12% de déchets amiantés E13
- Environ 7% de déchets mercuriels B5 (seulement Bloc 21)
- Environ 6% de terres polluées B6
- Environ 1% de substances phytosanitaires B10 (seulement Bloc 21)

Rapporté au stockage dans son entier (Bloc 15 compris), **la Variante III permet le déstockage d'environ 28% de l'ensemble des colis présents**, avec la répartition suivante, en nombre de colis :

- Déstockage d'environ 26% de l'ensemble des colis E9
- Déstockage d'environ 52% de l'ensemble des colis B3
- Déstockage d'environ 24% de l'ensemble des colis E13
- Déstockage d'environ 79% de l'ensemble des colis B5
- Déstockage d'environ 25% de l'ensemble des colis B6
- Déstockage d'environ 13% de l'ensemble des colis B10

5.3 Inventaire des colis à déstocker selon Variante IV

La Variante IV complète la Variante II-b évaluée et décrite précédemment (variante de choix du groupe II). Elle est une variante de réversibilité partielle. Tout comme la Variante II-b, elle ne concerne que les Blocs 12, 21, 22 et 23. Seulement, dans ce cas, l'ensemble des déchets desdits blocs serait déstocké, indépendamment de leur nature.

Les quantités de colis à déstocker inventoriés par nature et par bloc sont rassemblées dans le tableau de l'Annexe 14a. Les masses de déchets correspondantes sont rassemblées dans le tableau de l'Annexe 14b. Les nombres de colis à déstocker sont représentés graphiquement par la Fig. 24 (découpage par bloc et par nature).

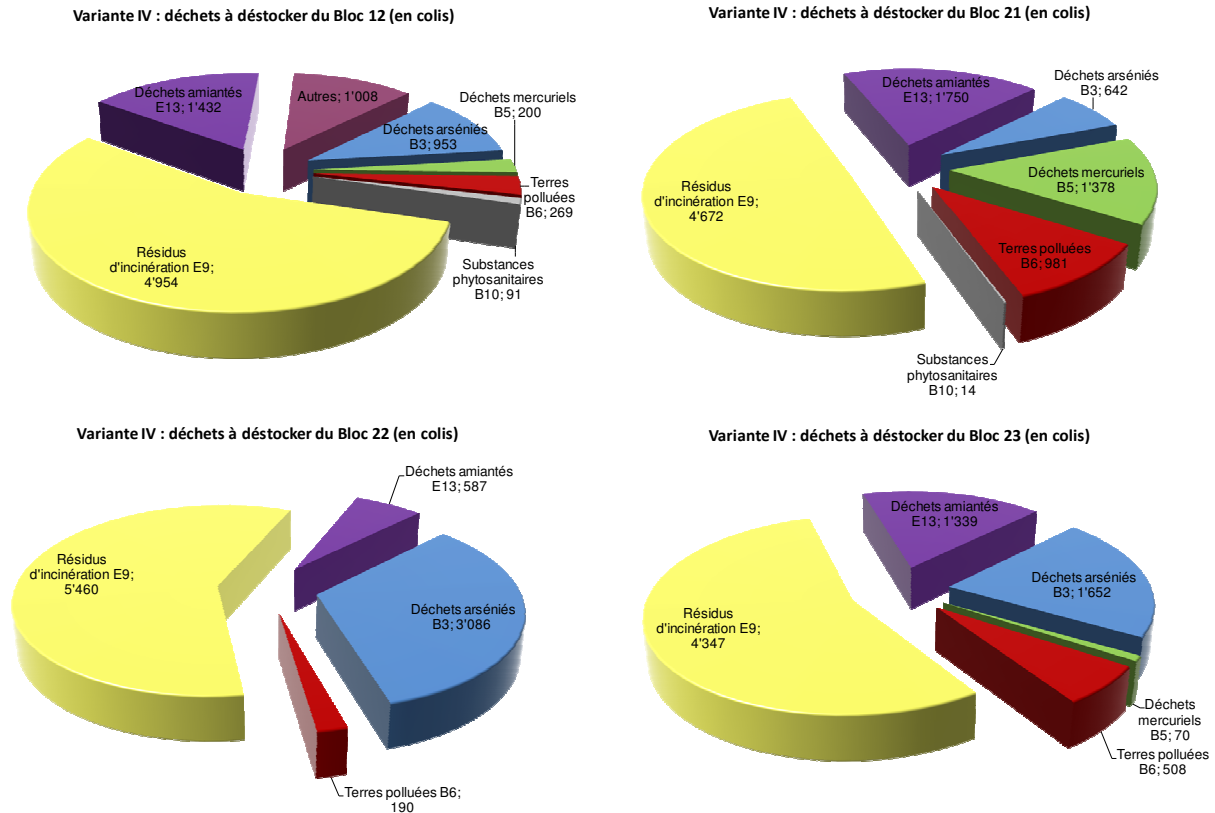


Fig. 24 Déchets à déstocker selon Variante IV par bloc (découpage par nature et indication du nombre de colis)

Selon la Variante IV, un total de 35'583 colis seraient déstockés (masse totale de 24'625 t), dont, en nombre de colis :

- Environ 55% de résidus d'incinération E9
- Environ 18% de déchets arséniés B3
- Environ 14% de déchets amiantés E13
- Environ 5% de terres polluées B6
- Environ 5% de déchets mercuriels B5

Les 3% restants sont composés de déchets de natures A1, A2, B10, C4, C8, D7 et D12, provenant seulement du Bloc 12, sauf les déchets A1, dont une faible quantité est également présente dans le Bloc 21.

Rapporté au stockage dans son entier (Bloc 15 compris), **la Variante IV permet le déstockage d'environ 53% de l'ensemble des colis présents**, avec la répartition suivante, en nombre de colis :

- Destockage d'environ 50% de l'ensemble des colis E9
- Destockage d'environ 89% de l'ensemble des colis B3
- Destockage d'environ 52% de l'ensemble des colis E13
- Destockage d'environ 94% de l'ensemble des colis B5
- Destockage d'environ 42% de l'ensemble des colis B6
- Destockage de la totalité des colis B10 (Blocs 12 et 14)

5.4 Inventaire des colis à déstocker selon Variante V

Les quantités de colis à déstocker inventoriés par nature et par bloc sont rassemblées dans le tableau de l'Annexe 15a. Les masses de déchets correspondantes sont rassemblées dans le tableau de l'Annexe 15b. Les nombres de colis à déstocker sont représentés graphiquement par la Fig. 25 (découpage par bloc et par nature).

Selon la Variante V, un total de 64'377 colis seraient déstockés (masse totale de 42'248 t), dont, en nombre de colis :

- Environ 58% de résidus d'incinération E9
- Environ 14% de déchets amiantés E13
- Environ 11% de déchets arséniés B3
- Environ 7% de terres polluées B6
- Environ 3% de sels de trempe A1
- Environ 3% de déchets mercuriels B5
- Environ 2% de sels de trempe non cyanurés A2

Les 2% restants sont composés de déchets de natures B10, C4, C8, D7 et D12.

Rapporté au stockage dans son entier (Bloc 15 compris), **la Variante V permet le déstockage d'environ 96% de l'ensemble des colis présents**, soit logiquement la quasi-totalité, les 4% restants étant répartis dans le Bloc 15.

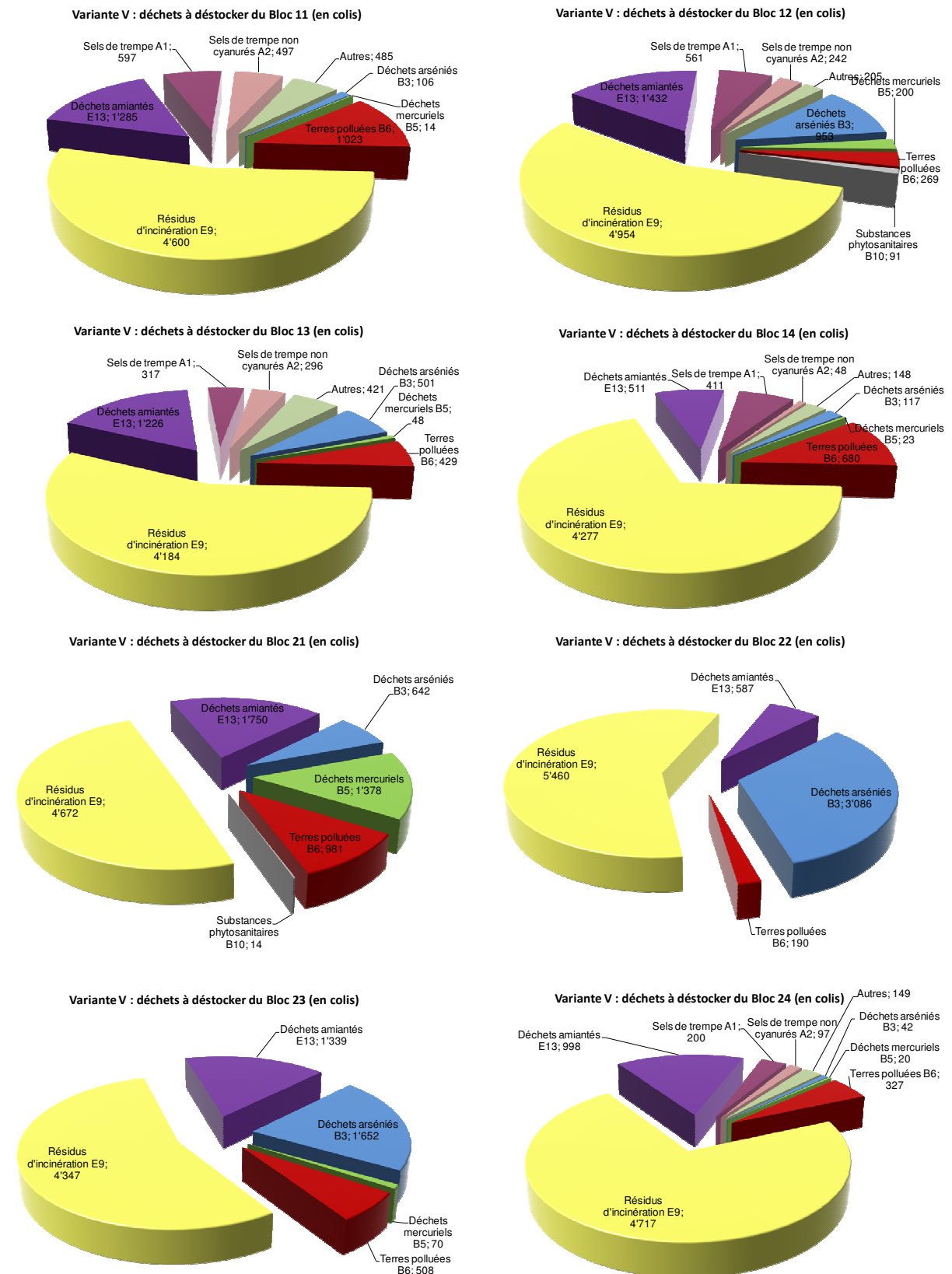


Fig. 25 Déchets à déstocker selon Variante V par bloc (découpage par nature et indication du nombre de colis)

6 Déroulement technique du déstockage des blocs vers le jour

Lors des études précédentes, le déroulement du déstockage depuis les unités de stockage jusqu'au transport hors site en passant par la remontée des colis a été étudié et explicité sous la forme d'un concept détaillé approprié à une réversibilité totale [2] ou partielle [4,5]. Le but du présent chapitre est de présenter un synoptique général de ce concept adaptable à toutes les variantes de réversibilité en résumant les principales étapes du déstockage/restockage.

6.1 Synoptique

La Fig. 26 représente schématiquement le déroulement global de l'exercice de la réversibilité.

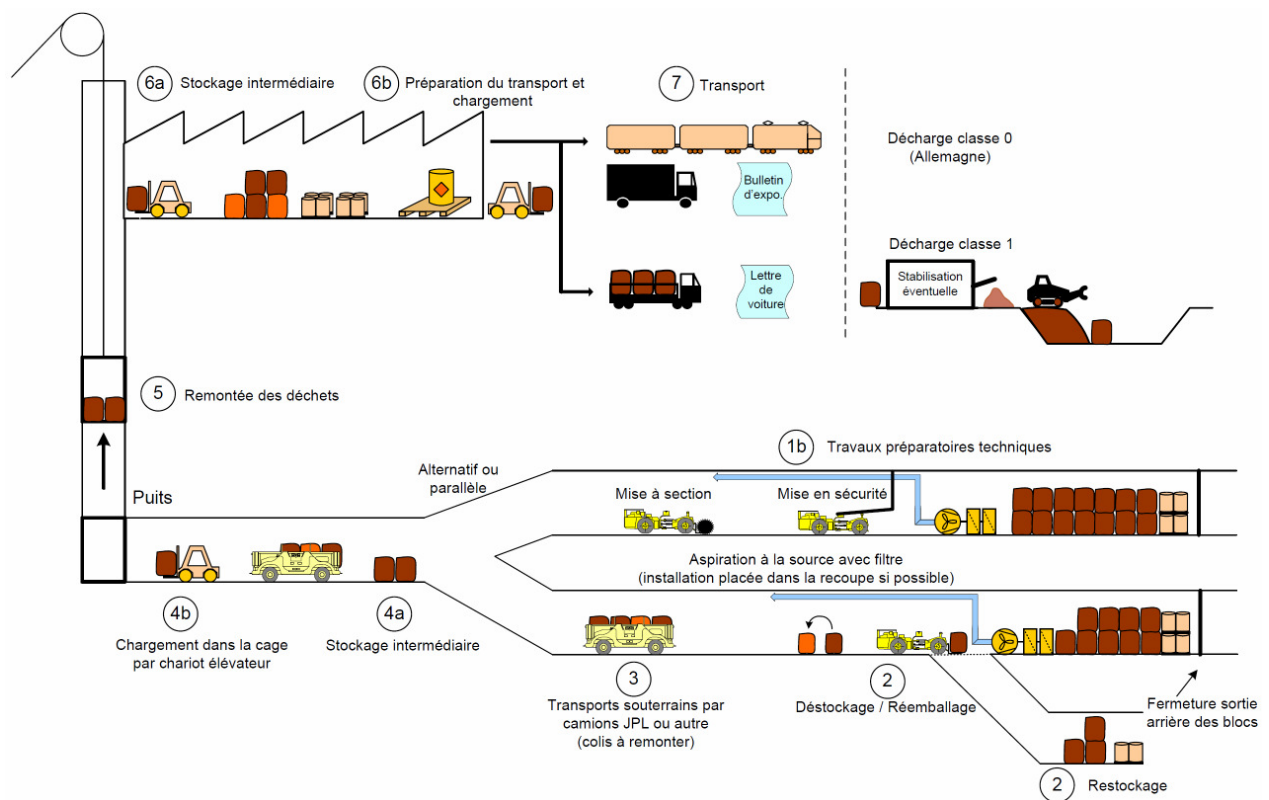


Fig. 26 Synoptique du déroulement de l'exercice de la réversibilité (travaux préparatoires administratifs non inclus)

L'exercice de la réversibilité comporte au total 7 étapes, dont 4 étapes au fond, une étape de remontée et 2 étapes au jour :

- Etape 1 : travaux préparatoires (administratifs et techniques, appels d'offres, etc.)
- Etape 2 : déstockage/restockage et réemballage
- Etape 3 : transport souterrain par camions
- Etape 4 : entreposage intermédiaire au pied du puits (Puits Joseph) puis chargement dans la cage par chariot élévateur

- Etape 5 : remontée au jour
- Etape 6 : entreposage intermédiaire au jour puis préparation du transport et du chargement
- Etape 7 : transport vers les décharges adéquates

Ceci est condensé dans le diagramme de la Fig. 27 et présenté en détails dans les prochains chapitres.

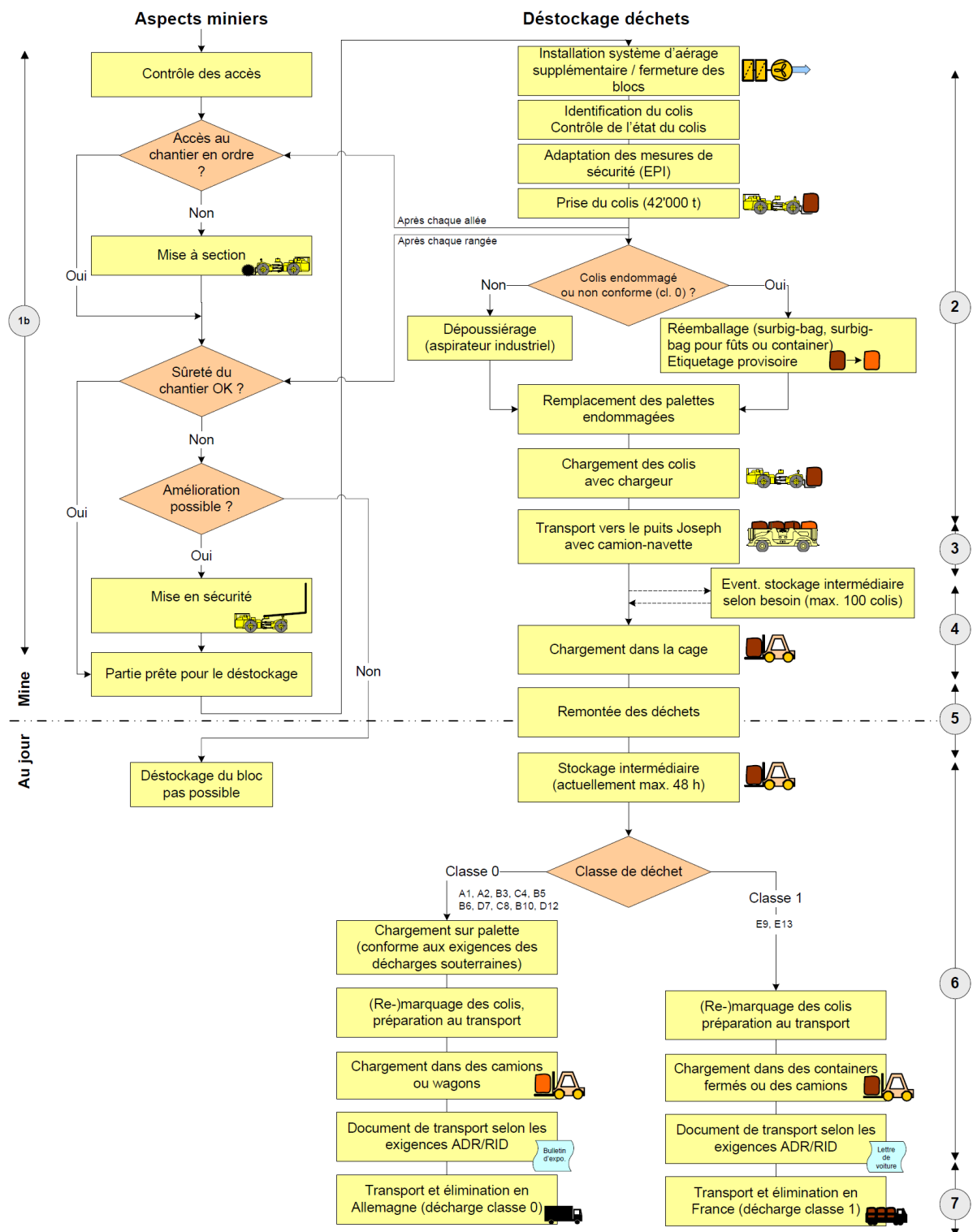


Fig. 27 Etapes de l'exercice de la réversibilité

6.2 Etape 1 : travaux préparatoires

Cette étape comprend les travaux administratifs pour organiser le déstockage et les travaux techniques pour préparer la mine. Ceci inclus entre autres l'élaboration d'appels d'offres ainsi que les différentes étapes de négociation de marchés.

6.2.1 Travaux préparatoires administratifs (Etape 1a)

La phase de préparation du déstockage comprend un intense travail administratif, qui comprend principalement les points suivants :

- Obtention des autorisations nécessaires
- Définition des repreneurs potentiels (CET 1 et/ou mines allemandes)
- Appels d'offres et adjudication des différents marchés (maîtrise d'œuvre, déstockage/restockage au fond, transport et élimination au jour)
- Planification détaillée du déroulement et de la logistique des opérations de déstockage (engins, personnel, timing, logiciel pour la traçabilité des colis transportés dans les CET 1 et dans les mines allemandes)
- Procédure de notification (déchets de classe 0)
- Définition, en collaboration avec les repreneurs des déchets, des conditions de transport et de prise en charge (wagons et/ou camions, emballages, palettes, étiquetage des déchets, etc.)
- Formation du personnel actif au fond sur le déroulement du travail de déstockage, sur les risques chimiques, sur les mesures de sécurité à prendre ; entraînement d'évacuation en cas de problème (voies à parcourir, décontamination des habits contaminés, douches).

6.2.2 Travaux préparatoires techniques (Etape 1b)

La préparation technique au déstockage est une condition très importante, surtout en ce qui concerne la préparation de la mine et des infrastructures. Les points principaux à retenir sont les suivants :

- Matériel de protection personnelle : par ex. masques, gants, lunettes de protection, combinaison Tyvek (voir détails dans le rapport de Swissi en Annexe 23)
- Moyens de secours et d'alerte : organisation des postes de secours, installation d'un système de communication (par ex. téléphone) selon la méthodologie de StocaMine
- Préparation des engins pour leur mise en service (révision des engins existants). Il sera éventuellement nécessaire de transporter de nouveaux engins au fond, si les engins actuellement présents ne sont pas suffisants pour le déroulement des travaux.
- Préparation/sécurisation des aspects miniers : mise à section des galeries (rabbassenage des murs) et mise en sécurité des parements et du toit (boulonnage). La préparation et la sécurisation des galeries constituent une phase opérationnelle qui continuera pendant et après le déstockage.

- Préparation des accès et du chantier : ouverture du bloc, régulation de l'aérage, installation de l'aérage supplémentaire (voir plus loin), etc.
- Confinement supplémentaire éventuel du Bloc 15.

Selon la variante mise en exergue, s'il n'est pas possible de déstocker un bloc ou une partie d'un bloc à cause de problèmes miniers difficiles à résoudre, il faudra chercher une alternative faisable afin de déstocker les colis, par exemple en déstockant le bloc à partir de la deuxième allée en contournant la partie inaccessible. Dans le pire des cas, on pourra être obligé de laisser les déchets dans la partie inaccessible.

Pour les travaux préparatoires, y compris l'obtention des autorisations administratives, il faudra compter avec un délai minimum d'une année après la prise de la décision de procéder à l'exercice de la réversibilité.

6.3 Etape 2 : identification, déstockage/restockage des colis et réemballage

Avant le début du déstockage, le système d'aérage supplémentaire (voir plus loin) devra être installé dans la zone de déstockage pour diriger le flux d'air vers cette zone et pour en filtrer l'air aspiré contenant d'éventuels polluants. Au fur et à mesure de l'avancement du déstockage, les fermetures des blocs devront être adaptées au besoin de l'aérage.

Ce chapitre décrit le déroulement du déstockage, sans donner les détails pour l'aérage supplémentaire, lequel sera traité plus loin.

6.3.1 Identification des colis et étiquettes

Selon les variantes, les colis à déstocker et à restocker ont été précisément inventoriés et quantifiés à l'aide de la base de données fournie par StocaMine (voir chapitres précédents). Grâce à cette base de données, chaque colis concerné par la réversibilité peut être identifié.

Concernant les colis destinés à être restockés sur place (Variantes de réversibilité partielle I et II), ils le seront vraisemblablement à un endroit différent que leur lieu de stockage d'origine, ils devront par conséquent être réétiquetés et la base de données devra être mise à jour au fur et à mesure des opérations.

Le personnel devra avoir une liste détaillée des colis stockés (front par front) avec les indications sur le type d'emballage, le type de déchet et les précautions à prendre pour la sécurité. Un équipement informatique est nécessaire (mise à jour continue de la base de données).

6.3.2 Adaptation des mesures de sécurité

Les mesures de sécurité (équipement de protection individuelle et protection de la zone de travail) devront être adaptées à la situation (déchets contenant ou non de l'amiante, état de l'emballage, stabilité et accessibilité du colis).

Ce point sera complété plus loin. Les détails sont donnés dans le rapport de Swissi consacré à ce volet (fourni en Annexe 23).

6.3.3 Prise du colis

La méthode de prise des colis dépendra de leur type, de leur état et de la place à disposition pour les manier.

Pour les fûts et les conteneurs, la prise du colis sera effectuée avec la palette sur laquelle ce dernier repose par un engin chargeur-élévateur. Vu que ces colis ont une forme stable (emballage rigide), leur prise n'est pas problématique et ne devrait pas causer de dommages aux emballages. Le seul problème pratique est posé par d'éventuelles palettes endommagées ou des fûts abimés par la corrosion.

Pour les big-bags, la prise du colis est plus problématique, vu que l'emballage n'est pas rigide. Trois méthodes sont envisageables et techniquement réalisables selon conditions pour saisir les big-bags (voir illustration en Fig. 28) :

- *soulever le big-bag par la palette* : un engin chargeur-élévateur équipé d'une fourche saisit la palette et soulève le colis. Cette méthode cause des problèmes surtout pour les colis du niveau supérieur, car avec le temps, les palettes se sont enfoncées dans les big-bags du niveau inférieur, empêchant une bonne prise du colis. Les fourches du chargeur pourraient ainsi causer des déchirures aux big-bags du niveau inférieur. Cette méthode est donc utilisable plutôt pour la prise de colis du niveau inférieur.
- *soulever le big-bag par les oreilles* : prise du colis par les quatre oreilles (ou sangles) avec un engin chargeur-élévateur équipé d'un cadre pour soulever les big-bags. Vu que les big-bags se sont déformés avec le temps et qu'ils sont bloqués entre les colis qui les entourent, la prise par les oreilles pourrait être difficile et aussi causer une déchirure de l'emballage (à partir des oreilles). Une autre restriction est l'espace limité au-dessus des colis. En conséquence, cette méthode peut être adaptée à la prise des colis du niveau supérieur s'il y a assez d'espace; pour le niveau inférieur la méthode de soulèvement par la palette est plus avantageuse.
- *saisir le big-bag avec une pince* : un engin équipé d'une pince saisit le big-bag latéralement. Cette méthode est théoriquement applicable pour les deux niveaux de big-bags, vu qu'il n'y a pas de restriction du point de vue de l'espace vertical à disposition. Elle est utilisée par l'entreprise K+S AG (entreprise exploitante de la mine d'Herfa-Neurode) pour stocker les big-bags et montre de bons résultats. Cependant, cela ne prouve pas qu'elle soit applicable à des activités de déstockage. Par ailleurs, la plupart des big-bags étant déjà fortement en contact latéral du fait du rapprochement des parements en liaison avec le fluage des terrains, la pince s'enfonçant entre les deux big-bags pourrait augmenter le risque d'endommagement des matériaux de conditionnement.



Fig. 28 Saisie des big-bags avec une fourche (à gauche, exemple quelconque), par les oreilles (au centre, exemple quelconque) puis avec une pince (à droite, exemple de la mine d'Herfa-Neurode en Allemagne)

La prise des big-bags représente donc une phase critique, ces derniers pouvant être déchirés lors de leur maniement par les engins de manutention ou en cas de chute depuis le niveau supérieur. Dans ce cas, les déchets seront pelletés avec précaution dans un autre big-bag à l'aide d'un engin équipé d'un godet.

Il est primordial de ne pas perdre de vue que, depuis l'étude de 2006 [2], la situation de la mine s'est considérablement dégradée et un nombre important de big-bags se trouvent coincés en raison de la pression exercée par les parements en direction latérale. Dans certains cas, il est évident qu'aucune des méthodes présentées ci-avant ne pourra s'appliquer pour retirer les colis. La seule solution serait alors de soutirer le contenu de l'un des big-bags afin de libérer la place nécessaire au retrait des colis voisins. A cet effet, la méthode la plus simple serait de repérer le big-bag contenant les déchets les moins nocifs, de le percer et de déverser son contenu dans un godet avant de le réemballer dans un nouveau big-bag. Une solution alternative serait d'aspirer le contenu du big-bag à l'aide d'un camion aspirant. Lors de l'étude de 2006 [2], cette méthode avait été évoquée mais à l'époque, aucune technologie existante ne semblait être adéquate. Lors d'un récent entretien avec le responsable de la section « technique d'aspiration » de la société suisse Eberhard, il apparaît qu'il existerait aujourd'hui des méthodes applicables ici, avec des engins de taille « modeste » pouvant être descendus dans la mine. Or, d'après notre interlocuteur, une telle démarche est loin d'être triviale et compte tenu des conditions très inhabituelles, le procédé d'aspiration devrait faire l'objet d'une étude détaillée menée par l'entrepreneur responsable des travaux. Cette étude ne rentre pas dans le cadre de la présente évaluation. En bref, un système d'aspiration semble être techniquement possible mais cette méthode serait très onéreuse et impliquerait des complications logistiques considérables.

Le choix de la méthode à utiliser pour la prise des big-bags sera effectué sur place en fonction de l'état des colis et de la mine et pourra être adapté durant le déstockage/restockage en fonction de l'expérience acquise par le personnel.

Il est à noter que la hauteur de l'accès et la sûreté du chantier devront être contrôlées après chaque rangée (allée ou recoupe). Si la situation minière n'est pas conforme, le chantier devra être mis à section et en sécurité.

Remarque : si, en raison de problèmes miniers difficiles à résoudre, il n'est pas possible d'accéder à certains colis, la variante de réversibilité devra être adaptée (modification du cheminement ou abandon des colis dans le pire des cas).

6.3.4 Reconditionnement

Pendant la prise des colis, l'état des emballages sera examiné pour déterminer la nécessité d'un réemballage, sachant que doivent être impérativement réemballés :

- Tous les big-bags de déchets de classe 0 qui seront remontés
- Les fûts de déchets de classe 0 à remonter endommagés ou non-propres.

Indépendamment de l'état des fûts, les cerclages corrodés assurant la stabilité des colis de fûts à remonter devront être remplacés.

Le réemballage des big-bags sera effectué avec des surbig-bags.

Pour le réemballage des fûts, quatre options sont envisageables :

- *surfût* : les fûts endommagés sont placés dans des surfûts, en acier ou en matière plastique. Des surfûts en inox seraient dans le cas présent superflus. Cette option est relativement onéreuse mais techniquement bien maniable. Notons que les surfûts en métal augmentent le poids du colis d'environ 50 kg. De plus, beaucoup d'emballages encombrants doivent être transportés au fond. Dans la situation actuelle, les colis de fûts sont composés de 4 pièces posées sur une palette. Après reconditionnement, en raison du volume plus important des surfûts, seulement 3 pièces constitueront le nouveau colis.
- *surbig-bag pour chaque fût* : les fûts endommagés sont séparés de la palette (qui compte en général 4 fûts) et sont réemballés avec un surbig-bag pour fût (de dimensions inférieures à celles du surbig-bag standard). La logistique de ce procédé est très compliquée, parce que les fûts réemballés ne peuvent pas être remis sur la palette d'origine (exigence par ex. de la mine d'Herfa-Neurode) et doivent être stockés séparément. En outre, les palettes de fûts incomplètes devraient être complétées avec des fûts intacts du même type de déchet ou des fûts vides. Par ailleurs, il n'est pas trivial que les mines allemandes acceptent ce genre de colis, les matériaux plus ou moins acérées des fûts pouvant endommager le tissu du big-bag.
- *surbig-bag pour le colis entier* : la palette supportant des fûts endommagés est placée dans un surbig-bag. Le colis devient un big-bag qui répond en principe aux exigences de transport et de stockage dans les mines allemandes (par ex. dans celle d'Herfa-Neurode). La logistique pour cette solution est très simple par rapport à celles des deux autres variantes. Or, il n'est pas trivial que les mines allemandes acceptent ce genre de colis, les matériaux acérés des palettes pouvant endommager le tissu du big-bag.
- *container pour le colis entier* : l'ensemble des 4 fûts est réemballé dans le même container en métal. Les nouveaux colis seraient alors sécurisés, propres et solides, mais leur poids serait considérablement accru.

Le réemballage des colis en surbig-bags pourra se dérouler selon la séquence suivante :

- Le surbig-bag est posé à plat par terre,
- Le big-bag endommagé (ou la palette avec les fûts) est posé sur le surbig-bag,
- Le surbig-bag est soulevé pour recouvrir le big-bag (ou la palette avec les fûts) et il est fermé.

Les nouveaux emballages devront être étiquetés au moins provisoirement en reprenant les données de l'étiquette de l'emballage d'origine (un étiquetage définitif sera fait au jour). Ainsi, la traçabilité des colis sera assurée.

Les colis ne nécessitant pas de réemballage seront dépoussiérés avec un aspirateur industriel équipé de filtres HEPA pour éviter un épandage de poussières de sel et éventuellement de polluants lors de leur transport au jour et de leur préparation pour le transport.

Concernant les colis déplacés destinés à rester au fond (Variantes I-b et II-b), la décision de les réemballer se fera au cas par cas, sachant qu'il serait également possible de les « stabiliser » le temps de leur manutention dans la mine en les entourant d'une couche de film solide.

Après la phase de réemballage/dépoussiérage, les palettes endommagées (environ 30% des palettes selon l'expérience faite du déstockage partiel du Bloc 11 de 2001) restant au fond seront remplacées par des palettes intactes. Toutes les palettes supportant les colis remontés seront remplacées. Les colis seront ensuite chargés avec un engin chargeur (par ex. Flexitrac, le chariot élévateur Manitou étant trop haut pour les travaux dans les galeries) sur un engin de transport (par ex. camion-navette JPL) puis conduits vers le Puits Joseph pour les déchets à remonter d'une part et vers les unités de restockage pour les autres d'autre part.

Pour assurer la continuité du déstockage, les nouveaux emballages (surbig-bags et surfûts) et les nouvelles palettes devront être stockés en quantité suffisante près de la zone de déstockage.

Remarque : pour plus de détails quant aux exigences d'emballage pour la reprise des déchets par les mines allemandes d'Herfa-Neurode et d'Heilbronn, se référer à l'Annexe 16.

Concernant la sécurité et la protection de la santé au travail, d'après Swissi, les activités de reconditionnement correspondent à un risque d'exposition dit « élevé » sur une échelle « faible – moyen – élevé ». A cet effet, des équipements individuels adéquats et la mise en sécurité de la zone sont nécessaires. En cas de reconditionnement de déchets amiantés, un sas d'accès à la zone de traitement s'avère également nécessaire. Les détails sont consignés dans le compte-rendu fourni en Annexe 23.

6.4 Etape 3 : transport souterrain

Les colis à remonter seront transportés avec un engin de transport (par ex. camion-navette JPL) dans l'allée, puis dans la voie d'accès en direction du Puits Joseph, par lequel ils seront remontés au jour. Les autres seront restockés dans les unités adéquates.

L'engin de transport JPL a une capacité de charge de 4 colis (max. 6.4 t) et roule à une vitesse moyenne de 8 km/h. La capacité de transfert des blocs au puits est estimée en moyenne à 4 colis à l'heure.

6.5 Etape 4 : stockage intermédiaire des colis à remonter

Dans le cas idéal, les colis à remonter seront déstockés et tout de suite après transportés au jour. Si la remontée au jour était limitée pour des raisons logistiques, les colis pourront être stockés provisoirement au fond près du Puits Joseph. La place disponible dans ce stockage intermédiaire est suffisante pour une centaine de colis. Le stockage intermédiaire au fond présente les avantages suivants :

- Tampon entre la zone de déstockage et le transport. Ceci permet d'éviter que le déstockage soit empêché par des problèmes au jour (stockage limité actuellement à 48 heures, problème de transport...).
- Triage des colis pour rassembler les colis de la même nature avant de les porter au jour. Cette opération rendra possible de remonter dans un laps de temps relativement réduit une quantité suffisante de colis du même type de déchet et de composer au jour des wagons / camions avec idéalement une seule nature de déchets.

Le stockage intermédiaire sera géré par le même personnel que celui assurant la remontée par le puits.

Dans le cas où la capacité de ce stockage se révèle insuffisante par rapport à l'avancement du déstockage, il sera possible d'utiliser des blocs vides comme stockage intermédiaire, d'aménager les galeries existantes, ou bien de prolonger le délai de stockage intermédiaire de 48 heures au jour pour décongestionner celui au fond (nécessité d'une nouvelle autorisation administrative). Les changements à apporter aux conditions actuelles seront à évaluer dans le cadre du projet définitif et dépendent du programme de déstockage (par ex. nombre de postes de déstockage).

6.6 Etape 5 : remontée des déchets

Les colis seront chargés avec un chariot élévateur (par ex. Manitou) dans la cage du Puits Joseph, laquelle dispose de place pour un total de 4 colis sur deux plateaux (charge maximale de 5 t).

La capacité nominale pour la remontée est d'environ 12 colis à l'heure (activité de 16 heures par jour).

6.7 Etape 6 : stockage intermédiaire au jour et préparation au transport

Les colis seront déchargés de la cage avec un chariot élévateur (par ex. GP 50) et entreposés dans un stockage intermédiaire (environ 120 colis) pour une durée maximale de 48 heures (limite actuelle ; une demande de prolongation du temps de stockage devra vraisemblablement être déposée auprès des autorités compétentes).

Durant ces 48 heures, les colis devront être préparés pour leur transport en fonction de i) la classe du déchet et ii) la catégorie de déchet, de manière à trier les déchets en fonction du transport. Afin de simplifier la phase de préparation, il sera avantageux de séparer le stockage intermédiaire en deux sections, suivant la classe des déchets.

6.7.1 Section des déchets de classe 0

Les colis de classe 0 seront placés sur des palettes conformes aux exigences des mines souterraines allemandes et étiquetées selon les exigences du repreneur. La nouvelle désignation des colis devra être documentée et mise en relation avec l'ancienne désignation de StocaMine (la base de données de StocaMine devra être actualisée). Ceci permettra la traçabilité des déchets lors du transport dans les mines allemandes.

Les colis seront chargés dans les camions ou wagons de manière à exporter idéalement un seul type de déchet par unité de transport. Cette pratique apporte une simplification des travaux administratifs de notification, augmente la sûreté du transport et simplifie la logistique de livraison aux mines allemandes.

Après la préparation des documents de transport selon les exigences ARD/RID, le transport vers les mines allemandes pourra démarrer.

6.7.2 Section des déchets de classe 1

Les colis de classe 1 seront réétiquetés seulement dans le cas où ils ont été réemballés ou si l'étiquette est endommagée ou difficilement lisible. Ensuite, ils seront chargés dans des conteneurs fermés ou des camions. Si possible, un seul type de déchets sera chargé par camion afin de réduire les travaux administratifs. Les documents de transport conformes aux exigences françaises seront préparés.

6.8 Etape 7 : transport et élimination des déchets

Les déchets de classe 0 seront transportés en Allemagne par rail ou par route. Les détails du transport devront être définis et coordonnés en accord avec le repreneur. Les déchets de classe 1 (résidus d'incinération et amiante) seront transportés dans une ou plusieurs décharges de surface en France (CET 1).

Le transport et l'élimination se feront sous la responsabilité des entreprises mandatées et ne requièrent pas la participation du personnel de StocaMine.

6.9 Entretien miniers

Comme évoqué plus haut, en raison des convergences horizontales et verticales dues au phénomène de fluage, la hauteur et la largeur des galeries diminuent considérablement avec le temps. La mise en œuvre de la réversibilité impliquera de nombreux travaux miniers pour la mise à section ainsi que pour la mise en sécurité des galeries (remise en état, rabassenage du mur, boulonnage des parements et du toit...). Ceci a été démontré lors des opérations de déstockage partiel du Bloc 11 de 2001, lorsque la voie d'accès et les allées se sont avérées trop basses pour permettre un accès à tous les engins à disposition. Lors de notre visite de décembre 2011, nous avons pu constater cette situation des galeries dans les premiers mètres des allées, où parfois le toit touche les colis. Même si, parfois, l'espace séparant les colis du toit était raisonnable (environ 50 cm), il est possible que ceci ne soit le cas que sur les premiers mètres, la situation plus loin dans les allées n'ayant pas pu être appréciée de visu en raison de la présence des colis.

Les aspects purement miniers ne sont pas intégrés dans la présente étude, la planification et l'organisation de ces travaux seront prises en charge par StocaMine.

D'un point de vue de la sécurité au travail, selon Swissi, de manière générale, le personnel minier ne nécessite aucune protection particulière à condition que la zone de traitement ne soit pas traversée par des courants d'air provenant de zones de déstockage (voir rapport en Annexe 23). Ceci pourrait être le cas si par exemple des activités de déstockage se déroulaient en amont aéraulique. Afin de limiter l'exposition des travailleurs, idéalement et dans la mesure du possible, tous travaux en simultané seront alors évités. Dans ce sens, selon le concept présenté dans le cadre de la présente étude, les travaux de déstockage et de renforcement minier se déroulent en alternance sur le même chantier. En outre, la zone d'entretien minier doit être dépourvue de contaminants substantiels afin de minimiser l'exposition des travailleurs. Un nettoyage préalable (aspiration de poussières susceptibles de contenir des substances potentiellement toxiques) d'une zone devant être soumise à des travaux de rabassenage pourrait alors s'avérer nécessaire.

En résumé, si les conditions permettent que les zones de déstockage et de circulation puissent être impeccablement et rapidement nettoyées avant le début d'une phase de travail minier, les mineurs ne nécessiteront pas de protection particulière. Sinon, ils devront s'équiper de la même façon que les intervenants de déstockage.

6.10 Système d'aérage supplémentaire

StocaMine dispose d'un système d'aérage pour permettre le travail dans le site de stockage. Dans le cadre de l'étude de 2006 [2], la conformité de ce système d'aérage aux exigences pendant le travail a été examinée. En conclusion, l'installation d'un système d'aérage supplémentaire s'est avérée nécessaire pour assurer une circulation d'air au front de déstockage (les courants d'air sont « attirés » vers la zone), y garantir une atmosphère en faible dépression et pour éviter une dissémination de poussière dans la mine. Deux variantes pour le système d'aérage supplémentaire avaient été proposées à l'époque et évaluées par rapport à leur influence sur le déroulement logistique du déstockage.

6.10.1 Exigences pour le système d'aérage

Le système d'aérage repose sur deux ventilateurs (ES1 et ES2) d'une puissance totale de 320 kW. Le débit d'air circulant actuellement dans le site de StocaMine est d'environ **50 m³/s** (ce qui correspond à environ 180'000 m³/h). En 2006, ce dernier était d'environ 28 m³/s [2].

Lors des travaux de déstockage, les déchets seront pris à partir de l'entrée du bloc qui donne sur la voie centrale du stockage, les autres accès au bloc (qui donnent sur la voie d'accès latérale) devront être fermés. Un système d'aérage supplémentaire en aspiration sera alors nécessaire pour diriger/attirer les courants d'air vers la zone de travail et ainsi y garantir un flux d'air contrôlé.

Le débit d'air circulant dans la galerie pendant le déstockage devra assurer (i) que les moteurs des engins puissent fonctionner et que les effluents gazeux des engins soient dilués, (ii) que les exigences d'hygiène du travail (surtout par rapport à l'amiante) soient respectées et (iii) que la dissémination de poussières éventuellement contaminées soit réduite le plus possible.

Les estimations du débit d'air nécessaire correspondent à la condition d'un déstockage sur un seul chantier à la fois.

6.10.1.1 Débit d'air nécessaire au fonctionnement des engins et à la dilution des effluents gazeux

L'aérage doit permettre le fonctionnement des engins et garantir que leurs effluents gazeux soient dilués sous la valeur moyenne d'exposition (VME), surtout pour le monoxyde de carbone CO (VME = 30 ppm ou 36 mg/m³) et le dioxyde de carbone CO₂ (VME = 5'000 ppm ou 9'000 mg/m³).

Les engins qui seront utilisés lors des activités de déstockage/restockage ont en moyenne une puissance d'environ 50 kW. Au total, l'utilisation d'une puissance de 200 kW par chantier est estimée, correspondant par exemple à l'utilisation de deux chargeurs Flexitrac et deux camions-navettes JPL. Retenant une consommation typique des moteurs diesel de 200 g/h kW, l'air frais nécessaire pour la combustion est de 0.12 m³/s et les effluents gazeux sont de 35 g/s de CO₂ et de 0.12 g/s de CO.

L'air frais nécessaire pour réduire les concentrations en CO et en CO₂ sous les limites VME est donc estimé à **3.9 m³/s** (voir détails dans l'*Annexe 4.1 du rapport* [2]).

