

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage

Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure
Stockage souterrain de déchets ultimes de Wittelsheim, Mines De Potasse d'Alsace

Le 25 janvier 2013



Effizienz- und Risiko-Engineering

BMG ENGINEERING AG

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

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

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Contexte et situation initiale	1
1.2	Objectif général.....	2
1.3	Investigations antérieures	3
1.4	Procédure	3
1.5	Documents de référence.....	4
2	Généralités et caractéristiques du site de stockage.....	4
2.1	Caractéristiques générales du site de stockage	4
2.2	Caractéristiques des blocs de stockage	6
2.3	Situation de l'aérage	8
2.4	Vue d'ensemble sur les déchets stockés	9
2.4.1	Types et quantités.....	9
2.4.2	Conditionnement.....	11
2.5	Infrastructure au jour.....	13
3	Inventaire des déchets B3, B5 et E13 et répartition du Hg dans les blocs	14
3.1	Localisation dans les blocs des déchets B3, B5 et E13.....	14
3.2	Quantités de déchets B3 et B5 et de mercure.....	16
4	Variantes de réversibilité partielle.....	17
4.1	Définition des variantes.....	17
4.2	Evaluation des variantes et comparaison.....	21
4.2.1	Evaluation en chiffres (nombres de colis, masses de déchets et de mercure).....	21
4.2.2	Considération de l'aérage en place dans la mine	24
4.2.3	Considérations logistiques.....	27
4.3	Vue d'ensemble et variante de choix.....	27
5	Mise en œuvre de la réversibilité selon la variante de choix	28
5.1	Logistique de déstockage/restockage au fond	28
5.1.1	Conditions de départ	28
5.1.2	Déroulement du déstockage.....	29
5.2	Déroulement technique du déstockage des blocs vers le jour	32
5.2.1	Synoptique	33
5.2.2	Etape 1 : travaux préparatoires	34
5.2.3	Etape 2 : identification, déstockage/restockage des colis et réemballage	35
5.2.4	Etape 3 : transport souterrain	40
5.2.5	Etape 4 : stockage intermédiaire des colis à remonter	40
5.2.6	Etape 5 : remontée des déchets.....	40

5.2.7	Etape 6 : stockage intermédiaire au jour et préparation au transport.....	41
5.2.8	Etape 7 : transport et élimination des déchets.....	41
5.3	Entretiens miniers.....	41
5.4	Système d'aéragé supplémentaire.....	42
5.4.1	Exigences pour le système d'aéragé.....	42
5.4.2	Solutions techniques pour l'aéragé supplémentaire.....	44
5.4.3	Système d'aspiration à la source : variante de choix.....	46
5.5	Capacités et vitesse d'avancement.....	49
5.5.1	Activités limitantes.....	50
5.5.2	Cadence, personnel et engins.....	50
5.6	Traçabilité des colis.....	53
5.7	Aspects relatifs à la sécurité et à la protection de la santé au travail.....	55
5.7.1	Déstockage/restockage de déchets ne contenant pas d'amiante.....	55
5.7.2	Déstockage/restockage de déchets amiantés.....	56
5.7.3	Activités de reconditionnement.....	57
5.8	Valorisation ou élimination des déchets déstockés et remontés.....	57
5.8.1	Stockage souterrain en Allemagne.....	57
5.8.2	Traitement.....	57
5.10	Calendrier de réalisation d'une réversibilité partielle.....	61
6	Conclusion générale.....	61

Tableaux

Tab. 1	Vue d'ensemble sur les différents types de déchets stockés dans les blocs.....	10
Tab. 2	Vue d'ensemble sur les conditions-cadre des Variantes de réversibilité 1a-c.....	19
Tab. 3	Vue d'ensemble de l'évaluation des Variantes 1a-c.....	27
Tab. 4	Effectifs en personnel et en engins estimés pour une cadence d'avancement de 30 colis par jour (pour 1 bloc, 2 postes au fond et 1 seul poste au jour, travaux de déstockage/entretien en alternance, taux d'activité toléré de 50% ou 75% au fond).....	52
Tab. 5	Estimation des coûts engendrés.....	60

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 : zone à risque et praticable sous conditions, bleu : blocs de stockage concernés par la réversibilité, vert : voie centrale séparant les deux séries de blocs).....	6
Fig. 3	Plan de structure du Bloc 11.....	7
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)	9
Fig. 5	Vue d'ensemble des différents types de déchets stockés dans le site de StocaMine (masses en tonnes).....	11
Fig. 6	Plan de localisation des déchets B3, B5 et E13 au sein du Bloc 21 (choisi arbitrairement comme exemple)	15
Fig. 7	Répartition de la masse de mercure dans les blocs (Bloc 15 compris).....	16
Fig. 8	Localisation des déchets de nature E13 à déplacer dans le cas des Variantes 1b et 1c.....	18
Fig. 9	Définition des Variantes de réversibilité 1a-c au niveau du Bloc 21 : représentation schématique du chemin emprunté	20
Fig. 10	Illustration des unités de retrait et d'accès (exemple tiré du Bloc 21)	22
Fig. 11	Proportion de mercure retiré par bloc selon variante de réversibilité mise en œuvre.....	23
Fig. 12	Déchets déstockés vs déchets déplacés/restockés (nombres de colis)	25
Fig. 13	Masse de mercure remontée (t) vs déchets déplacés/restockés (nombres de colis)	25
Fig. 14	Direction d'avancement idéale dans les blocs (exemple du Bloc 12)	26
Fig. 15	Directions d'avancement du déstockage et du parcours de l'air frais.....	26
Fig. 16	Etat final des Blocs 11, 21 et 22 après mise en œuvre de la réversibilité selon la variante de choix.....	32
Fig. 17	Synoptique du déroulement de l'exercice de la réversibilité (travaux préparatoires administratifs non inclus).....	33
Fig. 18	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)	37

Fig. 19	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).....	45
Fig. 20	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.....	46
Fig. 21	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.....	47
Fig. 22	Cadence journalière de déstockage.....	51
Fig. 23	Traçabilité des colis lors du déstockage. Les flux d'information sont indiqués par les flèches orangées.....	54
Fig. 24	Schéma simplifié du traitement de déchets riches en mercure par distillation sous pression réduite et récupération du mercure.....	59
Fig. 25	Calendrier de réalisation estimé.....	61

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 des variantes de réversibilité 1a-c : représentations schématiques
Annexe 7	Masses de mercure éliminées selon la variante mise en oeuvre
Annexe 8	Logistique de déstockage/restockage selon variante de choix
Annexe 9	Exigences pour la reprise des déchets par les décharges souterraines allemandes
Annexe 10	Déplacement de l'installation d'aspiration/filtration en fonction de l'avancée dans les Blocs 21 et 22
Annexe 11	Estimation StocaMine des performances d'avancement et des effectifs nécessaires
Annexe 12	Renseignements complémentaires sur la technologie mise en oeuvre par TechnoSan (distillation du Hg sous vide)
Annexe 13	Compte-rendu de Swissi SA

Abréviations

A	Allée
CET	Centre d'Enfouissement Technique
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
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
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
VLEP	Valeur Limite d'Exposition Professionnelle
VME	Valeur Moyenne d'Exposition

1 Introduction

1.1 Contexte et situation initiale

De 1999 à 2002, certains vides miniers des Mines De Potasse d'Alsace (MDPA) ont été utilisés 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 confiées à StocaMine, filiale appartenant dans son intégralité aux MDPAs depuis 2005, laquelle a été placée 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 Figure 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 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 d'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 doivent 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.

Par suite, le comité de pilotage (COFIL), créé pour agir en tant que commission d'expertise d'évaluation conjointe et composé d'une quinzaine d'experts externes de formations variées, évoqua le retrait possible de déchets contenant du mercure. A cet effet, StocaMine mandata BMG Engineering SA et lui confia l'évaluation technique approfondie de variantes de mise en œuvre de la réversibilité du stockage desdits déchets.

1.2 Objectif général

En 2006, une évaluation générale de la mise en œuvre de la réversibilité du stockage a été menée par BMG Engineering SA (BMG) [1] et Swissi SA (Swissi) [2]. 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.

Depuis, des études menées par l'INERIS sur le terme source ont 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

Dans le cadre de la présente étude, il s'agit d'évaluer le déstockage d'une partie des déchets contenant 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 est alors de déstocker une partie des 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. Les déchets amiantés ne seraient déplacés que de manière très ponctuelle et dans des cas bien particuliers où seulement quelques colis amiantés pourraient obstruer l'accès à une grande quantité de déchets contenant du mercure.

L'objectif est d'établir une évaluation approfondie et détaillée de plusieurs options de réversibilité respectant ces conditions-cadre et tenant compte avant tout de la proportionnalité (rapport effet/investissement de travail) et des contraintes logis-

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

tiques et sanitaires. Cette étude comprend l'évaluation technique et surtout la logistique de la mise en œuvre de la réversibilité partielle, des contraintes et possibilités d'élimination des déchets déstockés, des obligations hygiéniques, sanitaires et de sécurité, ainsi que des coûts engendrés et des délais d'exécution.

1.3 Investigations antérieures

Une liste (non exhaustive) des nombreuses études et investigations dont le site de stockage de StocaMine a fait l'objet avant et après l'étude de réversibilité de 2006 [1,2] 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).

1.4 Procédure

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

- Réunion kick-off avec StocaMine dans ses locaux
- Visite de la mine
- Exploitation de la base de données fournie par StocaMine (types de déchets, localisation dans les blocs, quantités, conditionnement...)
- Localisation exacte des déchets contenant du mercure et des déchets amiantés
- Quantification exacte des déchets contenant du mercure et répartition dans les blocs
- Définition, évaluation et comparaison des différentes variantes de déstockage de déchets contenant du mercure
- Définition d'une variante de choix
- Evaluation logistique du déstockage/restockage selon la variante de choix
- Evaluation des points techniques à considérer lors de la réversibilité (aéragé, aspiration...)
- Eléments d'analyse de la sécurité au travail et de la protection de la santé dans le cadre de la réalisation de la réversibilité ²
- Evaluation d'une éventuelle valorisation des déchets remontés et/ou de leur élimination

² Les aspects liés à la sécurité et à la protection de la santé au travail ont été traités en parallèle à la présente étude par Swissi, mandatée à cet effet par BMG, et ont été consignés dans un compte-rendu remis séparément à StocaMine [4] et annexé à la fin du présent rapport (Annexe 13).

- Evaluation des effectifs nécessaires à l'exercice de la réversibilité et du calendrier d'exécution
- Evaluation des coûts engendrés selon la variante de choix
- Réunion de présentation générale avec StocaMine dans ses locaux
- Rédaction du présent rapport

1.5 Documents de référence

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

- [1] 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*)
- [2] 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*)
- [3] Technische Regeln für Gefahrstoffe, Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, TRGS 519, September 2001 (*Référence [36] de la liste de l'Annexe 2*)
- [4] StocaMine, Analyse du point de vue de la sécurité au travail et de la protection de la santé de l'exercice de la réversibilité, Swissi SA, le 02 octobre 2012
- [5] Le bilan aéraulique des chantiers d'amiante, INRS, ND 2137-181-00, 4^{ème} trimestre 2000
- [6] 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

2 Généralités et caractéristiques du site de stockage

Les caractéristiques du site de StocaMine et les informations sur son infrastructure sont décrites en détail dans le rapport BMG de 2006 [1] (entre autres). 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 Figure 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 à l'incendie de 2002, 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. Par ailleurs, certaines galeries ayant été parcourues par les fumées toxiques de l'incendie ne peuvent faire l'objet de travaux affectant leurs épontes et parements que moyennant le port d'une combinaison étanche et d'un appareil respiratoire autonome (zone en rose).

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 la voie centrale (en bleu).

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.

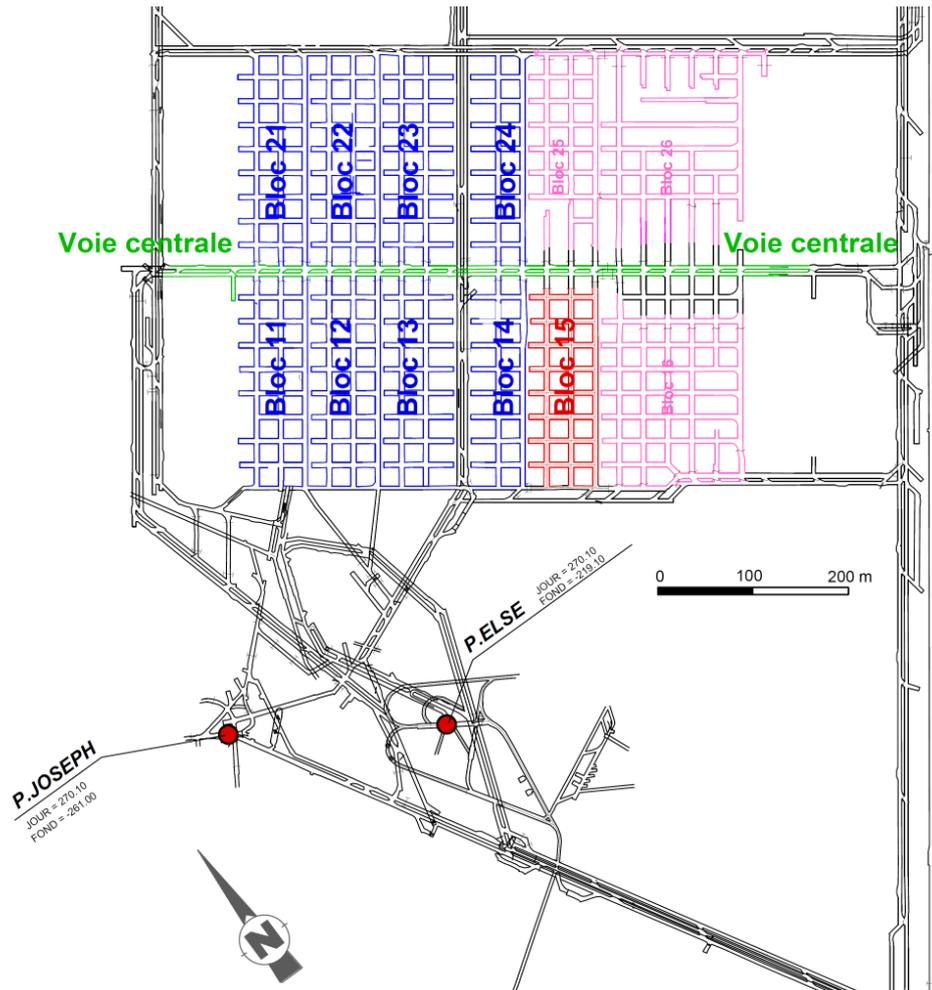


Fig. 2 Plan du site de stockage dans son intégralité (rouge : Bloc 15, inaccessible et non considéré, rose : zone à risque et praticable sous conditions, bleu : blocs de stockage concernés par la réversibilité, vert : voie centrale séparant les deux séries de blocs)

2.2 Caractéristiques des blocs de stockage

Comme illustré en Figure 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 Figure 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 Figure 3).

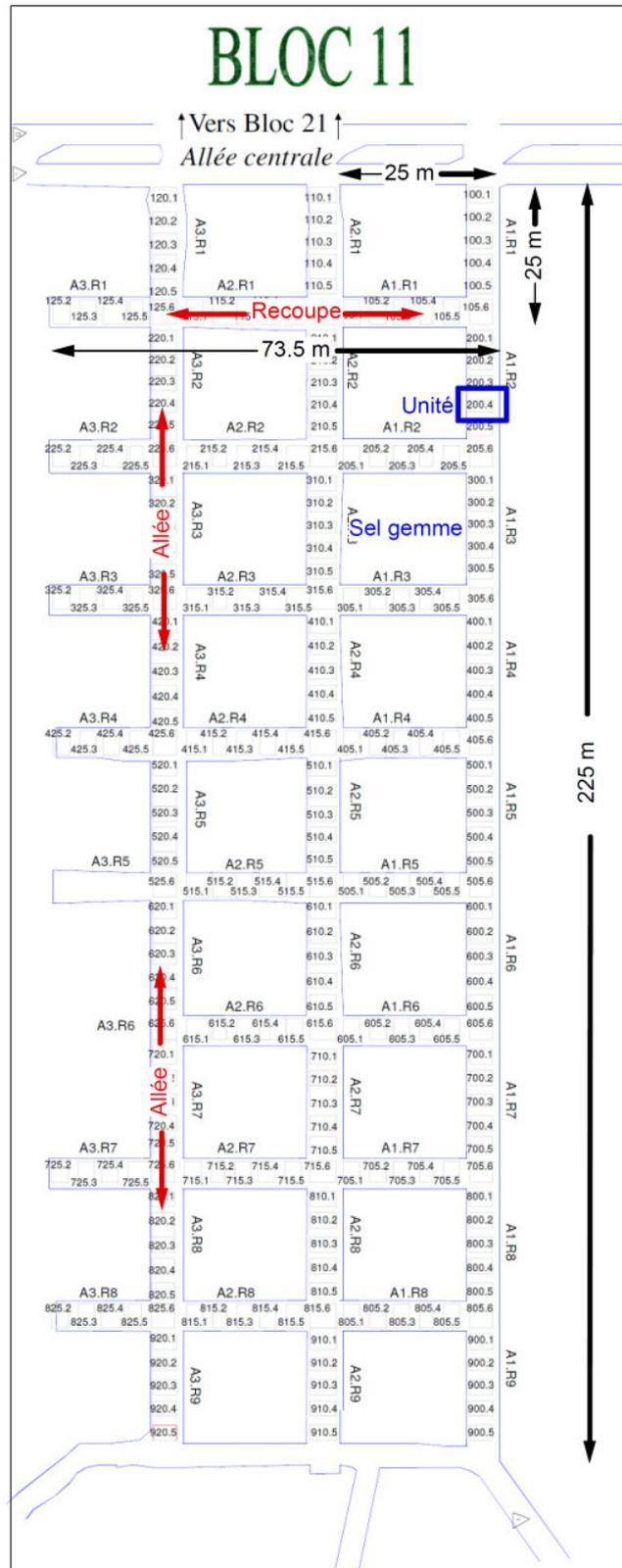


Fig. 3 Plan de structure du Bloc 11

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 MDPA), est aujourd'hui identique que lors de l'étude de 2006 [1], à savoir :

- L'air frais entre par le Puits Joseph (voir situation en Annexe 3).
- L'aérage de la fosse de 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 Figure 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