6.10.1.2 Débit d'air nécessaire pour les exigences de sécurité au travail (amiante)

Dans le cas présent, les fibres d'amiante représentent le facteur le plus critique pour les émissions dans l'air. En effet, ces fibres pourraient nuire à la santé des travailleurs si du matériau devait se libérer des colis (voir rapport de Swissi fourni en Annexe 23). En conséquence, l'aérage doit assurer un renouvellement d'air suffisant. Dans le cadre de l'étude 2006 [2], concernant le renouvellement d'air frais, la norme allemande TRGS 519 pour les travaux de démolition, d'assainissement et d'élimination des déchets [6] avait été retenue comme base technique pour estimer le débit d'air nécessaire pour respecter les exigences de sécurité au travail. Cette

norme exige un taux de renouvellement en air neuf de 5 volumes/heure dans le cas de travaux avec de l'amiante (voir paragraphe 14.1.3 dans [6]). En considérant que le volume d'une allée est d'environ 3'500 m³ (5.5 x 2.8 x 225 m), le débit d'air nécessaire est alors sous ces conditions de **4.9 m³/s** par chantier (voir détails dans l'*Annexe 4.2 du rapport [2]*). Selon l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS, Paris), dans le cadre de chantiers de désamiantage, le taux de renouvellement en air neuf ne doit jamais être inférieur à 4 volumes/heure, ce taux devant être garanti depuis le démarrage du chantier jusqu'à la fin des travaux [7]. Par conséquent, la valeur de 4.9 m³/s déduite de la norme allemande TRGS 519 respecte les exigences de sécurité pour un chantier se déroulant en France.

Avec l'aérage général actuel, la vitesse de circulation de l'air est estimée à des valeurs comprises entre **0.01 et 0.2 m/s**. En générant une vitesse supérieure, il est possible de diriger un flux d'air contrôlé vers la zone de déstockage. Pour générer un flux d'air directionnel, la vitesse de circulation de l'air doit être comprise entre 0.3 et 0.5 m/s, ce qui correspond aux conditions habituelles pour les travaux en galerie. Tenant compte de la section de l'allée vide de 15.4 m² (5.5 x 2.8 m) et d'une section libre moyenne de 5.5 m² (5.5 x 1 m) au-dessus des colis, le débit d'air pour créer un flux contrôlé est estimé à environ **10 m³/s** par chantier (ce qui correspond à une vitesse moyenne de **0.47 m/s**, voir *Annexe 4.3 du rapport [2]*). Avec ce débit d'air, les normes concernant le renouvellement d'air frais sont respectées.

6.10.1.3 Exigences pour la qualité de l'air expulsé (filtration)

Les déchets stockés dans StocaMine sont tous solides et de volatilité négligeable. Aux conditions atmosphériques de la mine, les déchets ne peuvent pas générer de gaz. Par conséquent, lors du déstockage, l'air ne devra pas être filtré spécifiquement pour des polluants gazeux (les gaz de combustion sont dilués par l'aérage).

En revanche, l'air évacué du bloc déstocké contient potentiellement des poussières de polluants, qui pourraient se disperser dans la mine. Un filtrage de l'air provenant du front de déstockage sera donc nécessaire. En ce qui concerne les fibres d'amiante, le décret n° 2012-639 du 04 mai 2012 relatif aux risques d'exposition à l'amiante, modifiant la réglementation au 01 juillet 2012, impose un abaissement de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) actuelle de 100 fibres par litre à 10 fibres par litre à une échéance de 3 ans [8]. Cette valeur constitue un critère important pour le choix de la combinaison de filtres à utiliser.

6.10.1.4 Conclusion

L'aérage général dans le stockage (env. 50 m³/s) est suffisant pour permettre le déstockage des déchets (fonctionnement des machines et dilution des polluants).

La génération d'un flux d'air contrôlé dans la zone de déstockage nécessite l'installation d'un système d'aérage supplémentaire fonctionnant en aspiration. Un débit d'air de **10 m³/s** est retenu pour le dimensionnement du système d'aérage supplémentaire pour un chantier.

Afin d'éviter une dissémination de poussières dans la mine, l'air évacué de la zone de déstockage doit être filtré et la limite de **10 fibres d'amiante par litre** doit être

respectée. Avec ce débit d'air, les normes françaises concernant le renouvellement d'air frais dans les chantiers de désamiantage sont respectées.

6.10.2 Solutions techniques pour l'aérage supplémentaire

L'air de l'aérage général de la mine doit être dirigé vers la zone qui sera déstockée. Une installation mobile d'aspiration/filtration va aspirer l'air et le filtrer pour éliminer la poussière (sel ou contaminant sortant des colis endommagés).

Le ventilateur supplémentaire doit avoir une puissance estimée à 40-50 kW sur la base du débit d'air de 10 m³/s. Le ventilateur doit être antidéflagrant et mis à terre (construit avec des matériaux conducteurs).

Le bloc de filtres sera équipé avec des pré-filtres pour filtrer la poussière grossière et préserver les filtres HEPA (High Efficiency Particulate Air), capables de filtrer 99.9% des particules de taille supérieure à 0.3 µm. La surface du pré-filtre nécessaire est estimée à 4.5 m² (12 pré-filtres), celle du filtre HEPA à 17.5 m² (24 filtres, voir détails dans l'*Annexe 4.4 du rapport [2]*). Le bloc de filtres est modulaire et ses éléments peuvent être changés selon les besoins. Il est possible d'enlever les filtres épuisés avec des sacs en plastique pour éviter le contact direct avec la peau et les voies respiratoires.

Il est prévu que le système d'aérage supplémentaire travaille en sous-pression, c'est-à-dire que l'air est filtré avant de passer dans le ventilateur, afin d'éviter que des poussières s'accumulent au niveau du ventilateur. Cette variante a ainsi l'avantage de nécessiter moins d'entretien par rapport à un système qui travaille en surpression (c'est-à-dire filtration de l'air après le ventilateur). En outre, vu que le bloc de filtres est en sous-pression, il n'y a pas de danger de dissémination de polluants à partir d'éventuelles jointures du bloc non étanches.

La place réduite à disposition dans les galeries est le critère le plus contraignant pour le dimensionnement de l'installation mobile d'aspiration/filtration : ses dimensions doivent permettre le passage d'engins dans les allées et les recoupes. La longueur de l'installation mobile d'aspiration/filtration (ventilateur + bloc filtres) est de 9 mètres ; la hauteur d'env. 2.6 mètres et la largeur de 2.4 mètres. Cette installation est donc relativement encombrante par rapport aux dimensions des galeries (voir Fig. 29 ci-dessous). Pour faciliter le déplacement, l'installation mobile d'aspiration/filtration sera munie de patins.

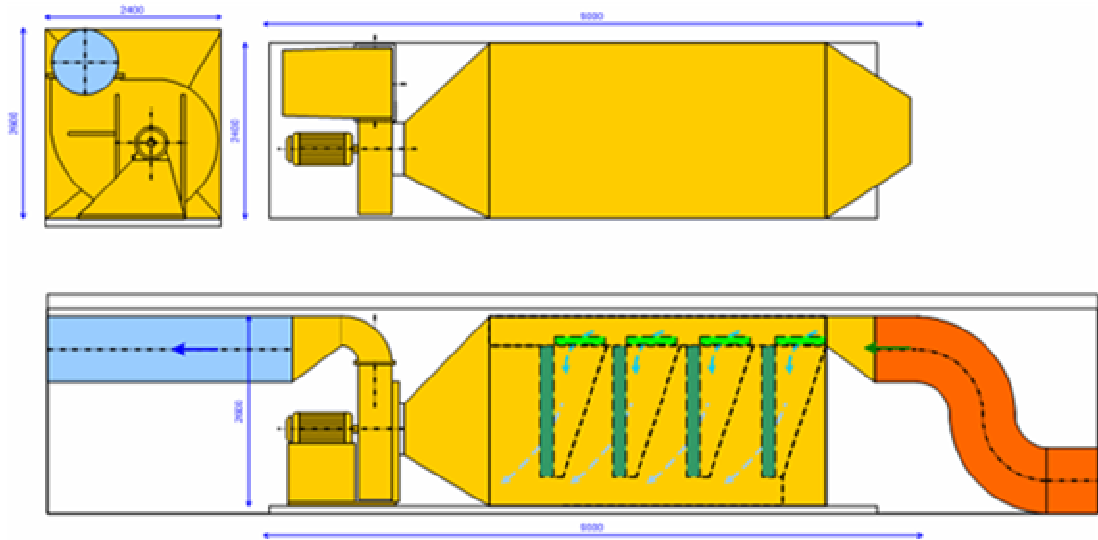


Fig. 29 Dimensions de l'installation mobile d'aspiration/filtration : l'air sera filtré avec des pré-filtres (horizontaux, en vert clair) et des filtres HEPA (verticaux, en vert foncé)

Dans le cadre de l'étude de 2006 [2], deux variantes avaient été évaluées en détail pour la réalisation du système d'aérage supplémentaire (voir Fig. 30 ci-après):

- *Aspiration à la source* : le système d'aérage supplémentaire est placé près de la zone de déstockage et l'air filtré est évacué au début du déstockage dans une voie d'accès
- *Aspiration en bout de bloc* : le système d'aérage supplémentaire est placé en bout de bloc (dans la voie d'accès latérale) et l'air filtré est évacué suivant l'aérage général de la mine.

Cependant, en raison d'un fluage conséquent, aujourd'hui, de nombreux colis touchent le toit et les parements, rendant ainsi le passage de l'air dans les blocs très restreint par endroits (formation de « bouchons »). Par conséquent, seul le système d'aspiration à la source est réaliste dans le cas présent et représentera donc la méthode de choix, laquelle sera décrite plus en détail dans ce qui suit.

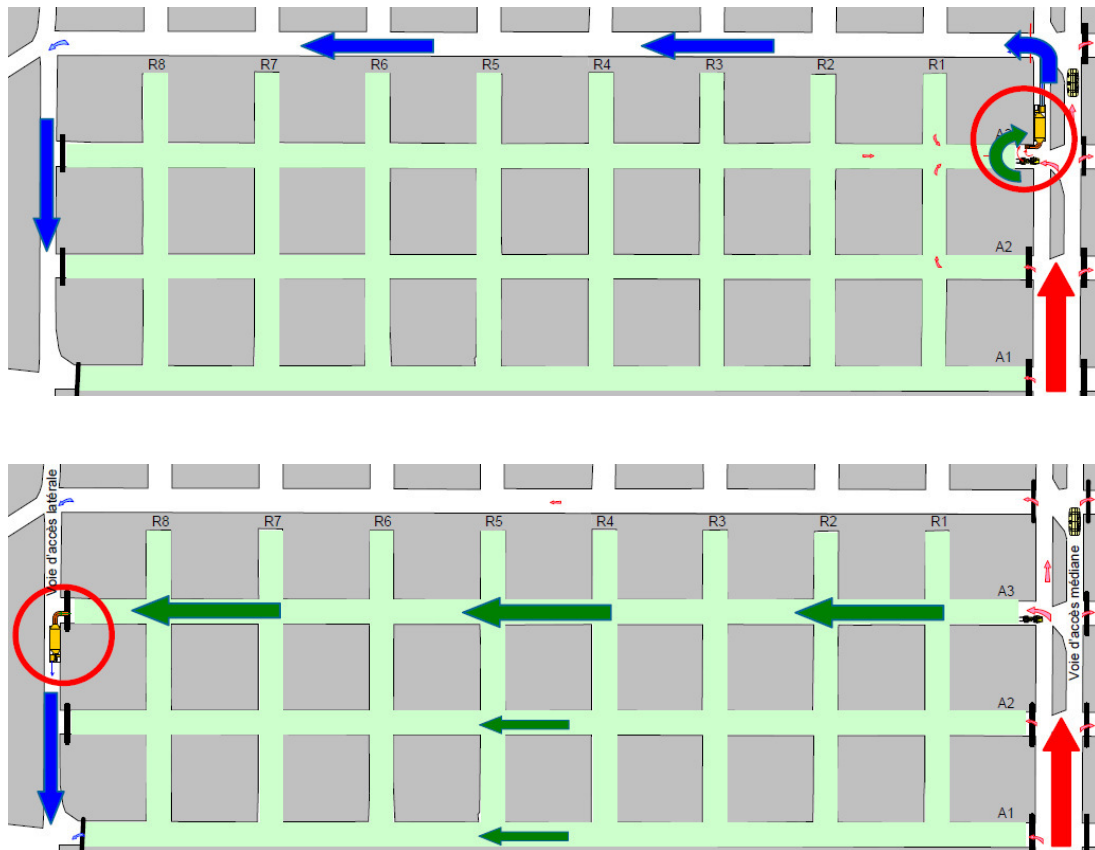


Fig. 30 Concept général des deux variantes pour l'aérage supplémentaire (en haut : aspiration à la source ; en bas : aspiration en bout de bloc) – Flèche rouge = air frais, flèche bleue = air en retour, flèche verte = air potentiellement pollué

6.10.3 Système d'aspiration à la source : variante de choix

6.10.3.1 Concept de base

Le but de l'aspiration à la source est de renforcer l'aérage dans la zone de déstockage et de générer un écoulement d'air directionnel dans le but de capter d'éventuels polluants provenant directement des colis déstockés. Idéalement, l'aspiration est effectuée le plus près possible des déchets pour éviter que le personnel ne se trouve dans le flux d'air provenant des colis.

L'air provenant de l'aérage général de la mine est dirigé vers la zone de déstockage en plaçant un ventilateur, lequel va instaurer un flux d'air près des déchets.

L'installation du système d'aspiration à la source est illustrée par la Fig. 31 :

- Une ligne de canars rigides (en aspiration) est placée près du front de déstockage (en orange) pour saisir l'air potentiellement pollué. Un capot vertical est installé au bout du dernier élément de la ligne de canars rigides. En raison de ses dimensions et de son poids qui rendront difficile le travail dans les allées, la ligne de canars rigides doit être la plus courte possible.

- L'air aspiré passe par un bloc de filtres, composé de pré-filtres qui protègent les filtres principaux HEPA contre un chargement excessif de poussières de sel. Les filtres HEPA retiennent les poussières fines, y compris les fibres d'amiante.
- Le ventilateur va expulser l'air par un ventube flexible dans une section libre : l'air va suivre la direction d'écoulement générale de la mine. L'installation mobile d'aspiration/filtration est initialement placée dans la voie d'accès latérale, vu que ses dimensions empêchent de la placer dans la galerie qui sera déstockée. Il sera toutefois envisageable, dans la mesure du possible, de la placer dans les recoupes dès que celles-ci seront vides. Le ventube est installé sous le toit, pour laisser libre le passage dans les galeries.

Etant donné que l'aspiration de l'air a lieu le plus près possible du front de déstockage pour saisir de manière la plus efficace possible les polluants éventuels, il faut, dans la mesure du possible, déplacer le système d'aspiration au fur et à mesure que le déstockage avance (ce qui nécessite d'ajouter des éléments du canar avant le déplacement).

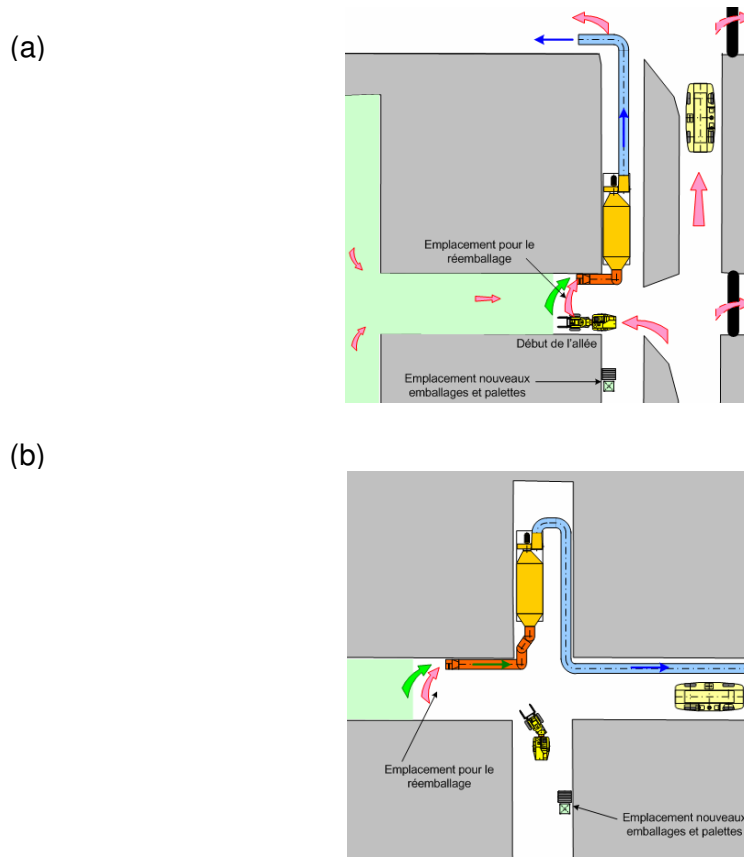


Fig. 31 Concept de l'aspiration à la source : (a) début du déstockage d'un bloc; (b) situation au milieu du déstockage. Flèche rouge = air frais ; flèche bleue = air en retour ; flèche verte : air potentiellement pollué

Le réemballage des colis est effectué près du front de déstockage pour éviter de devoir transporter des colis endommagés dans l'allée.

6.10.3.2 Surveillance

Une surveillance du système d'aérage, respectivement de la qualité de l'air dans l'allée, doit être effectuée régulièrement. Les points suivants sont particulièrement importants :

- Surveillance des filtres pour en détecter l'épuisement (mesure de la différence de pression) ou une rupture (capteur de lumière diffusée dans la sortie du bloc de filtres)
- Surveillance de la teneur en O₂, CO, CO₂ et CH₄ dans la zone de travail afin de s'assurer que le renouvellement d'air est suffisant
- Mesures de la vitesse du flux d'air dans la zone de travail (mesures du profil de la vitesse) pour vérifier que la vitesse du flux se situe entre 0.3 et 0.5 m/s.

6.10.3.3 Préparatifs nécessaires

Différents préparatifs sont nécessaires avant le début des travaux de déstockage :

- Installation de l'infrastructure de base : par ex. électricité, système de monitoring de la qualité de l'air
- Fermeture des entrées du bloc qui donnent sur la voie d'accès latérale pour augmenter l'efficacité de l'aspiration à la source
- Mise en place de l'installation mobile d'aspiration/filtration dans la voie d'accès centrale (et plus tard dans les galeries du bloc si possible, voir plus loin)
- Installation de la ligne de canars rigides entre la zone de déstockage et le bloc de filtres (et son prolongement au fur et à mesure que le déstockage avance, voir plus loin)
- Installation du ventube flexible au-dessous du toit, depuis le ventilateur jusqu'en dehors du bloc (prolongement du ventube, voir plus loin)
- Ouverture de la cloison de l'allée pour accéder aux déchets.

6.10.3.4 Progression du déstockage dans les blocs (Variante I-b prise comme exemple)

Dans le cadre de l'étude de 2011/2012, la progression du déstockage dans les blocs et plus exactement du déplacement de l'installation mobile d'aspiration/filtration au fur et à mesure que l'on avance dans les blocs a été évaluée et représentée [4,5]. Ceci ne sera pas repris ici.

6.11 Remarques finales

6.11.1 Besoins d'adaptation de l'infrastructure existante et des moyens disponibles

La disponibilité des engins (au fond et à la surface) doit être vérifiée, ainsi que leur bon fonctionnement. Une révision serait dans tous les cas nécessaire.

L'adaptation la plus onéreuse concerne le système d'aérage supplémentaire (voir plus haut).

Par ailleurs, au niveau administratif, le système informatique de StocaMine devra être adapté pour accueillir les données supplémentaires provenant des phases de déstockage intermédiaire, les données de l'étiquetage conformes aux exigences des repreneurs, etc.

6.11.2 Traçabilité des colis

La traçabilité des colis doit être garantie pendant toutes les opérations de déstockage selon les exigences réglementaires françaises.

Les flux d'information nécessaires pour garantir la traçabilité des colis sont illustrés par la Fig. 32. La base de données de StocaMine est le point de départ pour la planification du déstockage : les données des colis seront transmises dans le bloc à déstocker afin d'adapter le type d'équipement de protection individuelle et le type de réemballage. En fonction de la catégorie et de la classe des déchets, les colis seront réemballés et étiquetés provisoirement (ou définitivement). Les informations (sur les colis et le matériel) nécessaires pour l'étiquetage devront donc être présentes au fond. Le type de réemballage et les données des nouvelles étiquettes devront être introduits dans la base de données de StocaMine.

Après le réemballage, les colis pourront être placés, si nécessaire, dans le stockage intermédiaire au fond (près du Puits Joseph). Si les capacités du stockage intermédiaire au jour sont suffisantes, les colis seront transportés au jour. Les colis seront triés dans les stockages intermédiaires selon la classe et la nature des déchets pour simplifier la logistique de leur transport chez les repreneurs. La position des colis dans les stockages intermédiaires devra être transmise dans la base de données de StocaMine.

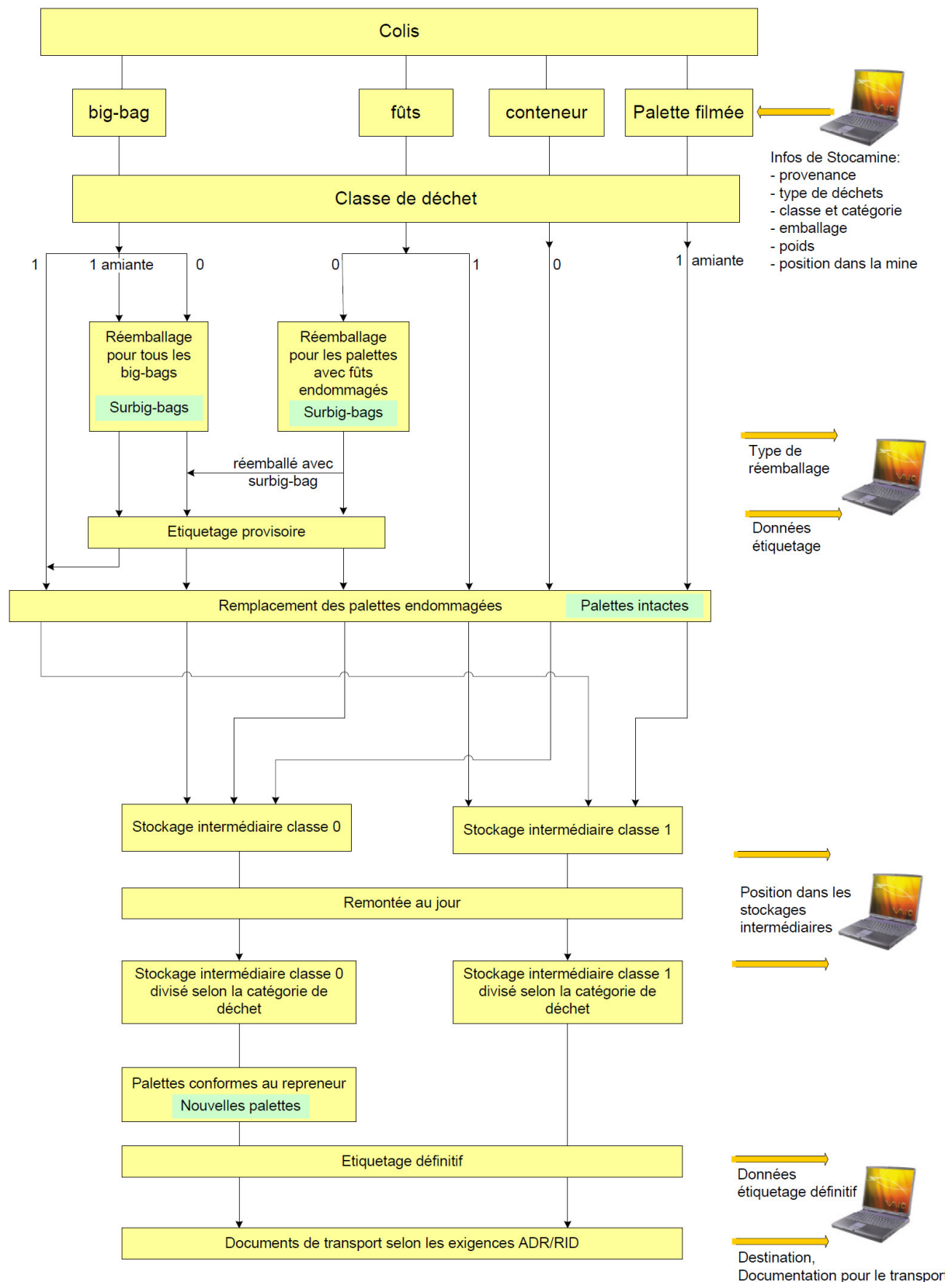


Fig. 32 Traçabilité des colis lors du déstockage. Les flux d'information sont indiqués par les flèches orangées

7 Aspects relatifs à la sécurité et à la protection de la santé au travail

Les aspects de la sécurité et de la protection de la santé au travail ont été traités par Swissi. Les détails de l'étude sont consignés dans le rapport fourni en Annexe 23. Notons que ce rapport est construit de manière générale et est valable pour tout scénario envisageable, c'est-à-dire :

- Réversibilité totale ou partielle
- Manipulation ou non de déchets amiantés.

Le but du présent chapitre est de résumer cette analyse. Il s'agit entre autres de donner une vue d'ensemble sur les équipements de protection individuelle nécessaires ainsi que sur l'équipement de protection de la zone attendu selon la situation, c'est-à-dire selon le type de déchets manipulés et selon le degré de risque encouru (faible, moyen ou élevé). Ce dernier a été évalué en combinant les critères suivants :

- Etanchéité de l'emballage
- Stabilité du colis
- Accessibilité du colis.

Le degré de risque a été défini différemment selon qu'il s'agisse de :

- Déchets non amiantés
- Déchets contenant de l'amiante lié
- Déchets contenant de l'amiante libre.

7.1 Déstockage/restockage de déchets ne contenant pas d'amiante

7.1.1 Equipement de protection individuelle

D'après l'étude de Swissi, de manière générale, les activités de déstockage/restockage des déchets autres que les déchets amiantés imposent l'équipement de protection individuel suivant :

- Vêtement de travail à manches longues ou combinaison avec capuchon étanche aux poussières selon le degré de risque encouru
- Masque de type FFP3 **sans ventilation assistée en cas de degré de risque faible ou moyen**
- Masque de type TM3P **avec ventilation assistée en cas de degré de risque élevé**
- Gants et bottes attachés ou non de manière étanche à la combinaison, selon le degré de risque encouru.

7.1.2 Protection de la zone de travail

Selon Swissi, en l'absence de système de ventilation local, la zone de travail devrait être fermée de manière étanche. Dans le cas présent, on peut s'abstenir de cette précaution compte tenu du fait que le système d'aérage supplémentaire permettra un flux d'air frais contrôlé dans la zone de travail.

Une installation permettant d'asperger la zone et le personnel d'un brouillard d'eau en cas de chute d'un colis contenant une substance pulvérulente doit être prévue. De plus, des bâches permettant de recouvrir et isoler un colis ayant chuté doivent être disponibles à tout moment.

7.2 Déstockage/restockage de déchets amiantés

7.2.1 Equipement de protection individuelle

D'après l'étude de Swissi, quel que soit le degré de risque encouru, les activités de déstockage/restockage de déchets amiantés imposent l'équipement de protection individuel suivant :

- Combinaison avec capuchon étanche aux poussières
- Masques de protection
- Gants et bottes attachés de manière étanche à la combinaison.

En ce qui concerne les masques de protection, ceux-ci doivent être de **type FFP3 sans ventilation assistée en cas de risque faible et de type TM3P avec ventilation assistée dès que le risque est qualifié de moyen** (voir détails en Annexe 23 sur la définition des niveaux de risque en cas de manipulation de déchets amiantés).

7.2.2 Protection de la zone de travail

Selon Swissi, en l'absence de système de ventilation local (aérage supplémentaire) et quel que soit le degré de risque, la zone de travail devrait être fermée de manière étanche. Dans le cas présent, on peut s'abstenir de cette précaution compte tenu du fait que le système d'aérage supplémentaire (aspiration à la source) permettra un flux d'air frais contrôlé dans la zone de travail. En cas de niveau de risque élevé, un sas d'accès sera nécessaire et la zone de travail devra être mise en dépression. Ce dernier point est garanti via le système d'aérage supplémentaire, lequel fonctionne en aspiration (aspiration à la source). Par ailleurs, l'installation de sas est compatible avec le système d'aérage supplémentaire proposé dans le cadre de la présente étude et son dimensionnement. Néanmoins, ces sas demanderont forcément quelques adaptations d'installation. Ce point ne sera pas traité plus en détail ici et sera repris dans le cadre du projet d'exécution détaillé le cas échéant.

Dans tous les cas, une installation permettant d'asperger la zone et le personnel d'un brouillard d'eau en cas de chute d'un colis contenant une substance pulvérulente doit être prévue. De plus, des bâches permettant de recouvrir et isoler un colis ayant chuté doivent être disponibles à tout moment.

En cas de risque élevé, des mesures de concentration en amiante dans la zone devront être effectuées après les travaux.

7.3 Activités de reconditionnement

D'après Swissi, les activités de reconditionnement des colis correspondent à un risque élevé. Les équipements doivent alors être adaptés en conséquence, selon qu'il s'agisse de colis contenant des déchets amiantés ou non, c'est-à-dire :

- Combinaison avec capuchon étanche aux poussières, indépendamment de la nature des déchets
- **Masque TM3P avec ventilation assistée**, indépendamment de la nature des déchets
- Gants et bottes attachés de manière étanche à la combinaison, indépendamment de la nature des déchets
- Installation de sas dans le cas de déchets amiantés
- Système pour asperger la zone d'un brouillard d'eau, indépendamment de la nature des déchets
- Bâches de recouvrement disponibles, indépendamment de la nature des déchets
- Mesure de concentrations en amiante dans l'air ambiant après reconditionnement de colis de déchets amiantés.

7.4 Conclusions de Swissi sur les protections individuelles après simplification

Après simplification des conditions, c'est-à-dire réduction du nombre de situations, Swissi a conclu que quel que soit le scénario rencontré (risque faible à élevé, avec ou sans amiante, activités de déstockage ou de reconditionnement), le mode de protection individuelle préconisé peut être « standardisé ». Ceci se base entre autres sur les deux éléments suivants :

- Un grand nombre de colis contenant des substances pulvérulentes sera rencontré et une partie non négligeable de ces colis sera endommagée
- L'utilisation d'un masque FFP3 sans assistance respiratoire peut entraîner des contraintes respiratoires importantes.

Le mode de protection individuelle pour les activités de déstockage/restockage et de reconditionnement préconisé au fond est alors le suivant :

- Combinaison avec capuchon étanche aux poussières
- Masque TM3P avec ventilation assistée

Gants et bottes attachés de manière étanche à la combinaison.

8 Elimination ou valorisation des déchets déstockés et remontés

En ce qui concerne les colis remontés, deux possibilités pourraient fondamentalement exister quant à leur devenir : l'élimination ou le traitement (valorisation).

8.1 Options d'élimination et coûts unitaires

S'ils sont éliminés, selon leur classe, les colis doivent l'être comme suit :

- Classe 1 (les déchets amiantés et les résidus d'incinération) : dépôt dans un Centre d'enfouissement technique de classe 1 (CET 1) agréé, en France.
- Classe 0 (typiquement les déchets mercuriels et arséniés) : restockage en site de stockage souterrain. Comme un tel stockage n'a été réalisé en France que sur le site de StocaMine, les déchets de classe 0 devront être exportés dans des anciennes mines de sel allemandes aujourd'hui agréées comme site de stockage souterrain sécurisé.

8.1.1 Centre d'enfouissement technique

8.1.1.1 Généralités

Les Centres d'enfouissement technique sont des lieux de dépôts de déchets contrôlés et réglementés sur des surfaces adaptées. La décharge doit rester étanche pour préserver la nappe phréatique et la vie alentours. Son emplacement est donc choisi en fonction de la nature imperméable du sous-sol (argile ou limon fin). Si de tels terrains ne sont pas disponibles, le sous-sol sera rendu artificiellement étanche à l'aide de bitumes, de feuilles de plastique, de résines synthétiques liées au sol, de silicates ou autres produits liants. Les déchets triés seront stockés en couches de 2 mètres, comprimés mécaniquement et recouverts d'une couche de gravats ou de boues d'épuration.

De manière générale, les CET sont en France classés de la manière suivante :

- CET de classe 1 : décharge de déchets industriels spéciaux, titulaire d'une autorisation préfectorale au titre de la législation sur les Installations Classées. Les DIS font l'objet d'un traitement préalable de stabilisation afin de limiter leur potentiel polluant et le CET est équipé de moyens importants de rétention et de récupération des polluants.
- CET de classe 2 : décharge de déchets municipaux ou assimilés ultimes (résidus urbains, déchets industriels banals), titulaire d'une autorisation préfectorale au titre de la législation sur les Installations Classées. Les déchets sont stockés dans des casiers régulièrement recouverts. Les jus de lixiviation sont drainés, récupérés et traités avant rejet. Le biogaz produit est capté et valorisé ou brûlé en torchère.
- CET de classe 3 : dépôt de déchets inertes (du bâtiment ou des travaux publics) à l'exclusion de tous déchets ménagers ou industriels autres que des déblais et gravats.

8.1.1.2 Critères d'acceptation pour CET 1

Les centres d'enfouissement adéquats dans le cas présent pour les résidus d'incinérations (E9) et les déchets amiantés (E13) sont les CET 1. Comme énoncé ci-avant, les CET 1 sont équipés pour procéder à la stabilisation des déchets de nature E9 et leur prise en charge n'est par conséquent pas problématique. Les déchets E13 peuvent également être stockés en CET 1. L'amiante friable est accepté à condition qu'il se trouve dans des big-bags en excellent état et équipé d'une housse interne et que ceux-ci soient marqués « amiante ». Ceci implique un re-conditionnement systématique des colis (sur-big-bags). Pour les déchets d'amiante non friable (filmés sur palette), il n'y a aucune restriction quant à leur prise en charge.

8.1.1.3 Exemples de centres envisageables, conditions et coûts de reprise

Deux sites potentiels (CET 1) ont été identifiés pour être géographiquement les plus proches du site de StocaMine, ceci afin de réduire les efforts de transports. Ces sites de stockage sont localisés à Vaivre-et-Montoille (département de la Haute-Saône) et à Jeandelaincourt (département de la Meurthe-et-Moselle) et sont tous les deux exploités par la société SITA.

Le site le plus proche de StocaMine est le centre de Vaivre-et-Montoille (117 km par route). Il peut accepter jusqu'à 75'000 t/an, avec une capacité d'accueil totale de 260'000 m³ (au 31.12.2010). Il est agréé pour les déchets amiantés (nature E13) et les REFIO/REFIDI (nature E9, pulvérulents). Les déchets de nature E9 sont entreposés dans des bâtiments pour analyse et contrôle. Ils doivent être conditionnés en big-bags ou en citerne (fûts). Ils sont ensuite traités et transportés sous forme de coulis stabilisé dans les alvéoles de stockage par camions internes adaptés. Les déchets de nature E13 sont directement stockés dans les alvéoles, ils doivent être conditionnés en double enveloppe scellée pour l'amiante friable.

8.1.1.4 Coûts unitaires

Un pré-chiffrage fourni par SITA indique, selon la variante considérée (c'est à dire selon la quantité de déchets livrée), les coûts d'acceptation suivants (transport compris):

- Scénario 1 (Variante III) :
 - 518 t (2'337 colis) de déchets E13 : 85% friable en big-bags **510 €/t** et 15% lié en palettes filmées **170 €/t** (soit un prix moyen de **460 €/t**)
 - 5'130 t (10'132 colis) de déchets E9 : **250 €/t**
- Scénario 2 (Variante IV)
 - 1'677 t (5'108 colis) de déchets E13 : 85% friable en big-bags **495 €/t** et 15% lié en palettes filmées **160 €/t** (soit un prix moyen de **445 €/t**)
 - 10'488 t (19'433 colis) de déchets E9 : **235 €/t**
- Scénario 3 (Variante V)

- 3'335 t (9'128 colis) de déchets E13 : 85% friable en big-bags **480 €/t** et 15% lié en palettes filmées **150 €/t** (soit un prix moyen de **430 €/t**)
- 19'800 t (37'211 colis) de déchets E9 : **215 €/t**

8.1.2 Stockage souterrain en Allemagne

Dans le cadre de l'étude précédente [4,5], BMG a réalisé une démarche prospectorice auprès des deux centres de stockage souterrains allemands présentant assurément les standards adéquats :

- La Décharge souterraine d'Herfa-Neurode (*Untertagedeponie Herfa-Neurode – UTD Herfa-Neurode*)
- La Décharge souterraine d'Heilbronn (*UTD Heilbronn*)

Les informations alors recueillies sont générales et ne prennent pas en compte les contraintes particulières qui sont apparues en matière de reconditionnement et de caractérisation lors de l'appel d'offres réalisé par StocaMine.

8.1.2.1 Généralités

La décharge UTD Herfa-Neurode est la plus grande décharge souterraine du monde. Elle se situe dans le Land de Hesse et est exploitée par l'entreprise K+S Entsorgung GmbH, une filiale de K+S AG (anciennement Kali und Salz AG). Le site s'étend sur plus de 400 km² à 800 m de profondeur. La hauteur des alvéoles de stockage se situe entre 2.5 et 2.9 m. La livraison s'effectue par camions ou par rail. L'ancienne mine de potasse se situe entre deux couches de sel de 100 m d'épaisseur. Vers le haut, la couche de sel est surplombée de différentes couches d'argile d'épaisseur comparable, ce qui rend le site étanche et donc sécurisé vis-à-vis de l'environnement.

La décharge UTD d'Heilbronn se situe dans le Land de Bade-Wurtemberg et est exploitée par l'entreprise Südwestdeutsche Salzwerke AG. Le site s'étend sous la ville d'Heilbronn à 200 m de profondeur. Il est composé de 1'800 compartiments de stockage de 200 m de long, 15 m de large et 10-20 m de haut. Les plus vieux compartiments restent secs et stables depuis plus d'un siècle.

8.1.2.2 Critères d'acceptation pour UTD allemande

Si l'on prend la décharge UTD Herfa-Neurode comme exemple, elle est une décharge de classe IV. Cela signifie que les déchets qui y sont entreposés nécessitent une attention et une surveillance particulière. A l'heure actuelle, y sont stockés environ 2.7 millions de tonnes de déchets ultimes, dont 220'000 tonnes de déchets contenant du mercure, 127'000 tonnes de déchets cyanurés, 690'000 tonnes de déchets contaminés aux polychloro-dibenzodioxine et 83'000 tonnes de déchets arséniés. Les déchets non acceptés sont les suivants :

- Déchets explosifs et auto-inflammables
- Déchets inflammables

- Déchets radioactifs
- Déchets pathogènes
- Déchets pouvant former des gaz dans les conditions de stockage
- Déchets présentant une odeur pénétrante
- Déchets liquides
- Déchets réagissant avec le sel pour former des substances nocives
- Déchets volumétriquement instables

Les critères d'acceptation de la UTD de Heilbronn sont similaires (voir liste en Annexe 16, en allemand).

A l'exception du critère de l'odeur (pouvant être respecté au moyen d'un emballage adéquat), ces critères d'exclusion correspondent à ceux appliqués par StocaMine. En conséquence, les seules limitations à prendre en compte concernent l'emballage des déchets.

Comme ceci était le cas pour StocaMine, les mines allemandes acceptent les déchets en big-bags, en fûts et en conteneurs métalliques, lesquels doivent être placés sur des palettes en bois (voir Annexe 16a).

Les dimensions des big-bags, des fûts et des conteneurs de Stocamine sont compatibles avec les exigences du stockage souterrain de Herfa-Neurode et de Heilbronn (voir Annexe 16). Sur la base des évaluations menées auprès de K+S AG, dans la mesure où l'emballage est intact, les déchets, tels que conditionnés dans le stockage de Stocamine, peuvent être restockés en mine(s) allemande(s). Ce fait est confirmé par TREDI qui utilise les mêmes emballages pour le stockage de déchets en Allemagne que pour ceux utilisés antérieurement pour le stockage à Wittelsheim.

Les conditions d'acceptation des emballages par les UTD allemandes sont les suivantes :

- Chaque colis doit être en parfait état et propre (dépourvu de poussières superficielles)
- *Big-bag avec certification UN* : les big-bags doivent avoir une housse interne et être antistatiques, ignifuges et être adaptés au stockage dans une mine. Les big-bags de StocaMine nécessitent donc une nouvelle certification UN (nécessaire aussi pour le transport) qui est valable pour une période de 5 ans.
- Fûts avec housse interne: à l'exception des sels de trempe, qui ont aussi été stockés en fûts sans housse interne, les autres fûts de StocaMine sont conformes aux exigences de Herfa-Neurode. Indépendamment de l'état des fûts, les cerclages assurant la stabilité des colis de fûts devront être remplacés. Par ailleurs, selon StocaMine, la majorité des fûts ne comporterait pas le marquage réglementaire attestant de leur conformité vis-à-vis de la réglementation selon l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR). En l'absence de ce marquage, StocaMine doit considérer que les fûts ne sont pas conformes, et doit prendre les dispositions né-

cessaires telles que reconditionnement du contenu dans des fûts ADR, ou bien des fûts complets dans des sur-fûts ADR. C'est cette dernière solution qui sera retenue, on estime que 75% des fûts sont concernés.

- *Conteneurs*: épaisseur du métal d'au moins 1.25 mm ; largeur de 1.1 m à 1.9 m, profondeur de 1.2 m. Pour la hauteur, il n'y a pas de limite.

Les fûts et les conteneurs nécessiteront probablement aussi une nouvelle certification UN. Le besoin de cette certification devra être vérifié avec les repreneurs dans la phase du projet d'exécution détaillé. Il est à noter qu'un réemballage éventuel des fûts et des conteneurs poserait des difficultés opérationnelles importantes pour le déstockage des colis.

Les emballages doivent être placés sur des palettes en bois de dimension 1.1 m x 1.2 m (voir Annexe 16a). Les palettes EURO, utilisées parfois par StocaMine, ne sont pas acceptées. Les palettes devront donc être remplacées par des palettes conformes aux exigences des mines allemandes. Dans le cas de Herfa-Neurode, les palettes sont livrées par la mine allemande.

Avant l'expédition des déchets vers l'Allemagne, il sera nécessaire de masquer le marquage actuel. Les déchets devront être étiquetés conformément aux exigences pour le transport et l'élimination. Pour déstocker les déchets, des contacts devront être pris avec les repreneurs de déchets afin de fixer définitivement les conditions de prise en charge.

Les colis qui arrivent à Herfa-Neurode sont analysés (en général un colis sur 4 est analysé) afin de confirmer leur conformité aux critères d'acceptation au stockage.

8.1.2.3 Coûts de reprise

Selon les derniers éléments d'information fournis par les repreneurs potentiels, le coût d'acceptation des déchets de classe 0 en UTD en Allemagne se situe autour de 320 €/t, transport compris.

8.2 Options de traitement et coûts unitaires

Ce chapitre est destiné à donner une vue d'ensemble sur les différentes techniques de traitement potentielles de certains déchets remontés.

8.2.1 Pyrolyse

8.2.1.1 Généralités

La pyrolyse est un traitement thermique. Elle s'applique surtout pour la purification des terres polluées. A titre d'exemple, la société spécialisée allemande BRZ Herne (SITA remediation GmbH) exerce cette technologie depuis près de 20 ans. Leurs installations sont adaptées au traitement de sols hautement contaminés par certaines substances organiques comme les dioxines, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les polychlorobiphényles, ainsi que par le mercure, ce qui nous intéresse particulièrement dans le cas présent au regard du traitement des déchets contenant du mercure (surtout au regard des Variantes I-b et II-b, lesquelles ne

concernent que les déchets mercuriels B5 et arséniés B3). Après traitement, dans la mesure du possible, les déchets sont assujettis à leur valorisation. Le procédé mis en œuvre est schématisé dans la brochure de SITA fournie en Annexe 17 (en allemand).

8.2.1.2 Critères d'acceptation

BRZ Herne impose, entre autres, les restrictions de concentration suivantes :

- [Hg] < 1'500 mg/kg
- [As] < 500 mg/kg
- [Cd] < 200 mg/kg

Or, à titre d'exemple, les déchets concernés par la Variante I-b, renfermant la majorité du mercure (arséniés B3 et mercuriels B5) présentent, en moyenne, des concentrations en mercure respectives de 8'000 et 3'000 mg/kg environ (voir Annexe 7). La situation est similaire pour les déchets de laboratoire D12, lesquels montrent une concentration en mercure moyenne d'environ 8'000 mg/kg (ces déchets sont concernés par les Variantes IV et V). Par conséquent, de manière générale, au regard du mercure, les conditions exigées par la société BRZ Herne ne sont pas respectées et les déchets ne pourraient donc pas être traités via pyrolyse par cette entreprise. Il est fort probable qu'il en irait de même pour d'autres entreprises analogues. Néanmoins, cela n'empêche pas que certains colis isolés respectent cette concentration, mais cela entraînerait un tri systématique des colis selon leurs concentrations (Hg, As et Cd) et compliquerait la logistique de manière remarquable.

Enfin, certains déchets comme les résidus d'incinération E9 contiennent également du mercure mais en concentrations minimales (environ 20 mg/kg pour les E9). Dans ce cas, les conditions seraient respectées au regard du mercure mais en contrepartie, ils contiennent de l'arsenic avec des concentrations moyennes d'environ 1'000 mg/kg, ce qui de nouveau ne rentre pas dans le cadre de tolérance.

8.2.1.3 Coûts

Selon BRZ Herne, les coûts de traitement par pyrolyse (sous conditions d'acceptation) s'élèveraient à environ 250 €/t.