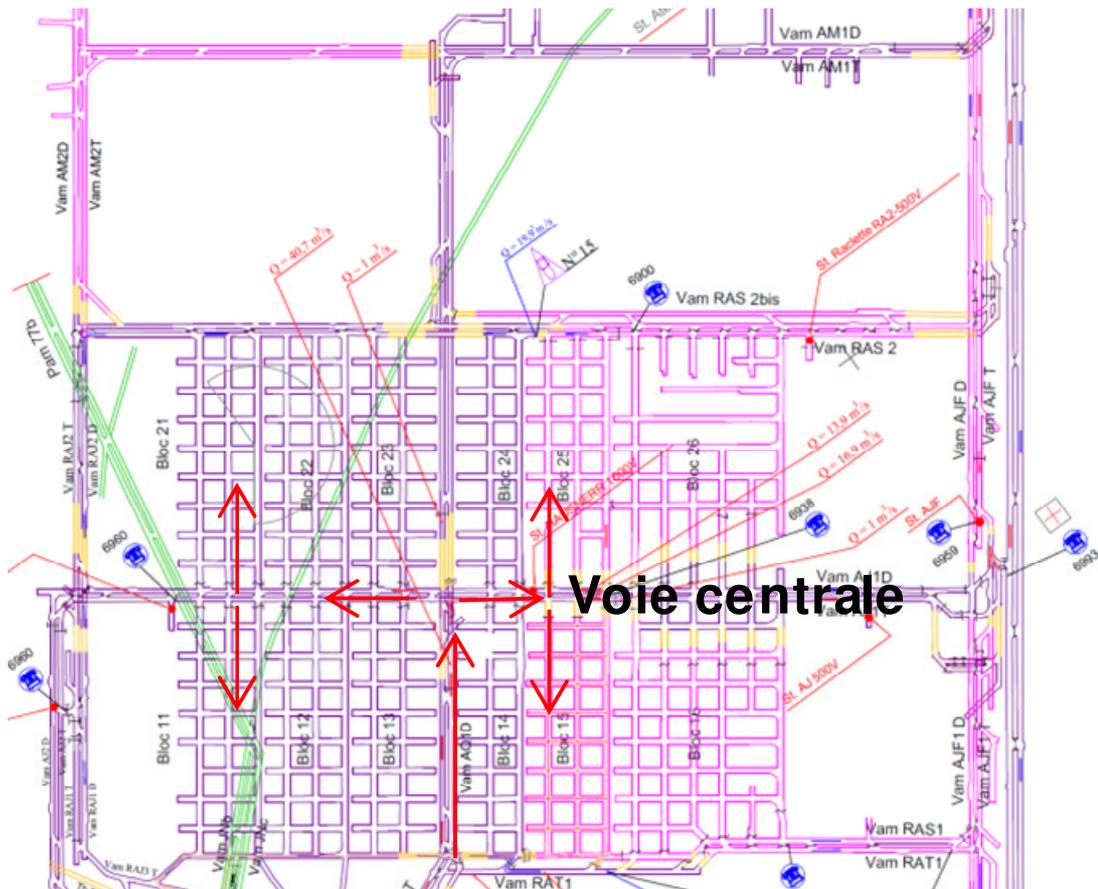


Fig. 4 Représentation très simplifiée de la direction de l'air frais dans le site de stockage (flèches rouges : chemins empruntés par l'air frais dans les blocs)

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 dans le cadre du présent projet. 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)	% par rapport au total	Conditionnement
Sels de trempe	A1	0	2'156	5	fûts
Sels de trempe non cyanurés	A2	0	1'218	3	fûts
Déchets arséniés	B3	0	6'975	16	big-bags
Déchets mercuriels	B5	0	2'272	5	fûts
Terres polluées	B6	0	5'263	12	93% big-bags, 4% fûts, 3% conteneurs
Produits phytosanitaires	B10	0	128	0	fûts
Déchets chromiques	C4	0	429	1	fûts
Déchets de galvanisation	C8	0	641	1	fûts
Résidus de l'industrie	D7	0	138	0	fûts
Déchets de laboratoire	D12	0	169	0	conteneurs
Résidus d'incinération	E9	1	20'714	47	85% big-bags 5% fûts
Déchets amiantés	E13	1	3'774	9	85% big-bags 15% palettes filmées
Total			43'876		

Au total, environ 44'000 t de déchets ultimes 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 (voir plus loin).

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).

Les déchets concernés par la présente étude de réversibilité (déchets contenant du mercure en quantités significatives, soit déchets de nature B3 et B5) sont des déchets de classe 0 et doivent, en cas de déstockage et sans traitement, impérativement être restockés en décharge souterraine équivalente.

La Figure 5 représente graphiquement la répartition des déchets selon leur nature.

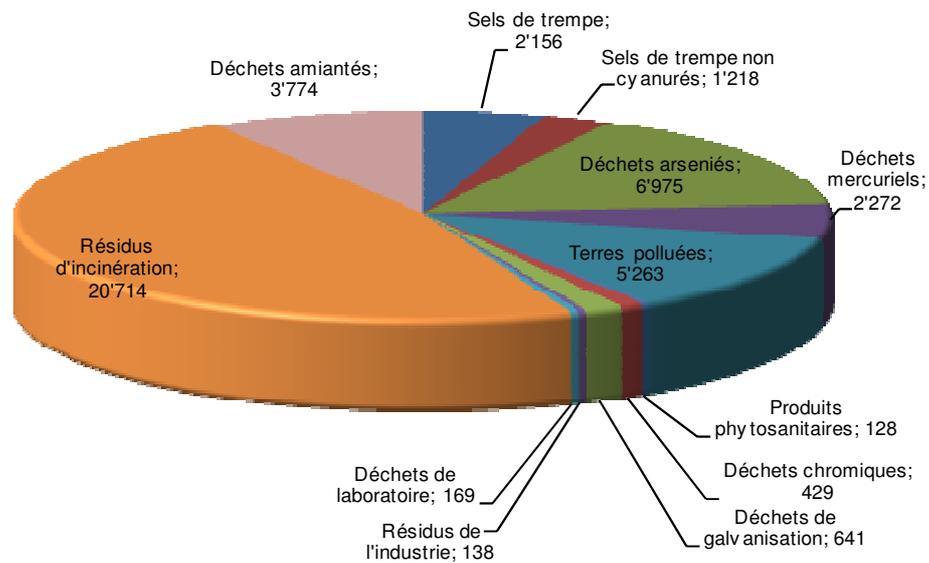


Fig. 5 Vue d'ensemble des différents types de déchets stockés dans le site de StocaMine (masses en tonnes)

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

Les principaux déchets (colis) visés par la présente étude de réversibilité sont conditionnés comme suit :

- Déchets arséniés (B3) : big-bags
- Déchets mercuriels (B5) : fûts
- Déchets amiantés (E13) : environ 85% en big-bags (amiante friable), le reste en palettes filmées (amiante 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 9 à 13 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, 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 susceptibles 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, 8 années se sont écoulées et il faut donc s'attendre à un état empiré des colis. 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.

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 (voir plus loin).

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.

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

Comme évoqué au cours du chapitre précédent, 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 évaluées dans le cadre de la présente étude : seuls ces déchets et plus exactement seule une partie d'entre eux serait déstockée, tout en veillant 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 mais 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 (B3 et B5) puis des déchets amiantés (E13)
- une quantification précise des déchets B3 et B5
- une quantification précise de la masse en Hg et sa répartition dans les blocs.

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

La Figure 6 illustre un exemple (Bloc 21) de plan de localisation des colis de déchets d'intérêt (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.

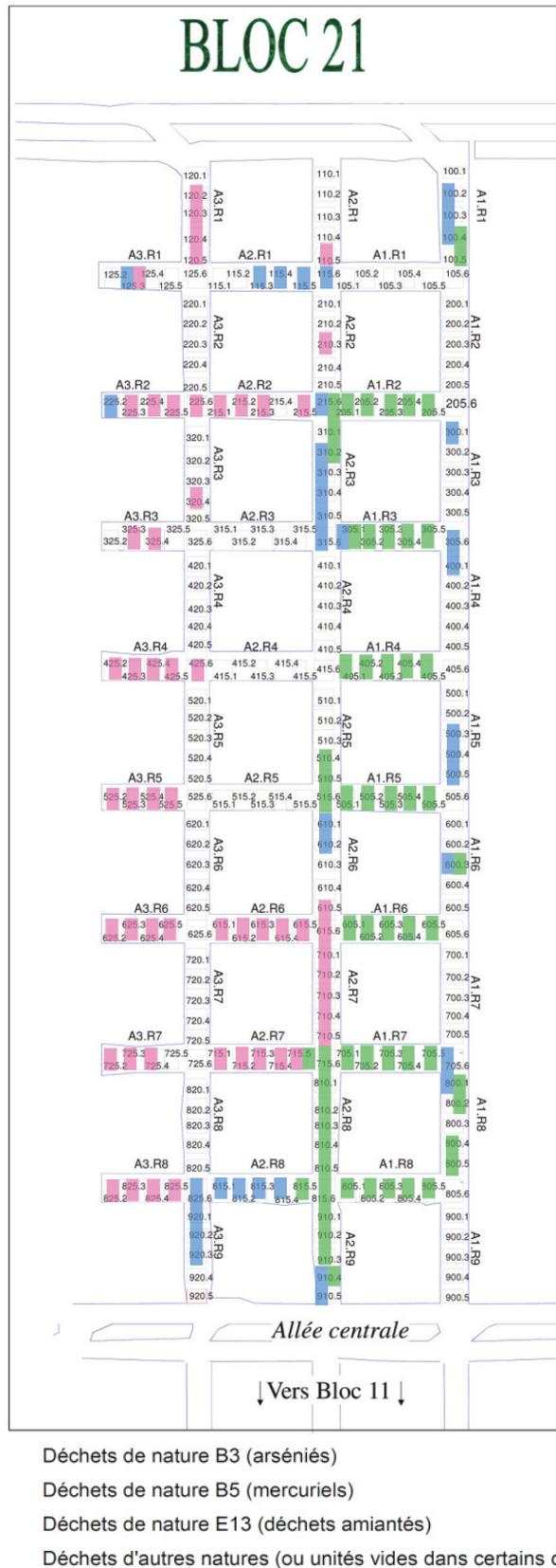


Fig. 6 Plan de localisation des déchets B3, B5 et E13 au sein du Bloc 21 (choisi arbitrairement comme exemple)

3.2 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 :

- 7'100 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
- 15.0 t dans les déchets de classe B5 (29%) – avec une concentration moyenne d'environ 6.6 kg/t
- 2.0 t dans les déchets d'autres classes (4%) – dont 1.4 t dans les déchets de laboratoire (D12) et 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 Figure 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.

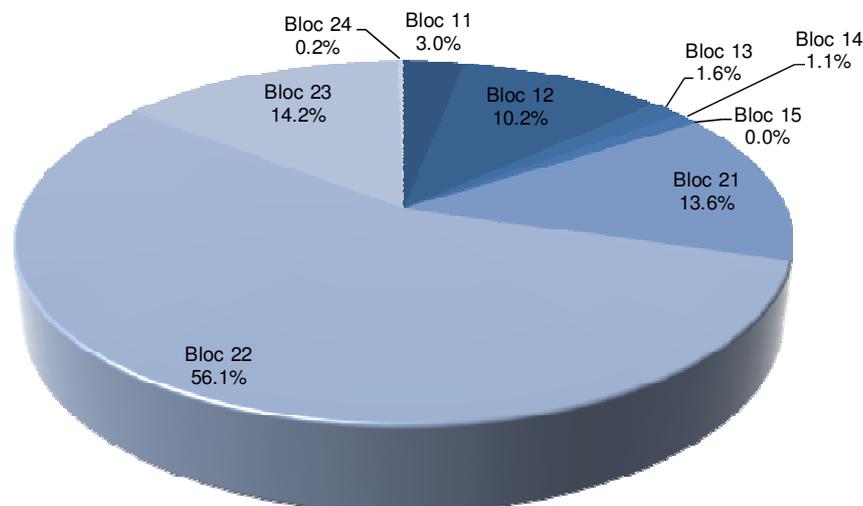


Fig. 7 Répartition de la masse de mercure dans les blocs (Bloc 15 compris)

Comme le montre la Figure 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 Variantes de réversibilité partielle

Pour rappel, le but de la présente étude est l'évaluation de la mise en œuvre 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 [4], Annexe 13).

Respectant ce cadre, différentes variantes ont été considérées, définies et comparées, afin de pointer la variante de choix, laquelle offrirait, entre autres, le meilleur rapport effet/investissement de travail. Ceci est l'objet du présent chapitre.

4.1 Définition des variantes

Fondamentalement, deux grandes familles de variantes sont envisageables dans le cadre d'une réversibilité ciblée axée vers le retrait de déchets contenant du mercure :

- **Variante 1** selon laquelle seule une partie desdits déchets serait déstockée, la condition-cadre de premier plan étant d'éviter de manipuler des colis de déchets amiantés : ceci est la variante considérée par la présente étude.
- **Variante 2** selon laquelle 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. C'est variante n'est pas considérée ici et fait l'objet d'une étude séparée menée en parallèle.

Dans le cadre de la présente étude, la Variante 1 a été subdivisée en 3 sous-variantes (Variantes 1a à 1c) définies comme suit :

- **Variante 1a** : selon cette variante, tous les blocs de stockage sont considérés, sauf le Bloc 15. Les déchets contenant du mercure (de natures B3 et B5) sont déstockés sans manipuler aucun colis contenant des déchets amiantés. Tous les colis B3 et B5 accessibles sans avoir à déplacer des déchets amiantés sont remontés. Les colis de déchets d'autres natures et obstruant l'accès aux colis à déstocker sont déplacés et restockés au sein-même de StocaMine (dans le même bloc dans la mesure du possible).
- **Variante 1b** : 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 Figure 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 Figure 8) ci-après. Tout comme dans le cas

de la Variante 1a, 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).

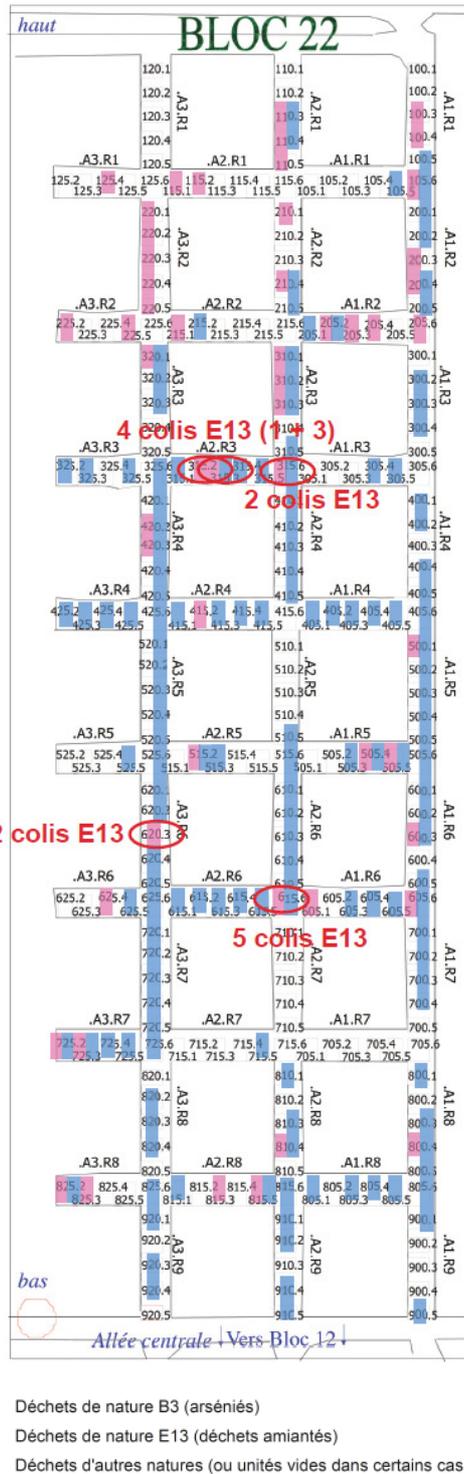


Fig. 8 Localisation des déchets de nature E13 à déplacer dans le cas des Variantes 1b et 1c

- **Variante 1c** : cette variante est en quelque sorte une combinaison des Variantes 1a et 1b. Tous les blocs sont considérés (sauf le Bloc 15) et au niveau du Bloc 22, tout comme dans le cas de la Variante 1b, les colis amiantés des unités 620.3, 615.6, 315.6, 315.2 et 315.3 (voir Figure 8) sont déplacés et restockés au sein du bloc. Au niveau des autres blocs, les déchets B3 et B5 sont déstockés sans manipuler aucun colis contenant des déchets amiantés. De nouveau, 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).

Le Tableau 2 donne une vue d'ensemble sur les conditions-cadre des trois Variantes de réversibilité 1a à 1c précédemment définies.

Tab. 2 Vue d'ensemble sur les conditions-cadre des Variantes de réversibilité 1a-c

	Concerne les déchets B3	Concerne les déchets B5	Concerne tous les blocs hormis B15	Concerne seulement les B21 et B22	Aucun colis amianté manipulé	Colis amiantés ponctuellement manipulés*
Variante 1a	✓	✓	✓	-	✓	-
Variante 1b	✓	✓	-	✓	-	✓
Variante 1c	✓	✓	✓	-	-	✓

* concerne seulement les unités 620.3, 615.6, 315.6, 315.2 et 315.3 du bloc 22

La Figure 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 et pour lequel la situation est la même, quelle que soit la variante mise en œuvre (Variantes 1a à 1c). Les représentations schématiques complètes (pour tous les blocs mis en jeu) des trois Variantes 1a à 1c sont fournies en Annexe 6.

Concernant le Bloc 21, notons que dans tous les cas, 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).

Après avoir défini ces trois variantes, la prochaine étape a été de les évaluer puis de les comparer afin d'en tirer la variante de choix. Ceci est l'objet du paragraphe qui suit.

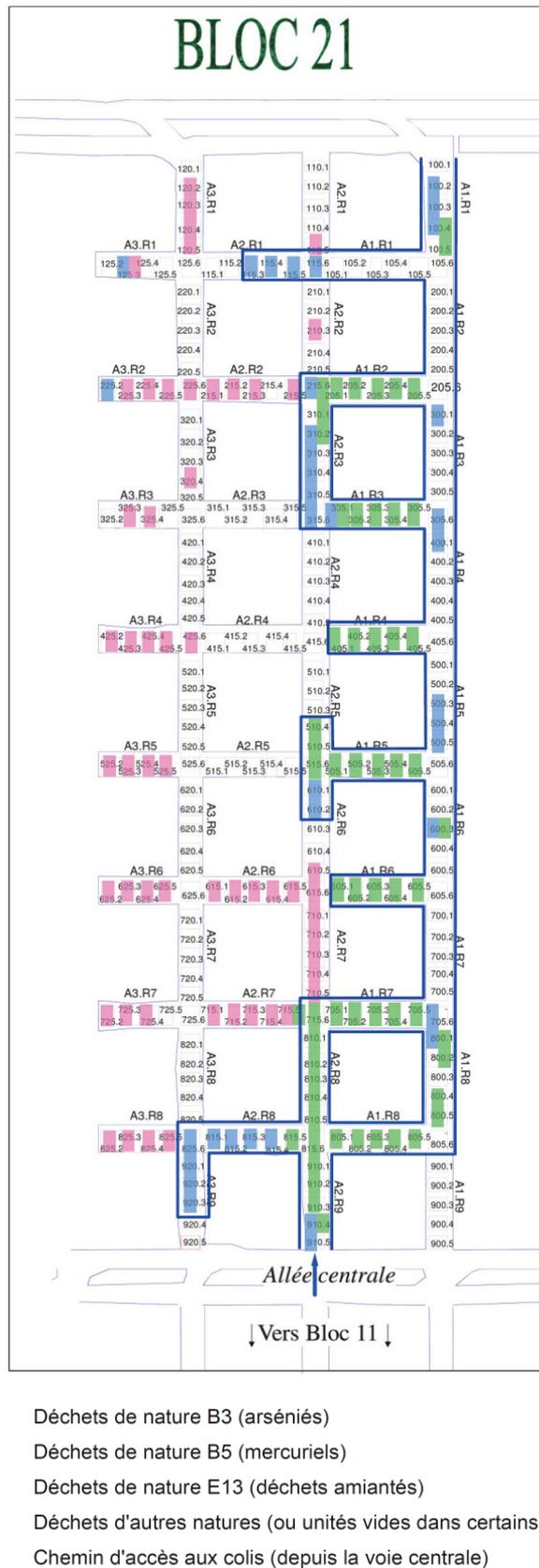


Fig. 9 Définition des Variantes de réversibilité 1a-c au niveau du Bloc 21 : représentation schématique du chemin emprunté

4.2 Evaluation des variantes et comparaison

Les trois variantes de réversibilité partielle définies ci-avant ont été évaluées et comparées, l'objectif recherché étant de pointer la variante de choix, laquelle permettrait un rapport effet/masse de travail optimal et serait compatible avec les aspects techniques imposés par la structure en place. Sur cette base, les critères primordiaux suivants ont été pris en compte :

- 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.

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

Les tableaux de l'Annexe 7 (7a-c) regroupent, selon la variante mise en œuvre 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 Figure 10).

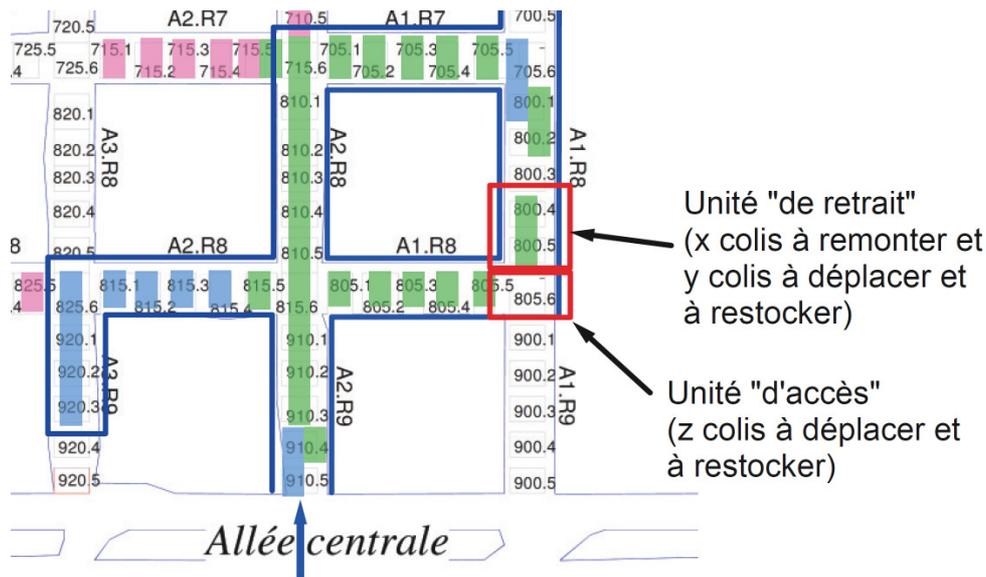


Fig. 10 Illustration des unités de retrait et d'accès (exemple tiré du Bloc 21)

4.2.1.1 Proportion de mercure éliminé selon variante mise en œuvre

La Figure 11 représente graphiquement la proportion (%) de mercure éliminé par bloc selon la variante mise en œuvre 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 1a permet le retrait de 27.7% de masse totale de Hg
- La Variante 1b permet le retrait de 56.5% de la masse totale de Hg
- La Variante 1c permet de retrait de 58.3% de la masse totale de Hg.

Ainsi, au regard de la masse de mercure éliminé, il est évident que la Variante 1a est largement moins efficace que les deux autres variantes (facteur 2 de différence). Par ailleurs, la différence entre les Variantes 1b et 1c est très faible, ceci est dû à la contribution prépondérante du Bloc 22.

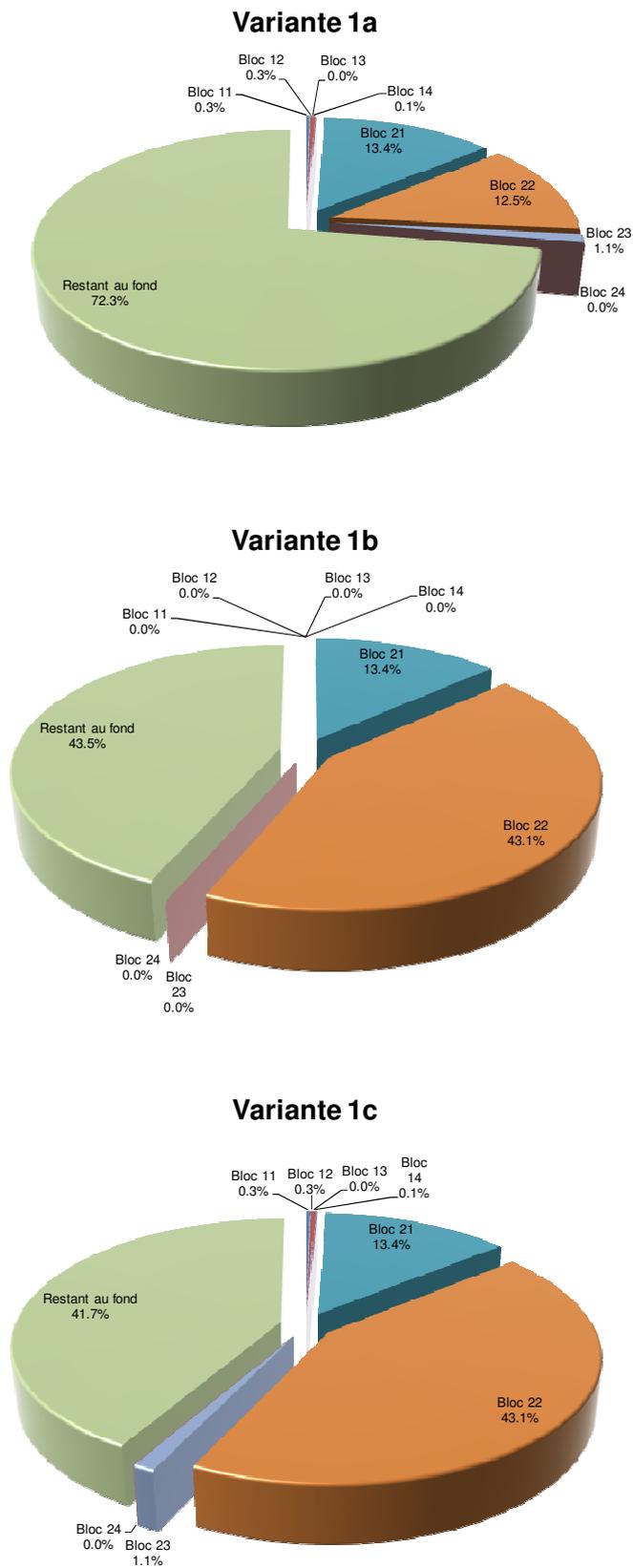


Fig. 11 Proportion de mercure retiré par bloc selon variante de réversibilité mise en œuvre

4.2.1.2 Déchets déstockés vs déchets à déplacer et à restocker

Les graphiques des Figures 12 et 13 ci-après permettent de comparer, selon la variante de réversibilité adoptée et par bloc,

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

Comme le montre la Figure 12, les variantes 1a et 1c obligent de déplacer et de restocker plus de colis qu'ils n'en sont remontés :

- 5'685 colis à restocker pour 3'570 colis retirés dans le cas de la Variante 1a (soit environ 60% de plus),
- 7'040 colis à restocker pour 4'837 colis retirés dans le cas de la Variante 1c (soit environ 45% de plus).

En revanche, selon la Variante 1b, le nombre de colis à déplacer/restocker est quasiment égal à celui de colis remontés :

- 4'466 colis à restocker pour 4'265 colis retirés (à peine 4.5% de plus).

La Figure 13 montre que l'efficacité de la Variante 1b est également observable si l'on compare les masses de mercure éliminées aux nombres de colis à déplacer/restocker :

- 5'685 colis à restocker pour environ 14.1 t de mercure éliminées dans le cas de la Variante 1a (« ratio » de 400 environ),
- 7'040 colis à déplacer pour environ 29.8 t de mercure éliminées dans le cas de la Variante 1c (« ratio » de 235 environ), puis
- 4'466 colis à déplacer pour environ 28.8 t de mercure éliminées dans le cas de la Variante 1b (« ratio » de 155 environ).

En somme, au vu des quantités de déchets à déplacer/restocker, il est évident que la Variante 1b est la variante qui présente le ratio effet/investissement de travail le plus efficace et apparaîtrait alors comme la variante de choix.

4.2.2 Considération de l'aéragé en place dans la mine

Comme évoqué plus haut au Paragraphe 2.3, dans les blocs, le système d'aéragé 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 (crevaisson d'un big-bag par exemple). La Figure 14 illustre ce point en prenant pour exemple le Bloc 12 (schéma tiré de l'étude de 2006 [1]).

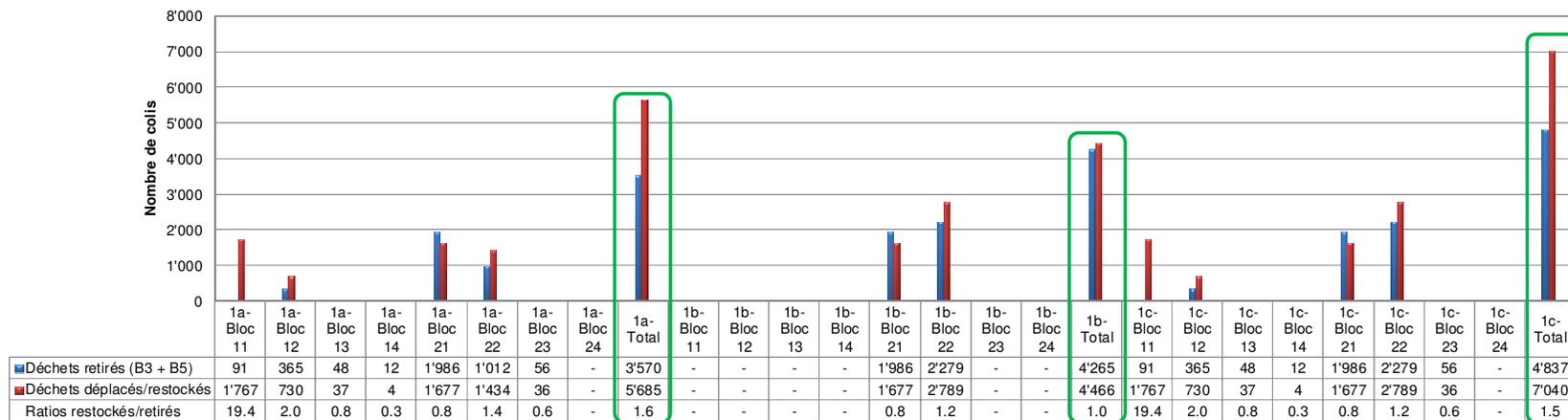


Fig. 12 Déchets déstockés vs déchets déplacés/restockés (nombres de colis)

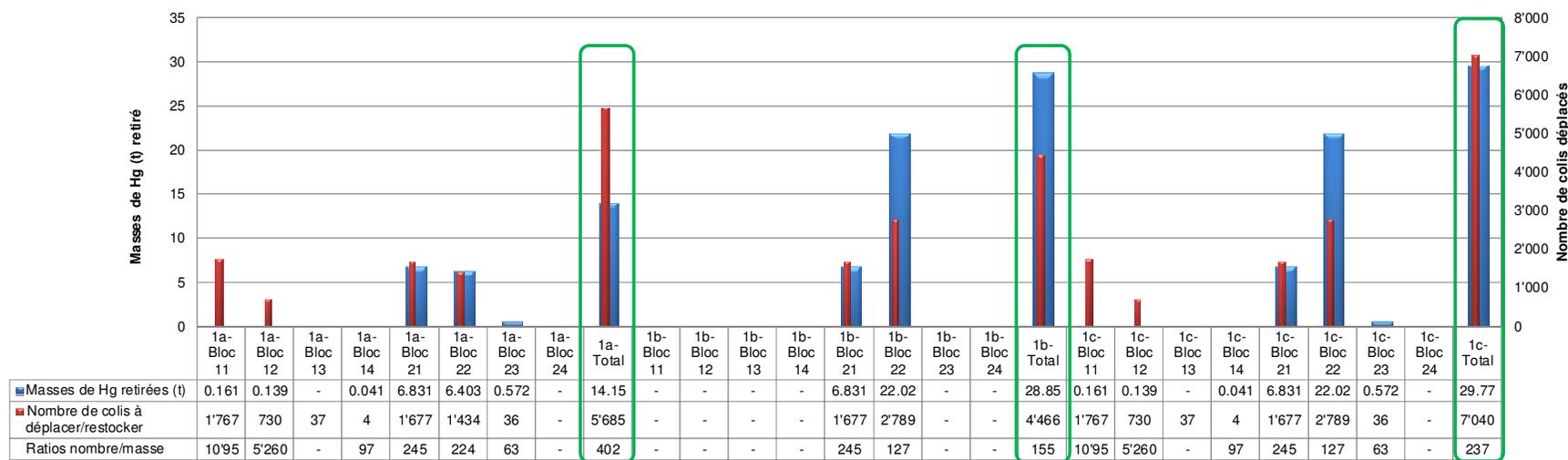


Fig. 13 Masse de mercure remontée (t) vs déchets déplacés/restockés (nombres de colis)

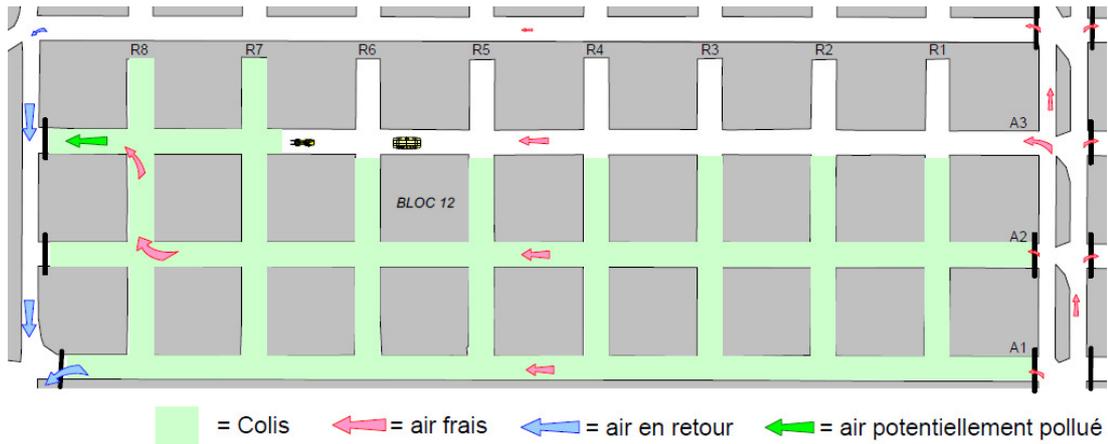


Fig. 14 Direction d'avancement idéale dans les blocs (exemple du Bloc 12)

Or, comme le montre l'Annexe 6, seule la Variante 1b présente une direction (générale) d'avancement intégralement en accord avec la direction de l'air frais selon le système d'aéragé 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 Figure 15). Les Variantes 1a et 1c, quant à elles, imposent en partie une direction d'avancement opposée au niveau des Blocs 11 et 23.

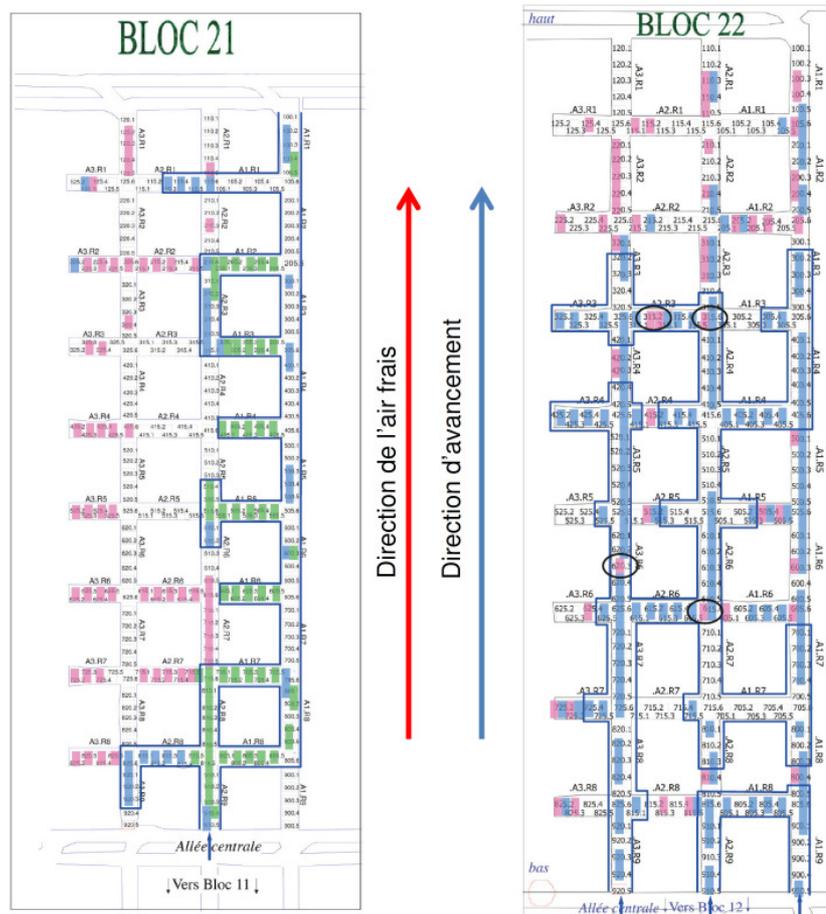


Fig. 15 Directions d'avancement du déstockage et des parcours de l'air frais

4.2.3 Considérations logistiques

La Variante 1b offre d'autres avantages concernant la logistique de déstockage/restockage, que les deux autres variantes ne présentent pas (voir détails plus loin) :

- 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 Figure 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 Figure 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).