8.2.2 Distillation du mercure

8.2.2.1 Généralités

Ce procédé, mis en œuvre entre autres par la société Batrec Industrie AG (une entreprise du groupe Veolia) dont les installations se situent à Wimmis en Suisse, exploite la propriété physique du mercure d'être liquide à température ambiante et de pouvoir être distillé, ce qui permettrait une séparation « propre » du métal des déchets (voir Fig. 33 ci-dessous). Dans les installations de Batrec, lesquelles nous avons visitées dans le cadre de la présente étude, le métal est isolé puis extrait par filtrage en plusieurs étapes. Selon la société, à la fin du traitement, le métal liquide

recupéré atteint un taux de pureté de 99.995%. Batrec est surtout spécialisée dans le recyclage des piles usagées, mais aussi des catalyseurs métalliques usés. Pour plus d'informations, la brochure de la société Batrec est fournie en Annexe 18.

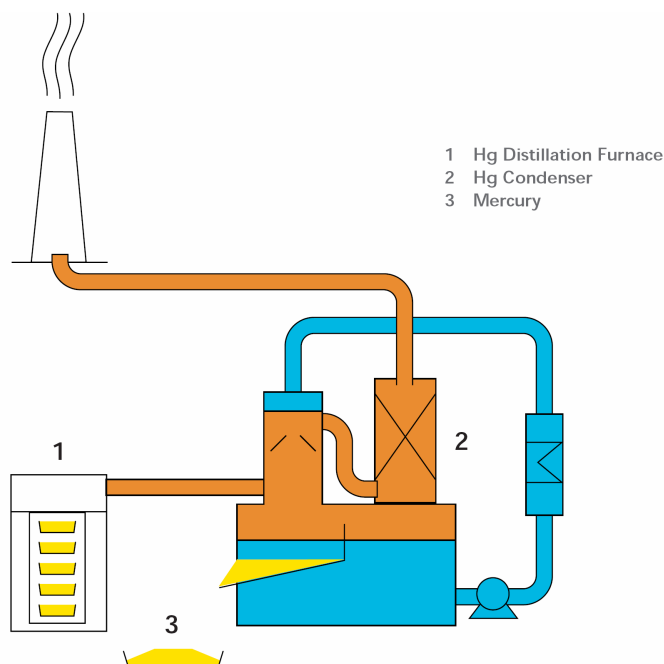


Fig. 33 Schéma simplifié du traitement de déchets riches en mercure par distillation et récupération du métal par condensation

8.2.2.2 Conditions et restrictions

Après concertation avec les représentants de la société Batrec, la séparation du mercure présent dans au moins une partie des déchets B3 et B5 semble techniquement réalisable. Selon Batrec, la concentration en mercure n'est pas un critère limitant : au contraire, une haute concentration en mercure facilite le procédé d'extraction. Par contre, le type et la texture des déchets sont restrictifs. Dans ce sens, un tri systématique des déchets selon leur texture serait indispensable avant traitement. Par ailleurs, les déchets contenant du mercure contiennent de manière générale d'autres métaux comme de l'arsenic (As), du cadmium (Cd), du plomb (Pb), du strontium (Sr), du vanadium (V), du tungstène (W), du zinc (Zn) ou encore du Zirconium (Zr) en teneurs souvent substantielles. Par conséquent, bien que d'autres métaux comme le Zn et le Cd puissent également être entraînés à haute température, dans la plupart des cas, le fait d'éliminer le mercure de ces déchets ne changerait rien quant à leur nature (nature 0 après comme avant traitement) et ils n'échapperaient donc pas à une obligation de stockage souterrain.

En conclusion, une extraction du mercure des déchets contenant le métal en teneurs substantielles semble être techniquement réalisable, mais impliquerait un tri systématique des déchets, afin d'identifier les colis respectant les critères de traitement et dépourvus d'autres polluants pouvant leur conférer une classe 0.

Remarque : Selon Batrec, une possibilité de traitement sur site ne peut pas être complètement exclue mais semble à première vue difficilement réalisable. Il s'agirait

d'une première expérience avec toutes les incertitudes et les risques que cela inclue.

8.2.2.3 Coûts

Toujours selon Batrec, les coûts de traitement par distillation du mercure varient selon le type de déchets et la quantité livrée, ils se situent ainsi entre 800 et 8'000 €/t. Une fois les déchets repris, ils appartiennent au repreneur.

8.2.3 Vitrification

8.2.3.1 Généralités

Une alternative au stockage des déchets amiantés de nature E13 (et éventuellement des résidus d'incinération E9) dans un centre CET 1 serait de les traiter par vitrification. A titre d'exemple, la société Inertam, une filiale du groupe Europlasma, propose une telle solution de traitement en France. Cette filière est basée sur un procédé de fusion par torche à plasma qui porte les déchets amiantés à très haute température et les transforme en un résidu vitreux ne représentant sur la base des connaissances actuelles plus aucun danger pour l'homme et l'environnement. Ce résidu est appelé le Cofalit®.

La vitrification semble être la seule méthode permettant de traiter les déchets amiantés en éliminant de façon définitive l'effet nocif des fibres d'amiantes. Elle présente ainsi un avantage sanitaire mais également juridique puisqu'elle dégage de toute responsabilité future les producteurs et détenteurs de déchets.

De manière générale, une première étape de tri permet de séparer les déchets métalliques qui sont alors envoyés, après décontamination, en filière de recyclage pour produire de l'acier et du cuivre recyclé. Une seconde étape de fusion permet ensuite de produire le Cofalit®, lequel est utilisé en sous-couche routière dans les chantiers de travaux publics à la place des granulats classiques.

Si l'on compare le traitement des déchets amiantés par vitrification et leur stockage en centre d'enfouissement, ce dernier prévient le risque, alors que le traitement annihile le risque en détruisant les fibres d'amiante et permet par ailleurs une valorisation de la matière présente dans les déchets.

Pour plus d'informations, la plaquette de la société Inertam est fournie en Annexe 19.

8.2.3.2 Restrictions

La logistique liée au déstockage, respectivement au traitement des déchets amiantés impose leur manipulation substantielle non sans risques pour l'homme depuis le fond de StocaMine jusqu'à la livraison au centre d'enfouissement, respectivement de traitement (déstockage, reconditionnement, remontée, transport, déchargement). Cette mise en danger des intervenants seraient nettement réduite si les déchets amiantés restaient au fond de la mine, même si cela implique de les manipuler ponctuellement pour des raisons logistiques. Comme l'amiante n'est pas un matériau soluble dans l'eau, un risque de dissémination future par voie aqueuse est par

ailleurs exclu. Autrement dit, la mise en danger serait accrue si les déchets amiantés étaient déstockés de la mine.

8.2.3.3 Coûts

Selon Inertam, les coûts de traitement des déchets amiantés par vitrification varient selon le type de déchets et la quantité livrée, ils se situent ainsi entre 800 et 2'400 €/t. Une fois les déchets repris, ils appartiennent au repreneur.

8.2.4 Conclusion

Un traitement des déchets, que ce soit par pyrolyse, distillation ou vitrification, semble selon les cas techniquement réalisable, mais serait de manière générale très onéreux.

Concernant la pyrolyse et la distillation du mercure, le traitement entrainerait par ailleurs des complications logistiques considérables en raison d'un tri systématique des colis pour une identification des déchets adéquats. De plus, dans de nombreux cas, le retrait du mercure n'aurait pas d'effet quant à la nature des résidus et donc sur leur devenir.

Finalement, comme l'amiante ne représente un danger que lorsqu'il est inhalé par l'homme, un déstockage des colis pour traitement (ou décharge) augmenterait considérablement les risques encourus.

9 Dimensionnement, calendrier et évaluation des coûts selon la variante engagée

9.1 Contexte et situation initiale

L'objectif du présent chapitre est d'estimer l'organisation logistique, les moyens nécessaires, le calendrier, ainsi que les coûts engendrés en cas d'exercice d'une réversibilité partielle ou totale selon la variante mise en œuvre, suivie d'une fermeture du site après confinement et remblayage.

Concernant le déstockage à proprement dit, ce qui suit se base sur l'expérience acquise dans le cadre des appels d'offres relatifs à une réversibilité selon la Variante I-b. A cet effet, pour le dimensionnement et la planification des phases de travaux, il convient de se placer dans le contexte réel dans lequel se trouve StocaMine aujourd'hui. La situation actuelle peut être résumée comme suit :

StocaMine a engagé les opérations de déstockage partiel des Blocs 21 et 22 selon la Variante I-b, laquelle avait fait l'objet d'une première étude en 2011/12 [4] : les appels d'offres sont en voie de finalisation, les marchés seront signés en automne 2013 et les travaux sur site vont démarrer au début de l'année 2014.⁴ Rappelons que ces démarches ont été initiées avant que l'exigence

⁴ Eléments d'information communiqués par StocaMine

d'évaluation d'autres variantes de réversibilité ne soit exprimée. La Fig. 34 représente schématiquement et de manière simplifiée le déroulement des opérations de déstockage selon la Variante I-b comme planifié dans le cadre des appels d'offres.

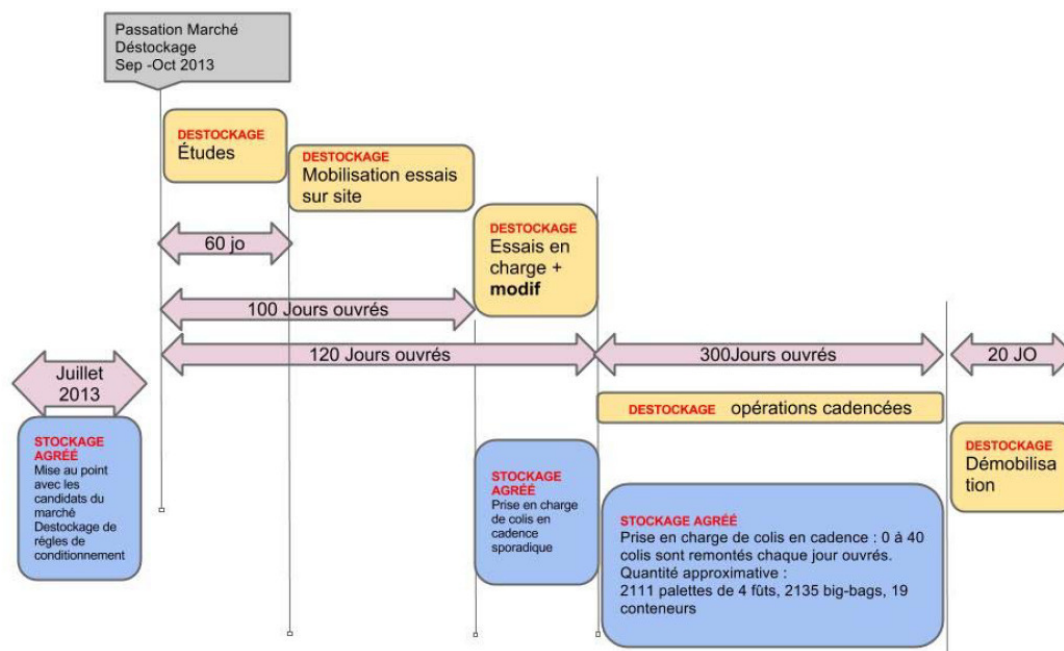


Fig. 34 Représentation simplifiée des opérations de déstockage selon Variante I-b (tiré de l'appel d'offres)

Les estimations du dimensionnement et des coûts effectuées dans le cadre de la planification de réalisation de la Variante I-b représentent la base des réflexions qui suivent. Notons que ces estimations s'appuient largement sur l'étude BMG de 2011/12, laquelle avait permis d'identifier la Variante I-b comme variante de choix d'une réversibilité partielle visant le retrait ciblé de colis contenant du mercure (évacuation de 56.5% de la masse totale de mercure présente au fond) [4].

Dans ce sens, la Variante I-b sera de toutes façons mise en œuvre, indépendamment de la situation. Les autres variantes viendront le cas échéant compléter ce scénario. En d'autres termes, les autres variantes évaluées ici autres que la Variante I-b viendront dans le prolongement de cette dernière, avec des appels d'offres, des approvisionnements et phases d'essais spécifiques.

9.2 Généralités

Comme évoqué ci-avant, la planification de la réalisation de la réversibilité selon la Variante I-b a été effectuée par StocaMine et les entreprises sollicitées dans le cadre des dossiers d'appels d'offre, sur la base de l'étude de 2011/12 [4]. Les éléments qui en résultent nous ont été communiqués par StocaMine. A cette fin, les capacités matérielles et humaines, ainsi que les aspects techniques, de sécurité au travail puis de protection de la santé sont pris en compte.

Dans un premier temps, les activités limitantes ont été identifiées. Ensuite, sur la base de l'expérience acquise par StocaMine en matière de déstockage, la perfor-

mance d'avancement a été estimée et les capacités humaines et matérielles (engins) nécessaires en ont été déduites.

Notons que, selon la Variante I-b, les blocs seront déstockés successivement sur un seul chantier. Nous verrons plus loin que ce n'est pas le cas pour les autres variantes, selon lesquelles une partie des travaux se déroule sur 2 chantiers (2 blocs) en parallèle. Notons que le travail sur deux chantiers en parallèle implique la mise en place d'un second système d'aérage complémentaire, ainsi qu'un doublement des équipements et engins.

Le déroulement de la réversibilité elle-même dépend énormément des autres activités à effectuer en parallèle dans la mine. Les travaux suivants peuvent s'avérer particulièrement contraignants :

- Déplacement et entretien des filtres du système d'aérage supplémentaire, conséquence : arrêt temporaire des activités de déstockage/restockage.
- Mise à section et mise en sécurité des galeries : les activités de déstockage et de restockage devront être interrompues le temps de la préparation des galeries.
- Réemballage des colis : cette opération peut nécessiter un certain temps notamment en cas de colis de déchets amiantés et il n'est pas trivial de prévoir le nombre de colis concernés.
- Adaptation des mesures de sécurité et de protection de la santé (installation de sas par ex., voir Annexe 23)
- Tri des colis selon la classe et la catégorie des déchets : la limite actuelle de 48 heures pour le stockage intermédiaire au jour devra être augmentée à une semaine au minimum afin de faciliter le déroulement de la réversibilité. Ceci est envisagé.

9.3 Variante I-b

Le dimensionnement et les coûts relatifs à la mise en œuvre de la variante I-b, du déstockage à la fermeture du site après confinement, sont décrits en détails dans le tableau de l'Annexe 20a (ce tableau résume également le concept technique sur lequel repose cette variante). Les éléments relatifs au déstockage en tant que tel sont en majeure partie issus de la planification effectuée dans le cadre des appels d'offres, laquelle se base sur l'étude de 2011/12 [4].

9.3.1 Concept technique de réversibilité

9.3.1.1 Colis remontés

Pour rappel, la Variante I-b concerne le déstockage d'une partie des déchets contenant du mercure (B3 et B5) des seuls Blocs 21 et 22. Selon cette variante, 4'265 colis (4'741 t) seront remontés.

9.3.1.2 Conditions de chantier / durée

Selon les estimations effectuées, on admet que la durée effective du déstockage sera de 12 mois (phases d'études et d'essais non incluses). Durant toute la durée des travaux, on travaille sur un seul chantier et 2 postes de 8 heures (16 heures par jour).

9.3.1.3 Conditionnement initial

Les colis à remonter sont aujourd'hui conditionnés en 2'135 big-bags et 2'111 palettes de fûts (4 fûts par palette, soit 8'444 fûts au total).

9.3.1.4 Reconditionnement

Il est admis que 75% des fûts remontés devront être reconditionnés en sur-fûts et 100% des big-bags en sur-big-bags. Il s'en suit le reconditionnement de 2'135 big-bags et 6'333 fûts. La masse induite par ces nouveaux emballages est prise en compte dans la masse totale des déchets à éliminer/traiter (50 kg par sur-fût et 2 kg par sur-big-bag). Notons que 30% des colis déplacés et restockés au fond (4'478) seront reconditionnés en big-bags (soit 1'343 sur-big-bags supplémentaires).

9.3.1.5 Elimination/traitement

Comme tous les colis remontés sont de classe 0, ils seront éliminés en stockage souterrain en Allemagne (voir tarifs au § 8.1). En cas de traitement (optionnel), une démercurisation serait envisageable (voir plus loin).

9.3.2 Calendrier

Le calendrier relatif à la Variante I-b, depuis le début des opérations de déstockage jusqu'à la fermeture du site après confinement et remblayage, est représenté en Fig. 35.

Variante I-b	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
dépôt du dossier de cessation d'activité	★											
instruction du dossier de cessation d'activité												
déstockage												
remplissage du Bloc 15, des blocs non stockés et des galeries d'accès												
construction des barrages de confinement												
désarmement des puits												
remblayage des puits												
démantèlement jour												

Fig. 35 Calendrier d'action selon Variante I-b

La réversibilité en tant que telle durera 12 mois, la construction des barrages 3 ans et le remplissage des galeries d'accès, des blocs vides (16, 25 et 26) et du Bloc 15, 2 ans. Les options de confinement (barrages et remplissage) ont été étudiées par la société spécialisée ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau GmbH (Erfurt, D) et sont décrites dans leur rapport du 24 juin 2013 [10] (voir détails plus loin).

Après remblayage des puits et démantèlement au jour, si les opérations débutent comme prévu, le site pourrait fermer fin 2020. Notons qu'il convient de laisser 6 mois pour la passation des marchés et les études de réalisation entre la fin de l'instruction du dossier de cessation d'activité et le début de la construction des barages de confinement.

9.3.3 Dimensionnement et coûts de la réversibilité

Le dimensionnement des opérations de réversibilité en tant que telles est découpé de la manière suivante : (pour les coûts correspondants, voir tableau de l'Annexe 20a)

- Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés
- Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris), dont :
 - Etudes
 - Approvisionnement
 - Mobilisation et installation
 - Essais à blanc et en charge
 - Démobilisation
 - Location des équipements
 - Fournitures et consommables (hors sur-emballages)
 - Reconditionnement
 - Personnel en régie
- Mission de maîtrise d'œuvre
- Mission d'AMO en prévention sécurité
- Contrôle (vérification, analyses, étiquetage, traçabilité)
- Elimination (transport compris)

Selon la Variante I-b, les coûts de réversibilité sont estimés à environ 8 M€, répartis de la manière suivante :

- AMO pour la passation des marchés : 0.1 M€
- Mission de maîtrise d'œuvre : 0.3 M€
- Mission d'AMO en prévention sécurité : 0.3 M€
- Marché de déstockage : 4 M€
- Reconditionnement : 1.2 M€
- Restockage (vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité ...) : 0.15 M€
- Elimination (stockage souterrain en Allemagne) : 1.6 M€

9.3.4 Dimensionnement et coûts d'entretien

Le dimensionnement de l'entretien de la mine durant les travaux de déstockage est découpé de la manière suivante : (pour les coûts correspondants, voir tableau de l'Annexe 20a, ils correspondent aux coûts prévisionnels pour 2013)

- Entretien pris en charge par MDPA
- Entretien pris en charge par StocaMine
- Entretien pris en charge par la société prestataire KOPEX
- Frais supplémentaires
 - Energie
 - Maintenance des engins
 - Divers

La période prise en compte pour les frais d'entretien est la période s'étendant du démarrage de l'opération de déstockage, jusqu'à la fin des travaux de confinement. Ainsi, sur une période de 5 ans, selon la Variante I-b, les frais d'entretien sont estimés à environ **35 M€**.

9.3.5 Dimensionnement et coûts de confinement

La Fig. 36 permet de visualiser la localisation des barrages ainsi que les galeries qui seront remplies (blocs vides 16, 25 et 26, Bloc 15 et galeries d'accès) selon les études d'ERCOSPLAN [10].



Fig. 36 Vue d'ensemble sur la localisation des barrages et des galeries à remplir selon ERCOSPLAN (Confinement après Variante I-b)

Après réversibilité selon Variante I-b, le dimensionnement des opérations de confinement est découpé de la manière suivante : (pour les coûts correspondants, voir tableau de l'Annexe 20a) :

- Remplissage des galeries d'accès, des blocs vides (16, 25 et 26) et du Bloc 15
 - Installation et désinstallation
 - Remplissage (matériaux compris)
 - Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...)
 - Imprévus
- Construction de barrages
 - Installation
 - Travaux préliminaires

- "Cutting of excavation disturbed zone"
 - Déport de la roche saline
 - Travaux de maçonnerie
 - Travaux de cachetage et d'imperméabilisation
 - Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...)
 - Imprévus
- Creusement d'une galerie d'exutoire et remplissage des trous de dégazage (MDPA et KOPEX)

Selon la Variante I-b, les coûts de confinement sont estimés à environ **41 M€**, dont :

- Environ 23 M€ pour le remplissage :
 - Remplissage des blocs vides et du Bloc 15 : env. 94'300 m³, soit environ 65% des coûts de remplissage
 - Remplissage des galeries d'accès : env. 54'700 m³, soit environ 35% des coûts de remplissage
- Environ 18 M€ pour la construction des barrages

Notons que, selon ERCOSPLAN, l'incertitude de leurs estimations est de $\pm 35\%$.

9.3.6 Coûts totaux de fermeture

Selon la Variante I-b, les coûts totaux de fermeture du site (déstockage + confinement) s'élèvent à environ **84 M€**, dont environ :

- 9% de déstockage/restockage
- 42% de frais d'entretien
- 49% de confinement

9.3.7 Option : traitement des déchets

De manière optionnelle, notons que le traitement de l'ensemble des colis remontés par démercurisation s'élèverait à environ **12.6 M€**. Comme, selon la société Batrec, le tarif indicatif peut varier entre de 800 à 8'000 € /t selon le type et la quantité de déchets livrés, un tarif médian de 2'500 €/t est considéré. Techniquement, tous les déchets remontés (B3 et B5) peuvent être démercurisés (soit 5'062 t); or la plupart d'entre eux contient d'autres polluants (par ex. As), qui leur confèrent une classe 0 même après retrait du mercure : une élimination en stockage souterrain allemand-serait tout de même indispensable.

9.4 Variante II-b

Comme évoqué plus haut, la Variante II-b, le cas échéant, serait réalisée en prolongement de la Variante I-b. Par conséquent, pour la plupart des positions, le dimen-

sionnement et les coûts relatifs à la mise en œuvre de la variante II-b ont été estimés en conséquence, en estimant que la Variante I-b serait d'abord réalisée (durée de 12 mois + prolongement). Ceci est décrit en détails dans le tableau de l'Annexe 20b (ce tableau résume également le concept technique sur lequel repose cette variante) et résumé ci-après.

9.4.1 Concept technique de réversibilité

9.4.1.1 Colis remontés

Pour rappel, la Variante II-b concerne le déstockage de la majorité des déchets contenant du mercure (B3 et B5 dans les Blocs 12, 21, 22 et 23), ce qui implique le déplacement de 2'083 colis de déchets amiantés E13, ainsi que 13'700 autres colis (soit 15'783 colis au total). Selon cette variante, 7'981 colis (8'534 t) seront remontés.

9.4.1.2 Conditions de chantier / durée

Par extrapolation, on admet que la durée effective du déstockage sera de 28 mois environ. Celle-ci est déduite des hypothèses et de la manière suivantes :

- 12 mois de Variante I-b
- Prolongement selon Variante II-b :
 - Application d'un facteur global de majoration de 2.7 par rapport à la Variante I-b : cela correspond au rapport du nombre de colis à déplacer (à remonter ou à restocker) selon la variante, soit $23'764_{(Variante II-b)} / 8'743_{(Variante I-b)}$.
 - Considération d'une augmentation de 60% du temps nécessaire pour procéder au déstockage en fin des 12 mois de Variante I-b pour prendre en compte les difficultés liées aux déchets amiantés (2'083 colis amiantés doivent être manipulés). Ce taux d'augmentation correspond à la surface de galeries de stockage approximative, qui contient des colis de déchets amiantés.
- Organisation des travaux sur un seul chantier durant la première année (cf. Variante I-b) puis sur 2 chantiers dans la phase de prolongement.
- Il s'en déduit une durée de 16 mois pour la phase de prolongement au-delà de la Variante I-b, soit $\{[12 \times 2.7] - 12\} \times (1 + 0.6) / 2$.

9.4.1.3 Conditionnement initial

En globalité, les colis à remonter sont aujourd'hui conditionnés en 5'188 big-bags, 2'771 palettes de fûts (4 fûts par palette, soit 11'084 fûts au total) et 22 conteneurs.

9.4.1.4 Reconditionnement

Il est admis que 75% des fûts remontés devront être reconditionnés en sur-fûts et 100% des big-bags en sur-big-bags. Il s'en suit le reconditionnement de 5'188 big-

bags et 8'313 fûts. La masse induite par ces nouveaux emballages est prise en compte dans la masse totale des déchets à éliminer/traiter (50 kg par sur-fût et 2 kg par sur-big-bag). Notons que l'ensemble des colis amiantés (2'083 colis) et 30% des autres colis déplacés et restockés au fond (13'700) seront reconditionnés en big-bags (soit 6'193 sur-big-bags supplémentaires).

9.4.1.5 Elimination/traitement

Comme tous les colis remontés sont de classe 0, ils seront éliminés en stockage souterrain en Allemagne (voir tarifs au § 8.1). En cas de traitement (optionnel), une démercurisation serait envisageable (voir plus loin).

9.4.2 Calendrier

Le calendrier relatif à la Variante II-b, depuis le début des opérations de déstockage jusqu'à la fermeture du site après confinement et remblayage est représenté en Fig. 37.

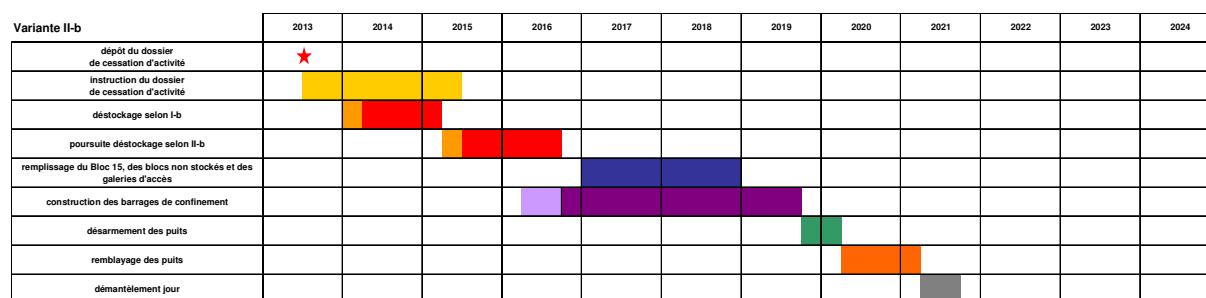


Fig. 37 Calendrier d'action selon Variante II-b

La réversibilité en tant que telle durera effectivement 28 mois, elle s'étalera néanmoins sur 10 trimestres, si l'on admet en toute rigueur une période de 3 mois entre les deux phases. Comme pour la Variante I-b, la construction des barrages durera 3 ans et le remplissage des galeries d'accès, des blocs vides (16, 25 et 26) et du Bloc 15, 2 ans. Après remblayage des puits et démantèlement au jour, si les opérations débutent comme prévu, le site fermera fin 2021.

9.4.3 Dimensionnement et coûts de la réversibilité

Le dimensionnement des opérations de réversibilité en tant que telles est découpé de la même manière que pour la variante I-b. **Par rapport à cette dernière, les positions budgétaires sont majorées comme suit :** (pour les coûts correspondants, voir tableau de l'Annexe 20b)

- Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés : tarif majoré de 75% pour passation de marché de la 2^{ème} phase de déstockage
- Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris), dont :

- Etudes : tarif majoré de 50% (bénéfice du retour d'expérience)
- Approvisionnement : tarif majoré de 100% (2^{ème} front)
- Mobilisation et installation : tarif majoré de 50% (reprise des installations de la 1^{ère} phase)
- Essais à blanc et en charge : tarif majoré de 50% (bénéfice du retour d'expérience)
- Démobilisation : tarif majoré de 50%
- Location des équipements : position en régie, doublée à partir de la deuxième phase de déstockage car travail sur 2 fronts en parallèle
- Fournitures et consommables (hors sur-emballages) : position en régie, majorée d'un facteur 2.7 (facteur déduit du rapport du nombre de colis à remonter/déplacer)
- Personnel : position en régie, doublée à partir de la deuxième phase de déstockage car travail sur 2 fronts en parallèle
- Mission de maîtrise d'œuvre : tarif forfaitaire basé sur la durée des travaux, majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois de travaux (prise en compte de la charge plus importante liée au fonctionnement sur 2 fronts et des difficultés engendrées par les conditions de désamiantage)
- Mission d'AMO en prévention sécurité : tarif forfaitaire basé sur la durée des travaux, majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois de travaux (prise en compte de la charge plus importante liée au fonctionnement sur 2 fronts et des difficultés engendrées par les conditions de désamiantage).

Selon la Variante II-b, les coûts de réversibilité sont estimés à environ 19 M€, répartis de la manière suivante :

- AMO pour la passation des marchés : 0.2 M€
- Mission de maîtrise d'œuvre : 0.5 M€
- Mission d'AMO en prévention sécurité : 0.5 M€
- Marché de déstockage : 13 M€
- Reconditionnement : 1.8 M€
- Restockage (vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité ...) : 0.4 M€
- Elimination (stockage souterrain en Allemagne) : 2.9 M€

9.4.4 Dimensionnement et coûts d'entretien

Le dimensionnement de l'entretien de la mine durant les travaux de déstockage est découpé de la même manière que pour la Variante I-b.

Selon la Variante II-b, sur la période de 5 ans et 6 mois, les frais d'entretien sont estimés à environ **39 M€**.

9.4.5 Dimensionnement et coûts de confinement

Concernant le dimensionnement et les coûts des opérations de confinement, aucun changement ne s'applique par rapport à la Variante I-b (coûts d'environ **41 M€**).

9.4.6 Coûts totaux de fermeture

Selon la Variante II-b, les coûts totaux de fermeture du site (déstockage + confinement) s'élèvent à environ **99 M€**, dont :

- 19% de déstockage/restockage
- 39% de frais d'entretien
- 42% de confinement

9.4.7 Option : traitement des déchets

De manière optionnelle, notons que le traitement de l'ensemble des colis remontés par démercurisation s'élèverait à environ **22.4 M€** (mêmes remarques que pour la Variante I-b). Comme, selon la société Batrec, le tarif indicatif peut varier entre de 800 à 8'000 € /t selon le type et la quantité de déchets livrés, un tarif médian de 2'500 €/t est considéré. Techniquement, tous les déchets remontés (B3 et B5) peuvent être démercurisés (soit 8'960 t); or la plupart d'entre eux contient d'autres polluants (par ex. As), qui leur confèrent une classe 0 même après retrait du mercure : une élimination en stockage souterrain allemand serait tout de même indispensable.

9.5 Variante III

La Variante III, le cas échéant, serait également réalisée en prolongement de la Variante I-b. Par conséquent, pour la plupart des positions, le dimensionnement et les coûts relatifs à la mise en œuvre de la variante III ont été estimés en conséquence, en estimant que la Variante I-b serait d'abord réalisée (durée de 12 mois + prolongement). Ceci est décrit en détails dans le tableau de l'Annexe 20c (ce tableau résume également le concept technique sur lequel repose cette variante) et résumé ci-après.

9.5.1 Concept technique de réversibilité

9.5.1.1 Colis remontés

Pour rappel, la Variante III concerne le déstockage total des Blocs 21 et 22, sans tri préalable des déchets. Selon cette variante, 18'760 colis (13'149 t) seront remontés, dont 2'337 colis de déchets amiantés.

9.5.1.2 Conditions de chantier / durée

Par extrapolation, si l'on travaillait sur un seul front tout comme dans le cas de la Variante I-b, on admet que la durée effective du déstockage serait de 52 mois environ (4 ans et 4 mois). A cet effet, un facteur global de majoration de 4.4 par rapport à la variante I-b est appliqué, ce qui correspond au rapport des colis remontés selon la variante (soit $18'760_{(\text{Variante III})}/4'265_{(\text{Variante I-b})}$)⁵. Or, durant la première année, c'est-à-dire durant la première phase de déstockage selon Variante I-b, les travaux s'effectueront sur un seul front, puis sur 2 chantiers ensuite (après 12 mois). Ainsi, après 12 mois, la durée est divisée de moitié. **Par conséquent, la durée totale effective du déstockage sera de $12_{\text{Var. I-b}} + 40/2_{\text{prolongement}} = 32$ mois, soit 2 ans et 8 mois.**

Remarque : on considère le rapport des nombres de colis remontés et non des nombres de colis déplacés afin de prendre en compte les difficultés liées aux déchets amiantés.

9.5.1.3 Conditionnement initial

En globalité, les colis à remonter sont aujourd'hui conditionnés en 15'484 big-bags, 2'833 palettes de fûts (4 fûts par palette, soit 11'332 fûts au total) et 443 conteneurs.

9.5.1.4 Reconditionnement

Il est admis que 75% des fûts remontés devront être reconditionnés en sur-fûts et 100% des big-bags en sur-big-bags. Il s'en suit le reconditionnement de 15'484 big-bags et 8'499 fûts. La masse induite par ces nouveaux emballages est prise en compte dans la masse totale des déchets à éliminer/traiter (50 kg par sur-fût et 2 kg par sur-big-bag).

9.5.1.5 Elimination/traitement

Les colis remontés de classe 0 seront éliminés en stockage souterrain en Allemagne, ceux de classe 1 en CET 1 en France (voir tarifs au § 8.1). En cas de traitement (optionnel), une démercurisation des déchets B3 et B5, ainsi qu'une vitrification des déchets amiantés E13 serait envisageable (voir plus loin).

9.5.2 Calendrier

Le calendrier relatif à la Variante III, depuis le début des opérations de déstockage jusqu'à la fermeture du site après confinement et remblayage est représenté en Fig. 38.

⁵ On considère le rapport des nombres de colis remontés et non des nombres de colis déplacés afin de prendre en compte les difficultés liées aux déchets amiantés.

Variante III	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
dépôt du dossier de cessation d'activité	★											
instruction du dossier de cessation d'activité												
déstockage selon I-b												
poursuite déstockage selon III												
remplissage du Bloc 15, des blocs non stockés, déstockés et des galeries d'accès												
construction des barrages de confinement												
désarmement des puits												
remblayage des puits												
démantèlement jour												

Fig. 38 Calendrier d'action selon Variante III

La réversibilité en tant que telle durera effectivement env. 2 ans et 9 mois, elle s'étalera néanmoins sur 3 ans, si l'on admet en toute rigueur une période de 3 mois entre les deux phases. La construction des barrages durera 3 ans et le remplissage des galeries d'accès, des blocs vides (16, 25 et 26), des blocs nouvellement vidés (21 et 22) et du Bloc 15 un peu plus de 3 ans. Après remblayage des puits et démantèlement au jour, si les opérations débutent comme prévu, le site fermera fin 2021.

9.5.3 Dimensionnement et coûts de la réversibilité

Le dimensionnement des opérations de réversibilité en tant que telles est découpé de la même manière que pour la variante I-b. **Par rapport à cette dernière, les coûts sont majorés comme suit** : (pour les coûts correspondants, voir tableau de l'Annexe 20c)

- Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés : tarif majoré de 75% pour passation de marché de la 2^{ème} phase de déstockage
- Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris), dont :
 - Etudes : tarif majoré de 50% (bénéfice du retour d'expérience)
 - Approvisionnement : tarif majoré de 100% (2^{ème} front)
 - Mobilisation et installation : tarif majoré de 50% (reprise des installations de la 1^{ère} phase)
 - Essais à blanc et en charge : tarif majoré de 50% (bénéfice du retour d'expérience)
 - Démobilisation : tarif majoré de 50%
 - Location des équipements : position en régie, doublée à partir de la deuxième phase de déstockage car travail sur 2 fronts en parallèle
 - Fournitures et consommables (hors sur-emballages) : position en régie, majorée d'un facteur 4.4 (facteur déduit du rapport du nombre de colis à remonter)

- Personnel : position en régie, doublée à partir de la deuxième phase de déstockage car travail sur 2 fronts en parallèle
- Mission de maîtrise d'œuvre : tarif forfaitaire basé sur la durée des travaux, majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois de travaux (prise en compte de la charge plus importante liée au fonctionnement sur 2 fronts et des difficultés engendrées par les conditions de désamiantage)
- Mission d'AMO en prévention sécurité : tarif forfaitaire basé sur la durée des travaux, majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois de travaux (prise en compte de la charge plus importante liée au fonctionnement sur 2 fronts et des difficultés engendrées par les conditions de désamiantage)

Selon la Variante III, les coûts de réversibilité sont estimés à environ 24 M€, répartis de la manière suivante :

- AMO pour la passation des marchés : 0.2 M€
- Mission de maîtrise d'œuvre : 0.6 M€
- Mission d'AMO en prévention sécurité : 0.6 M€
- Marché de déstockage : 15.8 M€
- Reconditionnement : 1.9 M€
- Restockage (vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité ...) : 0.7 M€
- Elimination :
 - Stockage souterrain en Allemagne : 2.5 M€
 - Stockage en CET 1 en France : 1.6 M€

9.5.4 Dimensionnement et coûts d'entretien

Le dimensionnement de l'entretien de la mine durant les travaux de déstockage est découpé de la même manière que pour la Variante I-b.

Selon la Variante III, sur la période de 5 ans et 9 mois, les frais d'entretien sont estimés à environ **40 M€**.

9.5.5 Dimensionnement et coûts de confinement

Concernant le dimensionnement et les coûts des opérations de confinement, par rapport à la Variante I-b, les Blocs vidés 21 et 22 seront également remplis, ceci implique des coûts supplémentaires d'environ 4 M€, soit un total d'environ **45 M€**. A cet effet, par soucis d'homogénéité avec les calculs d'ERCOSPLAN, un volume de 19'000 m³ par bloc vidé est considéré (soit 38'000 m³ supplémentaires).

Les coûts de confinement sont alors répartis de la manière suivante :

- Environ 27 M€ pour le remplissage :

- Remplissage des blocs vides et du Bloc 15 : env. 132'300 m³, soit environ 70% des coûts de remplissage
- Remplissage des galeries d'accès : env. 54'700 m³, soit environ 30% des coûts de remplissage
- Environ 18 M€ pour la construction des barrages

Notons que, selon ERCOSPLAN, l'incertitude de leurs estimations est de $\pm 35\%$.

9.5.6 Coûts totaux de fermeture

Selon la Variante III, les coûts totaux de fermeture du site (déstockage + confinement) s'élèvent à environ **109 M€**, dont environ :

- 22% de déstockage/restockage
- 37% de frais d'entretien
- 41% de confinement

9.5.7 Option : traitement des déchets

De manière optionnelle, notons que le traitement de l'ensemble des colis remontés de natures B3, B5 et E13 s'élèverait à environ **16.4 Mio€**, répartis de la manière suivante :

- 15.1 M€ pour la démercurisation de 6'030 t de déchets (B3 +B5)
- 1.3 M€ pour la vitrification de 532 t de déchets amiantés E13

9.6 Variante IV

La Variante IV, le cas échéant, serait également réalisée en prolongement de la Variante I-b. Par conséquent, pour la plupart des positions, le dimensionnement et les coûts relatifs à la mise en œuvre de la variante IV ont été estimés en conséquence, en estimant que la Variante I-b serait d'abord réalisée (durée de 12 mois + prolongement). Ceci est décrit en détails dans le tableau de l'Annexe 20d (ce tableau résume également le concept technique sur lequel repose cette variante) et résumé ci-après.

9.6.1 Concept technique de réversibilité

9.6.1.1 Colis remontés

Pour rappel, la Variante IV concerne le déstockage total des Blocs 12, 21, 22 et 23, sans tri préalable des déchets. Selon cette variante, 35'583 colis (24'625 t) seront remontés, dont 5'108 colis de déchets amiantés.

9.6.1.2 Conditions de chantier / durée

Par extrapolation, si l'on travaillait sur un seul front tout comme dans le cas de la Variante I-b, on admet que la durée effective du déstockage serait de 100 mois environ (8 ans et 4 mois). A cet effet, un facteur global de majoration de 8.34 par rapport à la variante I-b est appliqué, ce qui correspond au rapport des colis remontés selon la variante (soit $35'583_{\text{(Variante III)}}/4'265_{\text{(Variante I-b)}}$)⁶. Or, durant la première année, c'est-à-dire durant la première phase de déstockage selon Variante I-b, les travaux s'effectueront sur un seul front, puis sur 2 chantiers ensuite (après 12 mois). Ainsi, après 12 mois, la durée est divisée de moitié. **Par conséquent, la durée totale effective du déstockage sera de $12_{\text{Var. I-b}} + 88/2_{\text{prolongement}} = 56$ mois, soit 4 ans et 8 mois.**

9.6.1.3 Conditionnement initial

En globalité, les colis à remonter sont aujourd'hui conditionnés en 30'035 big-bags, 4'870 palettes de fûts (4 fûts par palette, soit 19'480 fûts au total) et 678 conteneurs.

9.6.1.4 Reconditionnement

Il est admis que 75% des fûts remontés devront être reconditionnés en sur-fûts et 100% des big-bags en sur-big-bags. Il s'en suit le reconditionnement de 30'035 big-bags et 14'610 fûts. La masse induite par ces nouveaux emballages est prise en compte dans la masse totale des déchets à éliminer/traiter (50 kg par sur-fût et 2 kg par sur-big-bag).

9.6.1.5 Elimination/traitement

Les colis remontés de classe 0 seront éliminés en stockage souterrain en Allemagne, ceux de classe 1 en CET 1 en France (voir tarifs au § 8.1). En cas de traitement (optionnel), une démercurisation des déchets B3 et B5, ainsi qu'une vitrification des déchets amiantés E13 serait envisageable (voir plus loin).

9.6.2 Calendrier

Le calendrier relatif à la Variante IV, depuis le début des opérations de déstockage jusqu'à la fermeture du site après confinement et remblayage est représenté en Fig. 39.

⁶ On considère le rapport des nombres de colis remontés et non des nombres de colis déplacés afin de prendre en compte les difficultés liées aux déchets amiantés.



Fig. 39 Calendrier d'action selon Variante IV

La réversibilité en tant que telle durera effectivement env. 4 ans et 9 mois, elle s'étalera néanmoins sur 5 ans, si l'on admet en toute rigueur une période de 3 mois entre les deux phases. La construction des barrages durera 3 ans et le remplissage des galeries d'accès, des blocs vides (16, 25 et 26), des blocs nouvellement vidés (12, 21, 22 et 23) et du Bloc 15, 4 ans. Après remblayage des puits et démantèlement au jour, si les opérations débutent comme prévu, le site fermera début 2024.

9.6.3 Dimensionnement et coûts de la réversibilité

Le dimensionnement des opérations de réversibilité en tant que telles est découpé de la même manière que pour la variante I-b. **Par rapport à cette dernière, les coûts sont majorés comme suit** : (pour les coûts correspondants, voir tableau de l'Annexe 20d)

- Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés : tarif majoré de 75% pour passation de marché de la 2^{ème} phase de déstockage
- Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris), dont :
 - Etudes : tarif majoré de 50% (bénéfice du retour d'expérience)
 - Approvisionnement : tarif majoré de 100% (2^{ème} front)
 - Mobilisation et installation : tarif majoré de 50% (reprise des installations de la 1^{ère} phase)
 - Essais à blanc et en charge : tarif majoré de 50% (bénéfice du retour d'expérience)
 - Démobilisation : tarif majoré de 50%
 - Location des équipements : position en régie, doublée à partir de la deuxième phase de déstockage car travail sur 2 fronts en parallèle
 - Fournitures et consommables (hors sur-emballages) : position en régie, majorée d'un facteur 8.34 (facteur déduit du rapport du nombre de colis à remonter)

- Personnel : position en régie, doublée à partir de la deuxième phase de déstockage car travail sur 2 fronts en parallèle
- Mission de maîtrise d'œuvre : tarif forfaitaire basé sur la durée des travaux, majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois de travaux (prise en compte de la charge plus importante liée au fonctionnement sur 2 fronts et des difficultés engendrées par les conditions de désamiantage)
- Mission d'AMO en prévention sécurité : tarif forfaitaire basé sur la durée des travaux, majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois de travaux (prise en compte de la charge plus importante liée au fonctionnement sur 2 fronts et des difficultés engendrées par les conditions de désamiantage)

Selon la Variante IV, les coûts de réversibilité sont estimés à environ 43 M€, répartis de la manière suivante :

- AMO pour la passation des marchés : 0.2 M€
- Mission de maîtrise d'œuvre : 0.8 M€
- Mission d'AMO en prévention sécurité : 0.8 M€
- Marché de déstockage : 29.4 M€
- Reconditionnement : 3.5 M€
- Restockage (vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité ...) : 1.2 M€
- Elimination :
 - Stockage souterrain en Allemagne : 4.2 M€
 - Stockage en CET 1 en France : 3.3 M€

9.6.4 Dimensionnement et coûts d'entretien

Le dimensionnement de l'entretien de la mine durant les travaux de déstockage est découpé de la même manière que pour la Variante I-b.

Selon la Variante IV, sur la période de 8 ans et 3 mois, les frais d'entretien sont estimés à environ **58 M€**.

9.6.5 Dimensionnement et coûts de confinement

Concernant le dimensionnement et les coûts des opérations de confinement, par rapport à la Variante I-b, les Blocs vidés 12, 21, 22 et 23 seront également remplis, ceci implique des coûts supplémentaires d'environ 8 M€, soit un total d'environ **49 M€**. A cet effet, par soucis d'homogénéité avec les calculs d'ERCOSPLAN, un volume de 19'000 m³ par bloc vidé est considéré (soit 76'000 m³ supplémentaires).

Les coûts de confinement sont alors répartis de la manière suivante :

- Environ 30.5 M€ pour le remplissage :
 - Remplissage des blocs vides et du Bloc 15 : env. 132'300 m³, soit environ 75% des coûts de remplissage
 - Remplissage des galeries d'accès : env. 54'700 m³, soit environ 25% des coûts de remplissage
- Environ 18.5 M€ pour la construction des barrages

Notons que, selon ERCOSPLAN, l'incertitude de leurs estimations est de $\pm 35\%$.

9.6.6 Coûts totaux de fermeture

Selon la Variante IV, les coûts totaux de fermeture du site (déstockage + confinement) s'élèvent à environ **150 M€**, dont :

- 29% de déstockage/restockage
- 39% de frais d'entretien
- 32% de confinement

9.6.7 Option : traitement des déchets

De manière optionnelle, notons que le traitement de l'ensemble des colis remontés de natures B3, B5 et E13 s'élèverait à environ **27.1 M€**, répartis de la manière suivante :

- 22.7 M€ pour la démercurisation de 9'099 t de déchets (B3 +B5)
- 4.4 M€ pour la vitrification de 1'751 t de déchets amiantés E13

9.7 Variante V

La Variante V, le cas échéant, serait également réalisée en prolongement de la Variante I-b. Par conséquent, pour la plupart des positions, le dimensionnement et les coûts relatifs à la mise en œuvre de la variante V ont été estimés en conséquence, en estimant que la Variante I-b serait d'abord réalisée (durée de 12 mois + prolongement). Ceci est décrit en détails dans le tableau de l'Annexe 20e (ce tableau résume également le concept technique sur lequel repose cette variante) et résumé ci-après.

9.7.1 Concept technique de réversibilité

9.7.1.1 Colis remontés

Pour rappel, la Variante V concerne le déstockage total du site, sauf Bloc 15, sans tri préalable des déchets. Selon cette variante, 64'377 colis (42'248 t) seront remontés, dont 9'128 colis de déchets amiantés.

9.7.1.2 Conditions de chantier / durée

Par extrapolation, si l'on travaillait sur un seul front tout comme dans le cas de la Variante I-b, on admet que la durée effective du déstockage serait d'environ 180 mois (15 ans). A cet effet, un facteur global de majoration de 15.1 par rapport à la variante I-b est appliqué, ce qui correspond au rapport des colis remontés selon la variante (soit $64'377_{\text{(Variante III)}}/4'265_{\text{(Variante I-b)}}$)⁷. Or, durant la première année, c'est-à-dire durant la première phase de déstockage selon Variante I-b, les travaux s'effectueront sur un seul front, puis sur 2 chantiers ensuite (après 12 mois). Ainsi, après 12 mois, la durée est divisée de moitié. **Par conséquent, la durée totale effective du déstockage sera de $12_{\text{Var. I-b}} + 168/2_{\text{prolongement}} = 96$ mois, soit 8 ans.**

9.7.1.3 Conditionnement initial

En globalité, les colis à remonter sont aujourd'hui conditionnés en 54'202 big-bags, 8'838 palettes de fûts (4 fûts par palette, soit 35'352 fûts au total) et 1'337 conteneurs.

9.7.1.4 Reconditionnement

Il est admis que 75% des fûts remontés devront être reconditionnés en sur-fûts et 100% des big-bags en sur-big-bags. Il s'en suit le reconditionnement de 54'202 big-bags et 26'514 fûts. La masse induite par ces nouveaux emballages est prise en compte dans la masse totale des déchets à éliminer/traiter (50 kg par sur-fût et 2 kg par sur-big-bag).

9.7.1.5 Elimination/traitement

Les colis remontés de classe 0 seront éliminés en stockage souterrain en Allemagne, ceux de classe 1 en CET 1 en France (voir tarifs au § 8.1). En cas de traitement (optionnel), une démercurisation des déchets B3 et B5, ainsi qu'une vitrification des déchets amiantés E13 serait envisageable (voir plus loin).

9.7.2 Calendrier

Le calendrier relatif à la Variante V, depuis le début des opérations de déstockage jusqu'à la fermeture du site après confinement et remblayage est représenté en Fig. 40.

⁷ On considère le rapport des nombres de colis remontés et non des nombres de colis déplacés afin de prendre en compte les difficultés liées aux déchets amiantés.

Variante V	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
dépôt du dossier de cessation d'activité	★											
instruction du dossier de cessation d'activité												
déstockage selon I-b												
poursuite déstockage selon V												
remplissage du Bloc 15												
construction des barrages de confinement												
désarmement des puits												
remblayage des puits												
démantèlement jour												

Fig. 40 Calendrier d'action selon Variante V

La réversibilité en tant que telle durera effectivement 8 ans, elle s'étalera néanmoins sur 8 ans et 3 mois, si l'on admet en toute rigueur une période de 3 mois entre les deux phases. La construction des barrages (très allégés, voir plus loin) durera 6 mois et le remplissage du Bloc 15 également 6 mois. Après remblayage des puits et démantèlement au jour, si les opérations débutent comme prévu, le site fermera fin 2024.

9.7.3 Dimensionnement et coûts de la réversibilité

Le dimensionnement des opérations de réversibilité en tant que telles est découpé de la même manière que pour la variante I-b. **Par rapport à cette dernière, les coûts sont majorés comme suit** : (pour les coûts correspondants, voir tableau de l'Annexe 20e)

- Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés : tarif majoré de 50% par rapport à la Variante II-b
- Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris), dont :
 - Etudes : tarif majoré de 50% (bénéfice du retour d'expérience)
 - Approvisionnement : tarif majoré de 100% (2^{ème} front)
 - Mobilisation et installation : tarif majoré de 50% (reprise des installations de la 1^{ère} phase)
 - Essais à blanc et en charge : tarif majoré de 50% (bénéfice du retour d'expérience)
 - Démobilisation : tarif majoré de 50%
 - Location des équipements : position en régie, doublée à partir de la deuxième phase de déstockage car travail sur 2 fronts en parallèle
 - Fournitures et consommables (hors sur-emballages) : position en régie, majorée d'un facteur 15.1 (facteur déduit du rapport du nombre de colis à remonter)
 - Personnel : position en régie, doublée à partir de la deuxième phase de déstockage car travail sur 2 fronts en parallèle

- Mission de maîtrise d'œuvre : tarif forfaitaire basé sur la durée des travaux, majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois de travaux (prise en compte de la charge plus importante liée au fonctionnement sur 2 fronts et des difficultés engendrées par les conditions de désamiantage)
- Mission d'AMO en prévention sécurité : tarif forfaitaire basé sur la durée des travaux, majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois de travaux (prise en compte de la charge plus importante liée au fonctionnement sur 2 fronts et des difficultés engendrées par les conditions de désamiantage).

Selon la Variante V, les coûts de réversibilité sont estimés à environ 76 M€, répartis de la manière suivante :

- AMO pour la passation des marchés : 0.3 M€
- Mission de maîtrise d'œuvre : 1.5 M€
- Mission d'AMO en prévention sécurité : 1.5 M€
- Marché de déstockage : 52.1 M€
- Reconditionnement : 6.3 M€
- Restockage (vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité ...) : 2.3 M€
- Elimination :
 - Stockage souterrain en Allemagne : 6.6 M€
 - Stockage en CET 1 en France : 5.8 M€

9.7.4 Dimensionnement et coûts d'entretien

Le dimensionnement de l'entretien de la mine durant les travaux de déstockage est découpé de la même manière que pour la Variante I-b.

Selon la Variante V, sur la période de 8 ans et 9 mois, les frais d'entretien sont estimés à environ **62 M€**.

9.7.5 Dimensionnement et coûts de confinement

Concernant le dimensionnement et les coûts des opérations de confinement se trouvent allégés par rapport à la Variante I-b : le remplissage ne concerne que le Bloc 15 (volume à remplir de 15'000 m³ [10], soit env. 3 M€), et non les blocs vides ou déstockés, ni les galeries d'accès. Par ailleurs, les barrages sont de conception plus « légère » et ne concernent que le périmètre du Bloc 15 (env. 4 M€). Les coûts totaux estimés sont alors d'environ **7 M€**.

9.7.6 Coûts totaux de fermeture

Selon la Variante V, les coûts totaux de fermeture du site (déstockage + confinement) s'élèvent à environ **145 M€**, dont :

- 52% de déstockage/restockage
- 43% de frais d'entretien
- 5% de confinement

9.7.7 Option : traitement des déchets

De manière optionnelle, notons que le traitement de l'ensemble des colis remontés de natures B3, B5 et E13 s'élèverait à environ **33 M€**, répartis de la manière suivante :

- 24.7 M€ pour la démercurisation de 9'898 t de déchets (B3 +B5)
- 8.6 M€ pour la vitrification de 3'436 t de déchets amiantés E13

10 Vue d'ensemble et conclusion

Dans le cadre de la présente étude, 5 variantes de réversibilité partielle ou totale ont été évaluées :

- Variante I-b : variante de choix issue de l'étude de 2011/2012 [4] consacrée à la remontée d'une partie des déchets contenant du mercure de natures B3 et B5 en manipulant un minimum de colis amiantés. Elle concerne les Blocs 21 et 22 et permet de retrait de 56% de la masse totale de mercure présente au fond.
- Variante II-b : variante de choix issue de l'étude de 2011/2012 [5] consacrée à la remontée presque totale des déchets contenant du mercure de natures B3 et B5, en manipulant des déchets amiantés dans la logistique de retrait. Elle concerne les Blocs 12, 21, 22 et 23 et permet de retrait de 93% de la masse totale de mercure présente au fond.
- Variante III : prolongement de la Variante I-b, dans le sens où l'ensemble des Blocs 21 et 22 est déstocké, sans tri préalable des déchets
- Variante IV : prolongement de la Variante II-b, dans le sens où l'ensemble des Blocs 12, 21, 22 et 23 est déstocké, sans tri préalable des déchets
- Variante V : réversibilité totale, tous les blocs sont complètement déstockés, sauf le Bloc 15.

A l'heure actuelle, StocaMine planifie la réversibilité selon la Variante I-b, sur laquelle se sont basés les candidats aux appels d'offres établis. Cela signifie que cette variante sera dans tous les cas mise en œuvre, les travaux de réalisation débuteront à compter de début 2014. Par conséquent, toute variante autre que la Variante I-b, le cas échéant, viendrait en prolongement de cette dernière. Sur ces bases, le calendrier, le dimensionnement et les coûts associés à chacune des variantes ont été établis. Ainsi, la Variante I-b représente la première phase de déstockage, une éventuelle variante complémente la deuxième phase. La Fig. 41 (voir agrandissement en Annexe 21) donne une vue d'ensemble des calendriers d'action pour chacune des variantes, de l'instruction du dossier de cessation d'activité au

démantèlement au jour. Le Tableau 2 fournit les coûts totaux associés à chacune de ces variantes, il résume l'Annexe 22, laquelle fournit une vue d'ensemble des coûts pour chacune des variantes et pour chaque position considérée, du début de la réversibilité jusqu'à la fin du confinement du site. **Notons que le chiffrage réalisé repose sur des estimations relativement optimistes.**

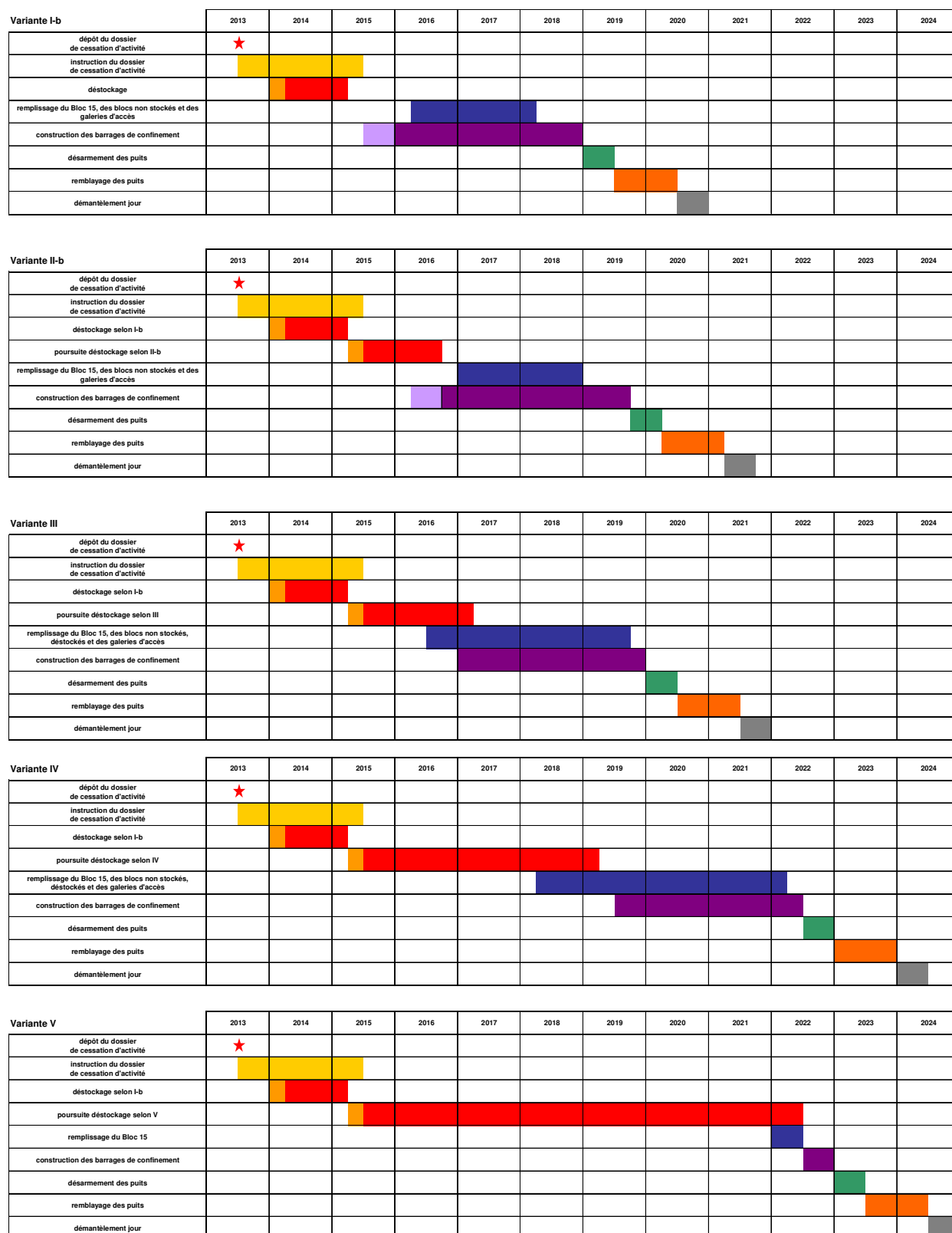


Fig. 41 Calendriers d'actions pour chacune des variantes évaluées, de l'instruction du dossier de cessation d'activité au démantèlement au jour

Tab. 2 Total des coûts selon variante

	Variante I-b	Variante II-b	Variante III	Variante IV	Variante V
TOTAL fermeture (M€)	84	99	109	150	145
Proportion	100%	118%	130%	178%	172%
Surcoût selon Variante I-b (M€)	0	15	25	66	60
Date de fermeture estimée	fin 2020	fin 2021	fin 2021	mi-2024	fin 2024
Options de traitement (M€)	12.6	22.4	16.4	27.1	33.3

Comme le montre le Tableau 2, selon ces estimations, le fait de prolonger la Variante I-b par une variante complémentaire induira une progression des coûts d'env. 20 à 80% et un retardement de la fermeture du site de une à 4 années. Ces chiffres ont été estimés dans la situation actuelle. L'expérience acquise dans le cadre de la première phase de réversibilité permettra d'en apporter les ajustements éventuels, sans oublier que la mine se dégrade en permanence et que les travaux dont il est question ici peuvent être qualifiés de pionniers en la matière.

Notons que le fait que la Variante V soit moins onéreuse que la Variante IV s'explique par le fait qu'elle implique des travaux de confinement considérablement allégés, compte tenu du fait que l'ensemble des déchets serait remonté, à l'exception de ceux situés dans le Bloc 15.

Lors de la présente étude, un éventuel traitement des déchets a été évalué (pyrolyse, démercurisation, vitrification). Les résultats montrent que le traitement provoquerait des complications logistiques considérables et serait beaucoup plus onéreux que le restockage en site agréé en Allemagne (déchets de classe 0) ou en France (déchets de classe 1). Par ailleurs, dans une grande partie des cas, le fait de retirer le mercure des déchets ne changerait rien à leur classe et ces derniers devraient de toute façon être restockés en décharge souterraine. Enfin, un traitement des déchets sur site semble à ce jour difficilement réalisable.

11 Suite des opérations

Après attribution des différents marchés aux entreprises spécialisées, les travaux de déstockage selon Variante I-b devraient débuter début 2014 et durer 12 mois. Ensuite, la décision de prolonger le déstockage ou d'initier les opérations de confinement devrait être prise.

Le chef de projet

BMG Engineering SA

Dr Ludovic Vieille-Petit

Dr Christoph Munz

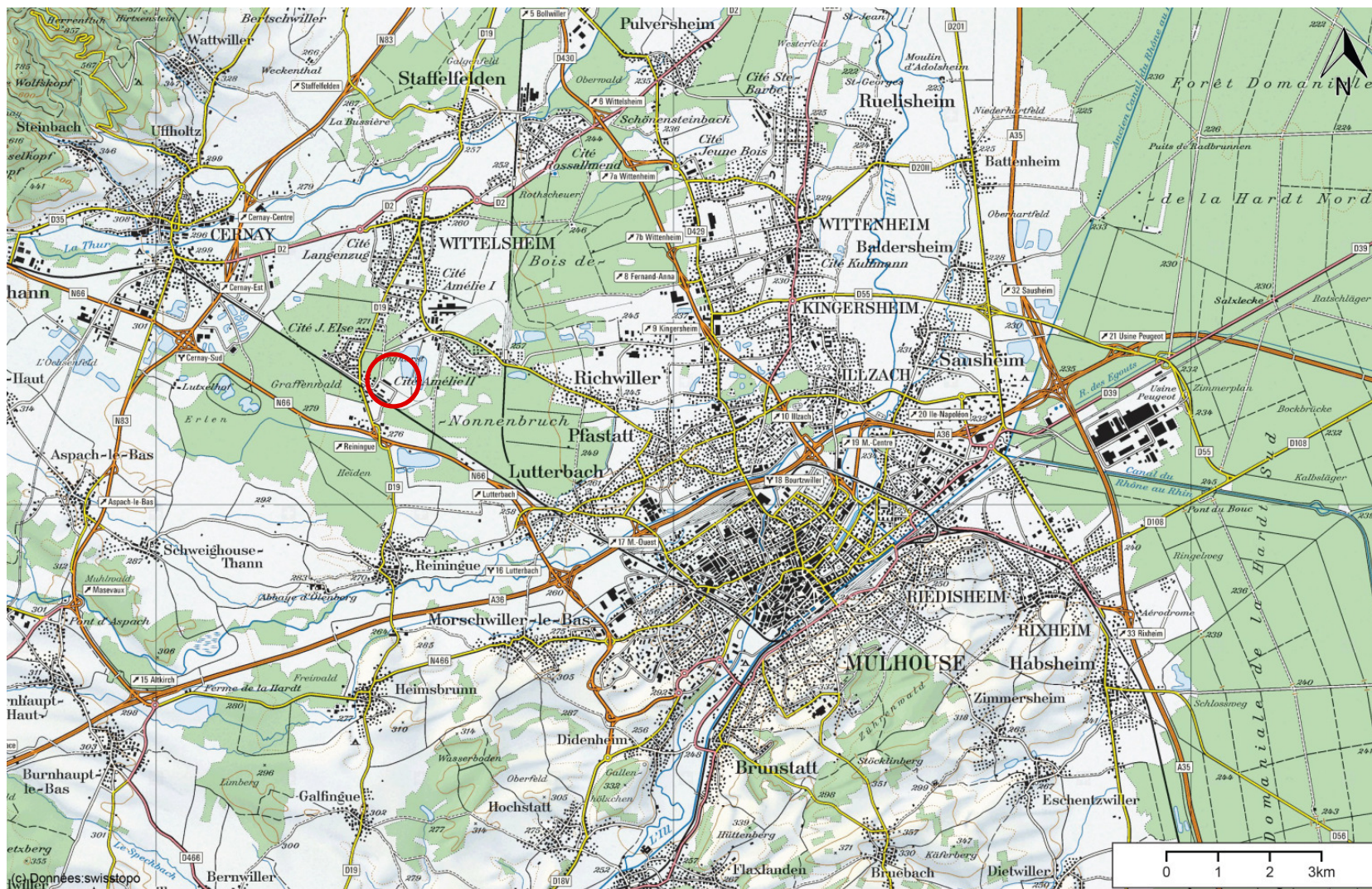
Schlieren, le 28 octobre 2013

Projet : StocaMine IV – variantes de réversibilité du stockage : étude 2013, 61'946

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

Annexe 1

Plan de situation



Annexe 1

Plan de situation

StocaMine

Evaluation logistique et technique de
variantes de réversibilité du stockage



Situation du site de stockage souterrain

Original: 1:100'000
map.geo.admin.ch

Adaptation BMG Engineering SA
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 13.08.2013

Annexe 2

Liste des études antérieures et des documents concernant StocaMine

Annexe 2**Liste (non exhaustive) des études et documents liés au site de StocaMine**

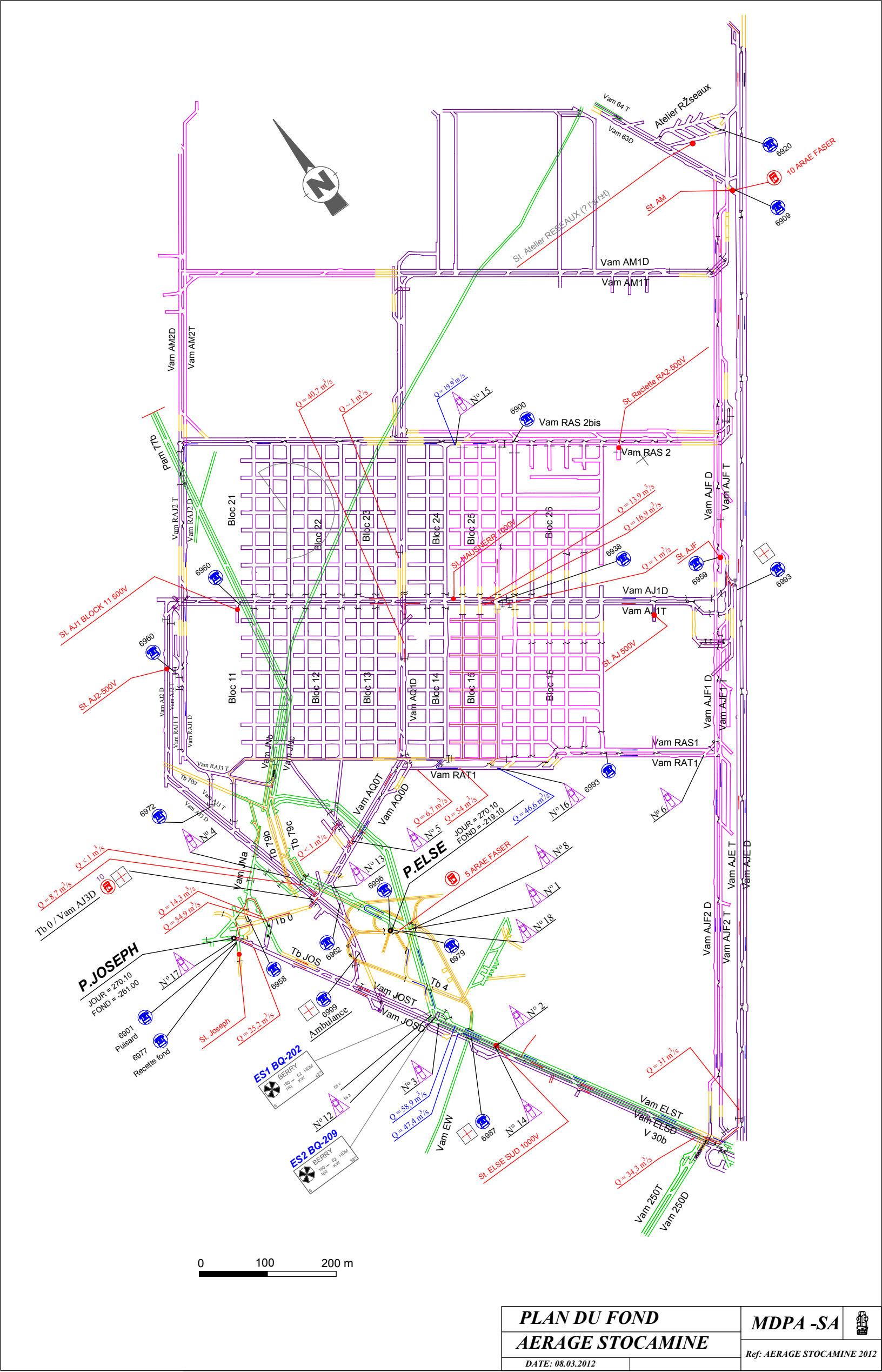
- [1] Le stockage en mine de déchets industriels, Stocamine, février 1996.
- [2] Etude de sûreté d'un projet de stockage de déchets toxiques dans la Mine Amélie. Aspects mécaniques du problème, Ecole des Mines de Paris, document non daté (antérieur à février 1997).
- [3] Estimation des mouvements sismiques à la cote 500 m, Institut de physique du globe de Strasbourg, document non daté (antérieur à février 1997).
- [4] Etude de sûreté d'un projet de stockage de déchets toxiques dans la Mine Amélie. Approche des problèmes liés à l'hydrologie, Ecole des Mines de Paris, document non daté (antérieur à février 1997).
- [5] Stockage profond : évaluation des flux de déchets admissibles, Agence Nationale pour la Récupération et l'Elimination des Déchets (ANRED), juillet 1990.
- [6] Stockage profond de déchets industriels : étude des dangers, Projet Etudes Conseils Services, Industrie Environnement (PECSIE), 27 mars 1991.
- [7] Mines de Potasse d'Alsace : tenue au séisme du cuvelage du puits Joseph, Electricité de France, 11 mars 1991.
- [8] Etude de sécurité chimique, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, 30 novembre 1990.
- [9] Etude de sécurité chimique sur le projet MDPA de stockage profond des déchets industriels dans la mine Joseph-Else à Wittelsheim, G. Kille, S. Walter, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, document non daté.
- [10] Stockage en mine de déchets toxiques : déchets à exclure, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), 14 septembre 1993.
- [11] Stockage en mine de déchets toxiques : déchets à exclure, INERIS, 21 septembre 1993.
- [12] Etude de sécurité chimique, procédure d'acceptation et de suivi des déchets, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Mulhouse, 21 janvier 1991.
- [13] Avis d'expert relatif à la demande de création d'un stockage souterrain de déchets industriels ultimes, INERIS, octobre 1996.
- [14] Réalisation d'un état initial du site de stockage de déchets industriels de Stocamine, INSA division Polden, décembre 1998.
- [15a] Etude du comportement hydraulique de l'obturation d'un puits par un bouchon de cendres volantes, étude bibliographique, INERIS, 21 décembre 2001.
- [15b] Etude du comportement hydraulique de l'obturation d'un puits par un bouchon de cendres volantes, synthèse (Projet), INERIS, 15 octobre 2002.
- [16a] Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim, bilan des émissions au jour et en fond de mine, ERM France, 20 février 2003.
- [16b] Evaluation des risques sanitaires : site de Wittelsheim, ERM France, 30 mars 2003.
- [17] Stocamine : rapport final d'expertise, Experts nommés par la Commission Locale d'Information et de Surveillance (CLIS), 24 juillet 2003.

- [18] Audit triennal de Stocamine, 1999-2002, INERIS, septembre 2003.
- [19] Suivi des lots, Stocamine, février 1999 à septembre 2002.
- [20] Analyses environnementales courantes, extraits, Stocamine.
- [21] Suivi minier, température et analyses des gaz, Stocamine et MDPA.
- [22] Arrêtés préfectoraux du 3.2.1997, 10.7.2001, 12.9.2002, 17.12.2002, Préfecture du Haut-Rhin.
- [23] Rapport d'activité, Stocamine, décembre 1999 à décembre 2002.
- [24] Manuel Qualité / Environnement, Stocamine 2 juillet 2002.
- [25] Plan des travaux du fond et aérage, MDPA.
- [26] Affaissement et dégâts de surface dans le bassin potassique alsacien, MDPA, 7 juillet 1999.
- [27] Caractérisation des cendres volantes, MDPA, 30 mars 2004.
- [28] Etude géologique, hydrogéologique et géotechnique du centre de stockage de Stocamine, Wittelsheim (Haut Rhin), MICA Environnement, avril 2004.
- [29] Détermination des dangers, Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité, juillet 2004.
- [30] Stockage souterrain de Wittelsheim : évaluation des risques suite au confinement de déchets dans la mine. Risques dus aux substances chimiques, BMG Engineering AG, juillet 2004.
- [31] Etude d'impact, rapport synthèse, Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité, juillet 2004.
- [32] Destockage dans le bloc 11, Hubert Haegelin (responsable stockage Stocamine), février 2004.
- [33] Réflexions sur le déstockage, Hubert Haegelin (responsable stockage Stocamine), février 2004.
- [34] Plan d'amélioration qualité n°3, Stocamine, novembre 2000.
- [35] Règlement général des industries extractives, juillet 2005.
- [36] Technische Regeln für Gefahrstoffe, Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, TRSG 519, September 2001.
- [37] Etude de sécurité au travail et de protection de la santé dans le cadre de la mise en œuvre de la réversibilité, Institut Suisse de Promotion de la Sécurité, juin 2006.
- [38] Rapport de synthèse Etude approfondie de la variante de la mise en œuvre de la réversibilité, Institut Suisse pour la Promotion de la Sécurité, juin 2006.
- [39] Stockage souterrain de Wittelsheim : évaluation technique de la variante de la mise en œuvre de la réversibilité, BMG Engineering AG, juin 2006.
- [40] Actualisation de l'étude du stockage de déchets toxiques dans la mine Amélie. F. Hadj-Hassen, M. Tijani, Ecole des Mines de Paris, février 2006.
- [41] Etude technique détaillée du confinement complémentaire du bloc 15, StocaMine, Soletanche-Bachy, juillet 2006.

- [42] Synthèse sur l'ennoyage de la mine de potasse Secteur Ouest, CESAME, septembre 2006.
- [43] Plan d'Urgence Interne, StocaMine
- [44] L'ennoyage des Mines de Potasse. Dossier commun : secteurs Est et Ouest, CESAME, avril 2008.
- [45] Rapport final ERCOSPLAN, 02 septembre 2008.
- [46] Rapport GEOSTOCK
- [47] Modes opératoires du laboratoire de StocaMine, juin, août et octobre 2000.
- [48] Dossier santé, sécurité (DSS) des MDPA, juin 2008.
- [49] Comité de pilotage StocaMine, rapport d'expertise, juillet 2011.
- [50] Estimation économique de diverses éventualités de fermeture de StocaMine, MDPA, Direction Générale, 2 décembre 2011.
- [51] Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage : Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure, document du 23 octobre (texte et annexes), ajusté dans la version du 5 mars 2013.
- [52] Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage : Retrait des déchets contenant du mercure, document du 23 octobre (texte et annexes), ajusté dans la version du 5 mars 2013.
- [53] Conceptual Design for Dam Constructions and Partial Backfill for the Isolation of the StocaMine Underground Waste Disposal Site, ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau GmbH, le 24 juin 2013

Annexe 3

Plan au fond : aérage StocaMine



Annexe 3

Situation de l'aérage

StacaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage

- Air frais
- Air de retour

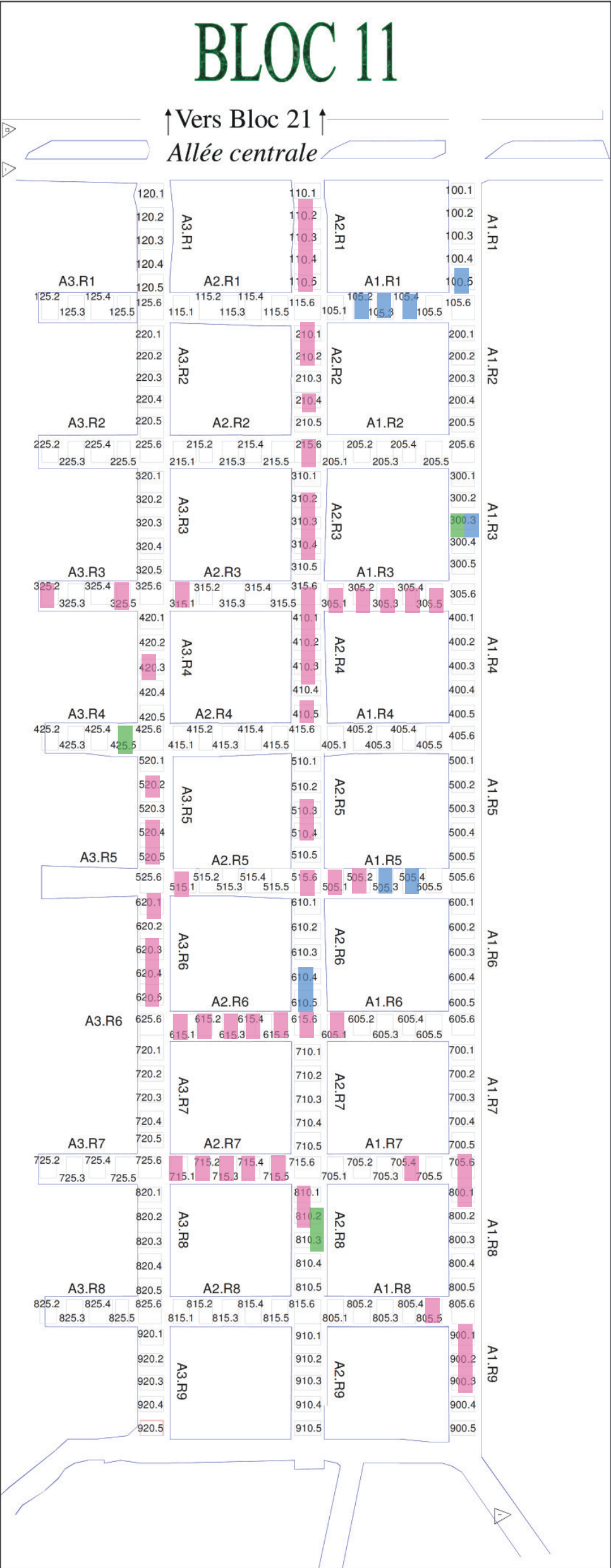
Original: Fichier électronique dwg StocaMine mars 2012

Adaptation: BMG Engineering SA Ifangstrasse 11 8952 Schlieren Tel. 044 732 92 92

Date: 15.08.2013

Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage

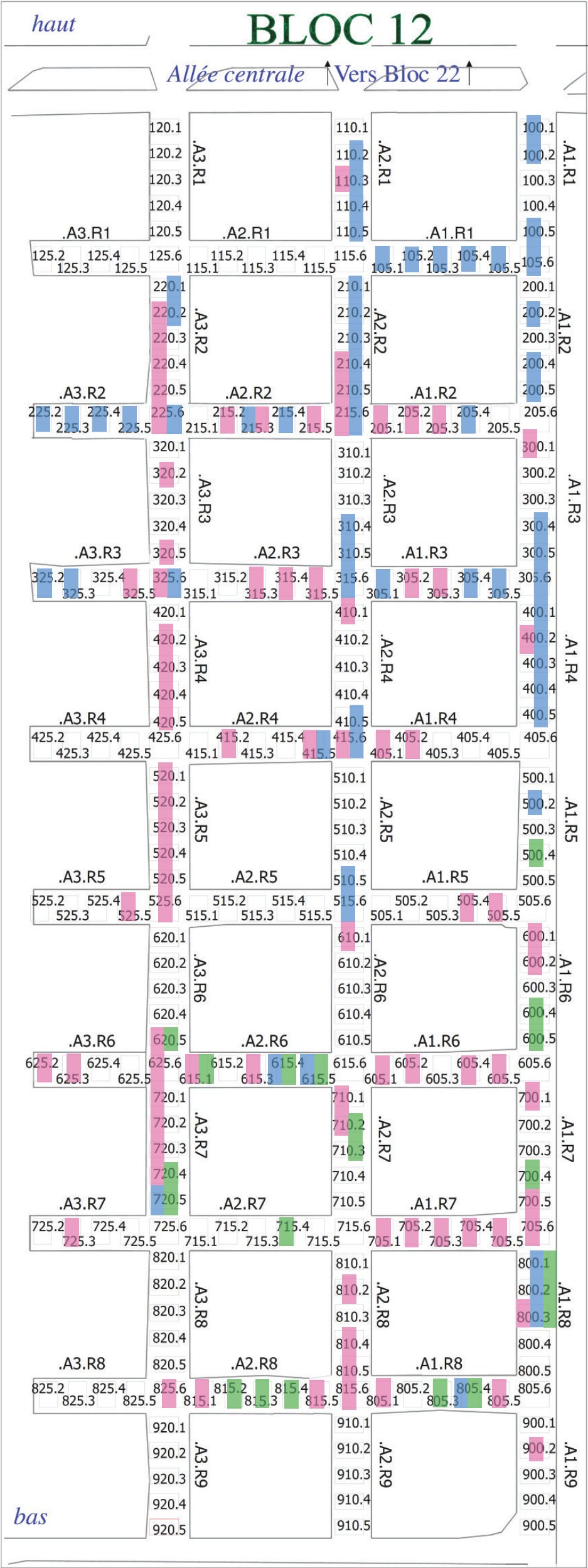


- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92

Date: 15.08.2013



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage



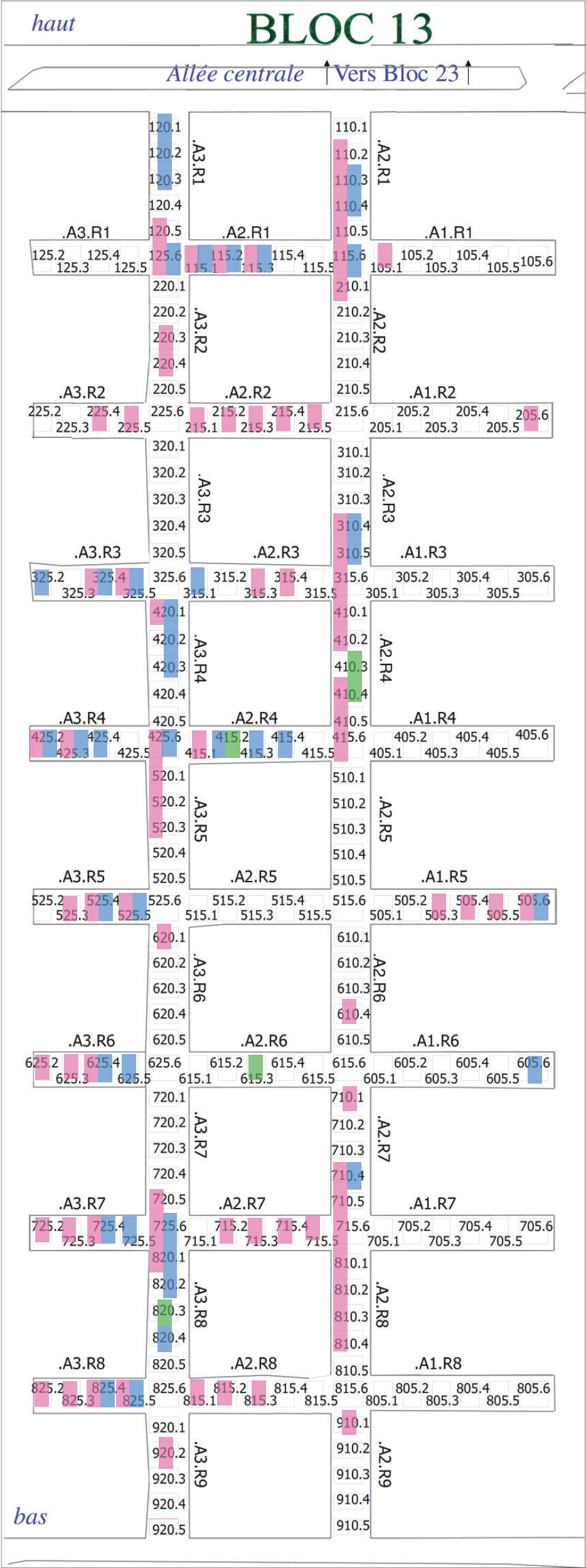
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92

Date: 15.08.2013





Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage

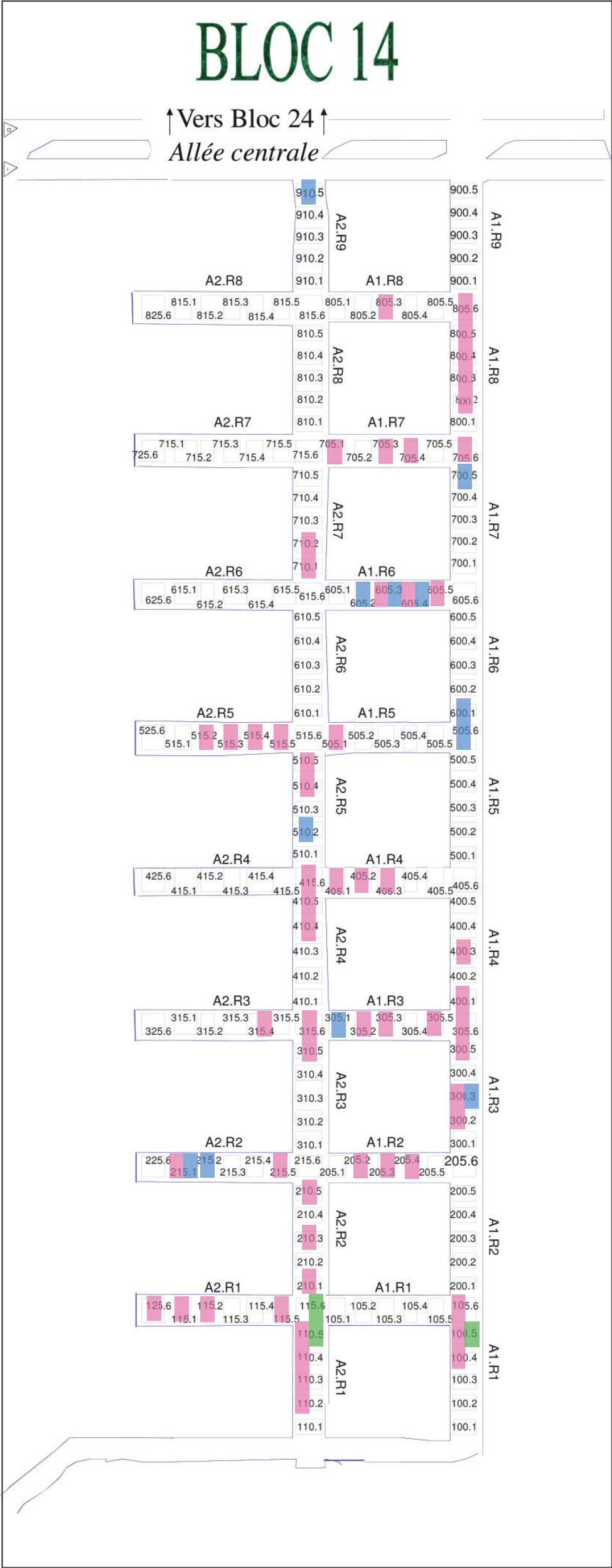


- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92


Date: 15.08.2013



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage



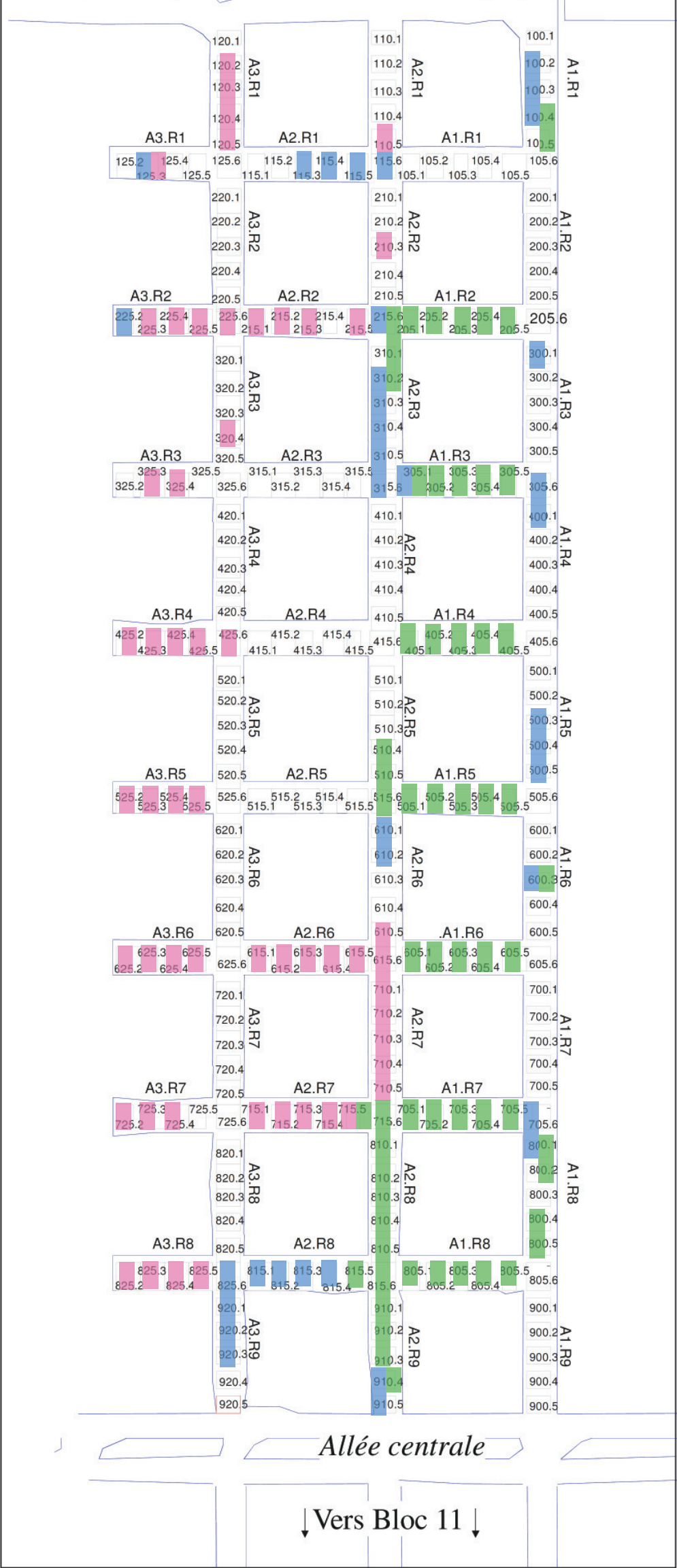
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92