4.3 Vue d'ensemble et variante de choix

Le Tableau 3 donne une vue d'ensemble sur les effets, les avantages et les contraintes offerts par chacune des Variantes 1a à 1c.

Tab. 3 Vue d'ensemble de l'évaluation des Variantes 1a-c

	Elimination de plus de 50% de la masse totale de mercure	Aucun colis amianté manipulé	Compatible avec le sens de l'air	Ratio colis extraits/ à manipuler avantageux	Ratio masse extraite/ colis à manipuler avantageux	Avantages logistiques
Variante 1a	-	✓	-	-	-	-
Variante 1b	✓	*	✓	✓	✓	✓
Variante 1c	✓	*	-	-	-	-

**Au total, 13 colis (big-bags, 2.2 t, répartis sur 5 unités)*

Comme démontré au cours des paragraphes précédents, la Variante 1b 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 1b est la variante de choix pour la mise en œuvre de la réversibilité partielle et cette variante est retenue pour la suite de l'étude (proposition logistique, performance, calendrier, coûts engendrés...).

En bref, la Variante 1b 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)
- 2'618 colis seraient déplacés puis restockés :
 - 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)
- 1'919 colis seraient déplacés puis restockés :
 - En majeure partie des déchets de nature E9
 - Sporadiquement des déchets de nature B6.

5 Mise en œuvre de la réversibilité selon la variante de choix

5.1 Logistique de déstockage/restockage au fond

Ayant identifié la Variante 1b comme variante de réversibilité partielle de choix, le présent paragraphe a pour ambition de proposer une démarche logistique de déstockage des déchets contenant du mercure (B3 et B5) et de restockage des déchets d'autres natures se situant dans les unités d'accès et de retrait et obstruant l'accès aux colis désirés selon cette variante.

Le but recherché n'est pas d'établir un mode opératoire absolu, mais plutôt de proposer une base de travail solide, laquelle pourrait être modulée et optimisée selon les conditions rencontrées sur place durant les opérations de déstockage. L'un des objectifs principaux est de montrer comment il est possible de déstocker les colis d'intérêt selon la variante retenue tout en restockant la majorité des autres colis au sein-même des blocs d'intérêt (Blocs 21 et 22).

5.1.1 Conditions de départ

Le mode opératoire proposé ci-après se base sur les conditions suivantes :

- Chaque unité peut accueillir, après rabassenage (remise en état de la mine déformée par le fluage) si nécessaire, 24 colis (2 étages de 3 rangées de 4 colis). Cette condition représente une configuration de prudence dans le sens où

actuellement, la plupart des unités contiennent plus de 24 colis (jusqu'à 80 colis dans certains cas). Pour chaque unité, les nombres de colis à déstocker et à restocker ont été déterminés précisément à l'aide de la base de données fournie par StocaMine.

- Les colis déplacés ne le sont qu'une fois : après restockage, ils resteront au même endroit.
- Certains colis peuvent être restockés dans les unités vides du Bloc 11 et ensuite y rester de manière illimitée.
- Certains colis peuvent a priori être restockés définitivement dans la voie centrale. Ceci devra toutefois être validé par la DREAL.
- Les Blocs 21 et 22 sont déstockés successivement en commençant par le Bloc 21 situé en face du Bloc 11 (voir Figure 2).
- Certains colis du Bloc 22 peuvent être restockés dans le Bloc 21 une fois que ce dernier a été déstocké.

5.1.2 Déroulement du déstockage

Le déroulement du déstockage est représenté schématiquement en Annexe 8 (Annexe 8a pour le Bloc 21 et 8b pour le Bloc 22).

5.1.2.1 Déstockage du Bloc 21

Le déstockage du Bloc 21 est divisé en 8 phases de déstockage/restockage successives de paquets de colis (voir Annexe 8a). Ci-dessous sont décrites les opérations de restockage des colis autres que les déchets B3 et B5. Ces derniers sont quant à eux remontés au jour.

- *Phase 1* : déstockage depuis la voie centrale jusqu'au niveau de la recoupe R7. Le Bloc 11 est assujéti à des opérations de rabassenage afin d'accueillir les 127 colis à restocker du Bloc 21. Ceci permet d'initier les opérations en libérant 480 places retranchées (216 + 264) au sein du Bloc 21 (une partie de l'allée A3.R9, les recoupes A2.R8 et A1.R7, puis l'allée A2.R8), tout en laissant l'accès au bloc libre (allée A2.R9 et recoupe A1.R8).
- *Phase 2* : déstockage des allées A1.R7 à A1.R8 puis de la recoupe A1.R6. Les 486 colis sont restockés au sein-même du bloc dans les places vides des galeries A3.R9, A2.R8 et A1.R7, libérant ainsi 120 places retranchées (recoupe A1.R6), tout en laissant l'accès au colis suivants libre (allée A1.R8 à A1R6).
- *Phase 3* : déstockage au niveau de la recoupe R5. Les 119 colis sont restockés au sein du bloc dans les places vides de la recoupe A1.R6, libérant ainsi 240 places (recoupe A1.R5, une partie des allées A2.R5 et A2.R6).
- *Phase 4* : déstockage au niveau de la recoupe R4. Les 219 colis sont restockés au sein du bloc dans les places vides de la recoupe A1.R5 et d'une partie des allées A2.R5 et A2.R6, libérant ainsi 120 places retranchées dans la recoupe A1.R4. Dans la recoupe A1.R5, 24 places sont encore libres.

- *Phase 5* : déstockage jusqu'au niveau de la recoupe R2. Les 128 colis sont restockés au sein du bloc dans les places vides des recoupes A1.R4 et A1.R5, laissant ainsi la place pour 424 colis (recoupes A1.R2 et A1.R4, allée A2.R3).
- *Phase 6* : déstockage jusqu'au niveau de la recoupe R1. Les 421 colis sont restockés au sein du bloc dans les places vides des recoupes A1.R2, A1.R3 et A1.R4 puis de l'allée A2.R3.
- *Phase 7* : déstockage jusqu'au niveau de voie latérale. Les quelques 68 colis sont restockés dans l'allée centrale, libérant ainsi 120 places retranchées (allée A1.R1).
- *Phase 8* : déstockage d'une partie de la recoupe R1. Les 109 colis sont restockés au sein même du bloc dans les places vides de l'allée A1.R1.

Finalement, après les opérations dans le Bloc 21, presque toute l'allée A1 est vide, à l'exception de la partie opposée à la voie centrale A1.R1. La recoupe A1.R1 et environ la moitié de la recoupe A2.R1 sont également vides. Ces vides permettront d'accueillir une partie des blocs à restocker issus du Bloc 22.

5.1.2.2 Déstockage du Bloc 22

Le déstockage du Bloc 22 est divisé en 15 phases de déstockage/restockage successives de paquets de colis (voir Annexe 8b). Ci-dessous sont décrites les opérations de restockage des colis autres que les déchets B3 et B5. Ces derniers sont quant à eux remontés au jour.

- *Phase 1* : déstockage des allées A2.R9 et A1.R9 et de la recoupe A1.R8. Les 359 colis sont restockés dans le Bloc 21, libérant ainsi 432 places retranchées.
- *Phase 2* : déstockage de l'allée A3 jusqu'à la moitié de l'allée A3.R6 (présence de déchets amiantés dans l'Unité 620.3) puis d'une partie des recoupes A2.R8, A3.R7 et A3.R6. Les 419 colis sont restockés au sein du bloc dans les allées A2.R9 et A1.R9 et la recoupe A1.R8, libérant ainsi 96 places retranchées (parties des recoupes A2.R8, A3.R7 et A3.R6).
- *Phase 3* : les deux colis de déchets amiantés (nature E13) sont déplacés de l'Unité 620.3 vers le fond de l'Unité 625.5 de la recoupe A3.R6 et sont ainsi écartés des chemins d'accès et ne seront plus manipulés.
- *Phase 4* : déstockage de l'allée A3 jusqu'au tiers de l'allée A3.R4 puis d'une partie des recoupes A3.R5 et A2.R4. Les 90 colis sont restockés au sein du bloc dans les parties vides des recoupes A3.R6, A3.R7 et A2.R8, libérant ainsi 48 places retranchées (partie de l'allée A3.R4).
- *Phase 5* : déstockage de la recoupe A3.R4. Les 38 colis sont restockés au sein du bloc dans les parties vides de l'allée A3.R4, libérant ainsi 48 places retranchées (partie de la recoupe A3.R4).
- *Phase 6* : déstockage de la recoupe A2.R6. Les 40 colis sont restockés au sein du bloc dans les parties vides de la recoupe A3.R4.

- *Phase 7* : les cinq colis de déchets amiantés (nature E13) sont déplacés de l'Unité 615.6 vers l'Unité 625.5 de la recoupe A3.R6 et sont ainsi écartés des chemins d'accès et ne seront plus manipulés.
- *Phase 8* : déstockage de l'allée A2.R6, d'une partie de l'allée A2.R5 et d'une partie des recoupes A2.R5 et A1.R5. Les 386 colis sont restockés au sein du bloc dans les parties vides des recoupes A3.R4 et A3.R5 et dans les allées vides A3.R5 et A3.R6, libérant ainsi 144 places retranchées (parties des recoupes A2.R5 et A1.R5).
- *Phase 9* : déstockage de l'allée A2.R4, d'une partie de l'allée A2.R5 et d'une partie de la recoupe A2.R4. Les 137 colis sont restockés au sein du bloc dans les parties vides des recoupes A2.R5 et A1.R5.
- *Phase 10* : déstockage de la recoupe A1.R4, d'une partie de la recoupe A1.R3, de l'allée A1.R4 puis d'une partie de l'allée A1.R3. Les 324 colis sont restockés au sein du Bloc 21.
- *Phase 11* : les 2 colis de déchets amiantés (nature E13) sont déplacés de l'Unité 315.6 vers l'Unité 415.3 de la recoupe A2.R4 et sont ainsi écartés des chemins d'accès et ne seront plus manipulés.
- *Phase 12* : déstockage d'une partie de la recoupe A2.R3 et d'une partie de l'allée A2.R3. Les 82 colis sont restockés au sein du bloc dans les places vides de l'allée A1.R3.
- *Phase 13* : les 4 colis de déchets amiantés (nature E13) sont déplacés des Unités 315.2 et 315.3 vers l'Unité 310.5 de l'allée A2.R3 et sont ainsi écartés des chemins d'accès et ne seront plus manipulés.
- *Phase 14* : déstockage de la recoupe A3.R3, d'une partie de l'allée A3.R3 et d'une partie de l'allée A3.R4. Les 256 colis sont restockés au sein du bloc dans les places vides de l'allée A1.R4. et des recoupes A1.R3 et A1.R4.
- *Phase 15* : déstockage de la dernière partie et restockage des 658 colis dans les places libres restantes.

5.1.2.3 Situation finale

La Figure 16 montre 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 :

- 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.

Notons que, d'après le mode opératoire décrit ci-avant, 68 colis issus du Bloc 21 devraient être restockés dans l'allée centrale. Or, comme mentionné au paragraphe 5.1.1, le fait de considérer une capacité de 24 colis par unité reflète une situation prudente. Ainsi, il est fort probable que ces 68 colis (soit à peine 4% du nombre total de colis à restocker du Bloc 21) puissent être restockés au sein du Bloc 21.

Dans le cas contraire, un déplacement de ces colis vers le Bloc 21 à la fin des travaux serait possible si souhaité.

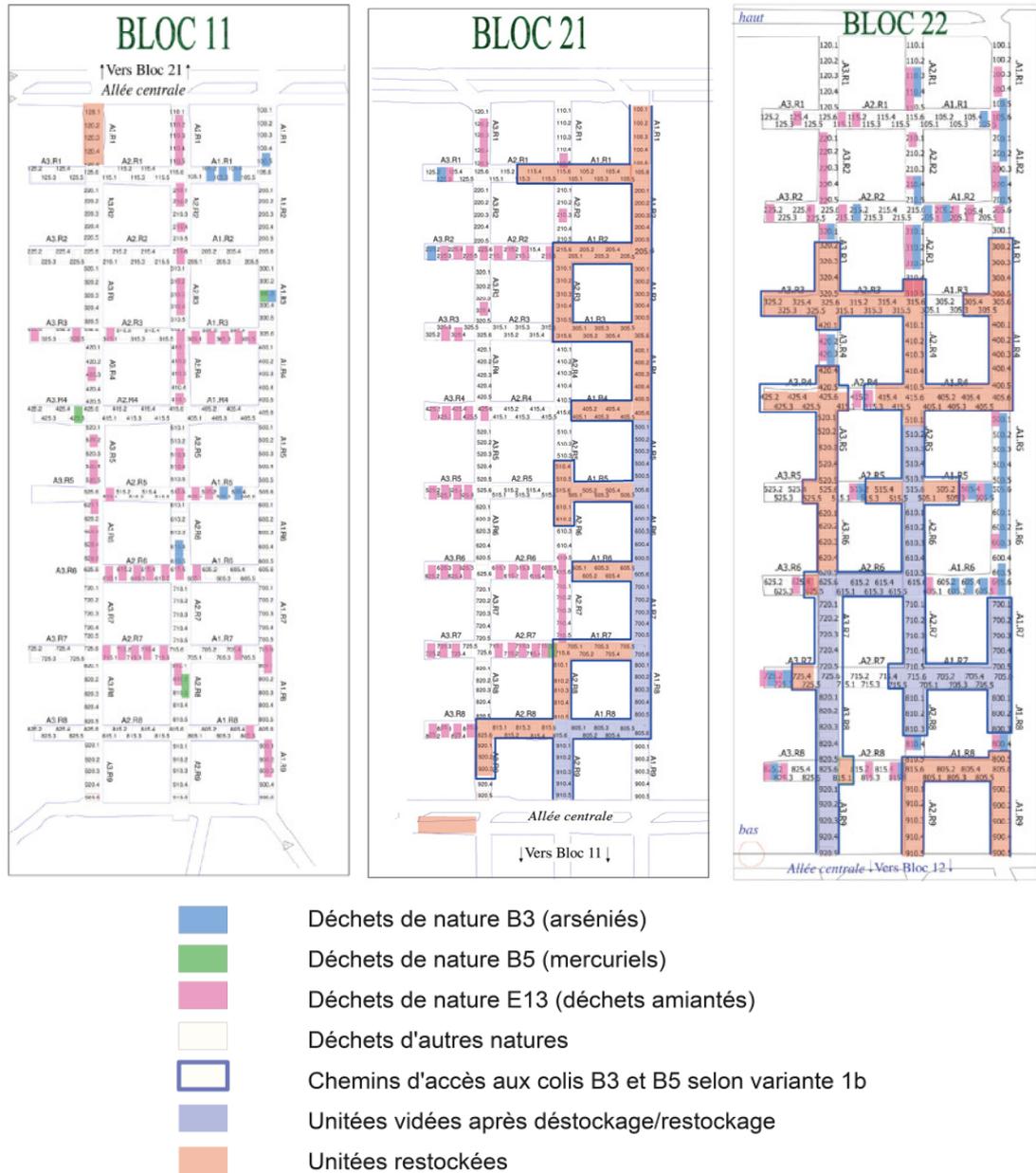


Fig. 16 Etat final des Blocs 11, 21 et 22 après mise en œuvre de la réversibilité selon la variante de choix

5.2 Déroulement technique du déstockage des blocs vers le jour

Lors de l'étude de 2006, 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 [1]. Le but du présent chapitre est de présenter un synoptique de ce concept et de l'adapter à la variante de réversibilité partielle identifiée ci-avant (concerne les Blocs 21 et 22) en résumant les principales étapes du déstockage/restockage.

5.2.1 Synoptique

La Figure 17 représente schématiquement le déroulement global de l'exercice de la réversibilité.

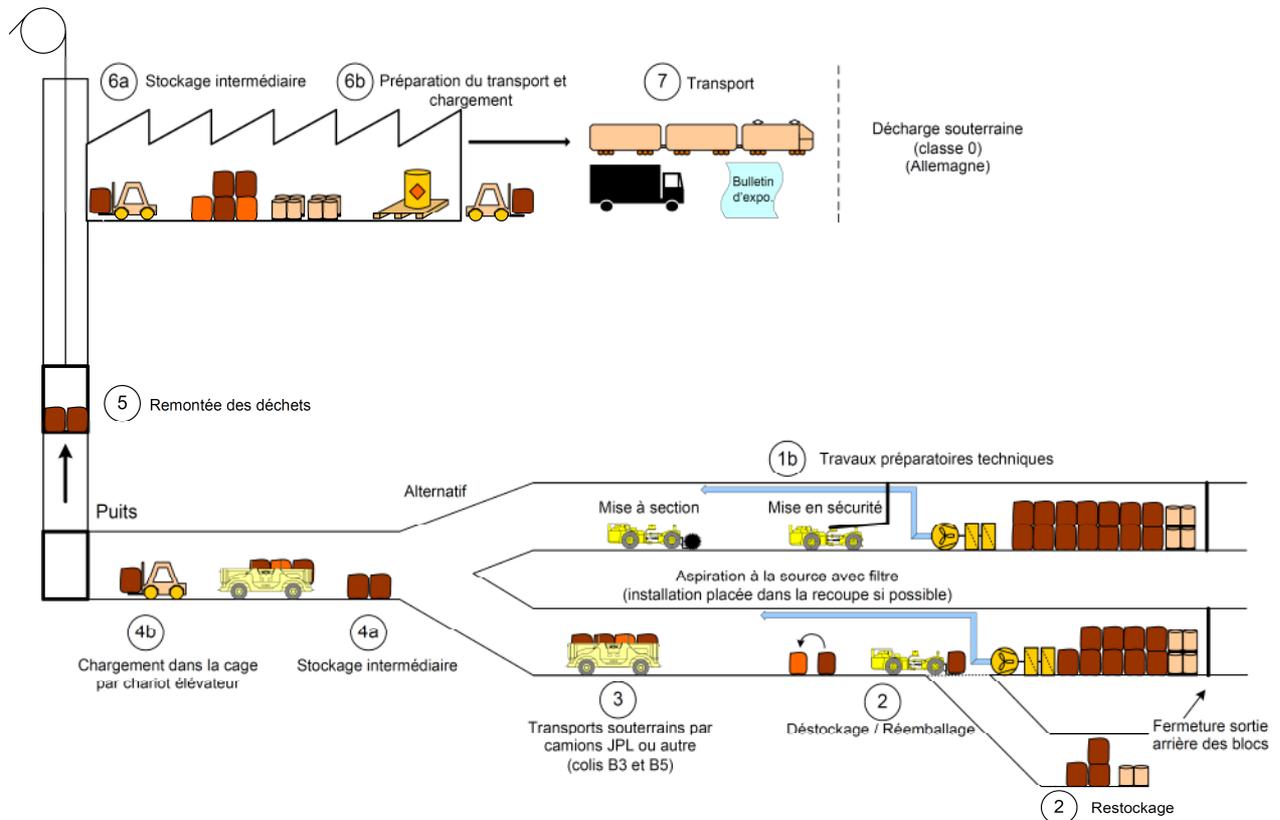


Fig. 17 Synoptique du déroulement de l'exercice de la réversibilité (travaux préparatoires administratifs non inclus)

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)
- 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

5.2.2 Etape 1 : travaux préparatoires

Cette étape comprend les travaux administratifs pour organiser le déstockage et les travaux techniques pour préparer la mine.