Date: 15.08.2013

BLOC 21



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage

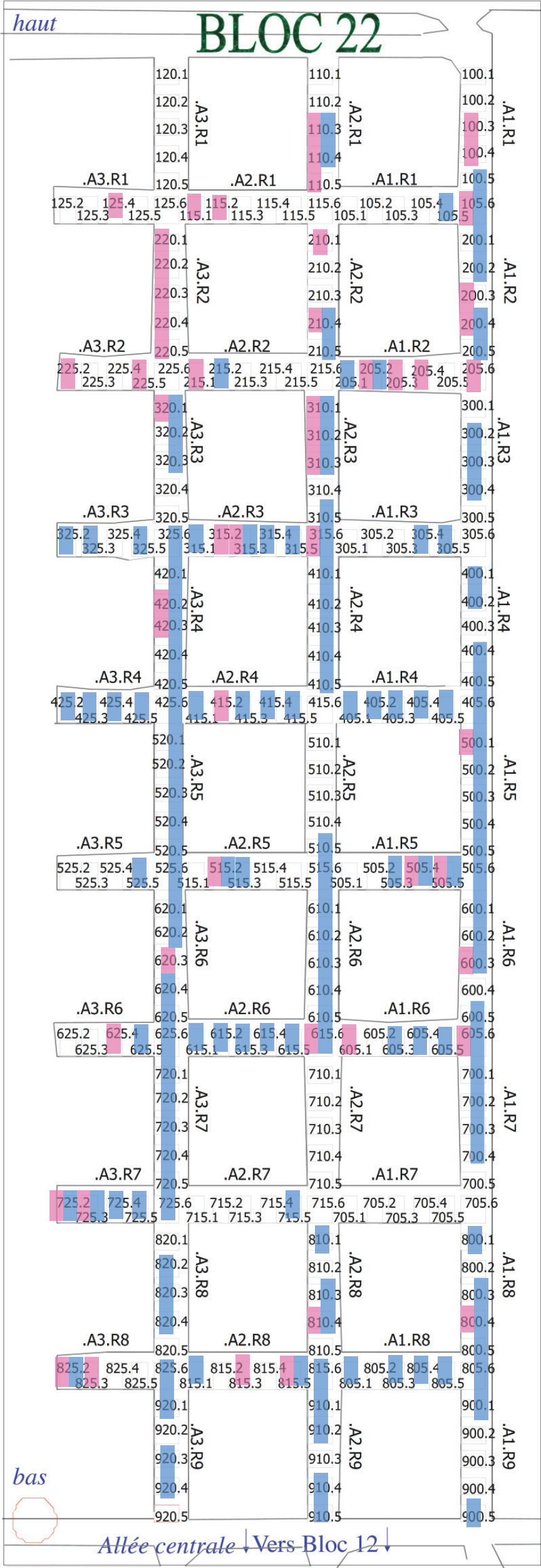


- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92

Date: 15.08.2013



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage

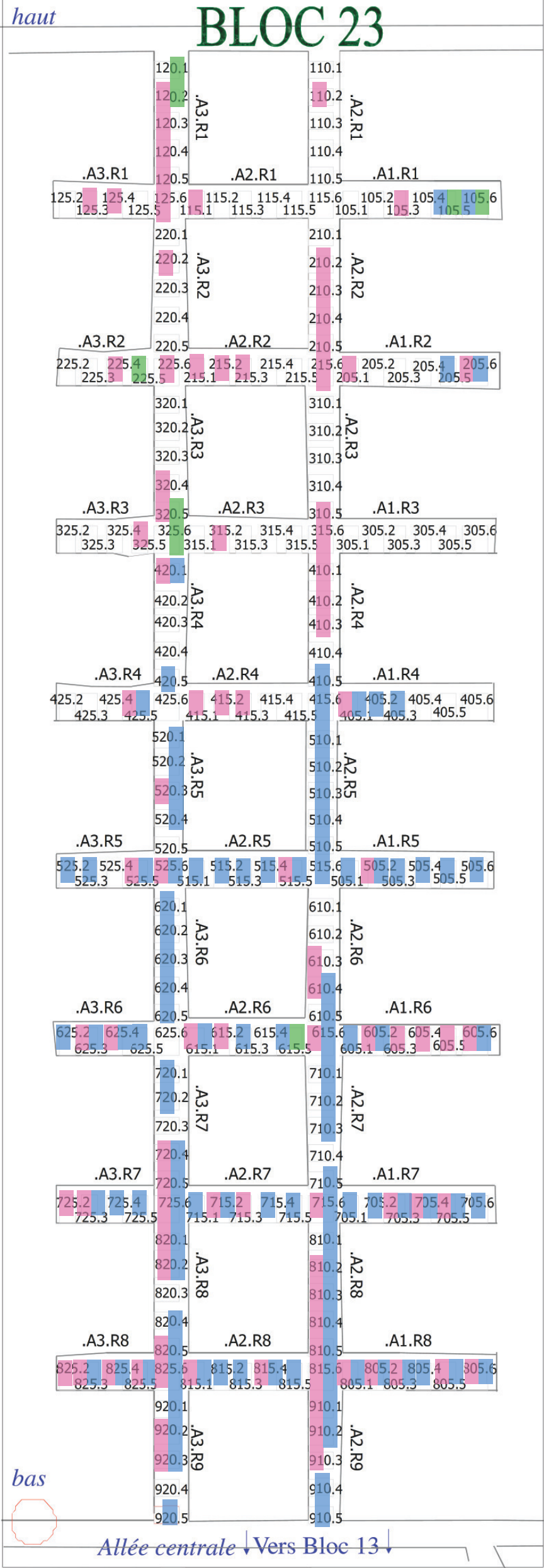


- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92

Date: 15.08.2013



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage



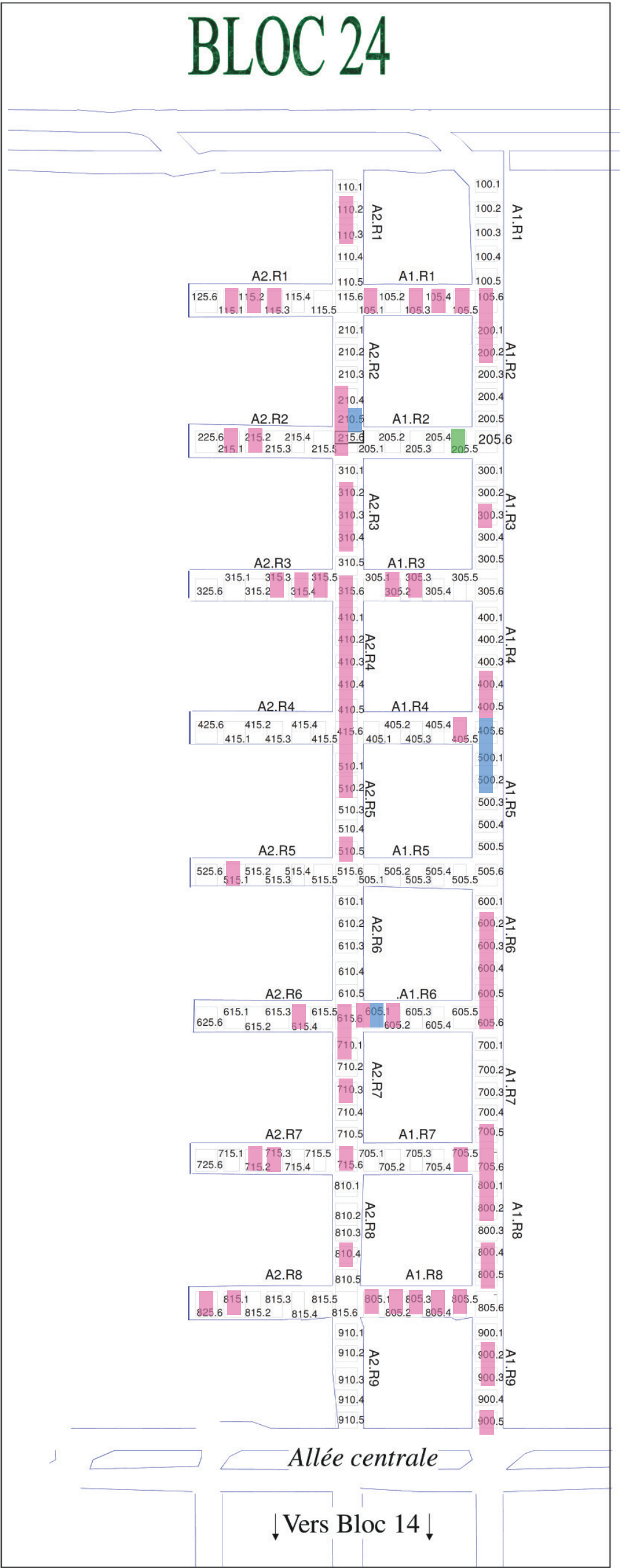
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92

Date: 15.08.2013

BLOC 24



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage



- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92

Date: 15.08.2013



Annexe 5

Répartition des déchets B3 et B5 et du mercure dans les blocs

Variantes I et II

Inventaire des déchets contenant du Hg (B3 + B5) et masses de Hg correspondantes

Exploitation de la base de données StocaMine

	Déchets arséniés (B3)		
	Nombre de colis	Masse de déchets (t)	Masse de mercure (t)
Bloc 11	106	55	0.25
Bloc 12	953	1'004	0.45
Bloc 13	501	473	0.37
Bloc 14	117	64	0.22
Bloc 15	8	3	0.012
Bloc 21	642	386	1.2
Bloc 22	3'086	3'315	28.6
Bloc 23	1'652	1'656	3.0
Bloc 24	42	20	0.083
Totaux	7'107	6'975	34.1

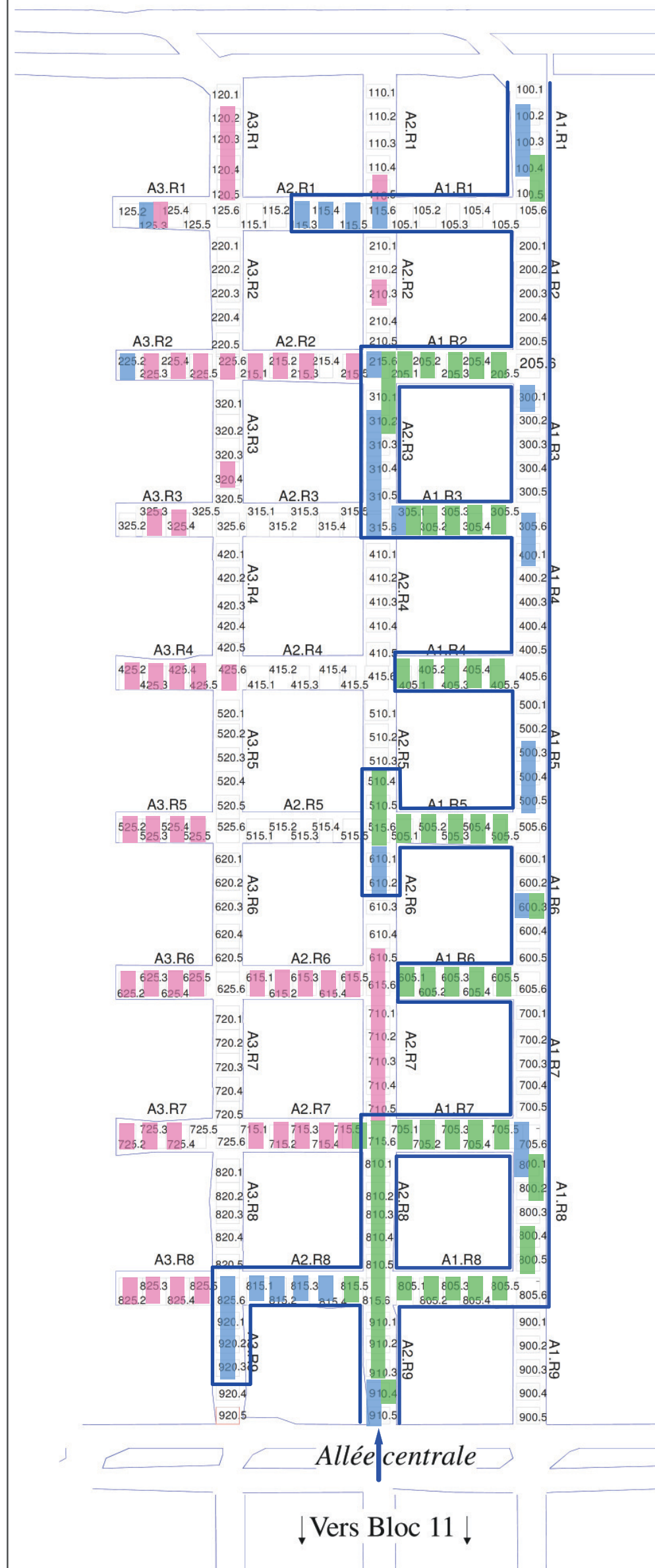
	Déchets mercuriels (B5)		
	Nombre de colis	Masse de déchets (t)	Masse de mercure (t)
Bloc 11	14	16	0.0027
Bloc 12	200	218	4.7
Bloc 13	48	40	0.32
Bloc 14	23	28	0.22
Bloc 15	-	-	-
Bloc 21	1'378	1'884	5.7
Bloc 22	-	-	-
Bloc 23	70	71	4.1
Bloc 24	20	16	0.017
Totaux	1'753	2'272	15.1

	Déchets contenant du mercure (B3 + B5)			Masse de mercure totale (B3 + B5 + autres) (t)
	Nombre de colis	Masse (t)	Masse de mercure (t)	
Bloc 11	120	71	0.25	1.6
Bloc 12	1'153	1'222	5.2	5.2
Bloc 13	549	513	0.69	0.82
Bloc 14	140	92	0.44	0.56
Bloc 15	8	3	0.012	0.012
Bloc 21	2'020	2'269	6.9	6.9
Bloc 22	3'086	3'315	28.6	28.6
Bloc 23	1'722	1'727	7.0	7.2
Bloc 24	62	36	0.10	0.13
Totaux	8'860	9'248	49.1	51.1

Annexe 6

**Définition de la variante de réversibilité I-b :
représentation schématique**

BLOC 21

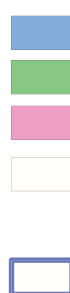


Annexe 6

Représentation schématique de la Variante I-b

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage



Déchets de nature B3 (arséniés)

Déchets de nature B5 (mercuriels)

Déchets de nature E13 (déchets amiantés)

Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

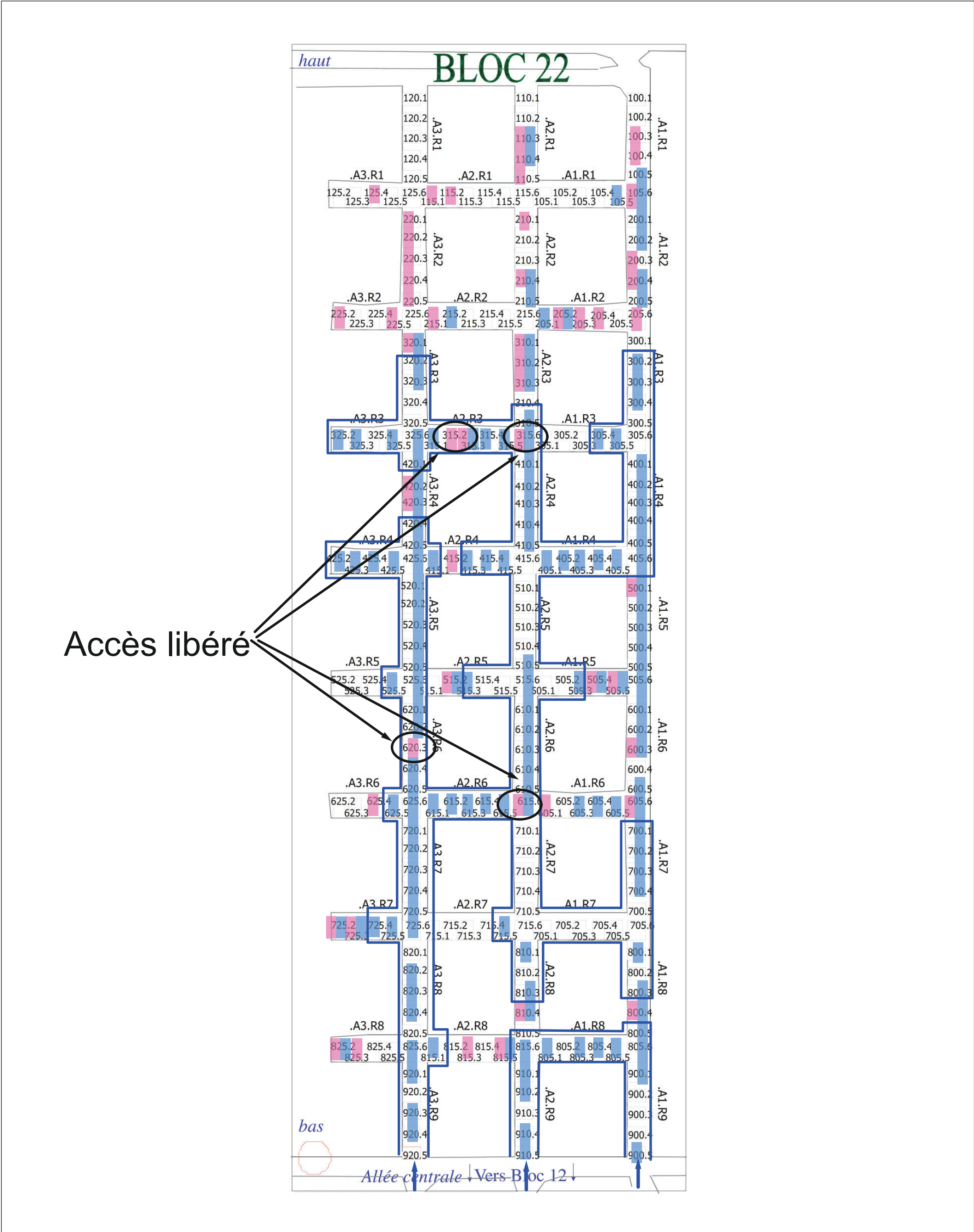
Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 15.08.2013



Annexe 6					Original: StocaMine Créé le 23.05.2000
Représentation schématique de la Variante I-b		Déchets de nature B3 (arséniés)			Adaptation: BMG Engineering AG Ifangstrasse 11 8952 Schlieren Tel. 044 732 92 92
		Déchets de nature B5 (mercuriels)			
		Déchets de nature E13 (déchets amiantés)			
		Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)			
		Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante			
StocaMine					
Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage					Date: 15.08.2013

Annexe 7

**Masses de mercure éliminées selon la Variante I-b
(variante de choix du groupe I)**

Variantes groupe I

Déchets déstockés, restockés et masses de mercure éliminées, Variante I-b

Exploitation de la base de données StocaMine

	Déchets arséniés (B3)		
	Nombre de colis retirés	Masse de déchets retirés (t)	Masse de mercure (t)
Bloc 11	-	-	-
Bloc 12	-	-	-
Bloc 13	-	-	-
Bloc 14	-	-	-
Bloc 21	612	372	1.1
Bloc 22	2'279	2'489	22.0
Bloc 23	-	-	-
Bloc 24	-	-	-
Totaux	2'891	2'861	23.2

	Déchets mercuriels (B5)		
	Nombre de colis retirés	Masse de déchets retirés(t)	Masse de mercure (t)
Bloc 11	-	-	-
Bloc 12	-	-	-
Bloc 13	-	-	-
Bloc 14	-	-	-
Bloc 21	1'374	1'880	5.7
Bloc 22	-	-	-
Bloc 23	-	-	-
Bloc 24	-	-	-
Totaux	1'374	1'880	5.7

	Déchets contenant du mercure (B3 +B5)			MERCURE: Proportion de la masse retirée par rapport au total présent dans la mine (%)	Nombre de colis à déplacer/restocker
	Nombre de colis retirés	Masse de déchets retirés (t)	Masse de mercure (t)		
Bloc 11	-	-	-	-	-
Bloc 12	-	-	-	-	-
Bloc 13	-	-	-	-	-
Bloc 14	-	-	-	-	-
Bloc 21	1'986	2252	6.8	13.4	1'676
Bloc 22	2'279	2489	22.0	43.1	2'802
Bloc 23	-	0	-	-	-
Bloc 24	-	0	-	-	-
Totaux	4'265	4741	28.9	56.5	4'478

Annexe 8

**Identification et inventaire des colis à
déplacer/restocker selon Variante I-b (variante de
choix du groupe I)**

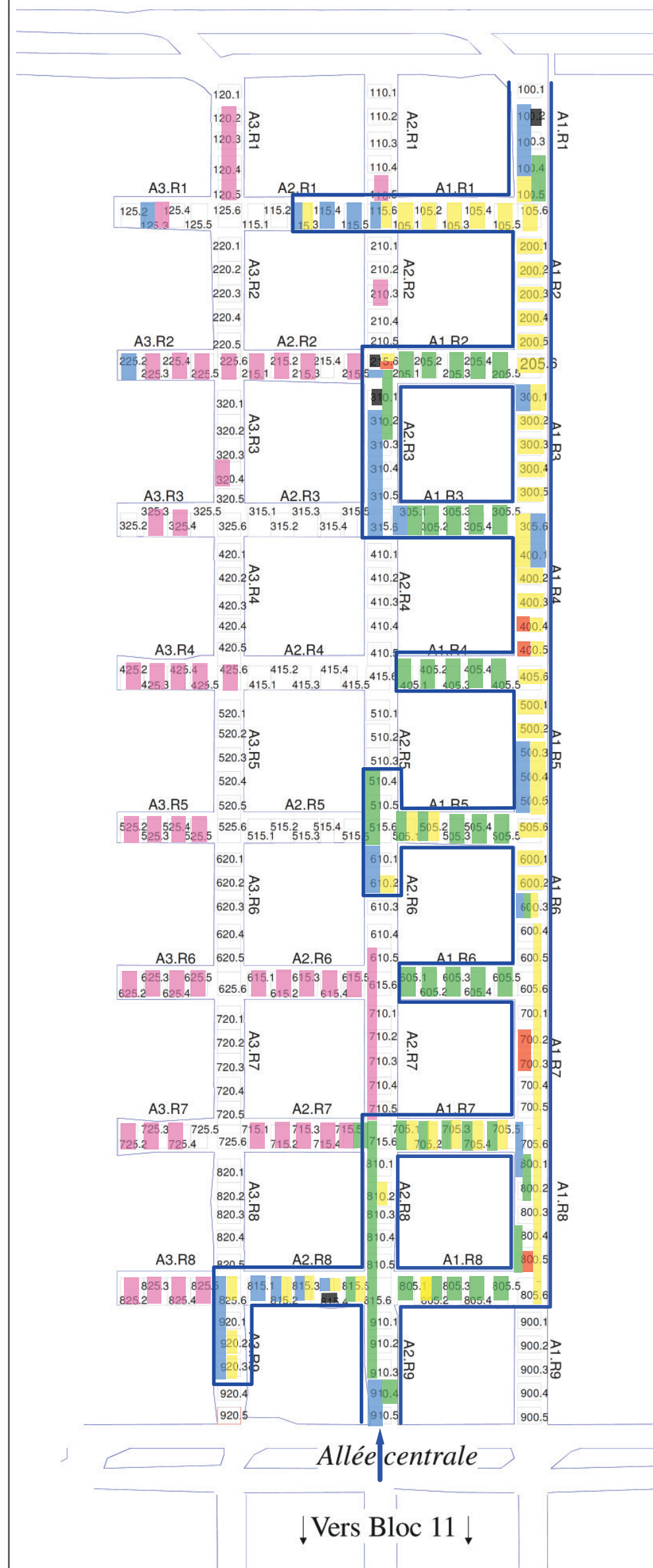
Variante I-b**Identification et inventaire des déchets à déstocker/restocker****Exploitation de la base de données StocaMine**

	Nombre de colis E9 à déplacer/restocker	Nombre de colis B6 à déplacer/restocker	Nombre de colis B10 à déplacer/restocker	Nombre de colis E13 à déplacer/restocker	Totaux
Bloc 11	-	-	-	-	-
Bloc 12	-	-	-	-	-
Bloc 13	-	-	-	-	-
Bloc 14	-	-	-	-	-
Bloc 21	1'584	78	14	0	1'676
Bloc 22	2'706	83	0	13	2'802
Bloc 23	-	-	-	-	-
Bloc 24	-	-	-	-	-
Totaux	4'290	161	14	13	4'478

Annexe 9

**Localisation des déchets à déplacer/restocker dans
les Blocs 21 et 22 selon la Variante I-b**

BLOC 21



Annexe 9

Représentation schématique de la Variante I-b avec localisation des colis à déstocker/restocker

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage

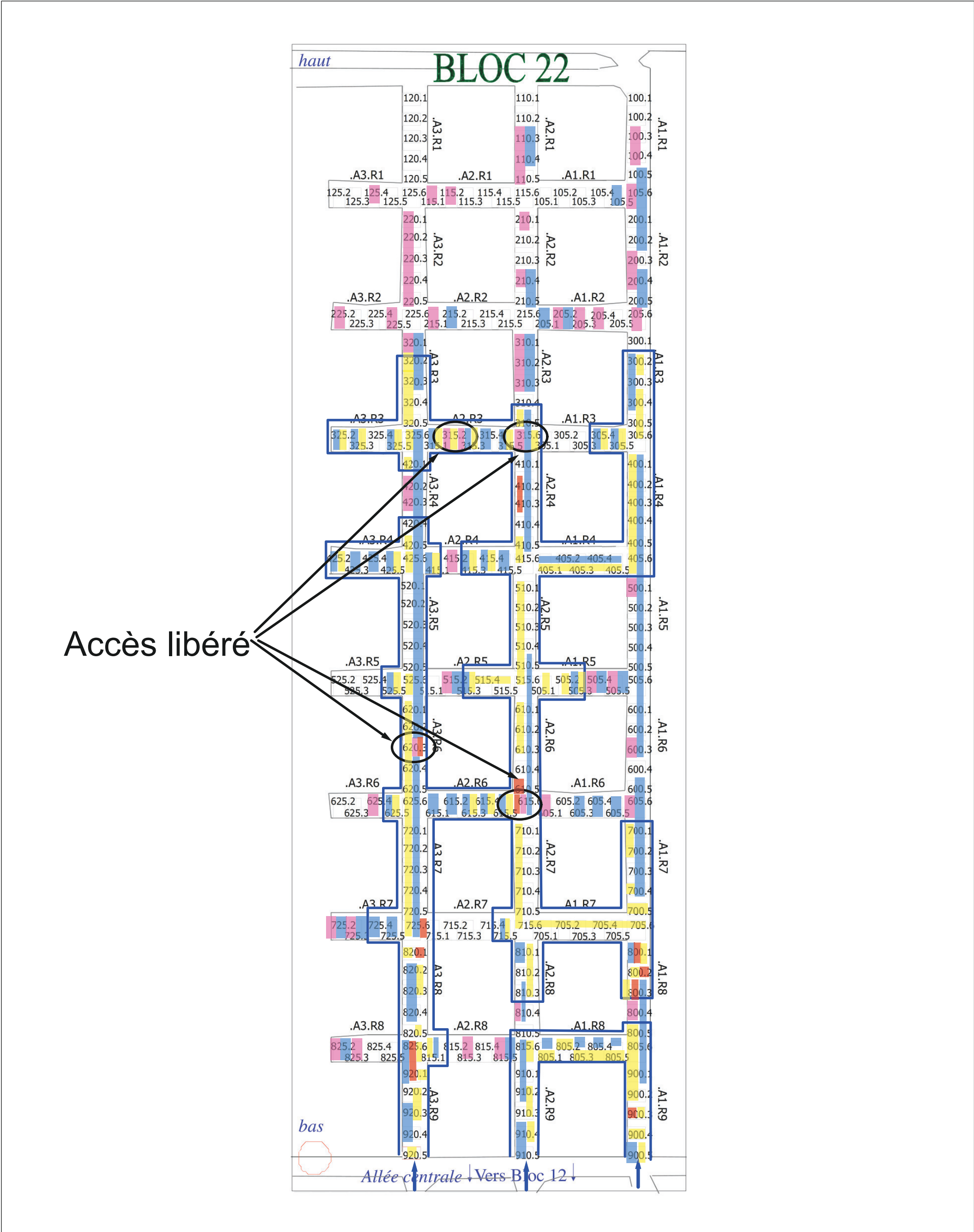
- Déchets de nature B3 (arséniés) dans tout le bloc
- Déchets de nature B5 (mercuriels) dans tout le bloc
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés) dans tout le bloc
- Déchets de Nature B6 (terres polluées) dans la zone concernée par la variante I-b
- Déchets de Nature B10 (substances phytosanitaires) dans la zone concernée par la variante I-b
- Déchets de Nature E9 (résidus d'incinération) dans la zone concernée par la variante I-b
- Unités de déchets non concernées par la variante I-b (vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante I-b

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



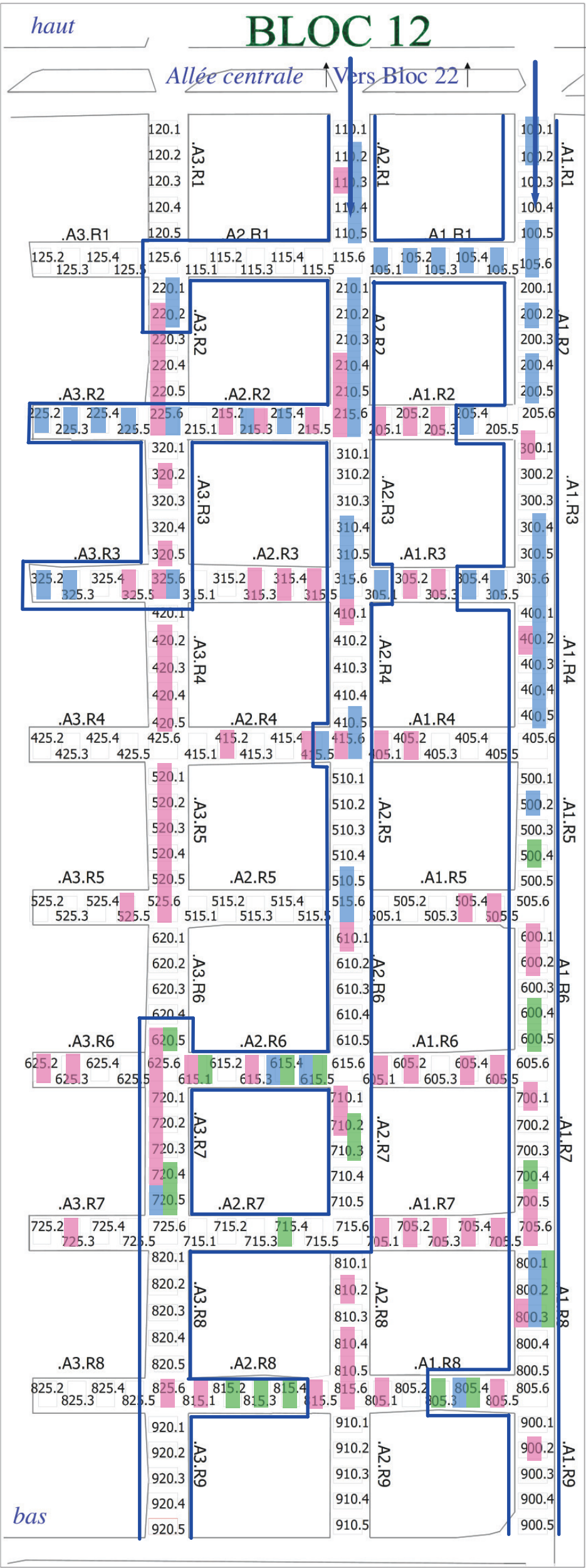
Date: 13.08.2013



Annexe 9 Représentation schématique de la Variante I-b avec localisation des colis à déstocker/restocker StocaMine Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage	Déchets de nature B3 (arséniés) dans tout le bloc Déchets de nature B5 (mercuriels) dans tout le bloc Déchets de nature E13 (déchets amiantés) dans tout le bloc Déchets de Nature B6 (terres polluées) dans la zone concernée par la variante I-b Déchets de Nature B10 (substances phytosanitaires) dans la zone concernée par la variante I-b Déchets de Nature E9 (résidus d'incinération) dans la zone concernée par la variante I-b Unités de déchets non concernées par la variante I-b (vides dans certains cas isolés) Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante I-b	Original: StocaMine Créé le 23.05.2000 Adaptation: BMG Engineering AG Ifangstrasse 11 8952 Schlieren Tel. 044 732 92 92 BMG Date: 13.08.2013
---	---	--

Annexe 10

**Définition de la variante de réversibilité II-b :
représentation schématique**



Annexe 10

Représentation schématique de la Variante II-b

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage

-  Déchets de nature B3 (arséniés)
-  Déchets de nature B5 (mercuriels)
-  Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
-  Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
-  Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

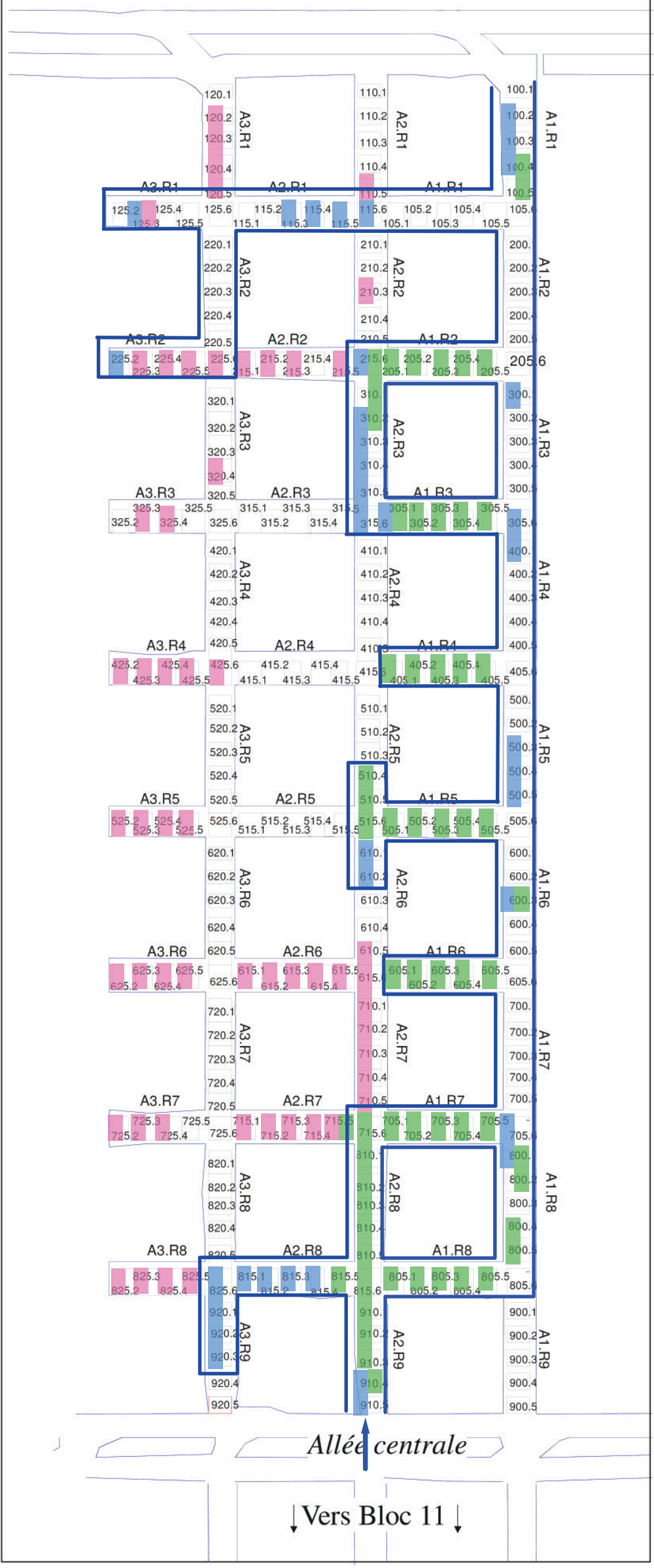
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 16.08.2013

BLOC 21



Annexe 10

Représentation schématique de la Variante II-b

StocaMine

Evaluation logistique et technique de variantes de réversibilité du stockage

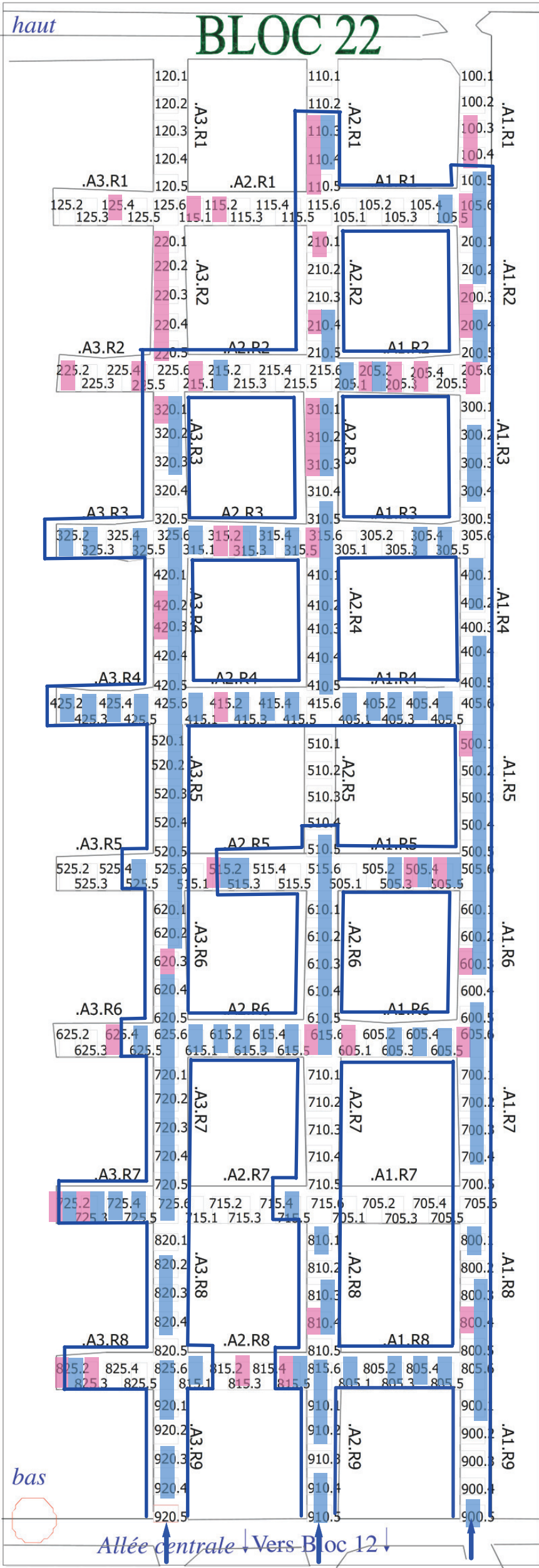


- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92

Date: 16.08.2013

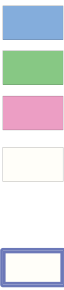


Annexe 10

**Représentation schématique
de la Variante II-b**

StocaMine

Evaluation logistique et technique de
variantes de réversibilité du stockage



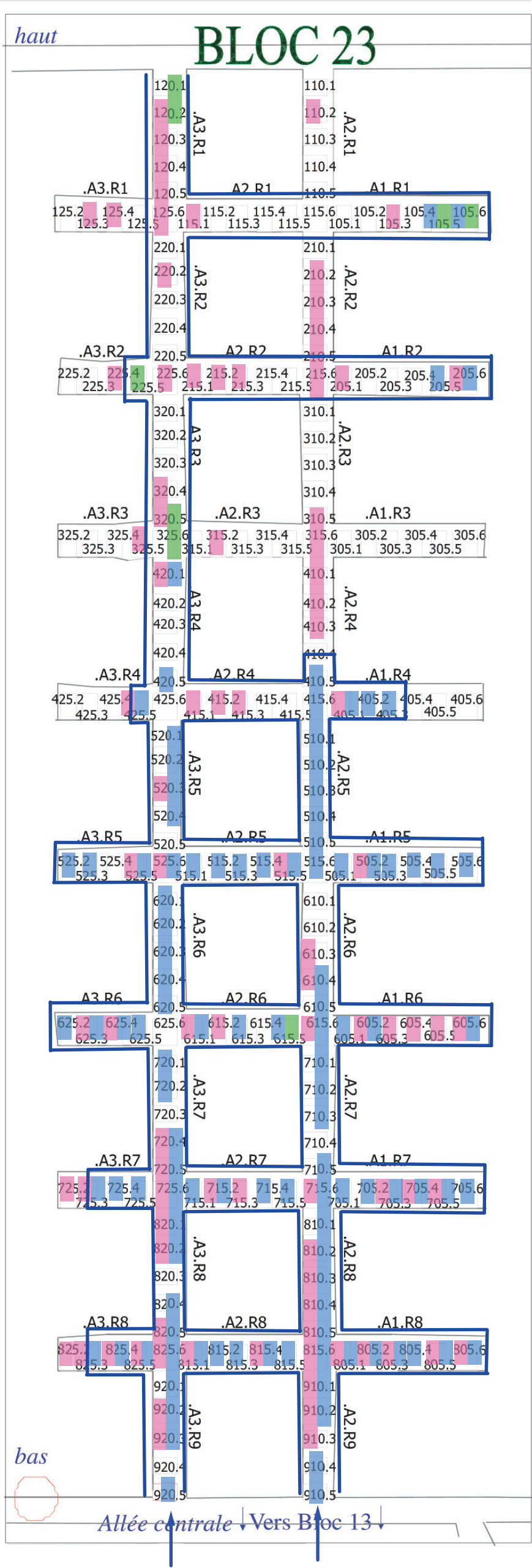
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 16.08.2013



Annexe 10

Représentation schématique
de la Variante II-b

StocaMine

Evaluation logistique et technique de
variantes de réversibilité du stockage

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92

BMG
Date: 16.08.2013

Annexe 11

**Masses de mercure éliminées selon la variante II-b
(variante de choix du groupe II)**

Variantes groupe II

Déchets déstockés, restockés et masses de mercure éliminées, Variante II-b

Exploitation de la base de données StocaMine

	Déchets arséniés (B3)		
	Nombre de colis retirés	Masse de déchets retirés (t)	Masse de mercure (t)
Bloc 11	-	-	-
Bloc 12	953	1'004	0.45
Bloc 13	-	-	-
Bloc 14	-	-	-
Bloc 21	642	386	1.2
Bloc 22	3'086	3'315	28.6
Bloc 23	1'652	1'656	3.0
Bloc 24	-	-	-
Totaux	6'333	6'360	33.1