5.2.2.1 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 (mines allemandes)
- Appels d'offres et adjudication pour le transport et l'élimination des déchets
- Planification détaillée du déroulement et de la logistique des opérations de déstockage (engins, personnel, timing, logiciel pour la traçabilité des colis transportés 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).

5.2.2.2 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 [4], Annexe 13)
- 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 (rabassenage 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'aéragé, installation de l'aéragé supplémentaire (voir plus loin), etc.

- Confinement supplémentaire éventuel du Bloc 15.

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.

5.2.3 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.

5.2.3.1 Identification des colis et étiquettes

Les quelques 4'260 colis à déstocker (déchets contenant du mercure de natures B3 et B5), ainsi que les déchets amiantés (nature E13) ont été précisément localisés et quantifiés (voir Chapitres 3 et 4) à l'aide de la base de données fournie par StocaMine. Rappelons que les colis à déstocker sont conditionnés en big-bags pour les déchets arséniés (B3) et en fûts pour les déchets mercuriels (B5). Les déchets amiantés à déplacer selon la variante de réversibilité partielle de choix (13 colis, Bloc 22, voir Figure 8) sont tous conditionnés en big-bags et contiennent exclusivement de l'amiante friable.

En ce qui concerne les quelques 4'460 colis à déplacer (à restocker) afin d'accéder aux colis visés, ils ont également été identifiés, quantifiés et localisés à l'aide de la base de données StocaMine (voir Chapitre 4). Rappelons qu'il s'agit pour la plupart de résidus d'incinération (nature E9) et de manière sporadique de terres polluées (nature B6) et de substances phytosanitaires (nature B10).

Ainsi, chaque colis concerné par la réversibilité peut être identifié.

Comme les colis contenant des déchets de natures autres que B3 et B5 seront restockés à un endroit différent que leur lieu de stockage d'origine, ils devront 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).

5.2.3.2 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 au cours du Chapitre 5.7. Les détails sont donnés par le rapport de Swissi [4] consacré à ce volet (fourni en Annexe 13).

5.2.3.3 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 Figure 18) :

- *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 Kali & Salz Entsorgung GmbH (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.

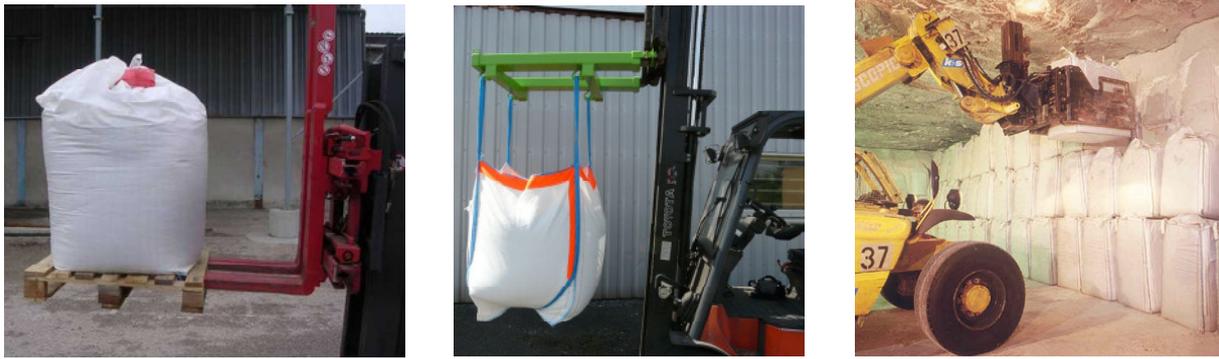


Fig. 18 Saisie des big-bags avec une fourche (à gauche, exemple quelconque), par les oreilles (au centre, exemple quelconque) puis avec une pince (à droite, exemple de la mine d'Herfa-Neurode en Allemagne)

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, 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 [1], 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 selon le chemin proposé (Variante 1b), la variante de réversibilité devra être adaptée (modification du cheminement ou abandon des colis dans le pire des cas).

5.2.3.4 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 (déchets arséniés B3)
- Les fûts de déchets de classe 0 à remonter endommagés ou non-propres (déchets mercuriels B5).

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 très onéreuse, car les surfûts sont coûteux et leur poids causerait des coûts supplémentaires pour le stockage dans les mines allemandes, notamment en ce qui concerne les surfûts en acier. De plus, la logistique pour ce réemballage serait compliquée, car beaucoup d'emballages encombrants devraient être transportés au fond.
- *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.

En bref, concernant les fûts, la troisième option de réemballage semble être la plus avantageuse d'un point de vue logistique, de sécurité et économique, mais l'acceptation de tels colis par les mines allemandes reste à vérifier.

Le réemballage 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.

Rappelons que le déstockage ne concerne que des déchets de classe 0 :

- déchets arséniés B3 emballés exclusivement dans des big-bags (2'891 colis au total, voir tableau de l'Annexe 7b)
- déchets mercuriels B5 emballés exclusivement dans des fûts (1'374 colis au total, voir tableau de l'Annexe 7b).

Par conséquent, au moins environ 3'000 surbig-bags, 400 surfûts et 350 cerclages seront nécessaires (si l'on considère qu'environ 30% des fûts de déchets B5 sont endommagés ou non-propres et que l'ensemble des cerclages sont corrodés).

Concernant les autres colis (ceux qui seront restockés et resteront au fond), 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 (soit environ 1'400 palettes). Toutes les palettes supportant les colis remontés seront remplacées (soit environ 4'300 pièces). 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 re-stockage pour les autres d'autre part.

Pour assurer la continuité du déstockage, les nouveaux emballages (surbig-bags) 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 9.

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 rapport [4] fourni en Annexe 13.

5.2.4 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.

5.2.5 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 devrait être suffisante pour le nombre de colis à remonter par jour (voir plus loin). 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. Les activités de remontée et les travaux effectués au jour seront effectués sur un seul poste par jour (voir partie réservée à la cadence de déstockage plus loin).

5.2.6 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 pour la remontée est de 250 colis par jour (activité de 16 heures par jour), ce qui suffit amplement dans le cas de la variante de réversibilité partielle décrite ici (voir partie réservée à la cadence de déstockage plus loin).

5.2.7 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 leur nature.

Les colis (tous 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.

5.2.8 Etape 7 : transport et élimination des déchets

Les déchets seront transportés en Allemagne par rail ou par route. Les détails du transport devront être définis et coordonnés en accord avec le repreneur.

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

5.3 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 [4], Annexe 13). 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, 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 rabassement 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.

5.4 Système d'aérage supplémentaire

StocaMine dispose d'un système d'aérage pour permettre le travail dans le site de stockage (voir Chapitre 2). Dans le cadre de l'étude de 2006 [1], 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.

5.4.1 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 [1].

Lors des travaux de déstockage, les déchets seront pris à partir de l'entrée du bloc qui donne sur la voie centrale du stockage (voir Chapitre 4), 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.

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

L'aération 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 [1]*).

5.4.1.2 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 Swissi [4] fourni en Annexe 13). En conséquence, l'aération doit assurer un renouvellement d'air suffisant. Dans le cadre de l'étude 2006 [1], concernant le renouvellement d'air frais, la norme allemande TRGS 519 pour les travaux de démolition, d'assainissement et d'élimination des déchets [3] 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 [3]). 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 [1]*). 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 [5]. 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'aération 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 [1]*). Avec ce débit d'air, les normes concernant le renouvellement d'air frais sont respectées.

5.4.1.3 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'aéragé).

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 [6]. Cette valeur constitue un critère important pour le choix de la combinaison de filtres à utiliser.

5.4.1.4 Conclusion

L'aéragé 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'aéragé supplémentaire fonctionnant en aspiration. Un débit d'air de **10 m³/s** est retenu pour le dimensionnement du système d'aéragé 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.

5.4.2 Solutions techniques pour l'aéragé supplémentaire

L'air de l'aéragé 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 [1]*). 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 Figure 19 ci-dessous). Pour faciliter le déplacement, l'installation mobile d'aspiration/filtration sera munie de patins.

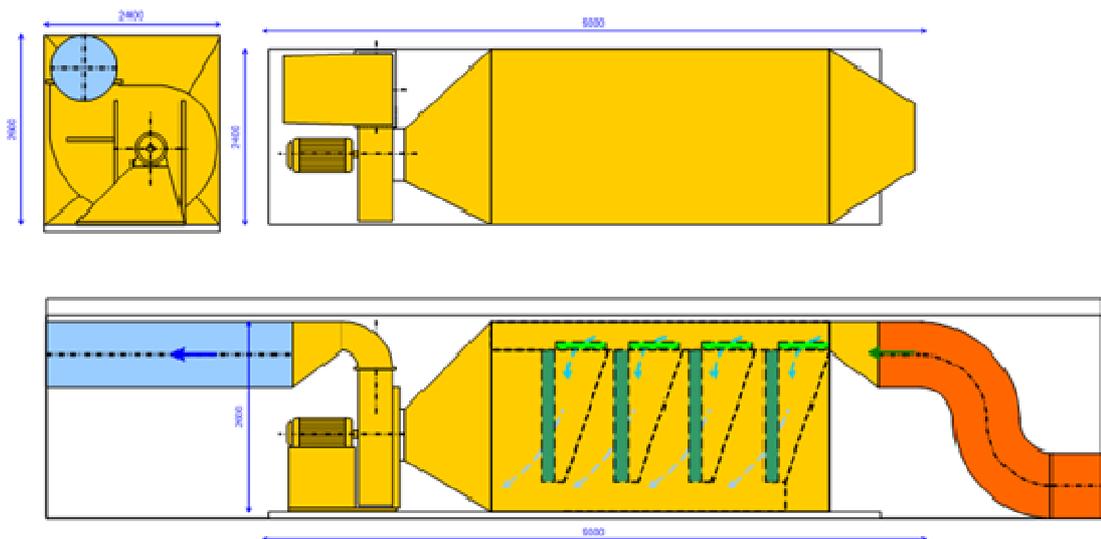


Fig. 19 Dimensions de l'installation mobile d'aspiration/filtration : l'air sera filtré avec des pré-filtres (horizontaux, en vert clair) et des filtres HEPA (verticaux, en vert foncé)

Dans le cadre de l'étude de 2006 [1], deux variantes avaient été évaluées en détail pour la réalisation du système d'aérage supplémentaire (voir Figure 20 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.

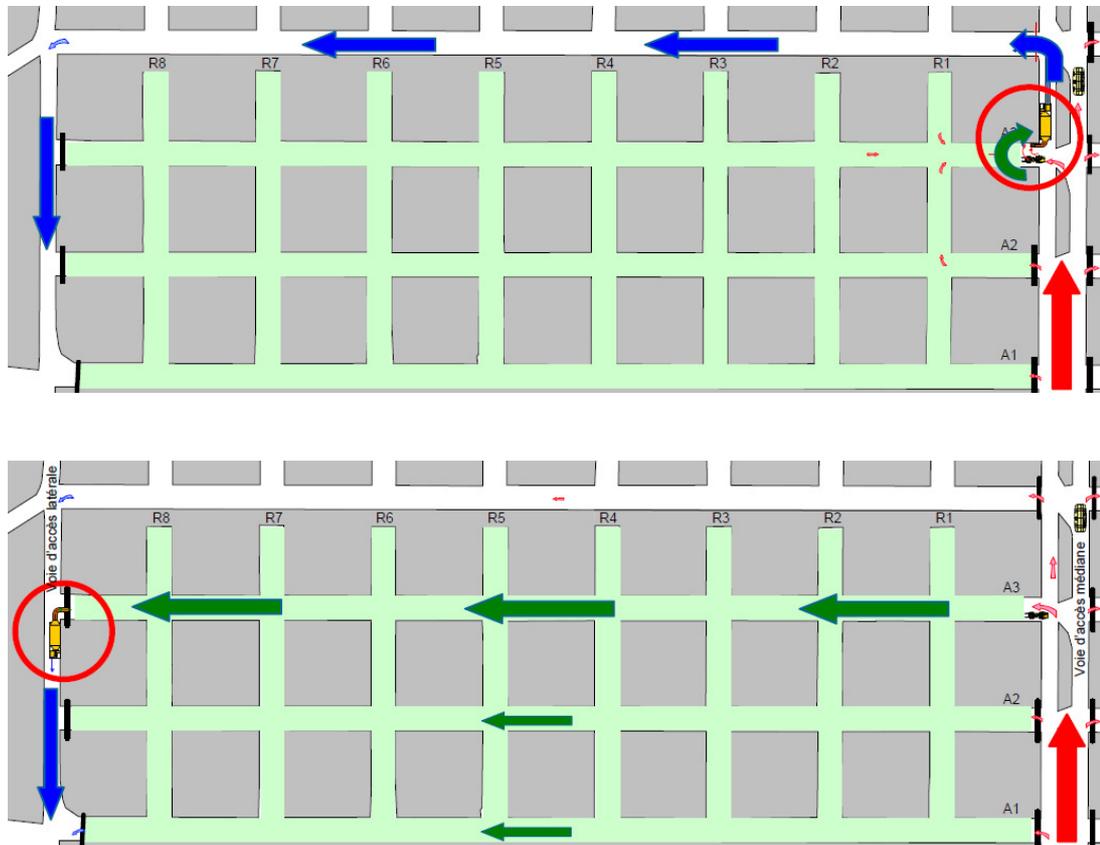


Fig. 20 Concept général des deux variantes pour l'aéragé supplémentaire (en haut : aspiration à la source ; en bas : aspiration en bout de bloc) – Flèche rouge = air frais, flèche bleue = air en retour, flèche verte = air potentiellement pollué

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

5.4.3.1 Concept de base

Le but de l'aspiration à la source est de renforcer l'aéragé 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'aéragé 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 Figure 21 :

- 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).

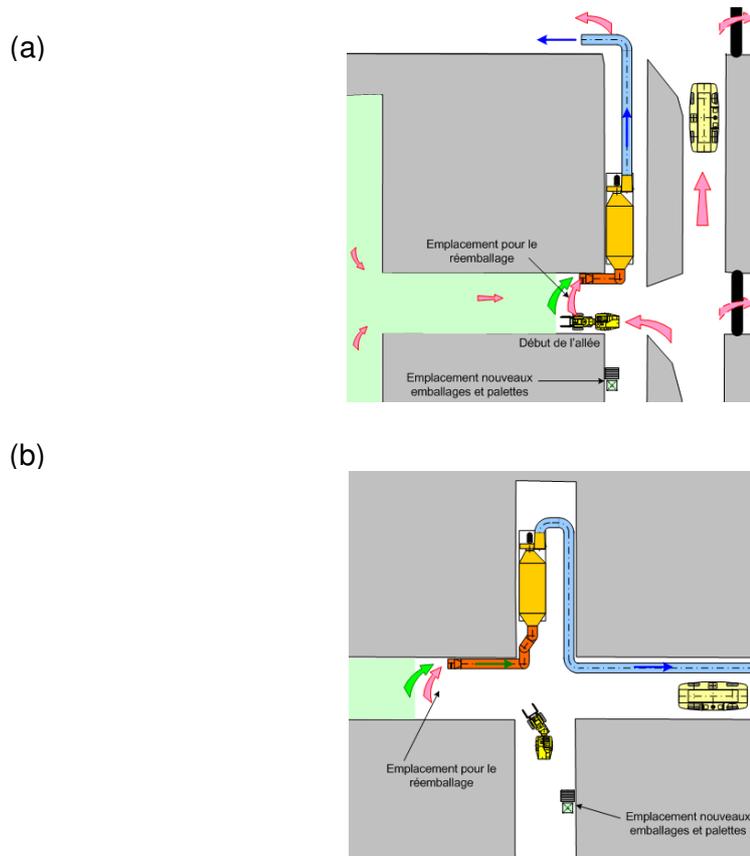


Fig. 21 Concept de l'aspiration à la source : (a) début du déstockage d'un bloc; (b) situation au milieu du déstockage. Flèche rouge = air frais ; flèche bleue = air en retour ; flèche verte : air potentiellement pollué

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

5.4.3.2 Surveillance

Une surveillance du système d'aéragé, 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.

5.4.3.3 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.

5.4.3.4 Progression du déstockage dans les blocs (Blocs 21 et 22)

Le déroulement du déstockage/restockage et plus exactement du déplacement de l'installation mobile d'aspiration/filtration au fur et à mesure que l'on avance dans les blocs (21 et 22) sont illustrés de manière conceptuelle et très simplifiée en Annexe 10. En raison des différences substantielles dans les géométries de parcours de déstockage entre le Bloc 21 et le Bloc 22, des stratégies différentes doivent être adoptées selon qu'il s'agisse de l'un ou de l'autre bloc.

La progression du déstockage nécessite un prolongement régulier de la ligne de canars rigide et le déplacement du système d'aspiration/aération, afin d'assurer une aspiration optimale car au plus près possible du front de travail. Dans des conditions idéales, la prolongation de la ligne de canars rigides au-delà de 25 m doit être

évitée dans la mesure du possible, en raison de la difficulté de cette opération (dimensions et poids des modules de prolongement), de la réduction de l'espace libre à disposition des engins, puis d'une perte de puissance non négligeable. Notons que cette ligne, en raison de ses caractéristiques (rigidité, dimensions, poids) doit être posée au sol et au mieux (au moins en partie) dans un sillon creusé dans le bas des parois spécialement à cet effet, afin de ne pas gêner les opérations et de réduire au maximum le risque d'endommagement du système.

Or, selon la logistique de déstockage du Bloc 21 selon la Variante 1b (voir Chapitre 4), le déplacement de l'installation d'aspiration/filtration à l'intérieur du bloc est limité par le fait que les galeries libérées sont immédiatement utilisées pour le restockage des colis ne devant pas être remontés (voir Annexe 10a). Nonobstant, la largeur d'une allée étant d'environ 5.2 m et celle de l'installation de 2.4 m, si celle-ci est placée au niveau d'un carrefour (et donc en partie effacée latéralement) et que l'endroit n'a pas subi le fluage de manière substantielle, l'espace disponible devrait être suffisant pour permettre le passage d'un engin de manutention. Des mesures alternatives (par ex. l'entreposage temporaire d'un certain nombre de colis dans la voie centrale de sorte à laisser la place suffisante à l'installation du système d'aspiration/filtration dans une zone centrale du bloc, ou encore le rabassenage ponctuel du parement de l'allée A1 permettant de creuser une place de « rangement » pour le système, voir illustration en Annexe 10a - 05) pourront être envisagées dans le cadre du projet détaillé de déstockage le cas échéant.