	Déchets mercuriels (B5)		
	Nombre de colis retirés	Masse de déchets retirés(t)	Masse de mercure (t)
Bloc 11	-	-	-
Bloc 12	200	218	4.7
Bloc 13	-	-	-
Bloc 14	-	-	-
Bloc 21	1'378	1'884	5.7
Bloc 22	-	-	-
Bloc 23	70	71	4.1
Bloc 24	-	-	-
Totaux	1'648	2'172	14.5

	Déchets contenant du mercure (B3 + B5)			MERCURE: Proportion de la masse retirée par rapport au total présent dans la mine (%)	Nombre total de colis à déplacer/restocker	Nombre de colis E13 à déplacer/restocker
	Nombre de colis retirés	Masse de déchets retirés (t)	Masse de mercure (t)			
Bloc 11	-	-	-	-	-	-
Bloc 12	1'153	1222	5.2	10.1	4'542	619
Bloc 13	-	0	-	-	-	-
Bloc 14	-	0	-	-	-	-
Bloc 21	2'020	2269	6.9	13.4	2'200	133
Bloc 22	3'086	3315	28.6	55.9	4'548	364
Bloc 23	1'722	1727	7.0	13.8	4'490	967
Bloc 24	-	0	-	-	-	-
Totaux	7'981	8533	47.6	93.2	15'780	2'083

Annexe 12

**Identification et inventaire des colis à
déplacer/restocker selon Variante II-b (variante de
choix du groupe II)**

Variante II-b**Identification et inventaire des déchets à déstocker/restocker****Exploitation de la base de données StocaMine**

	Nombre de colis E9 à déplacer/restocker	Nombre de colis B6 à déplacer/restocker	Nombre de colis B10 à déplacer/restocker	Nombre de colis E13 à déplacer/restocker
Bloc 11	-	-	-	-
Bloc 12	3'272	223	73	619
Bloc 13	-	-	-	-
Bloc 14	-	-	-	-
Bloc 21	1'636	417	14	133
Bloc 22	4'045	139	0	364
Bloc 23	3'072	451	0	967
Bloc 24	-	-	-	-
Totaux	12'025	1'230	87	2'083

	Nombre de colis A1 à déplacer/restocker	Nombre de colis A2 à déplacer/restocker	Nombre de colis C4 à déplacer/restocker	Totaux
Bloc 11	-	-	-	-
Bloc 12	224	111	20	4'542
Bloc 13	-	-	-	-
Bloc 14	-	-	-	-
Bloc 21	0	0	0	2'200
Bloc 22	0	0	0	4'548
Bloc 23	0	0	0	4'490
Bloc 24	-	-	-	-
Totaux	224	111	20	15'780

Annexe 13

Inventaire des déchets à déstocker selon Variante III

13a Nombres de colis

13b Masses de déchets

Variante III

Identification et inventaire des déchets à déstocker (colis)

Exploitation de la base de données StocaMine

	Nombre de colis B3	Nombre de colis B5	Nombre de colis B6	Nombre de colis B10	Nombre de colis E9	Nombre de colis E13	TOTAUX
Bloc 11	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 12	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 13	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 14	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 21	642	1'378	981	14	4'672	1'751	9'438
Bloc 22	3'086	0	190	0	5'460	587	9'323
Bloc 23	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 24	-	-	-	-	-	-	-
Totaux	3'728	1'378	1'171	14	10'132	2'338	18'761

Variante III

Identification et inventaire des déchets à déstocker (masses)

Exploitation de la base de données StocaMine

	Déchets B3 (t)	Déchets B5 (t)	Déchets B6 (t)	Déchets B10 (t)	Déchets E9 (t)	Déchets E13 (t)	TOTAUX
Bloc 11	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 12	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 13	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 14	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 21	386	1'884	1'751	6	2'074	354	6'455
Bloc 22	3'315	0	159	0	3'056	164	6'694
Bloc 23	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 24	-	-	-	-	-	-	-
Totaux	3'701	1'884	1'910	6	5'130	518	13'149

Annexe 14

Inventaire des déchets à déstocker selon Variante IV

14a Nombres de colis

14b Masses de déchets

Variante IV

Identification et inventaire des déchets à déstocker (colis)

Exploitation de la base de données StocaMine

	Nombre de colis A1	Nombre de colis A2	Nombre de colis B3	Nombre de colis B5	Mombre de colis B6	Mombre de colis B10	Mombre de colis C4	Mombre de colis C8	Mombre de colis D7	Mombre de colis D12	Mombre de colis E9	Mombre de colis E13	TOTAUX
Bloc 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 12	561	242	953	200	269	91	81	90	4	30	4'954	1'432	8'907
Bloc 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 21	0	0	642	1'378	981	14	0	0	0	0	4'672	1'750	9'437
Bloc 22	0	0	3'086	0	190	0	0	0	0	0	5'460	587	9'323
Bloc 23	0	0	1'652	70	508	0	0	0	0	0	4'347	1'339	7'916
Bloc 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaux	561	242	6'333	1'648	1'948	105	81	90	4	30	19'433	5'108	35'583

Variante IV

Identification et inventaire des déchets à déstocker (masses)

Exploitation de la base de données StocaMine

	Déchets A1 (t)	Déchets A2 (t)	Déchets B3 (t)	Déchets B5 (t)	Déchets B6 (t)	Déchets B10 (t)	Déchets C4 (t)	Déchets C8 (t)	Déchets D7 (t)	Déchets D12 (t)	Déchets E9 (t)	Déchets E13 (t)	TOTAUX
Bloc 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 12	602	229	1'004	218	254	122	98	108	2	24	2'810	471	5'942
Bloc 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bloc 21	0	0	386	1'884	1'751	6	0	0	0	0	2'074	354	6'455
Bloc 22	0	0	3'315	0	159	0	0	0	0	0	3'056	164	6'694
Bloc 23	0	0	1'656	71	571	0	0	0	0	0	2'548	688	5'534
Bloc 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaux	602	229	6'361	2'173	2'735	128	98	108	2	24	10'488	1'677	24'625

Annexe 15

Inventaire des déchets à déstocker selon Variante V

15a Nombres de colis

15b Masses de déchets

Variante V

Identification et inventaire des déchets à déstocker (colis)

Exploitation de la base de données StocaMine

	Nombre de colis A1	Nombre de colis A2	Nombre de colis B3	Nombre de colis B5	Mombre de colis B6	Mombre de colis B10	Mombre de colis C4	Mombre de colis C8	Mombre de colis D7	Mombre de colis D12	Mombre de colis E9	Mombre de colis E13	TOTAUX
Bloc 11	597	497	106	14	1'023	0	70	215	76	124	4'600	1'285	8'607
Bloc 12	561	242	953	200	269	91	81	90	4	30	4'954	1'432	8'907
Bloc 13	317	296	501	48	429	0	176	147	90	8	4'184	1'226	7'422
Bloc 14	411	48	117	23	680	0	17	69	29	33	4'277	511	6'215
Bloc 21	0	0	642	1'378	981	14	0	0	0	0	4'672	1'750	9'437
Bloc 22	0	0	3'086	0	190	0	0	0	0	0	5'460	587	9'323
Bloc 23	0	0	1'652	70	508	0	0	0	0	0	4'347	1'339	7'916
Bloc 24	200	97	42	20	327	0	14	27	102	6	4'717	998	6'550
Totaux	2'086	1'180	7'099	1'753	4'407	105	358	548	301	201	37'211	9'128	64'377

Variante V

Identification et inventaire des déchets à déstocker (masses)

Exploitation de la base de données StocaMine

	Déchets A1 (t)	Déchets A2 (t)	Déchets B3 (t)	Déchets B5 (t)	Déchets B6 (t)	Déchets B10 (t)	Déchets C4 (t)	Déchets C8 (t)	Déchets D7 (t)	Déchets D12 (t)	Déchets E9 (t)	Déchets E13 (t)	TOTAUX
Bloc 11	637	552	55	16	1'110	0	101	233	32	108	2'273	325	5'442
Bloc 12	602	229	1'004	218	254	122	98	108	2	24	2'810	471	5'942
Bloc 13	320	302	473	40	475	0	199	164	37	7	2'413	631	5'061
Bloc 14	362	39	64	28	455	0	15	60	17	23	2'191	316	3'570
Bloc 21	0	0	386	1'884	1'751	6	0	0	0	0	2'074	354	6'455
Bloc 22	0	0	3'315	0	159	0	0	0	0	0	3'056	164	6'694
Bloc 23	0	0	1'656	71	571	0	0	0	0	0	2'548	688	5'534
Bloc 24	155	86	20	16	360	0	15	33	38	6	2'435	386	3'550
Totaux	2'076	1'208	6'973	2'273	5'135	128	428	598	126	168	19'800	3'335	42'248

Annexe 16

Informations sur les décharges souterraines allemandes

16a Mine d'Herfa-Neurode

16b Mine d'Heilbronn

Verpackungsanforderungen für die Einlagerung in der UTD Herfa-Neurode



Kali und Salz Entsorgung GmbH
Bertha-von-Suttner-Str. 7
34131 Kassel
Tel.: +49 (0)561 / 9301-1391
Fax. +49 (0)561 / 9301-1843
e-mail: entsorgung@k-plus-s.com
www.ks-entsorgung.com



K + S Kali GmbH
Werk Werra
UTD Herfa-Neurode
Postfach 11 63
36267 Philippsthal, Werra
Tel.: +49 (0)6624 81-0
Fax: +49 (0)6624 81-1677
www.kali-gmbh.com

Anforderungen an einen Big Bag für die Einlagerung von Schüttgütern

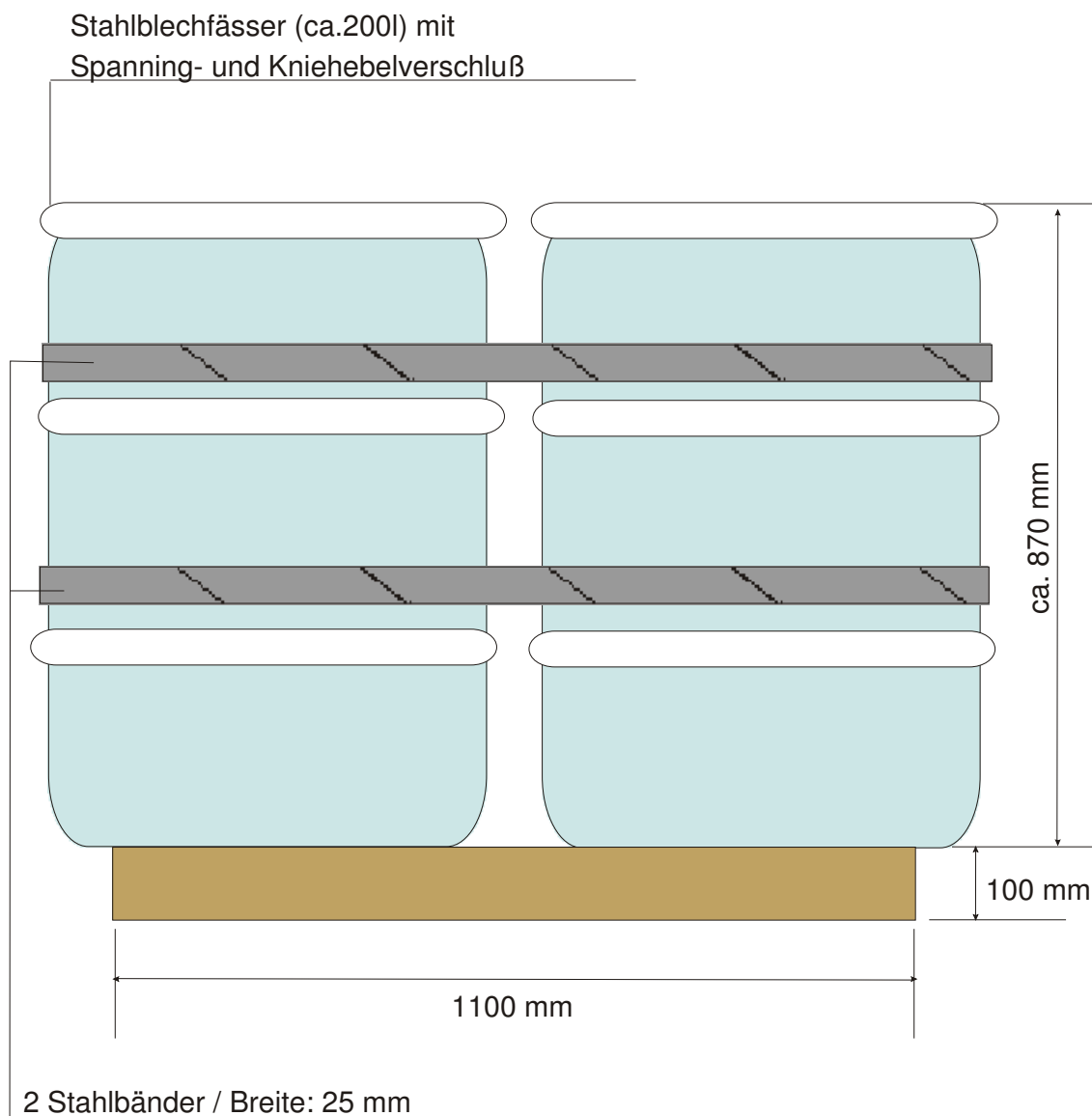
1. Formstabil, d.h. kein Überstand im befüllten Zustand über die Palettengrundmaße von max. 1,20m x 1,10m
2. Bodenform: geschlossen
3. Vier Hebeschlaufen an den Ecken
4. Höhe im befüllten Zustand: bis 120cm
(maximale Höhe einschl. Big-Bag-Blume und incl. Palette)
5. staubdicht; z. B. mit Nahtabdichtung;
6. zweilagiges Gewebe, z.B. mit Innensack
7. schwerentflammbar, antistatisch
8. bergbauhygienisch unbedenklich
9. auf der Palette 1,20 x 1,10m

Die Verwendung der Big-Bags als Verpackungsmaterial ist auf homogene Abfälle ohne grobstückige, scharfkantige Bestandteile beschränkt. Beschädigungen des Innensackes müssen ausgeschlossen werden.

Unabhängig von diesen Anforderungen sind die Verpackung und der Transport nach den Vorschriften der GGVSE vorzunehmen.

Stahlblechfässer auf Palette

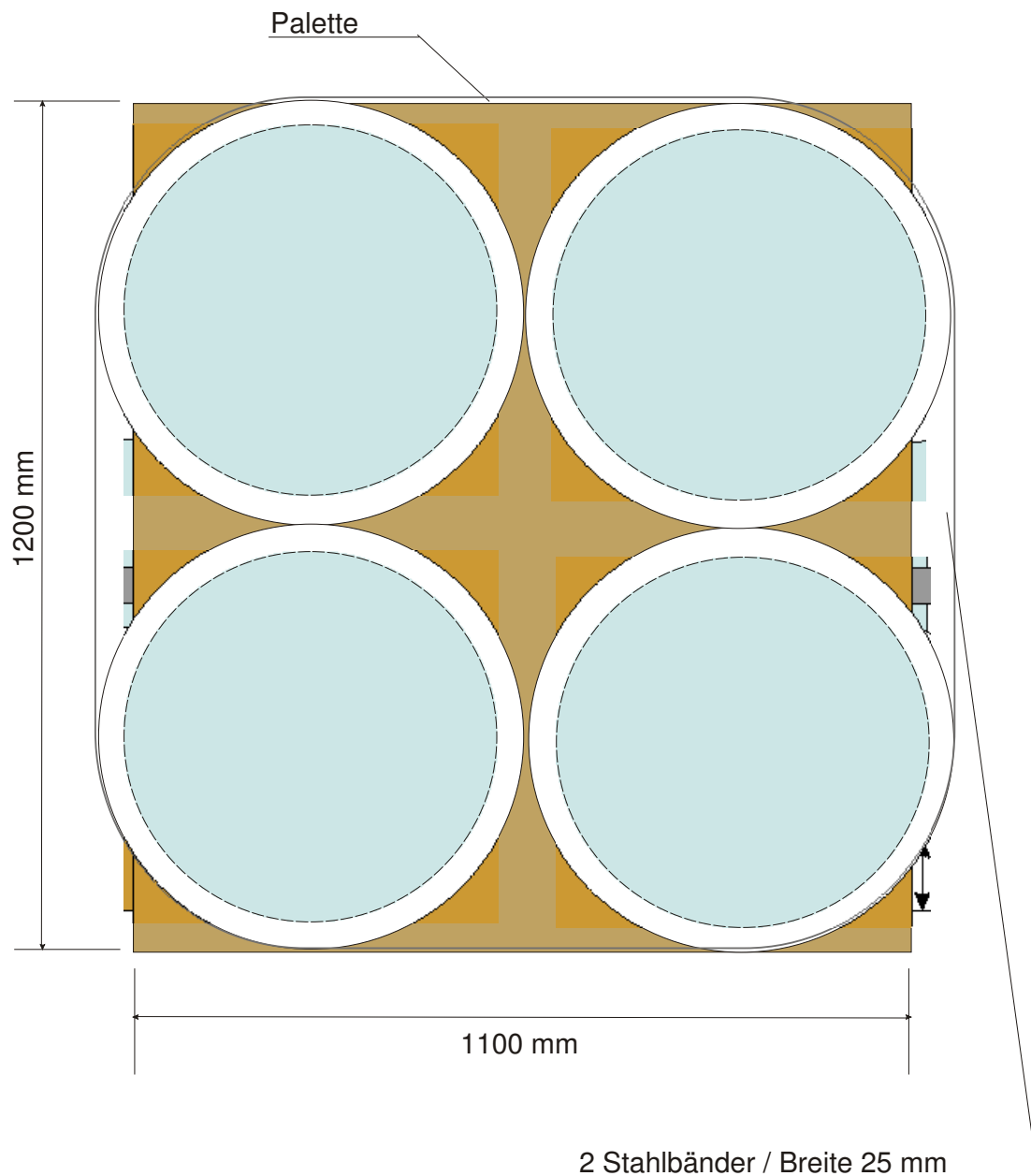
Seitenansicht



Wichtig: Spanning-Verschluß muß mit Sicherungsblechen
gesichert werden !

Stahlblechfässer auf Palette

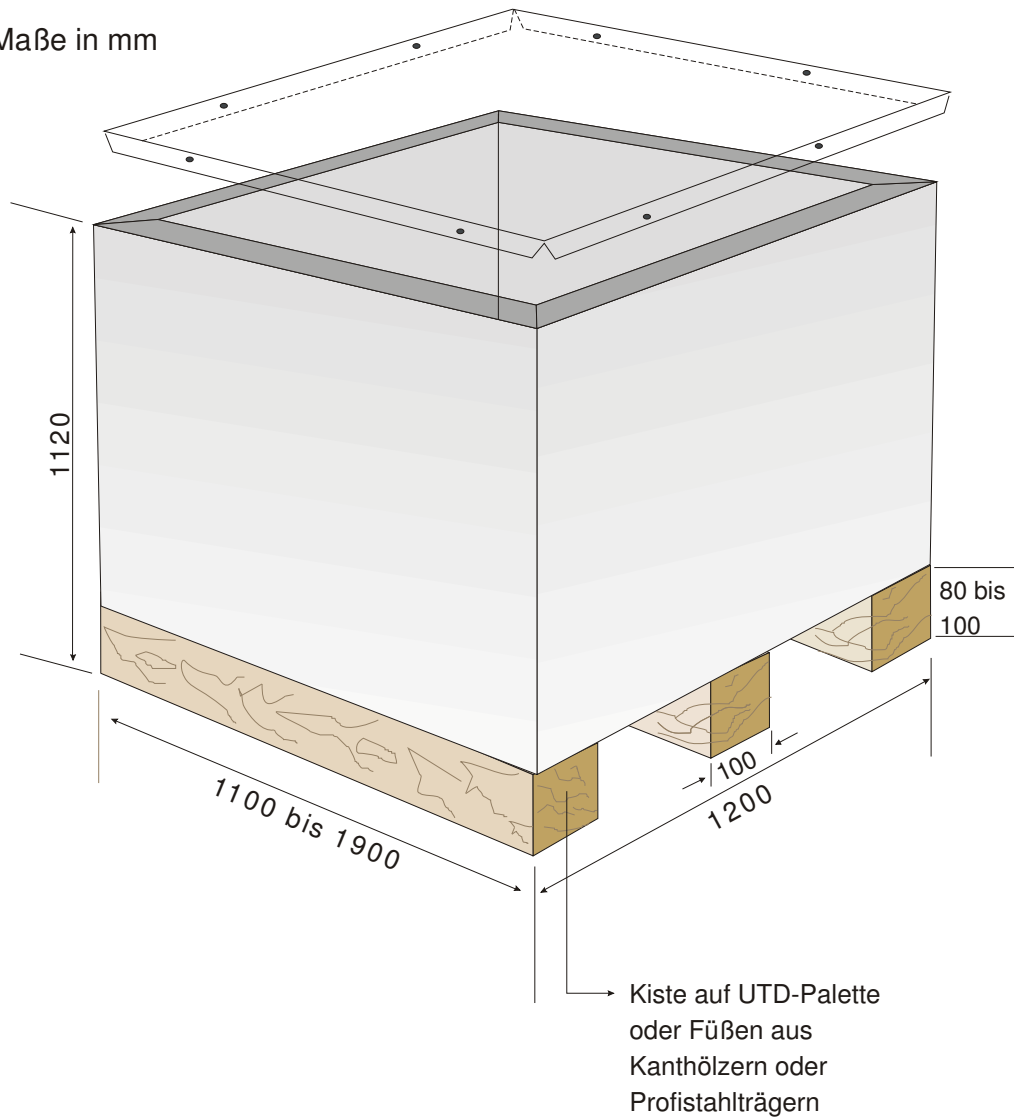
Draufsicht



Wichtig: nur Fässer gleicher Höhe verwenden

Stahlblech-Behälternis für Schüttgüter

Alle Maße in mm



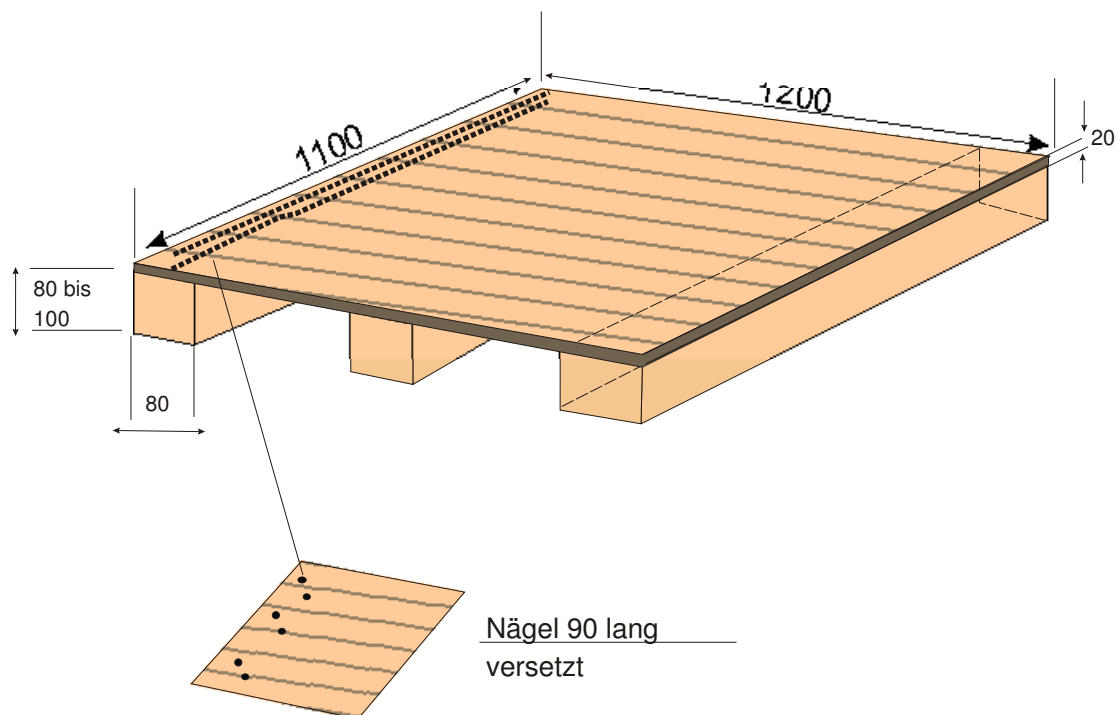
Blechstärke (Boden + Stülpdeckel) : $\geq 1,25$ mm

Werkstoff St37

Wichtig: Behälternis muß von der 1,20m breiten Seite aufnehmbar sein!

Palette für die Abfallanlieferung

Alle Maße in mm



Wichtig: Palette muss von der 1,20m breiten Seite mit dem Gabelstapler aufnehmbar sein!

ANNAHMEBEDINGUNGEN FÜR ABFÄLLE
*** UNTERTAGEDEPONIE HEILBRONN ***

Vor erstmaliger Annahme eines Abfalls ist eine Eignungsprüfung durchzuführen. Dabei ist nachzuweisen, dass der einzulagernde Abfall die Deponie-Eingangskriterien erfüllt.

Die einzulagernden Abfälle müssen folgende Eigenschaften (Deponie-Eingangskriterien) aufweisen:

1. Die Abfälle müssen ausreichende Festigkeiten in Bezug auf Transport- und Stapelfähigkeit aufweisen. Flüssige oder gasförmige Abfälle dürfen nicht eingelagert werden.
2. Die Abfälle dürfen keine Erreger übertragbarer Krankheiten enthalten und dürfen auch keine solchen hervorbringen.
3. Die Abfälle dürfen unter den Ablagerungsbedingungen unter Tage (Temperatur ca. 18 °C, relative Luftfeuchte ca. 50 bis 60 %) nicht selbstentzündlich, nicht selbstgänglich brennbar und nicht explosibel sein.
4. Die Abfälle dürfen nicht ausgasen, d. h. keine Gas-Luft-Gemische bilden, die toxisch oder explosibel sind.
5. Von den Abfällen darf kein penetranter Geruch ausgehen.
6. Die Abfälle dürfen in der Regel keinen freien Staub (Staubnester) enthalten. Eine homogene Befeuchtung der Abfälle muss gewährleistet sein. (Für einige wenige Abfallarten bestehen Ausnahmen.)
7. Die Abfälle dürfen kein freies Wasser enthalten, bzw. unter Ablagerungsbedingungen auspressbare Flüssigkeiten abgeben.
8. Radioaktive Abfälle sind von der Annahme ausgeschlossen.
9. Die Temperatur der Gebinde/Abfälle darf bei Anlieferung nicht über 40 °C betragen.

Die Ablagerung der Abfälle muss in flexiblen Kunststoffbehältnissen (Big Bags), Stahlblech- oder Kunststoffcontainern sowie Stahl- oder Kunststoffässern erfolgen. Die Behältnisse müssen für den Einsatz in der Deponie zugelassen sein und folgenden Kriterien genügen:

1. Die Behältnisse müssen doppelwandig bzw. mit Inliner versehen sein. Das äußere sowie innere Behältnis bzw. der Inliner müssen gegenüber dem Inhalt aus chemisch beständigem und temperaturbeständigem Material bestehen.
2. Die Behältnisse müssen eine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen. Metallbehältnisse sind durch Maßnahmen (z. B. Beschichtung) gegen Korrosion zu schützen.
3. Die Stapelfähigkeit der Behältnisse (5-fache Nennlast) muss nachgewiesen werden. Big Bags müssen eine Mindesttragfähigkeit SF 2 : 1 (Wechselast) und SF 5 : 1 (Bruchlast) aufweisen.
4. Die Innenbehältnisse/die Inliner müssen staubdicht bzw. bei Abfällen, die nicht mit Wasser in Berührung kommen dürfen, wasserdicht sein und mit einem Kabelbinder (oder vergleichbar) verschlossen sein.

5. Die Verschlüsse von Metall- oder Kunststoffbehältnissen müssen gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert sein. Um die Inhaltskontrolle und Probenahme zu ermöglichen, dürfen die Deckel dieser Behältnisse weder verklebt, noch verschweißt sein.
6. Abmaße der Behältnisse: Durchmesser: 1,2 Meter; Höhe: max. 1,6 Meter (ohne Palette).
7. Das höchstzulässige Füllgewicht liegt je nach Big Bag zwischen 1 und max. 1,5 Tonnen. Anlieferung der Big Bags auf Paletten mit der Größe 1,2 Meter x 1,2 Meter, vierseitig aufnehmbar. Einpunktaufhängung der Big Bags muss möglich sein. Die Tragseile (Anschlag-Faserseile) DIN 83 332/83 334 müssen aufgrund der Arbeitssicherheit einen Nenndurchmesser von ≥ 20 mm haben. Das Seil muss mindestens 3,10 m lang sein, da der Neigungswinkel bei angehobenem Big Bag 45° nicht überschreiten darf.
8. Einwandfreie Sauberkeit der Verpackungen und Paletten, d. h. keine Kontamination durch außen befindliche Anbackungen oder Auflagen wegen der Arbeitshygiene.
9. Die verwendeten Behältnisse (Big Bags, Container, Fässer) müssen den oben genannten Anforderungen des Planfeststellungsbeschlusses entsprechen sowie jeweils vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau zugelassen sein. Eine Liste der bereits für die Untertagedeponie Heilbronn zugelassenen Behältnisse stellen wir Ihnen auf Wunsch gerne zur Verfügung.

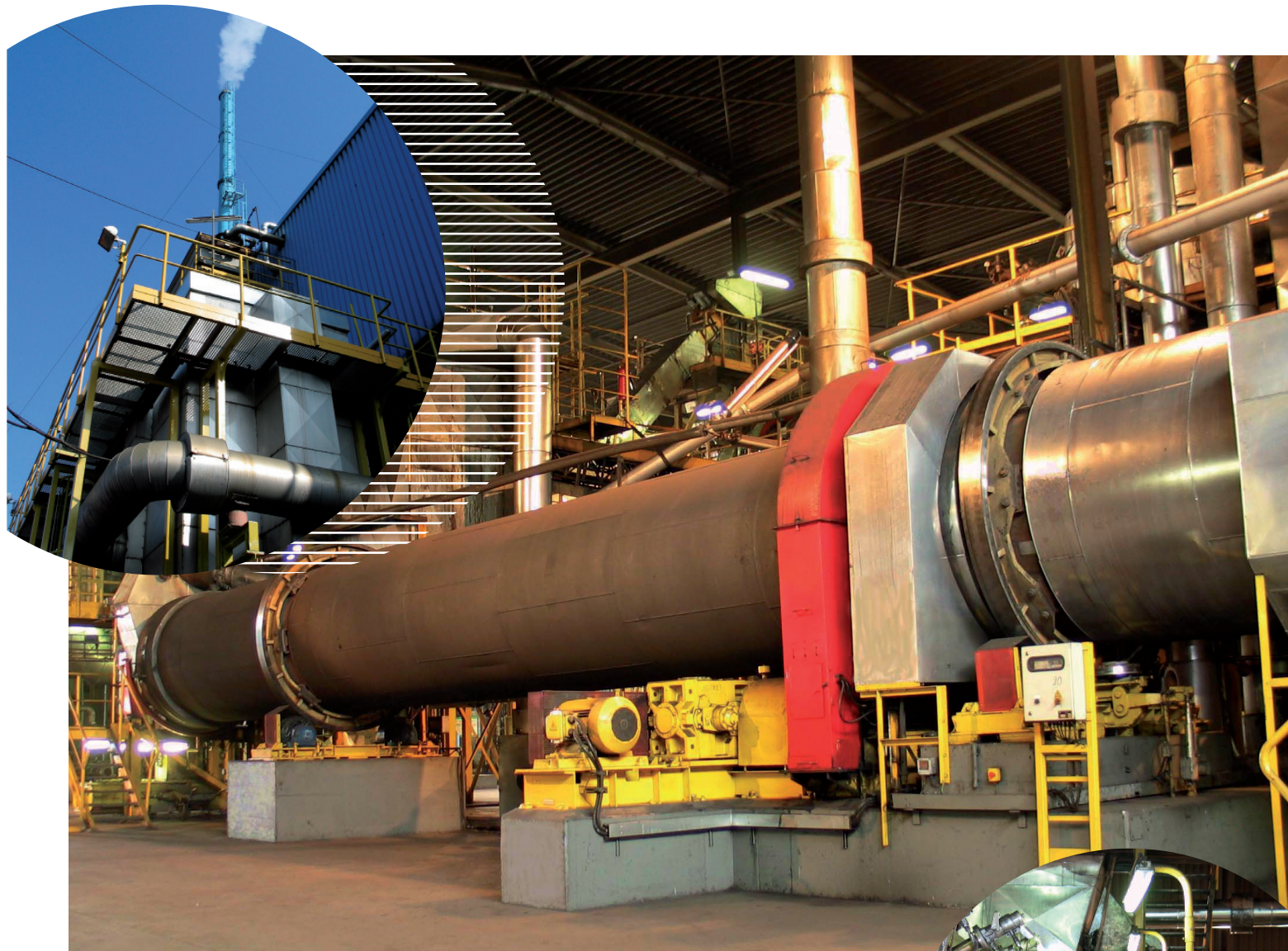
Sonstige Hinweise:

1. Die Paletten (falls kundeneigen und Rücklauf erforderlich) müssen mit einem Kurzzeichen gekennzeichnet sein. Big Bags oder Container dürfen nicht mit (brennbaren) Paletten abgelagert werden. Diese sind vom Kunden in jedem Fall zurückzunehmen (Ausnahme bei Fassanlieferung).
2. Anlieferung per LKW bzw. Bahnwaggon mit Transportschutzsicherung.
3. Container müssen mit einer unlösbar befestigten Transportvorrichtung ausgestattet sein.
4. Bei Benutzung von Fässern oder Containern ist das Totraumvolumen des Gebindes zu minimieren.
5. Die Fässer sind jeweils zu viert zusammengezurrt auf einer Palette stehend anzuliefern.
6. Abfülldatum, Herkunft (Kurzzeichen), Gewicht und laufende Nummer je Kalenderjahr sind auf den Behältnissen zu vermerken.
7. Bei jeder Anlieferung muss ein ausgefüllter Abfallbegleitschein dabei sein (wichtig: Erzeuger, Tonnage, Anzahl der Behältnisse).
8. Die Anlieferungen sind grundsätzlich vorher zu disponieren. Die Annahmezeiten in der Untertagedeponie Heilbronn sind von montags bis donnerstags zwischen 7:00 bis 13:30 Uhr.
9. Der Abfallerzeuger bzw. -anlieferer teilt relevante Änderungen der Abfallzusammensetzung im Hinblick auf die Deponie-Eingangskriterien unverzüglich mit.

Annexe 17

Technologie de pyrolyse mise en œuvre par SITA

BODEN, EIN SCHÜTZENSWERTES GUT: THERMISCHE REINIGUNG



Seit über 18 Jahren beschäftigen wir uns erfolgreich mit der Behandlung und Sanierung von Altlasten. Unsere Pyrolyse-Anlage zur thermischen Bodenreinigung in Herne ist spezialisiert auf die Behandlung von Böden, die massiv mit organischen Schadstoffen (Dioxine, PAK,...), sowie Quecksilber verunreinigt sind. Der gereinigte Boden wird anschließend einer Verwertung zugeführt. So wird ein wertvoller Beitrag zum Umweltschutz geleistet.

THERMISCHE BODENREINIGUNG DURCH PYROLYSE

SCHADSTOFFSPEKTRUM:

- Organische Kontaminationen, z.B.: PAK, MKW, Säureharze
- Flüchtige Schwermetalle: Quecksilber
- Chlorierte Verbindungen: Dioxine, Furane, PCB
- Andere giftige oder gefährliche Substanzen: Sprengstoffe, Pestizide, andere Verbindungen aus der chemischen Industrie



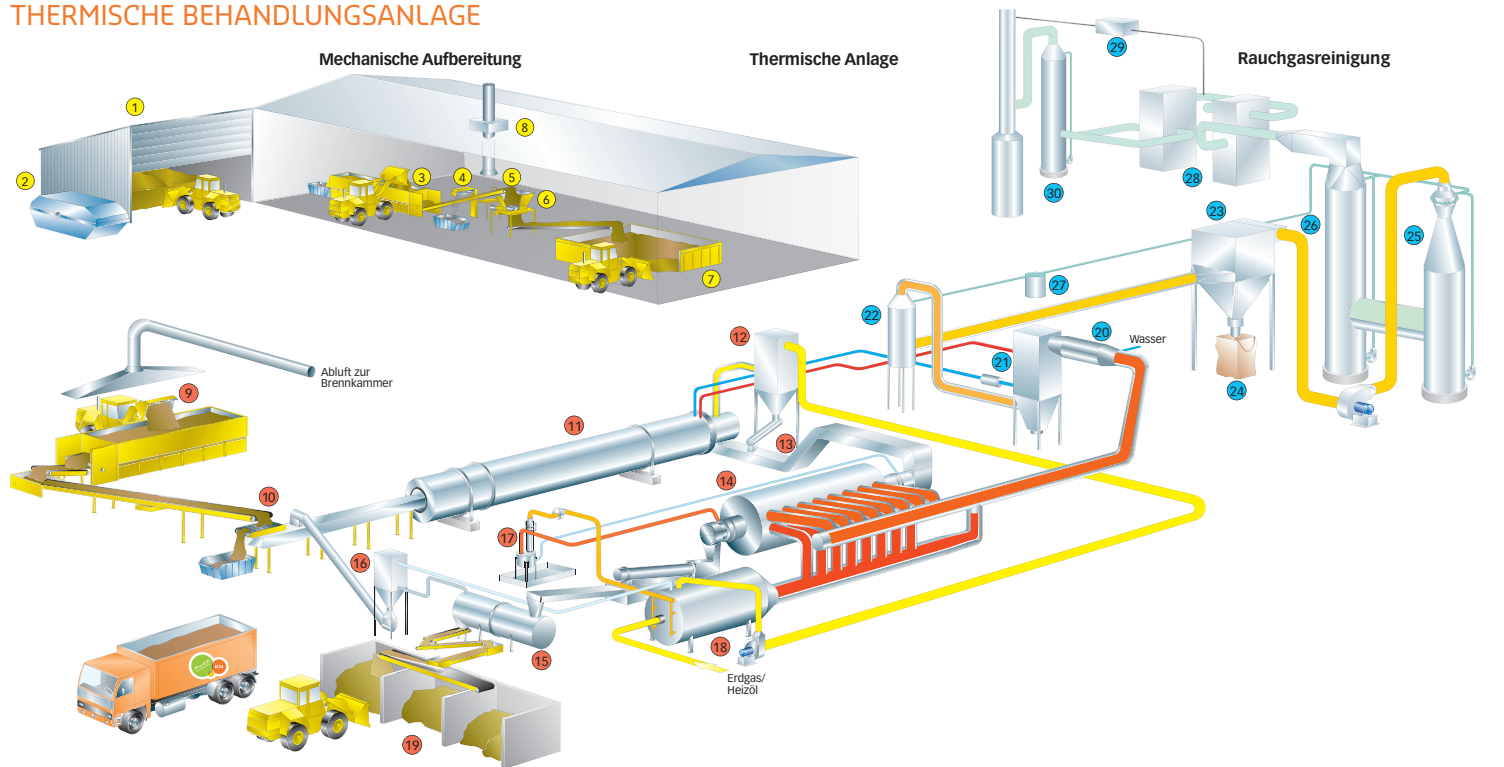
SITA REMEDIATION GMBH

SÜDSTRASSE 41
D-44625 HERNE
TEL +49 (0) 23 25 94 90 12
FAX +49 (0) 23 25 94 90 44
WWW.SITAREMEDIATION.COM
GERMANY@SITAREMEDIATION.COM

SITA REMEDIATION FÜR EINE SAUBERE UMWELT



VERFAHRENSFLIESSBILD THERMISCHE BEHANDLUNGSANLAGE



MECHANISCHE AUFBEREITUNG

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| 1 Eingangslager
(20.000 to) | 6 Shredder |
| 2 Containerlager | 7 Zwischenlager |
| 3 Kastenbeschicker | 8 Aktivkohle - Adsorber |
| 4 Magnetband | |
| 5 Leseband | |

THERMISCHE ANLAGE

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| 9 Kastenbeschicker | 15 Kühler |
| 10 Sternsieb | 16 Brüdenfilter |
| 11 Vortrockner | 17 Schwelgaswäscher |
| 12 Brüdenfilter | 18 Brennkammer |
| 13 Trogkettenförderer | 19 Ausgangslager |
| 14 Pyrolysedrehrohr | |

RAUCHGASREINIGUNG

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| 20 Quenche | 26 Gegenstromwäscher |
| 21 Abhitzekeessel | 27 Neutralisation |
| 22 Sprühtrockner | 28 Aktivkohle - Adsorber |
| 23 Rauchgasfilter | 29 Emissionsüberwachung |
| 24 Filterstaub | 30 Reingaswäscher |
| 25 Venturiwäscher | |

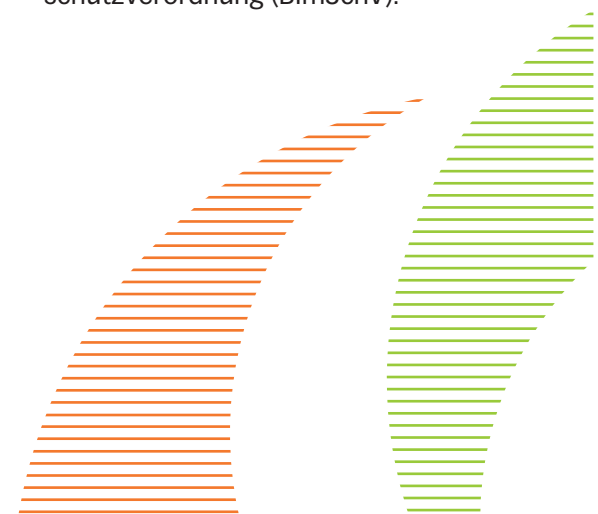
EFFEKTIVE SANIERUNG:

Die thermische Bodenreinigung durch das Pyrolyse-Verfahren stellt eine effektive Sanierungsmöglichkeit für hoch kontaminierte, selbst mit komplexen Schadstoffspektren belastete Böden dar. Die hochentwickelte Anlagentechnik der SITA REMEDIATION GmbH in Herne ermöglicht die Reinigung kontaminierter Böden (z.B. organischer Schadstoffe bis 30% und Quecksilber bis 1.500 mg/kg).

UMWELTSCHUTZ

Die Schadstoffe, die bei der Pyrolyse aus dem Boden freigesetzt werden, gelangen zur Nachverbrennung. Diese erfolgt bei Temperaturen von mehr als 1.100 °C. Bevor das Rauchgas in den Kamin eingeleitet wird, erfolgt eine Reinigung in fünf Schritten: Sprühtrockner, Gewebefilter, Venturiwäscher, Gegenstromwäscher, Aktivkohlefestbettfilter.

Diese mehrstufige, speziell auch auf die Quecksilberabscheidung ausgerichtete Prozessführung, garantiert die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte der 17. Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV).



Annexe 18

Traitement des déchets contenant du mercure par Batrec

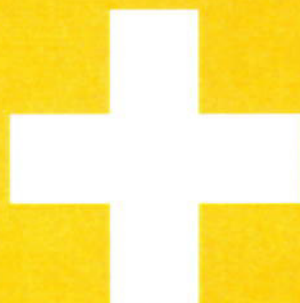
Les scories inertes peuvent être
utilisées pour la construction
de routes et comme revêtement
dans le jardin.

Recyclage de piles
et de déchets
contenant des métaux

Transformation de déchets
en matières premières

batrec.ch

Batrec Industrie SA
CH-3752 Wimmis
Tel. +41 033 657 85 00
Fax +41 033 657 85 01



Cela vous intéresse?
Venez nous rendre visite!

BATREC



Sécurité et innovation

Nos services

- Recyclage de piles usagées
- Elimination conforme des métaux lourds et des déchets toxiques
- Depollution de déchets mercuriels
- Elaboration de concepts d'élimination de déchets
- Ingénierie de procédé et de recyclage

Nous traitons

- Piles
- Charbon actif contenant du mercure
- Eaux usées/boues contenant du mercure
- Déchets dentaires et amalgames
- Résines échangeuses d'ions
- Thermomètres et baromètres à mercure
- Revêtements de place de sport

1 Siège de l'entreprise

2 Poste de commande équipé d'un système de contrôle des processus

3 Bref aperçu de l'installation



BATREO



Les métaux lourds et les déchets toxiques, c'est notre métier!

Avec nous, vos déchets toxiques sont entre les mains de professionnels. Notre entreprise implantée en Suisse à Wimmis s'est spécialisée dans le traitement de piles usagées et de métaux lourds.

Une installation de recyclage de piles de haute technologie (procédé Sumitomo) nous permet d'obtenir à partir de déchets toxiques des matières premières précieuses qui sont intégrées dans le cycle de vie des produits. Depuis la construction de cette installation, qui était alors la première du genre dans le monde, nous avons continué de perfectionner le procédé – dans le but de traiter les piles et les déchets mercuriels en veillant au recyclage économique et respectueux de l'environnement.

Par ailleurs, nous avons développé des installations de distillation pour les déchets mercuriels ainsi qu'un procédé pour le recyclage des piles au lithium.

Un vaste savoir-faire et une longue expérience

Depuis la création de notre entreprise en 1989, nous avons acquis une multitude de connaissances et d'expériences. Nous utilisons notre vaste savoir-faire dans le traitement de déchets toxiques et dans l'élimination des métaux lourds et des déchets mercuriels à votre profit – et celui de l'environnement.

Nous possédons la compétence pour répondre à toutes vos demandes en rapport avec le recyclage de piles et de substances métalliques – demandez une offre!



Nous remplissons les normes
de qualité et d'environnement
ISO 9001 et ISO 14001

Transformation de déchets en matières premières



1 Depot de la fameuse boîte de collecte dans un point de vente de piles.

2 Réception des produits chez Batrec.

3 Tri et contrôle visuel.

4 Charbon actif contenant du mercure issu de la décontamination de l'air.

5 Lampes à arc à mercure (éclairage des rues et des terrains de sport).

6 Thermomètres.

7 Piles domestiques de toutes les tailles.
8 Nos produits : mercure, ferromanganèse et zinc.

BATREC



Qu'obtient-on à partir de 1000 kilos de piles usagées?

Matières organiques 50-100 kg
(plastique, papier, cire)

Charbon 50-100 kg

Utilisation de l'énergie en pyrolyse

Eau 50-100 kg

Sels 50-100 kg

Acheminement vers installation de traitement des eaux

Ferromanganèse 230 kg
(fer, manganèse)

Zinc (pureté 98,5%) 230 kg

Mercuré (pureté 99,995%) 0,9 kg

Utilisation dans l'industrie

Scories 80 kg

Utilisation dans la construction des routes

Infrastructure et savoir-faire

Notre infrastructure et le savoir-faire de nos spécialistes nous permettent de traiter toutes les piles et de les transformer en précieuses matières premières secondaires. Qu'il s'agisse de piles sèches, de piles rondes, de piles au lithium ou d'accus.

Chaque pile contient des substances nocives qui ne peuvent pas être intégrées sous cette forme dans le cycle de vie naturel des produits.

Nous veillons à ce que les substances problématiques soient traitées et recyclées conformément aux prescriptions en vigueur. C'est ainsi que les déchets sont transformés en précieuses matières premières.

Recyclage des piles en Suisse

Le prix de vente de chaque pile et de chaque accumulateur comprend une taxe anticipée de recyclage. Celle-ci sert au financement de la collecte, du transport et du recyclage des piles usagées qui est coordonné par l'Inobat, l'organisation d'intérêt pour l'élimination des piles.

Tous les points de vente de piles sont tenus de reprendre sans frais les piles et accus usagés.

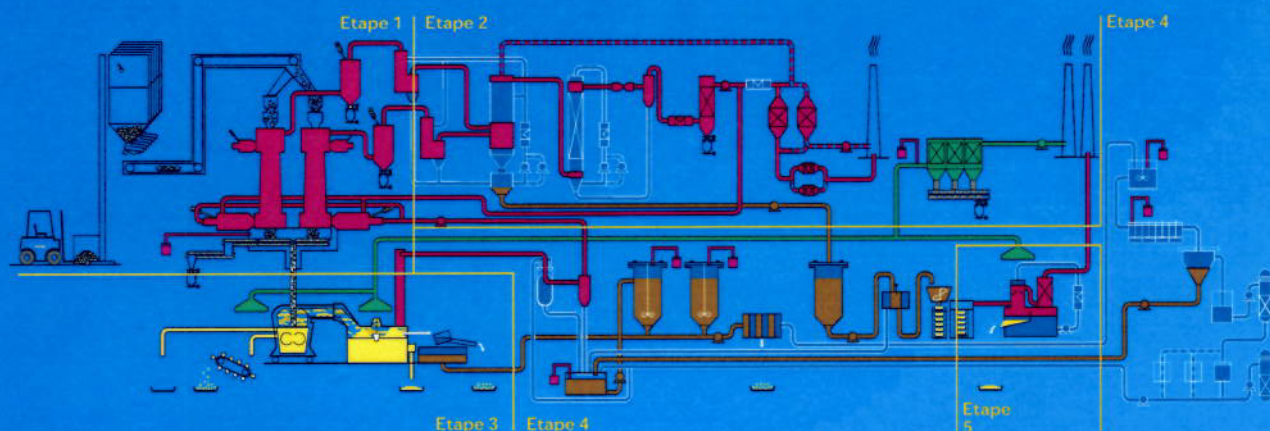


Une technologie dernier cri au service du recyclage

BATREO



- 1 Aperçu de l'installation pendant la coulée du ferromanganèse et des scories.
- 2 Contrôle de l'installation selon des règles de sécurité clairement définies.
- 3 Coulee des lingots de zinc.
- 4 Transfert du mercure récupéré dans les conteneurs contrôlés.
- 5 Contrôle de qualité des eaux usées.



- | | |
|---|--|
| <p>Etape 1 Pyrolyse. Les piles sont pyrolysées à des températures allant jusqu'à 700 degrés. A ce stade, l'eau et le mercure s'évaporent et sont dirigés avec les composants organiques dissous (papier, plastique, carton etc.) vers la chambre de post-combustion</p> | <p>ou les gaz brûlent à plus de 1000 degrés de sorte à provoquer la destruction des dioxines et des furannes. Ensuite, les émissions gazeuses sont acheminées vers l'installation d'épuration des émissions gazeuses.</p> |
| <p>Etape 2 Epuration des émissions gazeuses. Dans l'installation d'épuration des émissions gazeuses, les émissions gazeuses subissent un lavage chimique à l'eau en circuit et sont refroidies à 4 degrés.</p> | <p>Les matières solides sont lavées et le mercure se condense. Les boues ainsi obtenues sont ensuite traitées dans l'installation de distillation du mercure.</p> |
| <p>Etape 3 Récupération des métaux. Les composants métalliques sont réduits et fondus dans le four à induction à une température de 1500 degrés. Le fer et le manganèse restés produisent du ferromanganèse.</p> | <p>Le zinc évaporé est entraîné vers le condenseur de zinc. Le ferromanganèse et les scories sont extraits du four toutes les quatre heures.</p> |
| <p>Etape 4 Traitement des eaux usées. Les eaux usées obtenues lors de l'épuration des émissions gazeuses sont filtrées et les cyanures, fluorures et métaux lourds en sont extraits. Les matières</p> | <p>solides sont de nouveau acheminées vers le four de pyrolyse et les eaux usées nettoyées sont évacuées vers le réseau urbain des eaux usées.</p> |
| <p>Etape 5 Distillation du mercure. Le chauffage à plus de 360 degrés provoque l'évaporation du mercure contenu dans les déchets qui ensuite est</p> | <p>récupéré grâce à une colonne de condensation comme mercure pur. En aval de l'unité de condensation se trouve un filtre au charbon actif qui élimine les résidus de distillation des émissions gazeuses. La distillation est réalisée en batch et garantit un fonctionnement à émissions basses – pour la sécurité des collaborateurs et de l'environnement.</p> |



Une idée
s'impose!

SHI 2
© Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

Annexe 19

**Traitement des déchets contenant de l'amiante par
Inertam**

Un site unique au monde

Inertam propose actuellement la seule solution reconnue officiellement pour la destruction de l'amiante et des déchets amiantés :



Traitement « clé en main » de l'amiante et de ses déchets

L'offre d'Inertam couvre le cycle opérationnel complet, du démantèlement de l'amiante (ex ou in situ) jusqu'à sa valorisation.



Solution de destruction définitive de l'amiante

La vitrification est le seul procédé actuel garantissant une destruction définitive et irréversible.



Recyclage

Le vitrifiat d'amiante COFALIT est un matériau stable et inerte valorisé comme remblais en sous-couche routière.



Déresponsabilisation

La déresponsabilisation totale du producteur ou du détenteur de déchets est juridiquement acquise par le caractère définitif et irréversible de la destruction de l'amiante par vitrification.



Action bénéfique pour l'avenir

Face à la raréfaction des matières premières, dans un souci de préservation des générations futures et suite au renforcement des normes environnementales, le marché du traitement des déchets évolue vers la valorisation des déchets. Inertam œuvre pour les générations futures en étant bien positionné pour laisser une empreinte responsable pour les générations futures, en répondant aux objectifs posés par le Grenelle de l'Environnement et en permettant de réduire les tonnages de déchets dangereux mis en décharge.

Ils ont fait un choix responsable

Les références professionnelles d'Inertam sont parmi les institutionnels, les collectivités territoriales, la santé publique, l'immobilier public, les industriels, la grande distribution, les services, les foncières privées, les banques & assurances, et à l'International.

Plus de 800 donneurs d'ordre et 2100 producteurs ont d'ores et déjà fait confiance à l'offre d'Inertam.

N°1 AZUR 0 810 AMIANTE

inertam

471, route de Cantegrit Est - BP 23
40110 Morcenx

Contactez-nous : amiente@inertam.fr

www.inertam.com

inertam
GROUPE EUROPLASMA

● Destruction définitive des déchets amiantés par vitrification plasma.

● Déresponsabilisation totale du producteur et des détenteurs du déchet amianté.

● Recyclage et Valorisation du COFALIT produit par INERTAM.

● Transport et importation de déchets d'amiante.



La responsabilité de l'élimination des déchets d'amiante

Inertam propose actuellement la seule solution reconnue d'élimination des déchets d'amiante, exonérant de toute responsabilité le détenteur ou le producteur de déchets d'amiante.

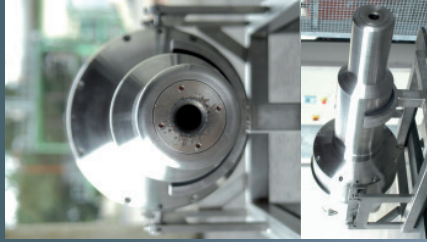
Les avantages de la vitrification par rapport aux autres filières d'élimination sont reconnus par les pouvoirs publics :

- La vitrification est un mode de traitement assimilé à du recyclage (art. L. 541-1-1 al. 15 C. env.).
- L'utilisation du vitrifiat COFALIT en sous-couche routière est une opération de valorisation (art. L. 541-1-1 al. 16 C. env.).

La priorité donnée à la vitrification est encore attestée par :

- L'exonération de l'activité de vitrification de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP).

Inertam est la seule installation Classée pour la Protection de l'Environnement (CPE) autorisée en France à vitrifier les déchets amiantés. Elle garantit ainsi l'élimination des déchets et de leurs effets nocifs.



LE PROCESSUS GLOBAL JUSQU'À LA VITRIFICATION DE L'AMIANTE

INERTAM a développé et fait bénéficier ses partenaires d'une technologie unique au service de la santé et de l'environnement : la vitrification de l'amiante et des déchets amiantés.

La réception et la préparation des déchets d'amiante

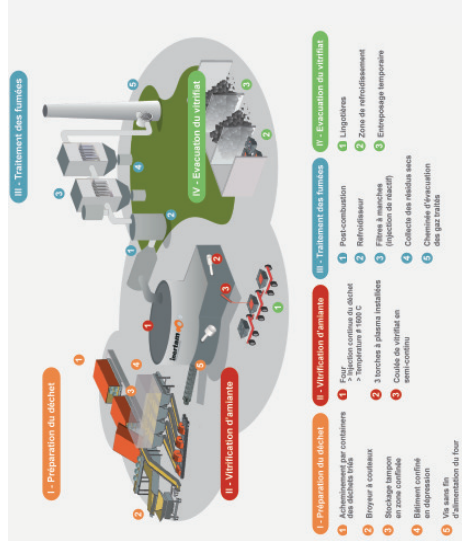
Après contrôle de la non-radioactivité et pesée, les déchets conditionnés dans des « big-bags » sont déchargés puis entreposés par catégorie dans un local confiné et dépressurisé. L'opérateur réalise le mélange des déchets en amont du broyeur afin d'optimiser la fusibilité des déchets. La matière broyée est ensuite acheminée sur un convoyeur et stockée en zone confinée avant d'être introduite dans le four de vitrification.

La ligne de vitrification

Le four de vitrification est chauffé à l'aide de trois torches à plasma. Par réaction thermo-chimique, les déchets sont portés en fusion à 1500°C : la fibre d'amiante est détruite. Le vitrifiat, produit de fusion appelé COFALIT, est extrait du four par un système de coulée semi-continue en lingotière.

Valorisation du vitrifiat

Le vitrifiat d'amiante possède un statut de matériau inerte (cf Arrêté préfectoral n°2011/44 du 09/04/2011) totalement stable. Il se présente sous forme d'un verre noir ou d'une roche basaltique avec des caractéristiques chimiques, physiques et mécaniques normées. Il est valorisé en tant que granulats pour sous couche routière.



Inertam est autorisée à traiter jusqu'à 8000 tonnes de déchets amiantés / an (Arrêté préfectoral 2003/139 du 16/04/03) et, depuis 2001, ce sont plus de 52 000 tonnes de déchets amiantés qui ont été traités sur ce site.

La ligne de vitrification fonctionne à plein régime (24h/24 - 11/7) et traite plus de 30 tonnes de déchets amiantés par jour.

L'offre d'inertam : le traitement clé en main

1. Traitement définitif de l'amiante

Traitement Inertam : la destruction définitive des déchets d'amiante. La VITRIFICATION est le SEUL procédé garantissant une solution définitive de destruction de toutes les fibres d'amiante. C'est un procédé qui n'est pas assujéti à la TGAP (Taxe Générale sur les Activités Polluantes).

2. Collecte et transport des déchets amiantés

Véritable pilote logistique et Commissionnaire de Transport, Inertam offre des solutions complètes en proposant des prestations étudiées pour la collecte et une prise en charge globale du transport de tous les déchets amiantés.

3. Valorisation des déchets d'amiante

Grâce à son réseau international et sa maîtrise des exigences réglementaires, INERTAM propose à ses clients des solutions globales de transport pour le retrait et l'importation de leurs matières dangereuses amiantées.

4. Démantèlement in-situ

INERTAM propose à ses clients de les accompagner dans leurs projets de démantèlement et de réhabilitation après désamiantage.

5. Transfert de responsabilité définitive

Après traitement des déchets, Inertam délivre un certificat attestant de la destruction définitive des déchets amiantés par vitrification par torche à plasma et de la valorisation du sous produit COFALIT, propriété d'Inertam. Le producteur du déchet est dégagé définitivement de toute responsabilité ultérieure.



Annexe 20

Récapitulatif technique, estimation du dimensionnement et des coûts engendrés selon la variante mise en place

- 20a Variante I-b
- 20b Variante II-b
- 20c Variante III
- 20d Variante IV
- 20e Variante V

TOTAL FERMETURE VARIANTE I-b

2)	Durée évaluée à partir des éléments issus des appels d'offres en cours pour les différents marchés considérés, phases d'études et d'essais non incluses
3)	Nbr. de palettes, 4 fûts par palette (1 palette = 1 colis)
4)	Reconditionnement des fûts par pièce (4x reconditionnement par colis)
5)	Coûts évalués à partir des éléments issus des appels d'offres en cours pour les différents marchés considérés, phases d'études et d'essais non incluses
6)	Durée effective estimée de 12 mois
7)	Hypothèse: reconditionnement de 30% des colis (4'478) en sur-big-bags (selon expérience de déstockage partiel du bloc 11)
8)	Coûts prévisionnels pour 2013, soit pour une année. La période prise en compte pour les frais d'entretien est la période s'étendant du démarrage de l'opération de déstockage, jusqu'à la fin des travaux de confinement
9)	Le coût nominal actuel de la prestation est de 2.0 M€, le déroulement de la prestation est organisé sur un poste de 7 h de durée, avec un effectif global de 18 personnes (dont 5 pour les fonctions de direction, administrative et technique). Dans le cadre de l'exercice de la réversibilité, la prestation d'opérateur minier sera organisée selon 3 postes de 7 h, entre 1h00 et 22h00, le premier poste entre 1h00 et 8h00 étant consacré à l'entretien des puits. En première approximation, l'effectif nécessaire sera porté à 28 personnes, et le coût annuel devrait s'établir à 3.1 M€, fournitures non comprises.
10)	Estimations effectuées par la société spécialisée ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau GmbH, Erfurt (D)
11)	Techniquement, tous les déchets peuvent être démercureisés; or la plupart d'entre eux contient d'autres polluants (par ex. As), qui leur confèrent une classe 0 même après retrait du mercure : une élimination en stockage souterrain allemand serait tout de même indispensable
	Tarif indicatif pouvant varier entre de 800 à 8'000 €/t selon le type et la quantité de déchets livrés

Position	Texte	Variante II-b														
A	Concept technique															
1	• Type de déstockage	• Réversibilité partielle (déchets contenant du mercure B3 et B5) • Déstockage ciblé des blocs 12, 21, 22 et 23 / déplacement de 2'083 colis E13														
2	• Colis remontés	B3				B5				Tous déchets						
		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)				
		Bloc 12	953	1'004		Bloc 12	200	218		Bloc 12	1'153	1'222				
		Bloc 21	642	386		Bloc 21	1'378	1'884		Bloc 21	2'020	2'270				
		Bloc 22	3'086	3'315		Bloc 22	0	0		Bloc 22	3'086	3'315				
		Bloc 23	1'652	1'656		Bloc 23	70	71		Bloc 23	1'722	1'727				
		• Totaux	6'333	6'361		• Totaux	1'648	2'173		• Totaux	7'981	8'534				
3	• Conditions de chantier	Durée effective du déstockage égale à 28 mois (12 +16 mois) ¹⁾ Travail sur 1 chantier la première année et 2 chantiers ensuite, 2 postes de 8 heures dans chaque cas														
4	• Conditionnement initial	B3				B5				Tous déchets						
		• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs			
		Bloc 12*	766	186	1	Bloc 12	0	200	0	Bloc 12	766	386	1			
		Bloc 21	0	642	0	Bloc 21	0	1'359	19	Bloc 21	0	2'001	19			
		Bloc 22	2'889	195	2	Bloc 22	0	0	0	Bloc 22	2889	195	2			
		Bloc 23	1'533	119	0	Bloc 23	0	70	0	Bloc 23	1'533	189	0			
		• Totaux	5'188	1'142	3	• Totaux	0	1'629	19	• Totaux	5'188	2'771	22			
* Selon la base de données, 24 colis B3 sont conditionnés en "autres". Ces colis sont comptés ici parmi les big-bags (742 + 24)																
5	• Reconditionnement 75% des fûts (sur-fûts, 50 kg pièce) 100% des big-bags (sur-big-bags, 2 kg pièce)										• Big-bags	• Fûts ³⁾	• Conteneurs			
											5'188	8'313 Masse sup. (t) :	0			
											426					
6	• Restockage	Activités au jour après remontée des colis														
7	• Elimination	Stockage souterrain en Allemagne														
8	• Traitement (optionnel)	Démercurisation														
B	Coûts de révers. (€)															
3	• Déstockage effectif ¹⁾	• Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés Tarif forfaitaire majoré de 75% par rapport à la Var. I-b										175'000				
		• Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris) ⁵⁾ • Positions forfaitaires majorées de 50% (ou 100%*) par rapport à la Variante I-b														
		• Etudes										100'000				
		• Approvisionnement*										630'000				
		• Mobilisation et installation										135'000				
		• Essais à blanc et en charge (sur une durée max. de 20 jours + 20 jours)										105'000				
		• Démobilisation										90'000				
		• Positions en régies majorées par rapport à la Variante I-b														
		• Location des équipements : position doublée après 12 mois car travail sur 2 blocs										1'650'000				
		• Fournitures et consommables (hors sur-big-bags et sur-fûts) : position majorée d'un facteur 2.7 (facteur déduit des colis à remonter)										1'512'000				
		• Personnel en régie : position doublée après 12 mois car travail sur 2 blocs										8'763'333				
											Total marché de déstockage					
											12'985'333					
											• Mission de maîtrise d'oeuvre Tarif forfaitaire /durée (majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois)					
											500'000					
											• Mission d'AMO en prévention sécurité Tarif forfaitaire /durée (majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois)					
											500'000					
5	• Reconditionnement	• Sur-fûts						Tarif unitaire	165	Nombre	8'313	Coûts	1'371'645			
		• Sur-big-bags						Tarif unitaire	35	Nombre	5'188	Coûts	181'580			
		• Sur-big-bags pour les colis restockés au fond ⁶⁾						Tarif unitaire	35	Nombre	6'193	Coûts	216'755			
		Total reconditionnement										1'769'980				
6	• Restockage	• Vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité Tarif forfaitaire (majorée d'un facteur 2.7 /Variante I-b)										405'000				
7	• Elimination	• Stockage souterrain en Allemagne (transport compris) Tarif unitaire/t 320 Nombre (t) 8'960 Coûts										2'867'208				
TOTAL réversibilité selon variante pour 28 mois hors frais de fonctionnement et d'entretien													19'202'522			
C	Frais d'entretien (€) ⁷⁾															
	• MDPA	Tarif forfaitaire										1'700'000				
	• StocaMine	Tarif forfaitaire										1'500'000				
	• Opérateur minier KOPEX	• Coût nominal de prestation ⁸⁾ Tarif forfaitaire										3'100'000				
		• Fournitures										150'000				
											3'250'000					
	• Frais supplémentaires	• Energie						Tarif forfaitaire				250'000				
		• Maintenance engins						Tarif forfaitaire				250'000				
		• Divers						Tarif forfaitaire				100'000				
		Total frais supplémentaires										600'000				
TOTAL entretien de la mine pour 5 ans et 6 mois												38'775'000				
D	Coûts de confinement (€) ⁹⁾															
	• Remplissage des galeries d'accès, des blocs vides (16, 25 et 26) et du bloc 15	• Installation et désinstallation										5'840'000				
		• Remplissage (matériaux compris)										14'320'000				
		• Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...)										1'470'000				
		• Imprévus										1'090'000				
	• Creusement d'une galerie d'exutoire et remplissage des trous de dégazage											250'000				
		Total remplissage										22'970'000				
	• Construction de barrages	• Installation										3'780'000				
		• Travaux préliminaires										1'260'000				
		• "Cutting of excavation disturbed zone"										2'020'000				
		• Déport de la roche saline										1'400'000				
		• Travaux de maçonnerie										620'000				
		• Travaux de cachetage et d'imperméabilisation										7'210'000				
		• Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...)										1'280'000				
		• Imprévus										880'000				
		Total barrages										18'450'000				
TOTAL confinement selon variante												41'420'000				
E	Coûts totaux de fermeture (€)															
		• Réversibilité (déstockage et élimination)										19'202'522				
		• Entretien de la mine										38'775'000				
		• Confinement										41'420'000				
TOTAL FERMETURE VARIANTE II-b												99'397'522				
F	Option															
8	• Valorisation des déchets	• Traitement des déchets (distillation du mercure)														
		• Tous les déchets ¹⁰⁾ Tarif unitaire/t ¹¹⁾ 2'500 Nombre (t) 8'960 Coûts														

Position	Texte	Variante III													
A	Concept technique														
1	• Type de déstockage	• Réversibilité partielle • Déstockage total des blocs 21 et 22 sans tri préalable des déchets													
2	• Colis remontés	B3 (classe 0)				B5 (classe 0)				B6 (classe 0)					
		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)			
		Bloc 21	642	386		Bloc 21	1'378	1'884		Bloc 21	981	1'751			
		Bloc 22	3'086	3'315		Bloc 22	0	0		Bloc 22	190	159			
		• Totaux	3'728	3'701		• Totaux	1'378	1'884		• Totaux	1'171	1'910			
		B10 (classe 0)				E9 (classe 1)				E13 (classe 1)					
		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)			
		Bloc 21	14	6		Bloc 21	4'672	2'074		Bloc 21	1'750	354			
		Bloc 22	0	0		Bloc 22	5'460	3'056		Bloc 22	587	164			
		• Totaux	14	6		• Totaux	10'132	5'130		• Totaux	2'337	518			
										Tous déchets					
										• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)			
										Bloc 21	9'437	6'455			
										Bloc 22	9'323	6'694			
		• Totaux	18'760	13'149											
3	• Conditions de chantier	Durée effective du déstockage égale à 2 ans et 8 mois ¹⁾ Travail sur 1 chantier la première année et 2 chantiers ensuite, 2 postes de 8 heures dans chaque cas													
4	• Conditionnement initial	B3 (classe 0)				B5 (classe 0)				B6 (classe 0)					
		• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs		
		Bloc 21	0	642	0	Bloc 21	0	1'359	19	Bloc 21	945	8	28		
		Bloc 22	2'889	195	2	Bloc 22	0	0	0	Bloc 22	190	0	0		
		• Totaux	2'889	837	2	Totaux	0	1'359	19	Totaux	1'135	8	28		
		B10 (classe 0)				E9 (classe 1)				E13 (classe 1)					
		• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Palettes filmées		
		Bloc 21	0	14	0	Bloc 21	4'165	507	0	Bloc 21	1'596	32	122		
		Bloc 22	0	0	0	Bloc 22	5'405	55	0	Bloc 22	294	21	272		
		• Totaux	0	14	0	Totaux	9'570	562	0	Totaux	1'890	53	394		
										Tous déchets					
										• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Cont./Palettes		
										Bloc 21	6'706	2'562	169		
										Bloc 22	8'778	271	274		
		Totaux	15'484	2'833	443										
5	• Reconditionnement 75% des fûts (sur-fûts, 50 kg pièce) 100% des big-bags (sur-big-bags, 2 kg pièce)									• Big-bags 15'484	• Fûts ³⁾ 8'499 Masse sup. (t) : 456	• Conteneurs 0			
6	• Restockage	Activités au jour après remontée des colis													
7	• Elimination	Stockage souterrain en Allemagne pour les déchets de classe 0 CET 1 en France pour les déchets de classe 1													
8	• Traitement (optionnel)	Démercurisation des déchets B3 et B5 Vitrification des déchets amiantés E13													
B	Coûts de révers. (€)														
3	• Déstockage effectif ⁴⁾	• Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés Tarif forfaitaire majoré de 75% par rapport à la Var. I-b										175'000			
		• Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris) ⁵⁾ • Positions forfaitaires majorées de 50% (ou 100%*) par rapport à la Variante I-b • Etudes • Approvisionnement* • Mobilisation et installation • Essais à blanc et en charge (sur une durée max. de 20 jours + 20 jours) • Démobilisation • Positions en régies majorées par rapport à la Variante I-b • Location des équipements : position doublée après 12 mois car travail sur 2 blocs • Fournitures et consommables (hors sur-big-bags et sur-fûts) : position majorée d'un facteur 4.4 (facteur déduit des colis à remonter) • Personnel en régie : position doublée après 12 mois car travail sur 2 blocs										100'000 630'000 135'000 105'000 90'000 1'950'000 2'464'000 10'356'667			
		Total marché de déstockage										15'830'667			
		• Mission de maîtrise d'oeuvre Tarif forfaitaire /durée (majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois)										550'500			
		• Mission d'AMO en prévention sécurité Tarif forfaitaire /durée (majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois)										550'500			
5	• Reconditionnement	• Sur-fûts • Sur-big-bags				Tarif unitaire Tarif unitaire		165 35	Nombre Nombre		8'499 15'484	Coûts Coûts	1'402'335 541'940 1'944'275		
6	• Restockage	• Vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité						Tarif forfaitaire (majoré d'un facteur 4.4 /Variante I-b)				660'000			
7	• Elimination	• Stockage souterrain en Allemagne (transport compris)						Tarif unitaire/t		320	Nombre (t)	7'953	Coûts	2'544'847	
		• Stockage en CET 1 en France (transport compris)													
		Déchets de nature E13 (transport compris, prix moyen pour 85% friable et 15% lié)						Tarif unitaire/t		460	Nombre (t)	532	Coûts	244'895	
		Déchets de nature E9 (transport compris)						Tarif unitaire/t		250	Nombre (t)	5'262	Coûts	1'315'385	
Total élimination														4'105'127	
TOTAL réversibilité selon variante pour 2 ans et 8 mois hors frais de fonctionnement et d'entretien														23'816'069	
C	Frais d'entretien (€) ⁶⁾														
	• MDPA	Tarif forfaitaire										1'700'000			
	• StocaMine	Tarif forfaitaire										1'500'000			
	• Opérateur minier KOPEX	• Coût nominal de prestation ⁷⁾ • Fournitures		Tarif forfaitaire								3'100'000 150'000 3'250'000			
	• Frais supplémentaires	• Energie • Maintenance engins • Divers		Tarif forfaitaire Tarif forfaitaire Tarif forfaitaire								250'000 250'000 100'000 600'000			
TOTAL entretien de la mine pour 5 ans et 9 mois														40'537'500	

Position	Texte	Variante III						
D	Coûts de confinement (€) ⁸⁾							
	• Remplissage des galeries d'accès, des blocs vides (16, 25 et 26), des blocs vidés (21 et 22) et du bloc 15	• Installation et désinstallation • Remplissage (matériaux compris) • Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...) • Imprévus • Creusement d'une galerie d'exutoire et remplissage des trous de dégazage						
								5'840'000 17'972'081 1'470'000 1'090'000 250'000 26'622'081
	• Construction de barrages	• Installation • Travaux préliminaires • "Cutting of excavation disturbed zone" • Déport de la roche saline • Travaux de maçonnerie • Travaux de cachetage et d'imperméabilisation • Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...) • Imprévus						
								3'780'000 1'260'000 2'020'000 1'400'000 620'000 7'210'000 1'280'000 880'000 Total barrages 18'450'000
TOTAL confinement selon variante								45'072'081
E	Coûts totaux de fermeture (€)							
		• Réversibilité (déstockage et élimination) • Entretien de la mine • Confinement						
								23'816'069 40'537'500 45'072'081 TOTAL FERMETURE VARIANTE III 109'425'649
F	Option							
8	• Valorisation des déchets	• Traitement des déchets B3 et B5 (distillation du mercure) • Tous les déchets ⁹⁾ • Traitement des déchets E13 (vitrification)	Tarif unitaire/t ¹⁰⁾ Tarif unitaire/t ¹¹⁾	2'500 2'500	Nombre (t) Nombre (t)	6'030 532	Coûts Coûts	15'074'945 1'330'950
¹⁾Durée déduite des éléments issus des appels d'offres en cours pour les différents marchés considérés et pour la Variante I-b, extrapolée, phases d'études et d'essais non incluses ²⁾Nbr. de palettes, 4 fûts par palette (1 palette = 1 colis) ³⁾Reconditionnement des fûts par pièce (4x reconditionnement par colis) ⁴⁾Coûts déduits des éléments issus des appels d'offres en cours pour les différents marchés considérés et pour la Variante I-b, extrapolés, phases d'études et d'essais non incluses ⁵⁾Durée effective estimée de 2 ans et 8 mois, 1 chantier la première année, 2 chantiers ensuite ⁶⁾Coûts prévisionnels pour 2013, soit pour une année. La période prise en compte pour les frais d'entretien est la période s'étendant du démarrage de l'opération de déstockage, jusqu'à la fin des travaux de confinement administrative et technique). Dans le cadre de l'exercice de la réversibilité, la prestation d'opérateur minier sera organisée selon 3 postes de 7 h, entre 1h00 et 22h00, le premier poste entre 1h00 et 8h00 étant consacré à l'entretien des puits. En première approximation, l'effectif nécessaire sera porté à 28 personnes, et le coût annuel devrait s'établir à 3.1 M€, fournitures non comprises. ⁷⁾Estimations effectuées par la société spécialisée ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau GmbH, Erfurt (D) (pour la Variante 1-b, extrapolées) ⁸⁾Techniquement, tous les déchets peuvent être démercurisés; or la plupart d'entre eux contient d'autres polluants (par ex. As), qui leur confèrent une classe 0 même après retrait du mercure : une élimination en stockage souterrain allemand serait tout de même indispensable ⁹⁾Tarif indicatif pouvant varier entre de 800 à 8'000 € /t selon le type et la quantité de déchets livrés ¹⁰⁾Tarif indicatif pouvant varier entre de 800 à 2'400 € /t selon le type et la quantité de déchets livrés (entre autres) ¹¹⁾								

Position		Texte		Variante IV													
A	Concept technique																
1	• Type de déstockage			• Réversibilité partielle • Déstockage total des blocs 12, 21, 22 et 23 sans tri préalable des déchets													
2	• Colis remontés			B3 (classe 0)			B5 (classe 0)			A1 (classe 0)							
				• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc		• Nbr. de colis	• Masses (t)		
				Bloc 12	953	1'004		Bloc 12	200	218		Bloc 12		561	602		
				Bloc 21	642	386		Bloc 21	1'378	1'884		Bloc 21		0	0		
				Bloc 22	3'086	3'315		Bloc 22	0	0		Bloc 22		0	0		
				Bloc 23	1'652	1'656		Bloc 23	70	71		Bloc 23		0	0		
				• Totaux	6'333	6'361		• Totaux	1'648	2'173		• Totaux		561	602		
				A2 (classe 0)			B6 (classe 0)			B10 (classe 0)							
				• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc		• Nbr. de colis	• Masses (t)		
				Bloc 12	242	229		Bloc 12	269	254		Bloc 12		91	122		
				Bloc 21	0	0		Bloc 21	981	1'751		Bloc 21		14	6		
				Bloc 22	0	0		Bloc 22	190	159		Bloc 22		0	0		
				Bloc 23	0	0		Bloc 23	508	571		Bloc 23		0	0		
				• Totaux	242	229		• Totaux	1'948	2'735		• Totaux		105	128		
				C4 (classe 0)			C8 (classe 0)			D7 (classe 0)							
				• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc		• Nbr. de colis	• Masses (t)		
				Bloc 12	81	98		Bloc 12	90	108		Bloc 12		4	2		
				Bloc 21	0	0		Bloc 21	0	0		Bloc 21		0	0		
				Bloc 22	0	0		Bloc 22	0	0		Bloc 22		0	0		
				Bloc 23	0	0		Bloc 23	0	0		Bloc 23		0	0		
				• Totaux	81	98		• Totaux	90	108		• Totaux		4	2		
				D12 (classe 0)			E9 (classe 1)			E13 (classe 1)							
				• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)		• Bloc		• Nbr. de colis	• Masses (t)		
				Bloc 12	30	24		Bloc 12	4'954	2'810		Bloc 12		1'432	471		
				Bloc 21	0	0		Bloc 21	4'672	2'074		Bloc 21		1'750	354		
Bloc 22	0	0		Bloc 22	5'460	3'056		Bloc 22		587	164						
Bloc 23	0	0		Bloc 23	4'347	2'548		Bloc 23		1'339	688						
• Totaux	30	24		• Totaux	19'433	10'488		• Totaux		5'108	1'677						
									Tous déchets								
									• Bloc	• Nbr. de colis	• Masses (t)						
									Bloc 12	8'907	5'942						
									Bloc 21	9'437	6'455						
									Bloc 22	9'323	6'694						
									Bloc 23	7'916	5'534						
									• Totaux	35'583	24'625						
3	• Conditions de chantier			Durée effective du déstockage égale à 4 ans et 8 mois ¹⁾ Travail sur 1 chantier la première année et 2 chantiers ensuite, 2 postes de 8 heures dans chaque cas													
4	• Conditionnement initial			B3 (classe 0)			B5 (classe 0)			A1 (classe 0)							
				• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs		
				Bloc 12	766	186	1	Bloc 12	0	200	0	Bloc 12	0	561	0		
				Bloc 21	0	642	0	Bloc 21	0	1'359	19	Bloc 21	0	0	0		
				Bloc 22	2'889	195	2	Bloc 22	0	0	0	Bloc 22	0	0	0		
				Bloc 23	1'533	119	0	Bloc 23	0	70	0	Bloc 23	0	0	0		
				• Totaux	5'188	1'142	3	Totaux	0	1'629	19	Totaux	0	561	0		
				A2 (classe 0)			B6 (classe 0)			B10 (classe 0)							
				• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs		
				Bloc 12	0	242	0	Bloc 12	232	37	0	Bloc 12	0	91	0		
				Bloc 21	0	0	0	Bloc 21	945	8	28	Bloc 21	0	14	0		
				Bloc 22	0	0	0	Bloc 22	190	0	0	Bloc 22	0	0	0		
				Bloc 23	0	0	0	Bloc 23	474	34	0	Bloc 23	0	0	0		
				• Totaux	0	242	0	Totaux	1'841	79	28	Totaux	0	105	0		
				C4 (classe 0)			C8 (classe 0)			D7 (classe 0)							
				• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs		
				Bloc 12	0	81	0	Bloc 12	90	0	0	Bloc 12	0	4	0		
				Bloc 21	0	0	0	Bloc 21	0	0	0	Bloc 21	0	0	0		
				Bloc 22	0	0	0	Bloc 22	0	0	0	Bloc 22	0	0	0		
				Bloc 23	0	0	0	Bloc 23	0	0	0	Bloc 23	0	0	0		
				• Totaux	0	81	0	Totaux	90	0	0	Totaux	0	4	0		
				D12 (classe 0)			E9 (classe 1)			E13 (classe 1)							
				• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Conteneurs	• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Cont./palettes		
				Bloc 12	0	30	0	Bloc 12	4'900	54	0	Bloc 12	1'003	233	196		
				Bloc 21	0	0	0	Bloc 21	4'165	507	0	Bloc 21	1'597	32	121		
				Bloc 22	0	0	0	Bloc 22	5'405	55	0	Bloc 22	294	21	272		
				Bloc 23	0	0	0	Bloc 23	4'295	52	0	Bloc 23	1'257	43	39		
				• Totaux	0	30	0	Totaux	18'765	668	0	Totaux	4'151	329	628		
													Tous déchets				
													• Bloc	• Big-bags	• Fûts ²⁾	• Cont./Palettes	
													Bloc 12	6'991	1'719	197	
													Bloc 21	6'707	2'562	168	
													Bloc 22	8'778	271	274	
													Bloc 23	7'559	318	39	
													Totaux	30'035	4'870	678	
5	• Reconditionnement 75% des fûts (sur-fûts, 50 kg pièce) 100% des big-bags (sur-big-bags, 2 kg pièce)												• Big-bags 30'035	• Fûts ³⁾ 14'610 Masse sup. (t) : 791	• Conteneurs 0		
6	• Restockage			Activités au jour après remontée des colis													
7	• Elimination			Stockage souterrain en Allemagne pour les déchets de classe 0 CET 1 en France pour les déchets de classe 1													
8	• Traitement (optionnel)			Démercurisation des déchets B3 et B5 Vitrification des déchets amiantés E13													
B	Coûts de révers. (€)																
3	• Déstockage effectif ⁴⁾			• Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés Tarif forfaitaire majoré de 75% par rapport à la Var. I-b									175'000				
				• Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris) ⁵⁾ • Positions forfaitaires majorées de 50% (ou 100%*) par rapport à la Variante I-b • Etudes • Approvisionnement* • Mobilisation et installation • Essais à blanc et en charge (sur une durée max. de 20 jours + 20 jours) • Démobilisation • Positions en régies majorées par rapport à la Variante I-b • Location des équipements : position doublée après 12 mois car travail sur 2 blocs • Fournitures et consommables (hors sur-big-bags et sur-fûts) : position majorée d'un facteur 8.34 (facteur déduit des colis à remonter) • Personnel en régie : position doublée après 12 mois car travail sur 2 blocs									100'000 630'000 135'000 105'000 90'000 3'750'000 4'670'400 19'916'667				
				Total marché de déstockage									29'397'067				
				• Mission de maîtrise d'oeuvre Tarif forfaitaire /durée (majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois)									850'500				
				• Mission d'AMO en prévention sécurité Tarif forfaitaire /durée (majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois)									850'500				
5	• Reconditionnement			• Sur-fûts • Sur-big-bags	Tarif unitaire Tarif unitaire	165 35	Nombre Nombre	14'610 30'035	Coûts Coûts	2'410'650 1'051'225 3'461'875							
6	• Restockage			• Vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité Tarif forfaitaire (majoré d'un facteur 8.34 /Variante I-b)									1'251'000				
7	• Elimination			• Stockage souterrain en Allemagne (transport compris)			Tarif unitaire/t	320	Nombre (t)	13'249	Coûts	4'239'628					
				• Stockage en CET 1 en France (transport compris)													
				Déchets de nature E13 (transport compris, prix moyen pour 85% friable et 15% lié)			Tarif unitaire/t	445	Nombre (t)	1'751	Coûts	779'240					
				Déchets de nature E9 (dépendant de la quantité)			Tarif unitaire/t	235	Nombre (t)	10'659	Coûts	2'504'896					
Total élimination												7'523'764					
TOTAL réversibilité selon variante pour 4 ans et 8 mois hors frais de fonctionnement et d'entretien														43'509'706			

Position	Texte	Variante IV					
C	Frais d'entretien (€) ⁶⁾						
	• MDPA	Tarif forfaitaire				1'700'000	
	• StocaMine	Tarif forfaitaire				1'500'000	
	• Opérateur minier KOPEX	• Coût nominal de prestation ⁷⁾ • Fournitures	Tarif forfaitaire				3'100'000 150'000 3'250'000
	• Frais supplémentaires	• Energie • Maintenance engins • Divers	Tarif forfaitaire Tarif forfaitaire Tarif forfaitaire				250'000 250'000 100'000 600'000
	Total frais supplémentaires						
	TOTAL entretien de la mine pour 8 ans et 3 mois						58'162'500
D	Coûts de confinement (€) ⁸⁾						
	• Remplissage des galeries d'accès, des blocs vides (16, 25 et 26), des blocs vidés (12, 21, 22 et 23) et du bloc 15	• Installation et désinstallation • Remplissage (matériaux compris) • Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...) • Imprévus • Creusement d'une galerie d'exutoire et remplissage des trous de dégazage					5'840'000 21'624'161 1'470'000 1'090'000 250'000 30'274'161
	• Construction de barrages	• Installation • Travaux préliminaires • "Cutting of excavation disturbed zone" • Déport de la roche saline • Travaux de maçonnerie • Travaux de cachetage et d'imperméabilisation • Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...) • Imprévus					3'780'000 1'260'000 2'020'000 1'400'000 620'000 7'210'000 1'280'000 880'000 18'450'000
	TOTAL confinement selon variante						48'724'161
E	Coûts totaux de fermeture (€)						
		• Réversibilité (déstockage et élimination) • Entretien de la mine • Confinement					43'509'706 58'162'500 48'724'161
	TOTAL FERMETURE VARIANTE IV						150'396'367
F	Option						
8	• Valorisation des déchets	• Traitement des déchets B3 et B5 (distillation du mercure) • Tous les déchets ⁹⁾ • Traitement des déchets E13 (vitrification)	Tarif unitaire/t ¹⁰⁾ Tarif unitaire/t ¹¹⁾	2'500 2'500	Nombre (t) Nombre (t)	9'099 1'751	Coûts Coûts 22'746'440 4'377'755
¹⁾ Durée déduite des éléments issus des appels d'offres en cours pour les différents marchés considérés et pour la Variante I-b, extrapolée, phases d'études et d'essais non incluses ²⁾ Nbr. de palettes, 4 fûts par palette (1 palette = 1 colis) ³⁾ Reconditionnement des fûts par pièce (4x reconditionnement par colis) ⁴⁾ Coûts déduits des éléments issus des appels d'offres en cours pour les différents marchés considérés et pour la Variante I-b, extrapolés, phases d'études et d'essais non incluses ⁵⁾ Durée effective estimée de 4 ans et 8 mois, 1 chantier la première année, 2 chantiers ensuite ⁶⁾ Coûts prévisionnels pour 2013, soit pour une année. La période prise en compte pour les frais d'entretien est la période s'étendant du démarrage de l'opération de déstockage, jusqu'à la fin des travaux de confinement ⁷⁾ Le coût nominal actuel de la prestation est de 2.0 M€, le déroulement de la prestation est organisé sur un poste de 7 h de durée, avec un effectif global de 18 personnes (dont 5 pour les fonctions de direction, administrative et technique). Dans le cadre de l'exercice de la réversibilité, la prestation d'opérateur minier sera organisée selon 3 postes de 7 h, entre 1h00 et 22h00, le premier poste entre 1h00 et 8h00 étant consacré à l'entretien des puits. En première approximation, l'effectif nécessaire sera porté à 28 personnes, et le coût annuel devrait s'établir à 3.1 M€, fournitures non comprises. ⁸⁾ Estimations effectuées par la société spécialisée ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau GmbH, Erfurt (D) (pour la Variante 1-b, extrapolées) ⁹⁾ Techniquement, tous les déchets peuvent être démercurisés; or la plupart d'entre eux contient d'autres polluants (par ex. As), qui leur confèrent une classe 0 même après retrait du mercure : une élimination en stockage souterrain allemand serait tout de même indispensable ¹⁰⁾ Tarif indicatif pouvant varier entre de 800 à 8'000 € /t selon le type et la quantité de déchets livrés ¹¹⁾ Tarif indicatif pouvant varier entre de 800 à 2'400 € /t selon le type et la quantité de déchets livrés (entre autres)							