En revanche, dans le cas du Bloc 22, la situation est différente, dans le sens où la configuration des colis à déplacer est telle que des parties d'allées ou de recoupes sont toujours disponibles au fur et à mesure du déstockage/restockage pour l'installation du système d'aspiration/filtration au sein-même du bloc (voir illustration en Annexe 10b).

Vu les dimensions du système, son déplacement à l'intérieur des blocs le cas échéant nécessite l'utilisation d'un engin. En outre, une prolongation du ventube flexible est nécessaire lorsque le système se situe à l'intérieur du bloc. Par soucis de gain de place, le ventube flexible est idéalement fixé directement sous le toit de la galerie. Ainsi, le risque d'endommagement par les engins est minimisé.

5.5 Capacités et vitesse d'avancement

L'objectif ultime du présent chapitre est d'estimer la cadence d'avancement en cas d'exercice d'une réversibilité partielle selon Variante 1b (voir Chapitre 4), afin de finalement proposer une estimation de calendrier d'exécution et des coûts engendrés (voir plus loin). 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 performance d'avancement a été estimée pour le présent scénario et les capacités humaines et matérielles (engins) nécessaires en ont été déduites. Cette estimation se base sur celle effectuée dans le cadre de l'étude de 2006 [1] et a été adaptée au scénario actuel.

Notons que les deux Blocs 21 et 22 seront déstockés successivement (et non en parallèle), en commençant par le Bloc 21.

5.5.1 Activités limitantes

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 rapport [4] en Annexe 13)
- Tri des colis selon la nature 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.

5.5.2 Cadence, personnel et engins

5.5.2.1 Cadence des travaux

Les données à disposition sur la réversibilité partielle au niveau du Bloc 11 de 2001 indiquent une vitesse de déstockage d'environ 40 colis par jour en travaillant sur deux postes et un chantier (1 poste correspondant à environ 8 heures de travail). Les activités de réemballage, d'entretien du système d'aérage supplémentaire et d'installation des équipements de sécurité si nécessaire (sas par ex.) réduiront cette capacité de déstockage à approximativement 30 colis par jour (15 par poste). Les travaux miniers et autres activités pourront encore réduire cette cadence. Ceci n'est alors qu'une large estimation.

Le déstockage des Blocs 21 et 22 se fera de manière successive. Lors de l'étude de 2006 [1], le travail sur deux blocs en parallèle avait été pris comme hypothèse générale, en raison du fait que la réversibilité était totale et impliquait l'ensemble des blocs de stockage. La présente situation est sur ce plan fondamentalement différente du fait que la réversibilité ne concerne que deux blocs. L'exercice de la réversibilité se fera sur un seul chantier de déstockage mais néanmoins sur deux postes (soit environ 16 heures de travail par jour).

Il est judicieux d'alterner les travaux de déstockage et d'entretien minier par tranches de deux heures environ. Sur les 30 colis déstockés par jour, environ la moitié est destinée à être remontée et l'autre moitié à être restockée (voir Chapitre

4). La Figure 22 représente schématiquement et de manière très simplifiée le déroulement des travaux sur une journée entière.



Fig. 22 Cadence journalière de déstockage

Si l'on raisonne en suivant l'hypothèse d'une performance de déstockage d'une rangée en 2 heures (voir document établi par StocaMine en Annexe 11), il s'en suit comme précédemment un déstockage de 8 colis en deux heures, soit 32 colis par jour si l'on travaille sur un seul chantier et deux postes. Cette configuration se base également sur des travaux de déstockage et d'entretien minier en alternance dans la zone de travail.

5.5.2.2 Effectifs nécessaires

D'après l'analyse de Swissi sur la sécurité et la protection de la santé au travail [4] (Annexe 13), le temps de travail par personne ne doit pas dépasser 75% du temps passé au fond de la mine en conditions dites « normales » (travail « léger » ou « modéré »). En cas de travail « lourd » ou « très lourd », le temps de travail est réduit à 50%. Dans les deux cas de figure, le temps de travail est entrecoupé de pauses en position assise. Les définitions de travail « léger » à « très lourd » sont données dans le tableau de la page 12 du rapport [4].

On admet que les activités de déstockage/reconditionnement, de restockage et d'entretien minier correspondent à des conditions de travail « lourdes » (soit un temps de travail conseillé d'environ 50%) et les activités de transport, de recette et d'entretien d'engins à des conditions « normales » (soit un temps de travail conseillé d'environ 75%). Concernant les activités en conditions « lourdes », le plan de travail journalier présenté en Figure 22 respectera ces précautions (activités de déstockage et d'entretien minier par tranches de 2 heures entrecoupées par 2 heures de pause).

Le Tableau 4 regroupe les effectifs en personnel et en matériel (engins) estimés et nécessaires pour une cadence d'avancement comme décrite ci-avant.

Tab. 4 Effectifs en personnel et en engins estimés pour une cadence d'avancement de 30 colis par jour (pour 1 bloc, 2 postes au fond et 1 seul poste au jour, travaux de déstockage/entretien en alternance, taux d'activité toléré de 50% ou 75% au fond)

Activité	Besoins en personnes et par jour	Besoins en engins et par jour
<i>Au fond (2 postes par jour)</i>		
Déstockage et réemballage ($\approx 50\%$)	8	1 chargeur
Restockage ($\approx 50\%$)	4	1 chargeur
Entretien minier ($\approx 50\%$)	4	1 rabasseneuse 1 boulonneuse
Transport ($\approx 75\%$)	2	1 camion de transport
Entretien engins ($\approx 75\%$)	2	
Recette ($\approx 75\%$)	4	1 chariot élévateur
Sous-total au fond	24	6
<i>Au jour (1 poste par jour)</i>		
Recette	2	1 chariot élévateur
Manutention	1	(1 engin de transport)
Chargement	1	
Laboratoire	1	
Accueil	1	
Sous-total au jour	6	2
Total	30 personnes	8 engins

En bref, afin de maintenir une cadence de déstockage de 30 colis par jour (travail sur un seul bloc à la fois et sur 2 postes), un effectif de 30 personnes (24 au fond et 6 au jour) et de 8 engins (6 au fond et 2 au jour) seraient nécessaires. Les effectifs par activité sont modulables et seront adaptés sur place selon les conditions et les besoins.

StocaMine a estimé de son côté un effectif de 18 personnes au fond pour une cadence de déstockage de 32 colis par jour (voir Annexe 11). Or, cette estimation ne tient pas assez compte de la réduction du temps de travail au fond de la mine liée à la sécurité et à la santé des travailleurs et des activités de restockage :

- Bien que les activités de transport, d'entretien mécanique et de recette s'effectueront dans une atmosphère a priori non polluée, elles se dérouleront au fond de la mine et les travailleurs seront donc exposés à un certain stress thermique. D'après le tableau de la page 12 du rapport de Swissi [4] (Annexe 13), si l'on admet une situation acclimatée avec un indice de température WBGT de 31 °C, un travail « léger » impose des temps d'activité de 50 à 100%. Par ailleurs, le même rapport stipule que « en l'absence de mesures WBGT précises, le temps de travail est de 75% dans des situations normales ».
- Concernant les activités de restockage, au vu des contraintes imposées par les conditions-cadre au sujet des colis à remonter et de la logistique proposée dans le cadre de la présente étude, ces travaux constitueront une tâche à part entière et nécessiteront une équipe à cet effet. La situation serait évidemment

différente si la réversibilité concernait tous les déchets, indépendamment de leur nature.

En tout état de cause, l'effectif au fond dépendra également de la polyvalence du personnel pour les travaux de déstockage et d'entretien minier.

5.5.2.3 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.

5.6 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 Figure 23. 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 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.

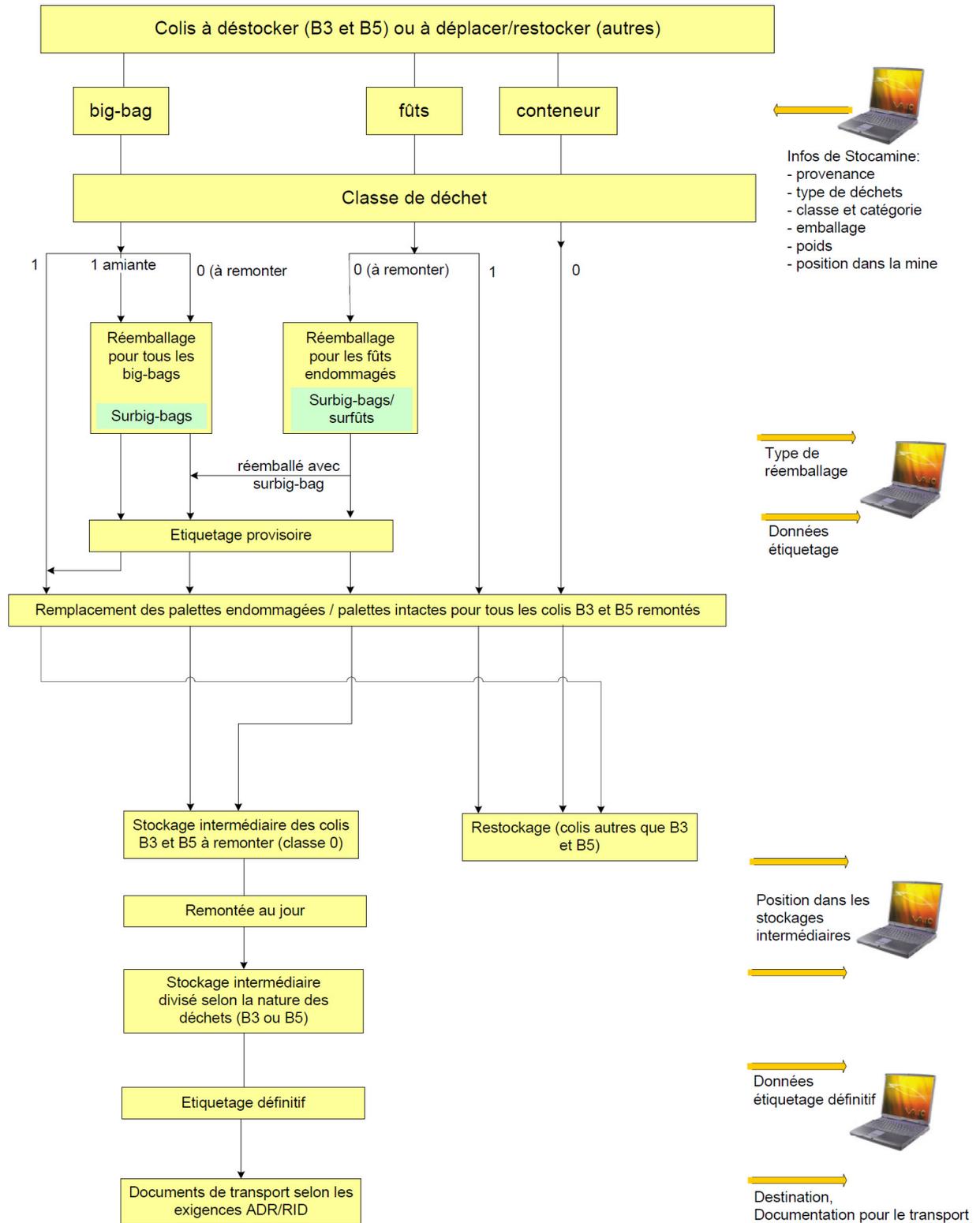


Fig. 23 Traçabilité des colis lors du déstockage. Les flux d'information sont indiqués par les flèches orangées

5.7 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 et conclusions de l'étude sont consignés dans le rapport [4] fourni en Annexe 13. 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 et de la rapporter à la situation relative à la variante de réversibilité partielle 1b dont il est question ici. 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.

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

5.7.1.1 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.

5.7.1.2 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.

5.7.2 Déstockage/restockage de déchets amiantés

5.7.2.1 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 13 sur la définition des niveaux de risque en cas de manipulation de déchets amiantés).

5.7.2.2 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.

5.7.3 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.

5.8 Valorisation ou élimination des déchets déstockés et remontés

En ce qui concerne les colis remontés (déchets de natures B3 et B5), tous de classe 0, deux possibilités pourraient fondamentalement exister quant à leur devenir : le stockage souterrain dans des mines allemandes ou le traitement (valorisation).

5.8.1 Stockage souterrain en Allemagne

En ce qui concerne un stockage dans les mines profondes d'Allemagne, deux possibilités se présentent :

- Décharge souterraine d'Herfa-Neurode (exploitant : K + S Entsorgung GmbH)
- Décharge souterraine d'Heilbronn (exploitant : Südwestdeutsche Salzwerke AG)

5.8.2 Traitement

Les déchets concernés (riches en mercure) pourraient être traités par exemple par pyrolyse ou par distillation du mercure sous pression réduite.

5.8.2.1 Pyrolyse

La pyrolyse est un traitement thermique. La société allemande BRZ Herne (SITE remediation GmbH) effectue ce genre de traitement mais présente (entre autres) les restrictions de concentration suivantes :

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

Or, les déchets B3 (arséniés) et B5 (mercuriels) concernés par la réversibilité selon la Variante 1b (variante de choix) présentent, en moyenne, des concentrations en mercure respectives de 8'000 et 3'000 mg/kg environ (voir Annexe 7b). 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 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.

5.8.2.2 Distillation du mercure sous pression réduite

Ce procédé, mis en œuvre entre autres par la société allemande TechnoSan Umwelt GmbH, exploite la propriété physique du mercure d'être liquide à température ambiante et de pouvoir être évaporé sous vide sous la forme de Hg(0), ce qui permettrait une séparation « propre » du métal des déchets (voir Figure 24 ci-dessous). L'Annexe 12 (brochure TechnoSan en allemand) donne une vue d'ensemble sur cette technologie.

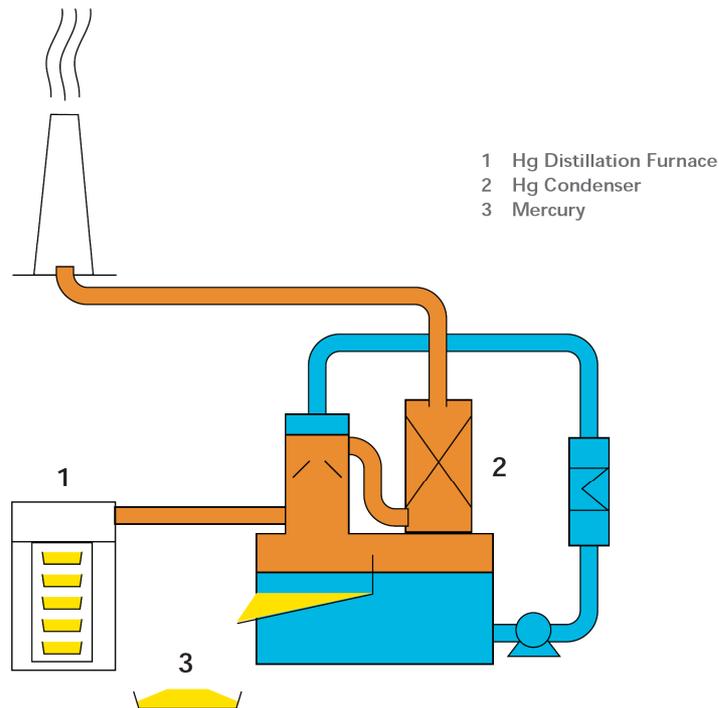


Fig. 24 Schéma simplifié du traitement de déchets riches en mercure par distillation sous pression réduite et récupération du mercure

Or, comme dans le cas du traitement par pyrolyse présenté ci-avant, la distillation du mercure sous vide par la société TechnoSan présente certaines restrictions, à savoir :

- $[Hg] < 5'000 \text{ mg/kg}$
- Diverses restrictions concernant la composition et la texture des matériaux. A titre d'exemple, le degré de finesse d'un matériau représente un critère d'acceptation.

Par conséquent, au vu de la concentration en mercure, les déchets de nature B5 (concentration en mercure moyenne autour de 3'000 mg/kg) pourraient en majorité être traités via distillation du mercure. Cependant, cela nécessiterait de trier les déchets afin d'écartier ceux dont la concentration en mercure est trop élevée et aussi ceux dont les caractéristiques physiques ne correspondent pas aux critères d'acceptation. Par ailleurs, les déchets de nature B5 contiennent de manière générale d'autres métaux comme du cadmium (Cd), du plomb (Pb), du strontium (Sr), du vanadium (V), du tungstène (W), du zinc (Zn) ou encore du Zirconium (Zr). Par conséquent, dans la plupart des cas, le fait d'éliminer le mercure de ces déchets (en supposant que tout le mercure présent puisse être extrait, ce qui n'est pas trivial) 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.

5.8.2.3 Coûts

Les coûts unitaires engendrés par les deux méthodes de traitement décrites ci-avant sont les suivants :

5.10 Calendrier de réalisation d'une réversibilité partielle

Le calendrier de réalisation d'une réversibilité partielle selon la variante de choix présentée par le présent rapport se base sur les éléments suivants :

- Cadence moyenne de remontée de 15 colis par jour (voir Chapitre 5.5.2), sur la base d'un déstockage sur un seul chantier à la fois et 2 postes par jour
- Considération de 220 jours de travail effectif par an (week-ends non travaillés et chantier interrompu par des imprévus).

Ainsi, la durée nécessaire au déstockage des deux Blocs 21 et 22 sera d'environ 300 jours au total, soit un peu moins d'une année et demi (arrondi à 1.5 ans). Si l'on ajoute à cela un laps de temps d'une année pour l'élaboration d'un projet de réalisation détaillé et la mise en œuvre de travaux préparatoires comme les appels d'offres, les demandes d'autorisation, les réglages techniques (aéragage, engins, infrastructure), il s'en suit une durée totale de 2.5 ans pour la réversibilité selon Variante 1b. Notons que cette estimation ne concerne que la réversibilité en soi c'est-à-dire le déstockage, le temps nécessaire à d'éventuels remblayages de puits et à la fermeture de StocaMine n'est pas pris en compte.

La Figure 25 représente schématiquement le calendrier de réalisation estimé.