BMG Engineering SA 27.10.2013

Position	Texte	Variante V										
B	Coûts de révers. (€)											
3	• Déstockage effectif ⁽⁴⁾	• Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés • Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris) ⁽⁵⁾ • Positions forfaitaires majorées de 50% (ou 100%*) par rapport à la Variante I-b • Etudes100'000 • Approvisionnement*630'000 • Mobilisation et installation135'000 • Essais à blanc et en charge (sur une durée max. de 20 jours + 20 jours)105'000 • Démobilisation90'000 • Positions en régies majorées par rapport à la Variante I-b • Location des équipements : position doublée après 12 mois car travail sur 2 blocs6'750'000 • Fournitures et consommables (hors sur-big-bags et sur-fûts) : position majorée d'un facteur 15.1 (facteur déduit des colis à remonter)8'456'000 • Personnel en régie : position doublée après 12 mois car travail sur 2 blocs35'850'000 Total marché de déstockage52'116'000 • Mission de maîtrise d'oeuvreTarif forfaitaire /durée (majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois)1'500'000 • Mission d'AMO en prévention sécuritéTarif forfaitaire /durée (majoré de 50% par rapport à la Var. I-b après 12 mois)1'500'000					Tarif forfaitaire majoré de 50% par rapport à la Var. II-b				262'500	
5	• Reconditionnement	• Sur-fûts • Sur-big-bags	Tarif unitaire Tarif unitaire	165 35	Nombre Nombre	26'514 54'202	Coûts Coûts	4'374'810 1'897'070				
				Total reconditionnement		6'271'880						
6	• Restockage	• Vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité	Tarif forfaitaire (majoré d'un facteur 15.1 /Variante I-b)					2'265'000				
7	• Elimination	• Stockage souterrain en Allemagne (transport compris) • Stockage en CET 1 en France (transport compris) Déchets de nature E13 (transport compris, prix moyen pour 85% friable et 15% lié) Déchets de nature E9 (dépendant de la quantité)	Tarif unitaire/t Tarif unitaire/t Tarif unitaire/t	320 430 215	Nombre (t) Nombre (t) Nombre (t)	20'654 3'436 20'034	Coûts Coûts Coûts	6'609'327 1'477'305 4'307'366				
				Total élimination		12'393'999						
TOTAL réversibilité selon variante pour 8 années hors frais de fonctionnement et d'entretien								76'309'379				
C	Frais d'entretien (€) ⁽⁶⁾											
	• MDPA	Tarif forfaitaire					1'700'000					
	• StocaMine	Tarif forfaitaire					1'500'000					
	• Opérateur minier KOPEX	• Coût nominal de prestation ⁽⁷⁾ • Fournitures	Tarif forfaitaire					3'100'000 150'000				
						3'250'000						
	• Frais supplémentaires	• Energie • Maintenance engins • Divers	Tarif forfaitaire Tarif forfaitaire Tarif forfaitaire					250'000 250'000 100'000				
				Total frais supplémentaires		600'000						
TOTAL entretien de la mine pour 8 années et 9 mois								61'687'500				
D	Coûts de confinement (€) ⁽⁸⁾											
	• Remplissage du bloc 15 seulement (comme les galeries d'accès et les blocs vides et vidés ne sont pas remplis, les coûts estimés pour la Variante I-b sont globalement réduits)	• Installation et désinstallation • Remplissage (matériaux compris) • Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...) • Imprévus						1'168'000 1'441'611 294'000 218'000				
				Total remplissage		3'121'611						
	• Construction de barrages (comme les barrages sont nettement plus allégés par rapport à la Variante I-b, les coûts estimés sont globalement réduit à 20%)	• Installation • Travaux préliminaires • "Cutting of excavation disturbed zone" • Déport de la roche saline • Travaux de maçonnerie • Travaux de cachetage et d'imperméabilisation • Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...) • Imprévus						756'000 252'000 404'000 280'000 124'000 1'442'000 256'000 176'000				
				Total barrages		3'690'000						
TOTAL confinement selon variante								6'811'611				
E	Coûts totaux de fermeture (€)											
		• Réversibilité (déstockage et élimination) • Entretien de la mine • Confinement						76'309'379 61'687'500 6'811'611				
TOTAL FERMETURE VARIANTE V								144'808'490				
F	Option											
8	• Valorisation des déchets	• Traitement des déchets B3 et B5 (distillation du mercure) • Tous les déchets⁽⁹⁾ • Traitement des déchets E13 (vitrification)	Tarif unitaire/t ⁽¹⁰⁾ Tarif unitaire/t ⁽¹¹⁾	2'500 2'500	Nombre (t) Nombre (t)	9'898 3'436	Coûts Coûts	24'745'020 8'588'985				
⁽¹⁾ Durée déduite des éléments issus des appels d'offres en cours pour les différents marchés considérés et pour la Variante I-b, extrapolée, phases d'études et d'essais non incluses ⁽²⁾ Nbr. de palettes, 4 fûts par palette (1 palette = 1 colis) ⁽³⁾ Reconditionnement des fûts par pièce (4x reconditionnement par colis) ⁽⁴⁾ Coûts déduits des éléments issus des appels d'offres en cours pour les différents marchés considérés et pour la Variante I-b, extrapolés, phases d'études et d'essais non incluses ⁽⁵⁾ Durée effective estimée de 8 ans, 1 chantier la première année, 2 chantiers ensuite ⁽⁶⁾ Coûts prévisionnels pour 2013, soit pour une année. La période prise en compte pour les frais d'entretien est la période s'étendant du démarrage de l'opération de déstockage, jusqu'à la fin des travaux de confinement ⁽⁷⁾ Le coût nominal actuel de la prestation est de 2.0 M€, le déroulement de la prestation est organisé sur un poste de 7 h de durée, avec un effectif global de 18 personnes (dont 5 pour les fonctions de direction, administrative et technique). Dans le cadre de l'exercice de la réversibilité, la prestation d'opérateur minier sera organisée selon 3 postes de 7 h, entre 1h00 et 22h00, le premier poste entre 1h00 et 8h00 étant consacré à l'entretien des puits. En première approximation, l'effectif nécessaire sera porté à 28 personnes, et le coût annuel devrait s'établir à 3.1 M€, fournitures non comprises. ⁽⁸⁾ Estimations effectuées par la société spécialisée ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau GmbH, Erfurt (D) (pour la Variante 1-b). Ces estimations s'appliquent à la Variante I-b. Ici, comme il s'agit d'une réversibilité totale, le remplissage ne concerne que le bloc 15 et non les galeries d'accès et les blocs vidés ou déstockés. Par ailleurs, les barrages sont de conception plus légère et ne concernent que la périphérie du bloc 15 ⁽⁹⁾ Techniquement, tous les déchets peuvent être démercuroisés; or la plupart d'entre eux contient d'autres polluants (par ex. As), qui leur confèrent une classe 0 même après retrait du mercure : une élimination en stockage souterrain allemand serait tout de même indispensable ⁽¹⁰⁾ Tarif indicatif pouvant varier entre de 800 à 8'000 € /t selon le type et la quantité de déchets livrés ⁽¹¹⁾ Tarif indicatif pouvant varier entre de 800 à 2'400 € /t selon le type et la quantité de déchets livrés (entre autres)												

Annexe 21

**Vue d'ensemble sur les calendriers d'action selon
variante mise en place**

Variante I-b	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
dépôt du dossier de cessation d'activité	★											
instruction du dossier de cessation d'activité												
déstockage												
remplissage du Bloc 15, des blocs non stockés et des galeries d'accès												
construction des barrages de confinement												
désarmement des puits												
remblayage des puits												
démantèlement jour												

Variante II-b	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
dépôt du dossier de cessation d'activité	★											
instruction du dossier de cessation d'activité												
déstockage selon I-b												
poursuite déstockage selon II-b												
remplissage du Bloc 15, des blocs non stockés et des galeries d'accès												
construction des barrages de confinement												
désarmement des puits												
remblayage des puits												
démantèlement jour												

Variante III	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
dépôt du dossier de cessation d'activité	★											
instruction du dossier de cessation d'activité												
déstockage selon I-b												
poursuite déstockage selon III												
remplissage du Bloc 15, des blocs non stockés, déstockés et des galeries d'accès												
construction des barrages de confinement												
désarmement des puits												
remblayage des puits												
démantèlement jour												

Variante IV	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
dépôt du dossier de cessation d'activité	★											
instruction du dossier de cessation d'activité												
déstockage selon I-b												
poursuite déstockage selon IV												
remplissage du Bloc 15, des blocs non stockés, déstockés et des galeries d'accès												
construction des barrages de confinement												
désarmement des puits												
remblayage des puits												
démantèlement jour												

Variante V	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
dépôt du dossier de cessation d'activité	★											
instruction du dossier de cessation d'activité												
déstockage selon I-b												
poursuite déstockage selon V												
remplissage du Bloc 15												
construction des barrages de confinement												
désarmement des puits												
remblayage des puits												
démantèlement jour												

Annexe 22

Vue d'ensemble des coûts pour chacune des variantes

Coûts de réversibilité selon la variante mise en place : résumé et vue d'ensemble

Positions générales	Sous-positions	Variante I-b	Variante II-b	Variante III	Variante IV	Variante V
Coûts de déstockage (€)						
• Déstockage effectif	• Mission d'assistance au maître d'ouvrage (AMO) pour la passation des marchés • Marché de déstockage (extraction des colis au fond, installations et équipements compris) • Etudes • Approvisionnement • Mobilisation et installation • Essais à blanc et en charge (sur une durée max. de 20 jours + 20 jours) • Démobilisation • Location des équipements • Fournitures et consommables (hors sur-big-bags et sur-fûts) • Personnel en régie	100'000 65'000 315'000 90'000 70'000 60'000 450'000 560'000 2'390'000 4'000'000	175'000 100'000 630'000 135'000 105'000 90'000 1'650'000 2'464'000 8'763'333 12'985'333	175'000 100'000 630'000 135'000 105'000 90'000 1'950'000 2'464'000 10'356'667 15'830'667	175'000 100'000 630'000 135'000 105'000 90'000 3'750'000 4'670'400 19'916'667 29'397'067	262'500 100'000 630'000 135'000 105'000 90'000 6'750'000 8'456'000 35'850'000 52'116'000
	• Mission de maîtrise d'oeuvre • Mission d'AMO en prévention sécurité	300'000 300'000	500'000 500'000	550'500 550'500	850'500 850'500	1'500'000 1'500'000
• Reconditionnement	• Sur-fûts • Sur-big-bags • Sur-big-bags pour les colis restockés au fond Total reconditionnement	1'044'945 74'725 47'019 1'166'689	1'371'645 181'580 216'755 1'769'980	1'402'335 541'940 0 1'944'275	2'410'650 1'051'225 0 3'461'875	4'374'810 1'897'070 0 6'271'880
• Restockage	• Vérification, contrôle, étiquetage, traçabilité	150'000	405'000	660'000	1'251'000	2'265'000
• Elimination	• Stockage souterrain en Allemagne (transport compris) • Stockage en CET 1 en France (transport compris) Total Elimination	1'619'814 0 1'619'814	2'867'208 0 2'867'208	2'544'847 1'560'280 4'105'127	4'239'628 3'284'136 7'523'764	6'609'327 5'784'672 12'393'999
TOTAL déstockage		7'636'503	19'202'522	23'816'069	43'509'706	76'309'379
Durée déstockage effectif		1 an	1 an et 16 mois	2 ans et 8 mois	4 ans et 8 mois	8 ans
Frais d'entretien (€)						
• MDPA (par an)		1'700'000	1'700'000	1'700'000	1'700'000	1'700'000
• StocaMine (par an)		1'500'000	1'500'000	1'500'000	1'500'000	1'500'000
• Opérateur minier KOPEX (par an)	• Coût nominal de prestation • Fournitures Total KOPEX	3'100'000 150'000 3'250'000	3'100'000 150'000 3'250'000	3'100'000 150'000 3'250'000	3'100'000 150'000 3'250'000	3'100'000 150'000 3'250'000
• Frais supplémentaires (par an)	• Energie • Maintenance engins • Divers Total frais	250'000 250'000 100'000 600'000	250'000 250'000 100'000 600'000	250'000 250'000 100'000 600'000	250'000 250'000 100'000 600'000	250'000 250'000 100'000 600'000
TOTAL entretien de la mine		35'250'000	38'775'000	40'537'500	58'162'500	61'687'500
Coûts de confinement (€)						
• Remplissage	• Installation et désinstallation • Remplissage (matériaux compris) • Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...) • Imprévus • Creusement d'une galerie d'exutoire et remplissage des trous de dégazage Total remplissage	5'840'000 14'320'000 1'470'000 1'090'000 250'000 22'970'000	5'840'000 14'320'000 1'470'000 1'090'000 250'000 22'970'000	5'840'000 17'972'081 1'470'000 1'090'000 250'000 26'622'081	5'840'000 21'624'161 1'470'000 1'090'000 250'000 30'274'161	1'168'000 1'441'611 294'000 218'000 0 3'121'611
• Construction de barrages	• Installation • Travaux préliminaires • "Cutting of excavation disturbed zone" • Déport de la roche saline • Travaux de maçonnerie • Travaux de cachetetage et d'imperméabilisation • Ingénierie (planification, supervision, documentation, tests...) • Imprévus Total barrages	3'780'000 1'260'000 2'020'000 1'400'000 620'000 7'210'000 1'280'000 880'000 18'450'000	3'780'000 1'260'000 2'020'000 1'400'000 620'000 7'210'000 1'280'000 880'000 18'450'000	3'780'000 1'260'000 2'020'000 1'400'000 620'000 7'210'000 1'280'000 880'000 18'450'000	3'780'000 1'260'000 2'020'000 1'400'000 620'000 7'210'000 1'280'000 880'000 18'450'000	756'000 252'000 404'000 280'000 124'000 1'442'000 256'000 176'000 3'690'000
TOTAL confinement		41'420'000	41'420'000	45'072'081	48'724'161	6'811'611
Coûts totaux de fermeture (€)						
	• Réversibilité (déstockage et élimination) • Entretien de la mine • Confinement	7'636'503 35'250'000 41'420'000	19'202'522 38'775'000 41'420'000	23'816'069 40'537'500 45'072'081	43'509'706 58'162'500 48'724'161	76'309'379 61'687'500 6'811'611
TOTAL Réversibilité		84'306'503	99'397'522	109'425'649	150'396'367	144'808'490
Proportion		100%	118%	130%	178%	172%
Sur-coût selon Variante I-b (€)		0	15'091'018	25'119'146	66'089'863	60'501'986
Date de fermeture estimée		fin 2020	fin 2021	fin 2021	mi-2024	fin 2024
Option						
• Valorisation des déchets	• Démercuration • Vitrification	12'654'800 0	22'400'065 0	15'074'945 1'330'950	22'746'440 4'377'755	24'745'020 8'588'985
Total valorisation		12'654'800	22'400'065	16'405'895	27'124'195	33'334'005

Annexe 23

Compte-rendu de Swissi

Analyse du point de vue de la sécurité au travail et de la protection de la santé de l'exercice de la réversibilité

Entreprise	StocaMine
-------------------	-----------

Numéro de projet	909789
-------------------------	--------

Objet	StocaMine
--------------	-----------

Responsable(s) Représentant(s) de l'Entreprise	M. Jacky Roman
---	----------------

Conseiller(s) de Swissi SA	M. Didier Gandini
-----------------------------------	-------------------

Lieu et date	Neuchâtel, le 2 octobre 2012/rm
---------------------	---------------------------------

Table des matières

1	Introduction	2
2	Situation actuelle du stockage	2
3	Limite de l'étude	3
4	Mesures générales	3
5	Critères d'évaluation pour les évaluations	3
5.1	Qualité de l'étanchéité de l'emballage	4
5.2	Stabilité du colis	4
5.3	Accessibilité du colis	4
6	Analyse pour les déchets ne contenant pas d'amiante	5
6.1	Mesures de sécurité pour les substances non toxiques et non pulvérulentes	5
6.2	Evaluation du risque pour les substances toxiques et les substances pulvérulentes	5
6.3	Définition des mesures pour les substances toxiques et les substances pulvérulentes	5
6.3.1	Mesures pour un risque faible	5
6.3.2	Mesure pour un risque moyen	6
6.3.3	Mesure pour un risque élevé	6
7	Analyse pour les déchets amiantés	7
7.1	Contexte légal	7
7.1.1	Déchets amiantés	7
7.1.2	La protection des travailleurs et des travailleuses	7
7.2	Définition des types de déchets amiantés	8
7.3	Mesures générales	8
7.4	Mesures spécifiques	8
7.4.1	Evaluation du risque d'exposition	8
7.4.2	Mesures pour un risque faible	9
7.4.3	Mesures pour un risque moyen	10
7.4.4	Mesures pour un risque élevé	10
7.5	Mesures d'urgence	10
8	Travaux de reconditionnement des colis	11
9	Travaux miniers	11
10	Temps de travail	12
11	Conclusion	13
A 1	Bibliographie	16

1 Introduction

Le site de StocaMine est un site de stockage souterrain de déchets spéciaux ultimes. Dans les contraintes d'exploitation, le stockage doit être réversible.

Il ressort des analyses du stockage, qu'il serait envisageable de ressortir du dépôt une partie importante des métaux problématiques sans manipulation excessive des déchets amiantés.

L'objectif du présent rapport est de préciser les mesures de protection à mettre en place dans le cadre de la manipulation des déchets lors de l'exercice de la réversibilité.

Il est important de noter que l'analyse porte sur la probabilité d'une exposition accidentelle aux substances dangereuses lors de la manipulation des colis. Les aspects liés aux expositions chroniques et qui feraient intervenir le nombre de colis total sont pris en compte par les mesures d'exposition accidentelle. Par conséquent, le nombre de colis manipulés n'intervenant pas, les conclusions du présent rapport sont valables quel que soit le degré de réversibilité exercé.

Dans une première partie du rapport, la situation actuelle du stockage sera présentée. Dans les chapitres suivants, les mesures à mettre en place seront définies pour les déchets exempts d'amiante et pour les déchets amiantés. La conclusion porte sur les mesures retenues. Le nombre de modes de protection sera réduit à 2 afin de simplifier le travail et de diminuer le risque d'erreur.

2 Situation actuelle du stockage

Les déchets entreposés le sont dans des fûts ou dans des big-bags, toujours déposés sur des palettes.

L'état général du stockage s'est dégradé depuis les visites d'avant 2007. Ainsi, on observe une évolution négative pour les emballages qui sont fragilisés voir partiellement endommagés.

L'étanchéité d'un nombre non négligeable de fûts n'est plus garantie. De nombreux big-bags se sont affaissés ou sont sous pression mécanique en raison de la fermeture des galeries liée au fluage.

L'état général de la mine a lui aussi évolué. Les galeries se referment. Dans certains cas, la distance entre les parements et les déchets est nulle, ce qui rend la reprise des colis très difficile. Dans d'autres zones, on observe le décrochement de plaques. Ces dernières pourraient s'effondrer. Cela a conduit à la mise en place d'un étayage, de systèmes d'ancrage ou à l'interdiction pure et simple de l'accès à la zone.

Le dernier effet de la fermeture progressive des galeries que nous aimerions relever ici est la difficulté d'accès aux déchets. En effet, non seulement on observe un resserrement des parements et une descente du toit, mais le mur se soulève. Cela conduit à rendre délicat l'accès à certaines galeries latérales sans avoir préalablement recours à d'importants travaux miniers.

En conclusion de ce chapitre, l'exercice de la réversibilité implique des difficultés de plus en plus importantes en raison de l'évolution minière et du vieillissement des emballages. De ce fait, le risque d'avoir un épandage de déchets dans le cadre de la reprise des colis augmente avec le

temps et est plus élevé qu'au moment des études précédentes. Une nouvelle évaluation au moment de la réalisation de la réversibilité peut être nécessaire en fonction du temps écoulé entre la rédaction du présent rapport et celui du début des travaux.

3 Limite de l'étude

L'étude porte sur la protection des travailleurs par rapport à la problématique des substances dangereuses. Les autres risques tels que les risques mécaniques liés au maniement des charges, à la présence des véhicules ou les risques miniers ne sont pas pris en compte.

Il est cependant important de noter que dans certains cas, les autres processus tel que les travaux miniers devront être revus en raison de l'impact du port d'un équipement de protection individuel. Ces équipements modifient la perception de l'environnement et des études ont montré que le risque de mauvaises manipulations est généralement augmenté.

4 Mesures générales

Quelle que soit la nature des produits manipulés, les mesures suivantes doivent être mises en place:

- **Fiche d'exposition:** une fiche d'exposition aux substances toxiques doit être établie pour chaque travailleur
- **Formation du personnel:** que le personnel manipule ou non des déchets, il doit être formé sur le risque. L'étendue de la formation sera adaptée à la situation et aux activités potentielles des personnes (par exemple, formation adaptée pour les secouristes)
- **Adaptation du nombre de personnes exposées:** dans le cadre de la planification des travaux, le nombre de personnes pouvant être exposées sera réduit au strict minimum. Cela peut être atteint par exemple en limitant l'accès durant certains travaux ou en mettant des systèmes de ventilation adaptés
- **Direction de la ventilation:** les travaux de récupération des colis se feront avec le vent dans le dos dans toutes les situations pour lesquelles une ventilation spécifique de la zone n'est pas prévue ou pas possible.

5 Critères d'évaluation pour les évaluations

L'évaluation prend en compte d'une part la nature des produits afin de considérer le dommage possible pour la santé et d'autre part la probabilité d'avoir un épandage. Ce chapitre porte sur ce dernier point, le premier étant défini dans les deux chapitres suivants qui traitent des déchets non amiantés pour l'un et des déchets amiantés pour l'autre.

La probabilité d'avoir un épandage accidentel est liée à celle d'avoir la rupture de l'emballage. Pour évaluer cela, les trois critères suivants sont pris en considération : l'état de l'emballage, la stabilité du colis et son accessibilité.

5.1 Qualité de l'étanchéité de l'emballage

L'étanchéité est intimement liée à l'état général de l'emballage. On distingue trois niveaux de qualité, à savoir un emballage intègre, un emballage usé et un emballage endommagé.

Un emballage intègre correspond à un emballage ne présentant pas de trace d'usure et n'étant pas endommagé. L'étanchéité de l'emballage est dans ce cas identique à celui d'un emballage neuf conforme.

Dans le cas d'un emballage présentant des traces d'usure, celui-ci est encore étanche. Les traces d'usure impliquent cependant une résistance moindre de l'emballage et par conséquent un risque d'épandage en cas d'accident plus élevé. On comprend par trace d'usure, un tissu de big-bag présentant des zones usées par le frottement ou par des tensions sans qu'un trou ne soit encore apparu ainsi qu'un fût non percé mais présentant une déformation liée à un choc.

Par emballage endommagé, on entend des emballages présentant des trous ou dans un état tel que des trous vont apparaître durant la manipulation du colis. Cela peut être dû à des récipients rouillés (fûts) ou des toiles très usées voir déchirées par des contraintes mécaniques (big-bags).

Il est important de noter qu'un emballage ayant subi des contraintes mécaniques liées à des pressions mécaniques excessives (par ex. fermeture des galeries) doit être considéré au minimum comme présentant des traces d'usure.

5.2 Stabilité du colis

La stabilité du colis joue un rôle important sur le risque de chute lors de la manipulation. On distingue les colis stables des colis instables.

Dans le premier cas, la reprise des colis est facilitée. Ils reposent correctement et peuvent être repris tels quels. Dans le deuxième cas, la manipulation du colis et des colis avoisinants est problématique. Une sécurisation préalable peut être nécessaire.

5.3 Accessibilité du colis

L'accessibilité du colis permet de définir avec quelle facilité le colis peut être repris. Cela comprend non seulement l'accessibilité du point de vue du chemin d'accès mais aussi la facilité pour reprendre le colis une fois sur place.

De par les propriétés du sel, les galeries se referment. Dans certains cas, l'évolution est telle que le retrait des colis implique un traitement préalable de la zone, soit en traitant l'accès, soit en traitant les parements ou le toit de la galerie.

On parlera de colis accessible lorsque l'espace autour de celui-ci permet de le reprendre facilement (hauteur libre suffisante, mur stable et plat) et que les moyens de levage (palette, oreilles du big-bag) sont accessibles.

Un colis difficilement accessible est un colis pour lequel les moyens de levage (palette, oreilles du big-bag) sont difficilement accessibles ou inaccessibles ou pour lequel l'espace libre ne permet pas une manœuvre aisée.

6 Analyse pour les déchets ne contenant pas d'amiante

Les substances ne contenant pas d'amiante sont stockées dans des big-bags ou des fûts sur palette. Il s'agit principalement de substances sèches.

Par principe, on ne distinguera pas les substances pulvérulentes en fonction de leur toxicité. Seules les substances non toxiques et non pulvérulentes pourraient faire l'objet de mesures allégées.

L'analyse portera sur le risque d'exposition qui est défini sur la base de 3 paramètres principaux décrits ci-dessous.

6.1 Mesures de sécurité pour les substances non toxiques et non pulvérulentes

Les mesures de sécurité pour ces substances sont:

- Vêtements de travail avec manches longues
- Gants
- Bottes

En cas de colis endommagés ou difficilement accessibles et instables, une combinaison étanche aux poussières avec capuchon devra être portée en plus des mesures précédemment décrites.

6.2 Evaluation du risque pour les substances toxiques et les substances pulvérulentes

L'évaluation du risque se fait selon le tableau ci-dessous

Etat de l'emballage	Stabilité du colis	Accessibilité du colis	Risque
Intègre	Stable	Accessible	Faible
Intègre	Stable	Difficilement accessible	Moyen
Intègre	Instable	Accessible	Faible
Intègre	Instable	Difficilement accessible	Elevé
Usé	Stable	Accessible	Faible
Usé	Stable	Difficilement accessible	Elevé
Usé	Instable	Accessible	Moyen
Usé	Instable	Difficilement accessible	Elevé
Endommagé	Toutes situations	Toutes situations	Elevé

6.3 Définition des mesures pour les substances toxiques et les substances pulvérulentes

6.3.1 Mesures pour un risque faible

Etat de l'emballage	Stabilité du colis	Accessibilité du colis	Risque
Intègre	Stable	Accessible	Faible
Intègre	Instable	Accessible	Faible
Usé	Stable	Accessible	Faible

Les mesures à prendre dans ces situations sont:

- Port d'un vêtement de travail à manches longues
- Masque FFP3 sans ventilation assistée
- Gants
- Bottes
- Moyen de fermeture étanche de la galerie
- Système pour asperger d'un brouillard d'eau la zone et le personnel en cas de chute d'un colis contenant une substance pulvérulente
- Moyen pour recouvrir et isoler le colis qui chuterait de l'environnement ambiant (par ex. bâche)

6.3.2 Mesure pour un risque moyen

Etat de l'emballage	Stabilité du colis	Accessibilité du colis	Risque
Intègre	Stable	Difficilement accessible	Moyen
Usé	Instable	Accessible	Moyen

Les mesures à mettre en place sont:

- Combinaison avec capuchon étanche aux poussières
- Masque FFP3 sans ventilation assistée
- Gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- Bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- Fermeture étanche de la galerie au niveau de la sortie de l'air
- Système pour asperger d'un brouillard d'eau la zone et le personnel en cas de chute d'un colis
- Moyen pour recouvrir et isoler le colis qui chuterait de l'environnement ambiant (par ex. bâche)

6.3.3 Mesure pour un risque élevé

Etat de l'emballage	Stabilité du colis	Accessibilité du colis	Risque
Intègre	Instable	Difficilement accessible	Elevé
Usé	Stable	Difficilement accessible	Elevé
Usé	Instable	Difficilement accessible	Elevé
Endommagé	Toutes situations	Toutes situations	Elevé

Les mesures à mettre en place sont:

- Combinaison avec capuchon étanche aux poussières
- Masque TM3P avec ventilation assistée
- Gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- Bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- Fermeture étanche de la galerie au niveau de l'entrée et de la sortie de l'air, sans sas pour éviter ou diminuer la dispersion des substances
- Système pour asperger d'un brouillard d'eau la zone et le personnel en cas de chute d'un colis
- Moyen pour recouvrir et isoler le colis qui chuterait de l'environnement ambiant (par ex. bâche)

7 Analyse pour les déchets amiantés

7.1 Contexte légal

Le contexte légal porte d'une part sur les déchets amiantés et leur classification et d'autre part sur la réglementation visant plus particulièrement la protection des travailleurs et travailleuses.

7.1.1 Déchets amiantés

Les déchets amiantés sont considérés comme des déchets dangereux. Dans la classification pour le transport, on différencie les déchets contenant de l'amiante libre, dans lesquels on retrouve les déchets de flocage et les tresses, des déchets contenant de l'amiante lié, comme par exemple les plaques de fibrociment.

Les déchets contenant de l'amiante libre doivent être emballés dans des **doubles emballages étanches** placés dans un emballage supplémentaire pour le transport (par ex. grand récipient pour vrac ou GRV identifié ONU/13H3/Y/..., un fût plastique identifié ONU/1H2/Y/...).

Les déchets contenant de l'amiante lié seront emballés en lot dans **un film plastique dont la dimension sera supérieure aux déchets**. Ce dernier sera déposé sur une palette. Cette dernière sera ensuite filmée. Dans le cas où un empilement à plat comme pour des plaques ne serait pas possible (cas des tuyaux, gaines...), les éléments seront filmés individuellement et déposés sur un rack qui sera lui-même filmé par la suite.

Les éléments en vrac autres que les débris et les poussières peuvent être conditionnés **dans des sacs étanches** eux-même placés dans des récipients pour vrac (GRV identifié ONU/13H3/Y/...) ou des GRC aux dimensions des bennes (body-bennes, container bag, large packaging).

Dans tous les cas, le conditionnement doit porter l'étiquetage réglementaire pour les produits contenant de l'amiante [1].

Dans le cadre de l'étude, nous partons du principe que ces règles d'emballage et d'étiquetage sont respectées.

Selon la direction actuelle de StocaMine, aucun déchet amianté n'est emballé en fût.

7.1.2 La protection des travailleurs et des travailleuses

Le code du travail fixe des règles de protection précises [2, 3]. Ainsi, la personne qui emploie les salariés susceptibles d'être exposés à l'amiante doit [4]:

- Procéder à une évaluation du risque (durée de l'exposition, nature et évaluation des concentrations)
- Réduire les niveaux d'exposition et le nombre de personnes exposées par des mesures appropriées
- Informer et former les travailleurs sur les risques et les mesures de prévention (la formation doit faire l'objet d'une attestation de compétence)

- Mettre en œuvre les mesures de protection collective et individuelle adaptées pour maintenir l'exposition à moins de 0,1 fibre par cm³ et par heure
- Tenir à jour une liste des travailleurs qui sont exposés au risque amiante
- Etablir pour chaque travailleur une fiche d'exposition
- Définir et mettre en place les mesures pour les différentes situations d'urgence
- Définir un mode opératoire précis

7.2 Définition des types de déchets amiantés

Il s'agit de différencier les déchets contenant de l'amiante libre des déchets contenant de l'amiante lié.

Dans le premier cas, une simple inétanchéité de l'emballage peut conduire à une dispersion importante de fibres d'amiante, et cela même en l'absence de manipulation des déchets.

Dans le cas des déchets contenant de l'amiante lié, une dispersion significative de fibres d'amiante n'est possible qu'avec la combinaison d'une inétanchéité de l'emballage et une action sur les déchets telle qu'une manipulation ou des vibrations liées au retrait d'un colis frottant contre ces déchets amiantés.

Une évolution défavorable de la qualité des déchets doit être prise en considération. Par exemple, un colis de déchets amiantés ayant été comprimé ou étant tombé est à considérer comme contenant de l'amiante libre. En effet, de telles actions peuvent conduire à la production de poussières en cassant des éléments. De l'amiante peut être libéré par ces processus.

7.3 Mesures générales

Nonobstant les paramètres précités, une **liste des travailleurs exposés à l'amiante** doit être établie quotidiennement.

7.4 Mesures spécifiques

Les mesures de protection mises en place doivent être proportionnelles au risque effectif d'exposition lié à la situation du colis. Ce risque est défini sur trois niveaux (faible, moyen et élevé) en fonction du type de déchets amiantés, de l'état de l'emballage, de la stabilité du colis et de l'accessibilité du colis.

7.4.1 Evaluation du risque d'exposition

Le niveau de risque d'exposition est une approche de la probabilité d'être exposé à des concentrations de fibres d'amiante supérieures à la norme. Elle se base sur les critères établis précédemment (voir chapitre 5).

Le tableau ci-dessous évalue le risque pour l'amiante libre

Etat de l'emballage	Stabilité du colis	Accessibilité du colis	Risque
Intègre	Stable	Accessible ¹	Faible
Intègre	Stable	Difficilement accessible	Elevé
Intègre	Instable	Accessible	Moyen
Intègre	Instable	Difficilement accessible	Elevé
Usé	Stable	Accessible ²	Moyen
Usé	Stable	Difficilement accessible	Elevé
Usé	Instable	Accessible	Elevé
Usé	Instable	Difficilement accessible	Elevé
Endommagé ³	Toutes situations	Toutes situations	Elevé

Le tableau ci-dessous évalue le risque pour l'amiante lié

Etat de l'emballage	Stabilité du colis	Accessibilité du colis	Risque
Intègre	Stable	Accessible	Faible
Intègre	Stable	Difficilement accessible	Moyen
Intègre	Instable	Accessible	Faible
Intègre	Instable	Difficilement accessible	Elevé
Usé	Stable	Accessible	Faible
Usé	Stable	Difficilement accessible	Elevé
Usé	Instable	Accessible	Moyen
Usé	Instable	Difficilement accessible	Elevé
Endommagé ³	Toutes situations	Toutes situations	Elevé

7.4.2 Mesures pour un risque faible

On entend par risque faible, les situations suivantes :

Type d'amiante	Etat de l'emballage	Stabilité du colis	Accessibilité du colis
Amiante libre	Intègre	Stable	Accessible
Amiante lié	Intègre	Stable	Accessible
	Intègre	Instable	Accessible
	Usé	Stable	Accessible

Les mesures à mettre en place sont :

- Combinaison avec capuchon étanche aux poussières
- Masque FFP3 sans ventilation assistée
- gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- Fermeture étanche de la galerie au niveau de la sortie de l'air
- Système pour asperger d'un brouillard d'eau la zone et le personnel en cas de chute de colis
- Moyen pour recouvrir et isoler le colis qui chuterait de l'environnement ambiant (par ex. bâche)

¹ Pour les big-bags, la palette ou les oreilles du colis doivent être accessibles; pour les fûts, la palette doit pouvoir être reprise facilement et le cerclage doit être présent. Le cas échéant, le risque est moyen.

² Pour les big-bags, la palette et les oreilles du colis doivent être accessibles; pour les fûts, la palette doit pouvoir être reprise facilement et le cerclage doit être présent, le cas échéant, le risque est élevé.

³ Dans cette situation, la zone doit être confinée et des mesures de présence d'amiante doivent être entreprises.

7.4.3 Mesures pour un risque moyen

On entend par risque moyen, les situations suivantes :

Type d'amiante	Etat de l'emballage	Stabilité du colis	Accessibilité du colis
Amiante libre	Intègre	Instable	Accessible
	Usé	Stable	Accessible
Amiante lié	Intègre	Stable	Difficilement accessible
	Usé	Instable	Accessible

Les mesures à mettre en place sont :

- Combinaison avec capuchon étanche aux poussières
- Masque TM3P avec ventilation assistée
- gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- Fermeture étanche de la galerie au niveau de l'entrée et de la sortie de l'air, sans sas
- Système pour asperger d'un brouillard d'eau la zone et le personnel en cas de chute de colis
- Moyen pour recouvrir et isoler le colis qui chuterait de l'environnement ambiant (par ex. bâche)

7.4.4 Mesures pour un risque élevé

On entend par risque moyen, les situations suivantes :

Type d'amiante	Etat de l'emballage	Stabilité du colis	Accessibilité du colis
Amiante libre	Intègre	Stable	Difficilement accessible
	Intègre	Instable	Difficilement accessible
	Usé	Instable	Accessible
	Usé	Instable	Difficilement accessible
	Usé	Stable	Difficilement accessible
	Endommagé	Toutes situations	Toutes situations
Amiante lié	Intègre	Instable	Difficilement accessible
	Usé	Stable	Difficilement accessible
	Usé	Instable	Difficilement accessible
	Endommagé	Toutes situations	Toutes situations

Les mesures à mettre en place sont :

- Combinaison avec capuchon étanche aux poussières
- Masque TM3P avec ventilation assistée
- gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité
- Fermeture étanche de la galerie au niveau de l'entrée et de la sortie de l'air, avec sas et système de ventilation de la zone pour mettre la zone en dépression par rapport aux autres galeries
- Mesures libératoires de la concentration d'amiante après travaux dans la zone

7.5 Mesures d'urgence

Les mesures d'urgence doivent être adaptées à la situation. Pour les risques faibles et moyens, en cas de chute de colis, la zone sera aspergée d'eau puis fermée. Le personnel exposé lors de la

chute sera douché sur place, retirera les EPI en les mettant dans un contenant spécial disposé avant le début des travaux dans la zone. Il ira par la suite se doucher dans les vestiaires.

Le personnel pénétrant dans la zone pour traiter l'évènement sera équipé comme pour un risque élevé et la zone sera considérée comme contaminée jusqu'à ce que les observations, voir les mesures d'amiante, permettent d'écarter toute exposition (par exemple colis non endommagé après la chute).

Les déchets qui auraient été épandus seront réemballés conformément aux exigences légales.

Toute exposition accidentelle doit être reportée dans la fiche d'exposition de la personne et dans le carnet d'exploitation.

Le personnel d'intervention (pompiers volontaires, secouristes...) doit être formé préalablement à l'intervention en présence d'amiante.

8 Travaux de reconditionnement des colis

Les colis ne répondant pas aux règles pour le transport des matières dangereuses et transportés par camion seront reconditionnés. Cela concerne par conséquent les colis en mauvais état et implique des manipulations complexes des colis. Le risque d'épandage est par conséquent très élevé et les mesures à mettre en place sont celles correspondant à un risque élevé :

Mesure pour le reconditionnement des colis	Combinaison avec capuchon étanche aux poussières Masque TM3P avec ventilation assistée Gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité Bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité	Fermeture étanche de la zone avec sas d'accès (le sas n'est à mettre en place que si des déchets amiantés sont traités)
--	---	---

9 Travaux miniers

Les travaux miniers se font dans des zones dans lesquelles l'air de la zone où les déchets sont manipulés, ne passe pas, soit parce que les travaux miniers se font en amont, soit parce qu'ils se font dans une autre zone.

Par conséquent, ce personnel ne nécessite pas de protection particulière. Il sera cependant équipé d'un masque FFP3 et d'une combinaison étanche aux poussières qu'il enfilera en cas d'épandage au niveau de la zone de travail des colis.

10 Temps de travail

Les conditions de travail sont à considérer comme modérées en situation normal à lourdes voir très lourdes dans les situations les plus délicates.

Exemples de types d'activités :

Repos – Position assise (tranquillement ou avec des mouvements de bras modérés)

Travail léger – Commande de machinerie en position assise ou debout; travail léger avec les mains ou les bras (p. ex. utiliser un banc de scie); marche occasionnelle; conduite automobile.

Travail modéré – Marche combinée à des activités de levage et de traction ou de poussée; marche à un rythme modéré; p. ex. lavage en position debout.

Travail lourd – Travail au pic et à la pelle; creuser; transporter; pousser/tirer des charges lourdes; marche rapide; p. ex. un menuisier qui utilise une scie à main.

Travail très lourd – Activité très intense à un rythme allant de rapide à maximum; p. ex. pelleter du sable mouillé.

Le tableau ci-dessous donne des indications concernant la proportion (%) du temps de travail en fonction de l'indice WBGT (Température au thermomètre-globe mouillé) d'après l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Tableau 1 Critères d'exposition au stress thermique de l'ACGIH (indice WBGT en °C) pour une semaine de travail de cinq jours à raison de huit heures par jour avec des pauses conventionnelles								
Répartition du travail dans un cycle travail/repos	Acclimaté				Limite d'activité (non acclimaté)			
	Léger	Modéré	Lourd	Très lourd	Léger	Modéré	Lourd	Très lourd
75 à 100 %	31,0	28,0	–	–	28,0	25,0	–	–
50 à 75 %	31,0	29,0	27,5	–	28,5	26,0	24,0	–
25 à 50 %	32,0	30,0	29,0	28,0	29,5	27,0	25,5	24,5
0 à 25 %	32,5	31,5	30,5	30,0	30,0	29,0	28,0	27,0
Notes: On suppose une semaine de travail de cinq jours à raison de huit heures par jour avec des pauses conventionnelles.								

Dans le cas présent, la température WBGT devra être corrigée selon le choix des équipements de protection individuelle. Le tableau ci-dessous indique la correction à faire.

Tableau 2 Correction de la VLE en fonction du vêtement porté (Les valeurs ne peuvent être combinées lorsque le travailleur porte plusieurs couches de vêtement.)	
Type de vêtement	Correction à l'indice WBGT (°C)
Vêtements de travail (chemise à manche longue et pantalon long)	0
Combinaisons (tissées)	0
Combinaisons en polypropylène SMS (non tissé par filage direct – Fusion – non tissé par filage direct)	0,5
Combinaisons en polyoléfine	+1
Vêtements tissés double couche	+3
Combinaisons pare-vapeur à usage limité	+11
Note : Ces valeurs ne doivent pas être utilisées dans le cas de combinaisons entièrement étanches. On suppose que les vêtements portés sous les combinaisons sont légers et qu'il n'y a pas une seconde couche de vêtements.	
Par exemple, au travailleur acclimaté portant une double couche de vêtements tissés qui effectue un travail modéré correspond un niveau d'exposition corrigé de $30,0 + 3 = 33$ °C, ce qui réduit sa durée maximale d'exposition admissible au travail de 0-25 % (travail de 25-50 %).	
Source : « 2011 TLVs and BEIs - Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices ». Cincinnati, Ohio : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2011, page 214.	

Les températures annoncées sont de 29 à 30 °C en sortie de puits. Par conséquent, en l'absence de mesure WBGT plus précise, le temps de travail est de 75 % pour 25 % de temps de repos dans les situations normales et 50 % de temps de travail pour 50 % de temps de repos lors de travaux lourds.

L'alternance exacte entre temps d'activité et temps de pause ne pourra être faite que sur la base de la mesure WBGT et du choix des équipements de protection individuelle.

11 Conclusion

L'analyse porte sur les mesures à mettre en place lors de la manipulation des colis de déchets dans le cas de l'exercice de la réversibilité, qu'elle soit partielle ou totale. D'un point de vue de la protection de la santé, les mesures de protection à mettre en place dépendent de la probabilité d'exposition.

Le tableau ci-dessous reprend les règles de prévention **en simplifiant le nombre de situations** pour diminuer le risque d'erreur. Pour cela, les éléments suivants ont été pris en compte :

- Le nombre de colis de substances pulvérulentes est important et une partie non négligeable est endommagée.
- L'utilisation d'un masque FFP3 sans assistance respiratoire entraîne des contraintes respiratoires importantes. De part cette gêne respiratoire possible, l'acceptation de la mesure est plus faible et son respect moins rigoureux.

Après simplification, on distingue les situations suivantes :

Situation	Equipement de protection individuelle	Equipement de protection de la zone
Risque faible à élevé en présence de déchets sans amiante Risque faible et moyen avec déchet amiantés	Combinaison avec capuchon étanche aux poussières Masque TM3P avec ventilation assistée Gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité Bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité	Fermeture par un plastique de l'entrée et de la sortie de la galerie ou système de ventilation local permettant d'assurer un flux d'air vers la zone de travail de 1 m/s depuis chaque côté avec contrôle de débit d'air au niveau de la gaine de ventilation et un contrôle régulier des flux d'air au niveau du couloir déstocké (par exemple, mesures 2 fois par semaine et à chaque passage d'un croisement). Si la reprise des colis se fait simultanément depuis deux endroits, système de ventilation permettant d'assurer l'absence de contamination des gaines de ventilation Possibilité d'asperger avec un brouillard d'eau
Risque élevé avec déchets amiantés	Combinaison avec capuchon étanche aux poussières Masque TM3P avec ventilation assistée Gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité Bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité	Fermeture étanche de la zone avec sas d'accès
Zone de reconditionnement des colis ne contenant pas d'amiante	Combinaison avec capuchon étanche aux poussières Masque TM3P avec ventilation assistée Gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité Bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité	Fermeture étanche de la galerie

Il est important de noter que lors des travaux avec les équipements de protection individuelle définis, les temps de travail sont réduits et des pauses doivent être aménagées (75/25 pour les travaux modérés à 25/75 pour les travaux très lourds).

De par la multiplication des contraintes physiologiques, un certificat médical d'aptitude devra être établi pour chaque travailleur.

Swissi SA

Valentin Cavicchiolo
Directeur Succursale Neuchâtel

Dr Didier Gandini
Conseiller

A 1 Bibliographie

1. Décret n°88-466 du 28 avril 1988 modifié
2. Code du travail, sous-section 4, R.441-94 à R.4412-113
3. Code du travail, sous-section 4, R.441-139 à R.4412-148
4. INRS ; *ED6028 Exposition à l'amiante lors du traitement des déchets* ; **2011** ; Paris