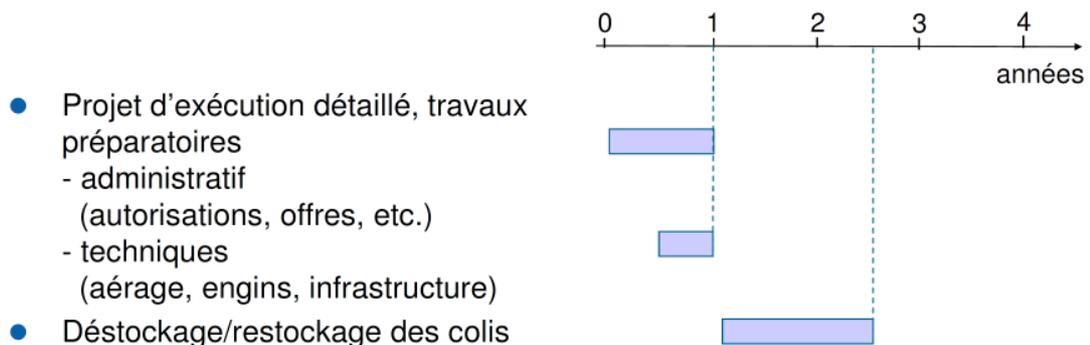


Fig. 25 Calendrier de réalisation estimé

6 Conclusion générale

La présente étude, axée sur l'évaluation d'une réversibilité partielle du déstockage du site de StocaMine (élimination d'une partie des déchets contenant du mercure de natures B3 et B5 en déplaçant un minimum de déchets amiantés), a permis d'identifier une variante de choix répondant à ces conditions-cadre présentant le meilleur rapport effet/efforts et montrant également d'autres avantages d'ordres technique et logistique. Cette variante, permettant le retrait de 28.8 t de mercure du site (soit 56.5% de la masse totale présente au fond), ne concerne que deux blocs sur les huit utilisés pour les activités de stockage : les Blocs 21 et 22, situés côte-à-côte. Le Bloc 15 a été écarté de l'étude.

La variante de choix a été examinée en détail sur les plans logistiques, techniques et sanitaires (aspects liés à la sécurité détaillés séparément dans le rapport de Swissi SA [6]). L'étude a montré la faisabilité technique et logistique de la mise en œuvre de la réversibilité selon cette variante, tout en étant capable de restocker les colis obstruant l'accès aux colis destinés à être remontés au jour au sein-même des Blocs 21 et 22. Les déchets remontés ne seront pas traités mais transportés en Allemagne pour y être restockés dans des sites souterrains analogues.

Néanmoins, un certain nombre d'adaptations majeures d'ordres minier (remise en état et sécurisation des galeries considérablement déformées sous les effets du fluage) et technique (comme par ex. l'implémentation d'une installation d'aérage/filtration) seront indispensables. Par ailleurs, les mesures à prendre quant à la sécurité au travail et la protection de la santé sont considérées comme très lourdes lors de la manutention des quelques colis de déchets amiantés [4].

Selon la logistique proposée, les activités de déstockage/restockage devraient durer **environ une année et demi**, sans compter le temps nécessaire aux opérations en amont (préparation des travaux) et en aval (remblayage des puits et fermeture du site de StocaMine).

Le chef de projet



Dr Ludovic Vieille-Petit

BMG Engineering SA



Dr Christoph Munz

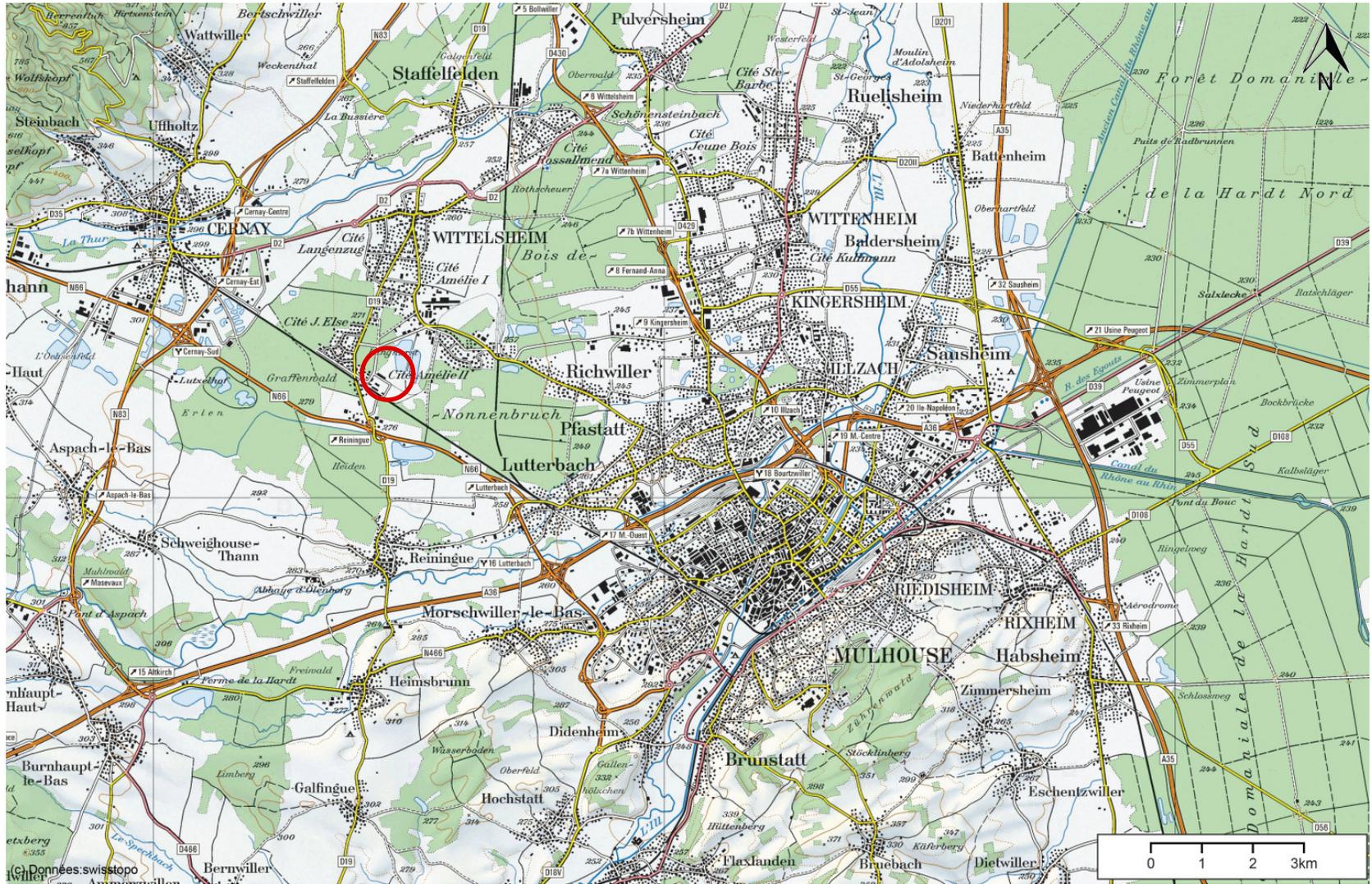
Schlieren, le 25 janvier 2013

Projet : StocaMine IV – variantes de réversibilité partielle, 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 d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure



Situation du site de stockage souterrain

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

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



Date: 08.05.2012

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**

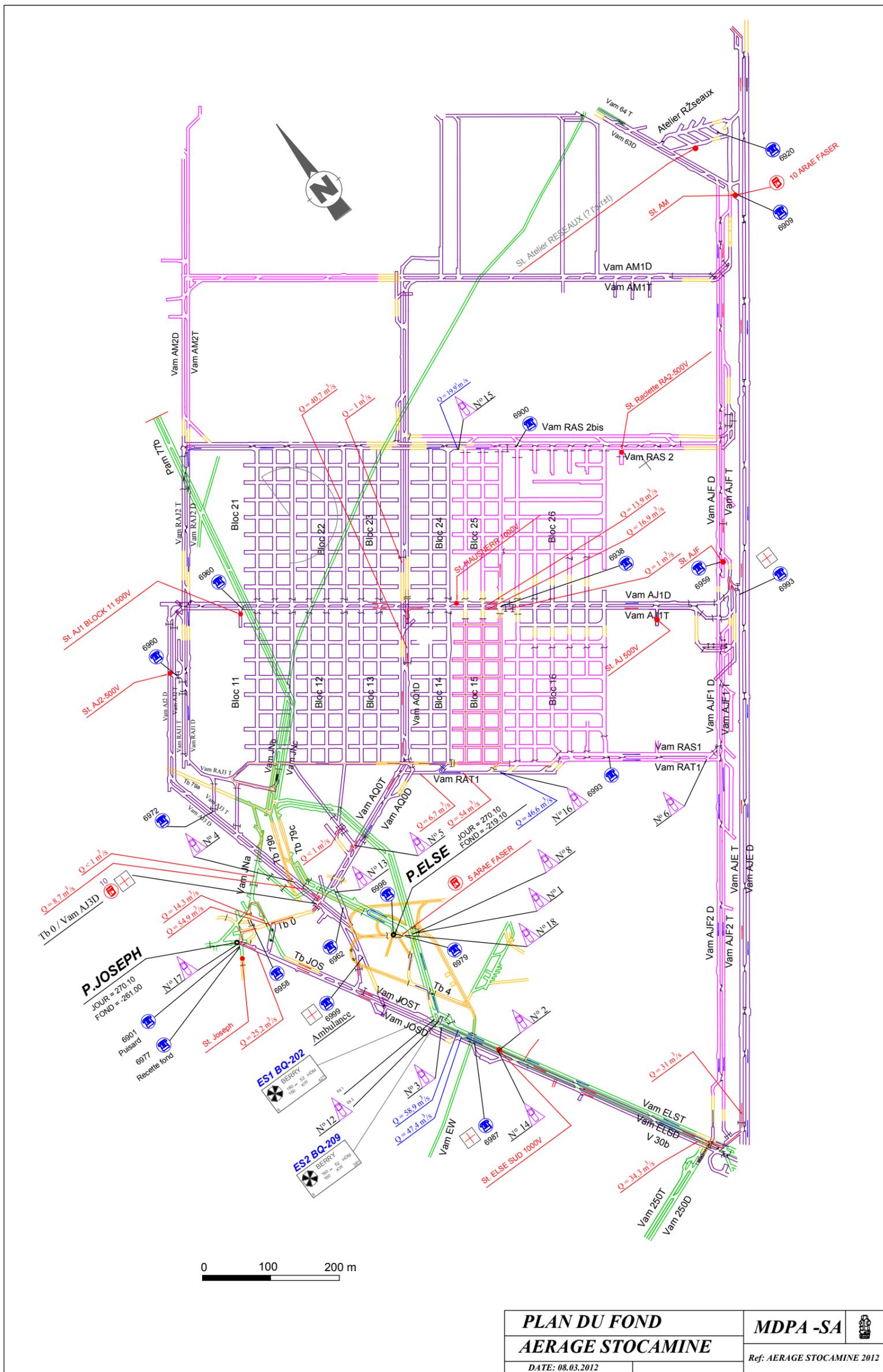
- [1] Le stockage en mine de déchets industriels, Stocamine, février 1996.
- [2] Etude de sûreté d'un projet de stockage de déchets toxiques dans la Mine Amélie. Aspects mécaniques du problème, Ecole des Mines de Paris, document non daté (antérieur à février 1997).
- [3] Estimation des mouvements sismiques 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'Élimination des Déchets (ANRED), juillet 1990.
- [6] Stockage profond de déchets industriels : étude des dangers, Projet Etudes Conseils Services, Industrie Environnement (PECSIE), 27 mars 1991.
- [7] Mines de Potasse d'Alsace : tenue au séisme du cuvelage du puits Joseph, Electricité de France, 11 mars 1991.
- [8] Etude de sécurité chimique, 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, StocaMime
- [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.

Annexe 3

Plan au fond : aérage StocaMine



Annexe 3

Situation de l'aérage

StacaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- 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: 22.03.2012

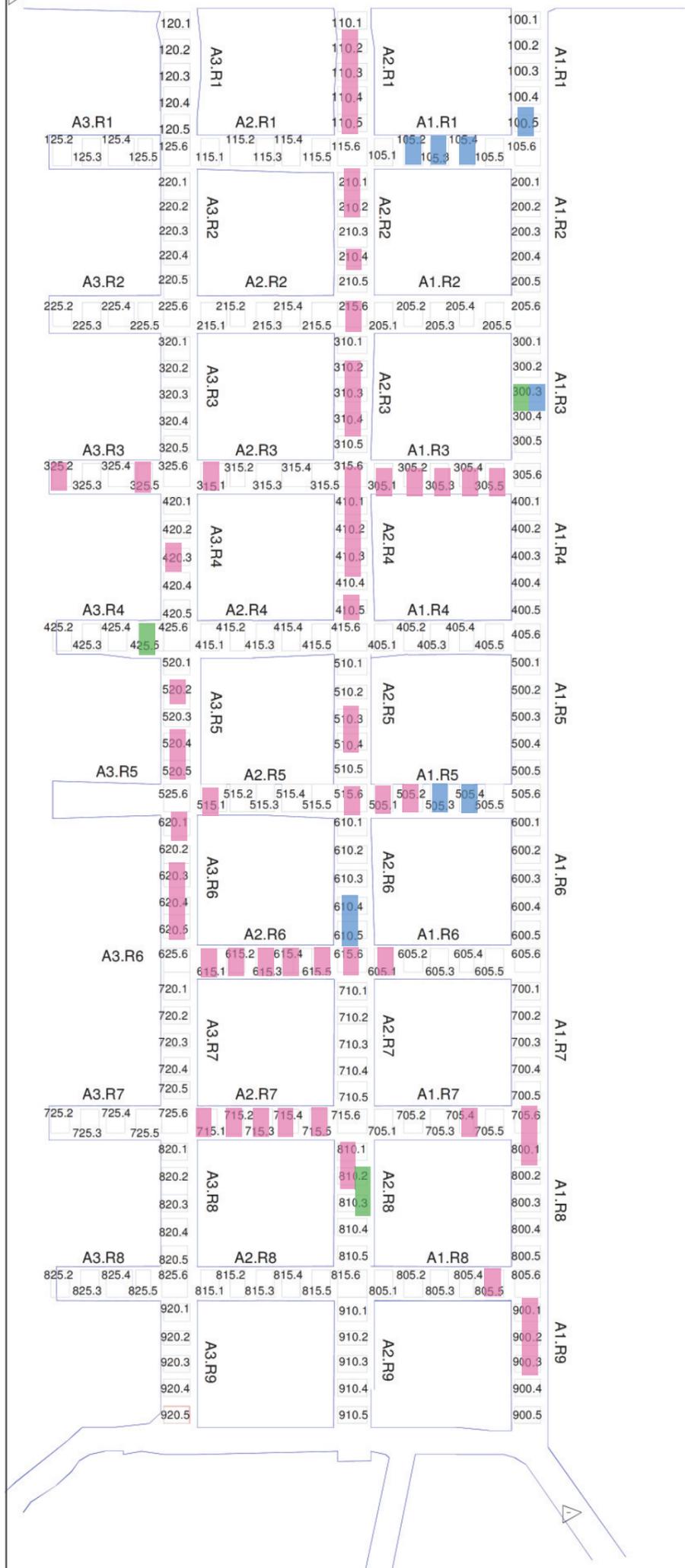
Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

BLOC 11

↑ Vers Bloc 21 ↑

Allée centrale



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

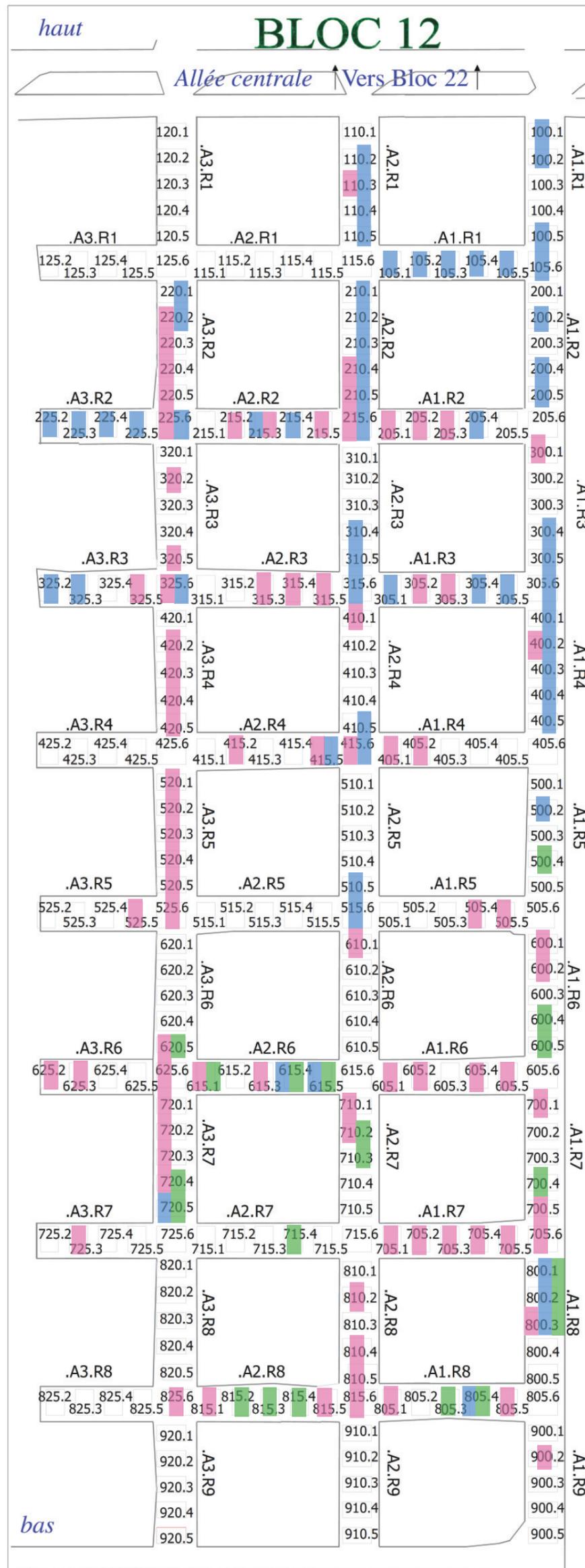
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

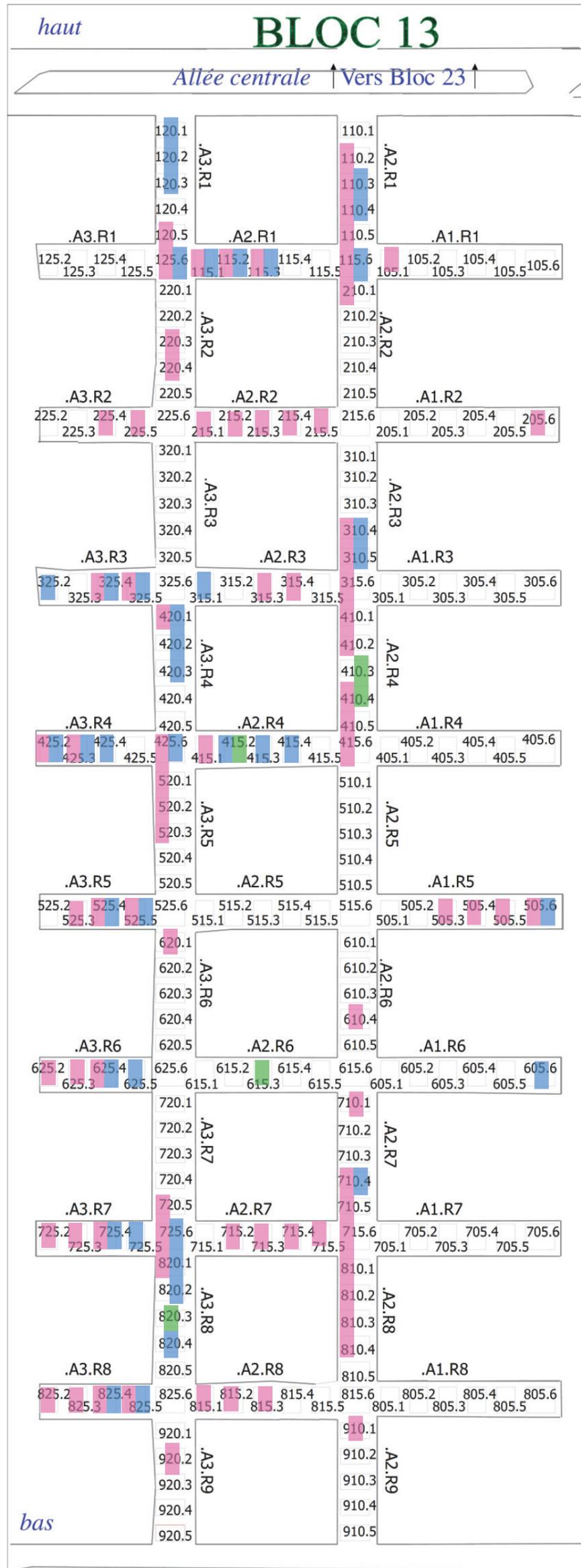
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- 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

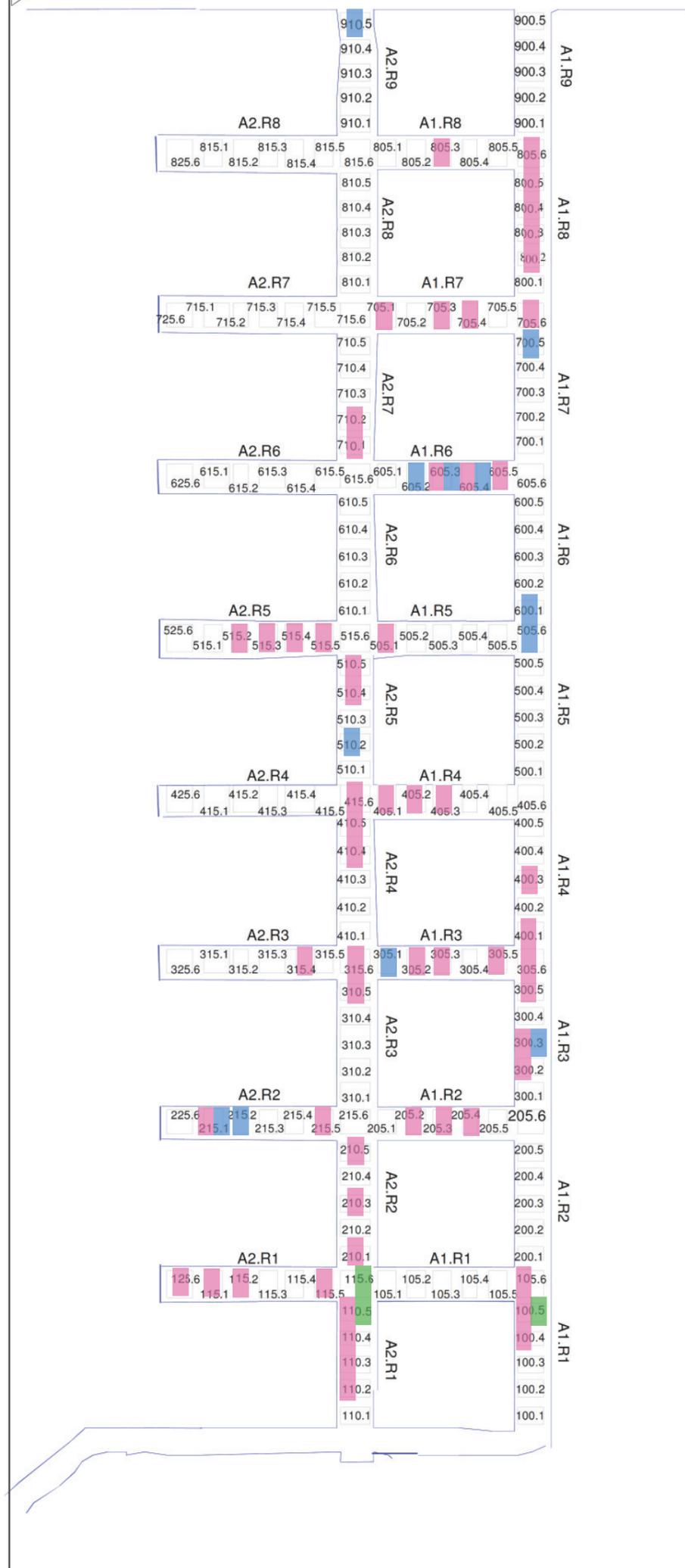


Date: 24.02.2012

BLOC 14

↑ Vers Bloc 24 ↑

Allée centrale



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure



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)

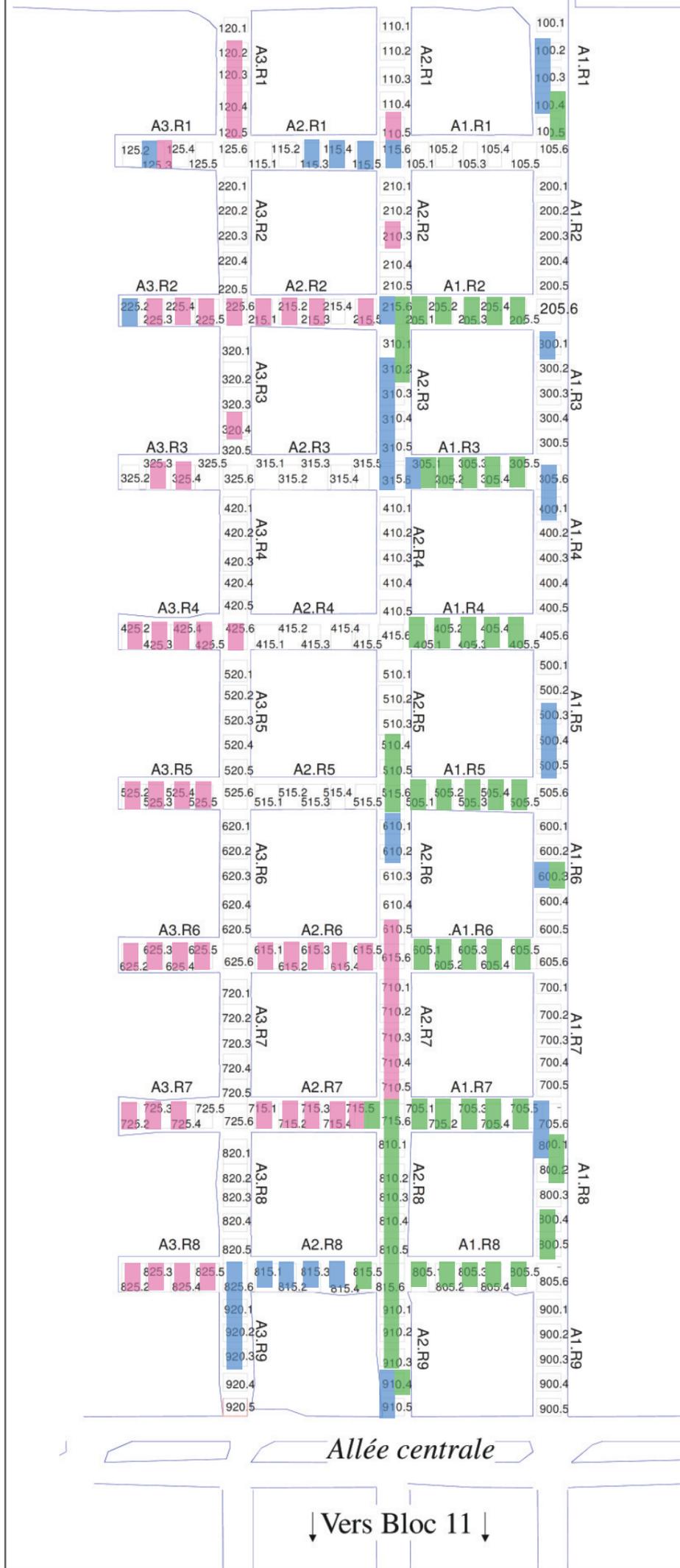
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 21



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

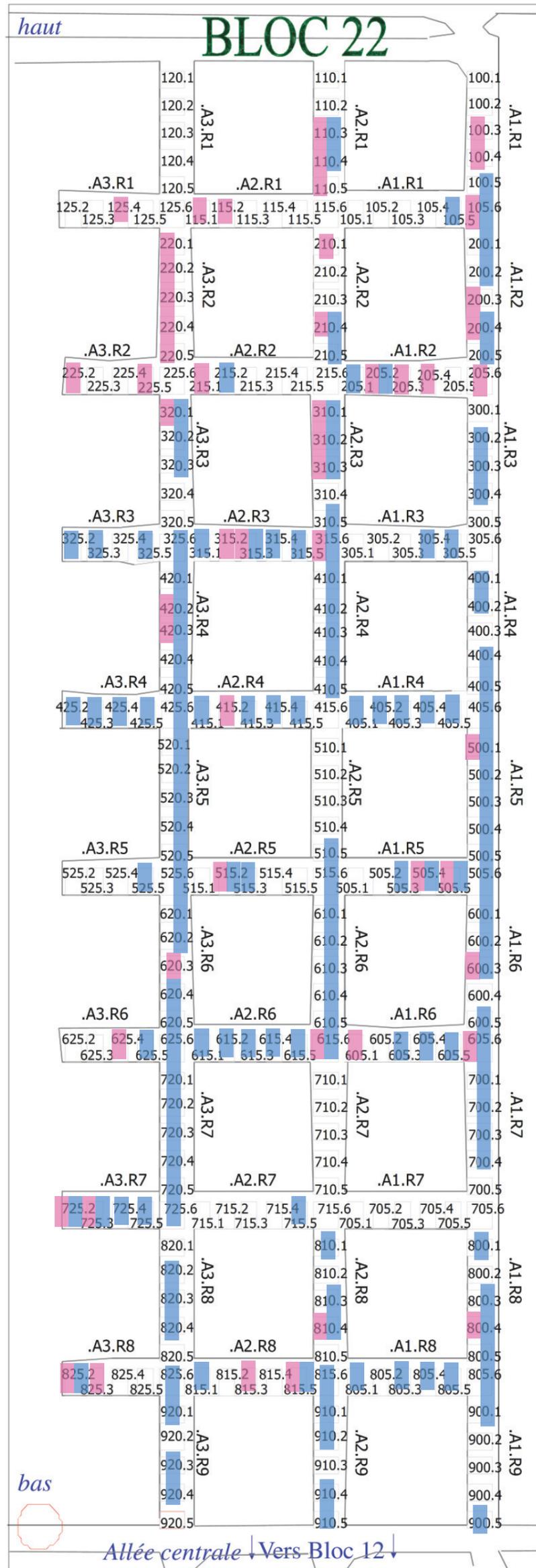
	Déchets de nature B3 (arséniés)
	Déchets de nature B5 (mercuriels)
	Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
	Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- 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

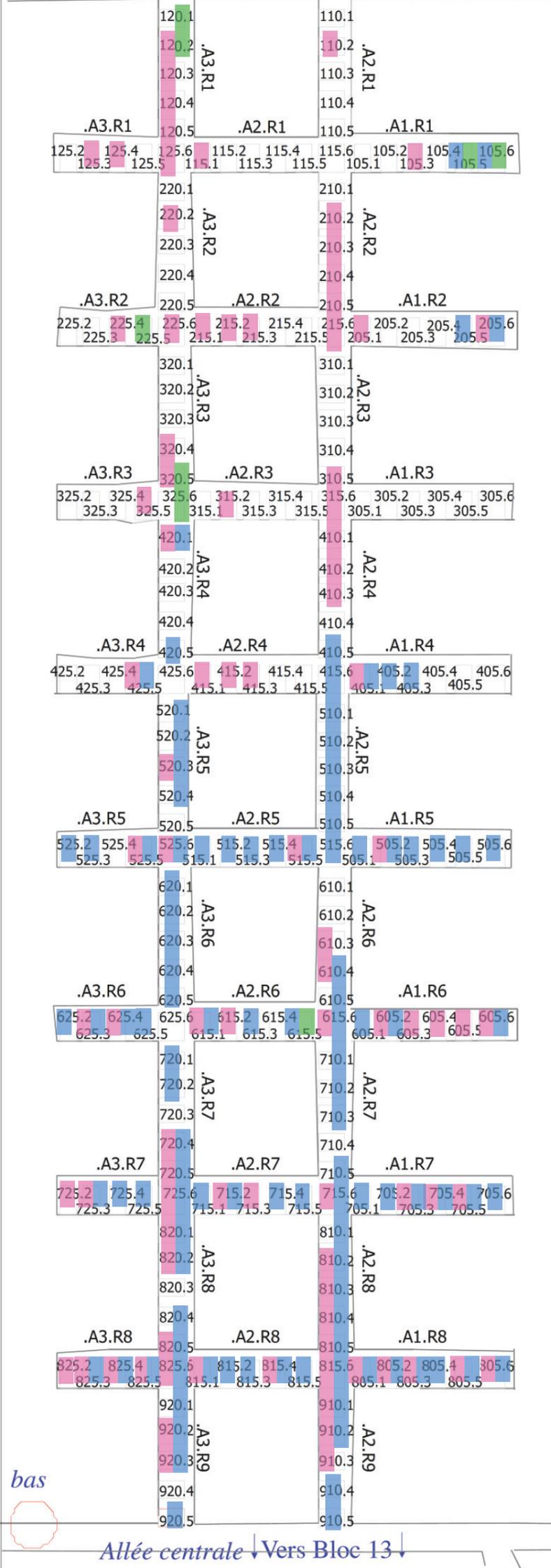
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 24.02.2012

haut

BLOC 23



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure



Déchets de nature B3 (arseniés)

Déchets de nature B5 (mercuriels)

Déchets de nature E13 (déchets amiantés)

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

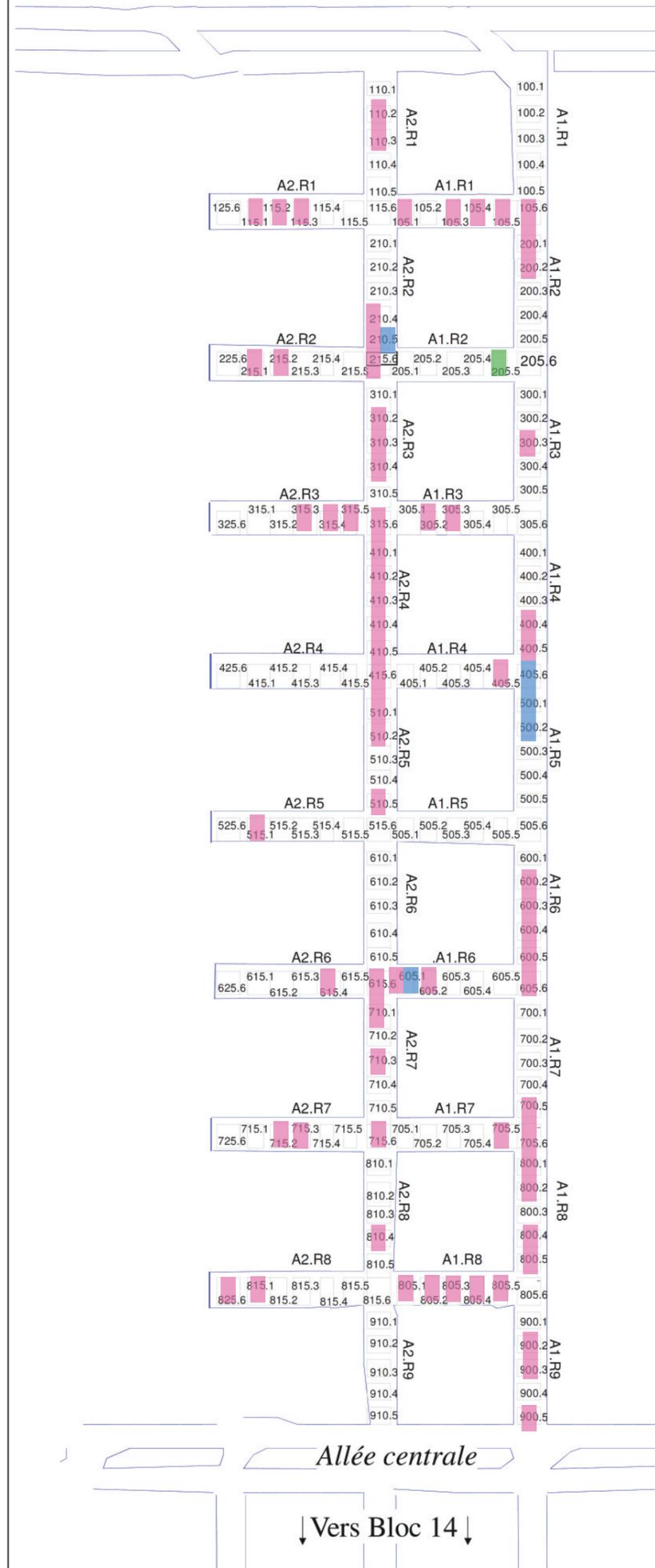
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 24



Annexe 4

Plans de localisation des déchets B3, B5 et E13

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure



- 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: 24.02.2012

Annexe 5

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

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	54.971	0.250
Bloc 12	953	1'003.987	0.446
Bloc 13	501	473.301	0.366
Bloc 14	110	63.518	0.218
Bloc 15	8	3.253	0.012
Bloc 21	642	385.637	1.178
Bloc 22	3'086	3'315.148	28.564
Bloc 23	1'652	1'655.571	2.955
Bloc 24	42	19.881	0.083
Totaux	7'100	6'975.267	34.073

	Déchets mercuriels (B5)		
	Nombre de colis	Masse de déchets (t)	Masse de mercure (t)
Bloc 11	14	15.996	0.003
Bloc 12	200	217.542	4.713
Bloc 13	48	40.128	0.324
Bloc 14	23	28.050	0.221
Bloc 15	-	-	-
Bloc 21	1'378	1'883.732	5.694
Bloc 22	-	-	-
Bloc 23	70	71.035	4.083
Bloc 24	20	16.001	0.017
Totaux	1'753	2'272.484	15.056

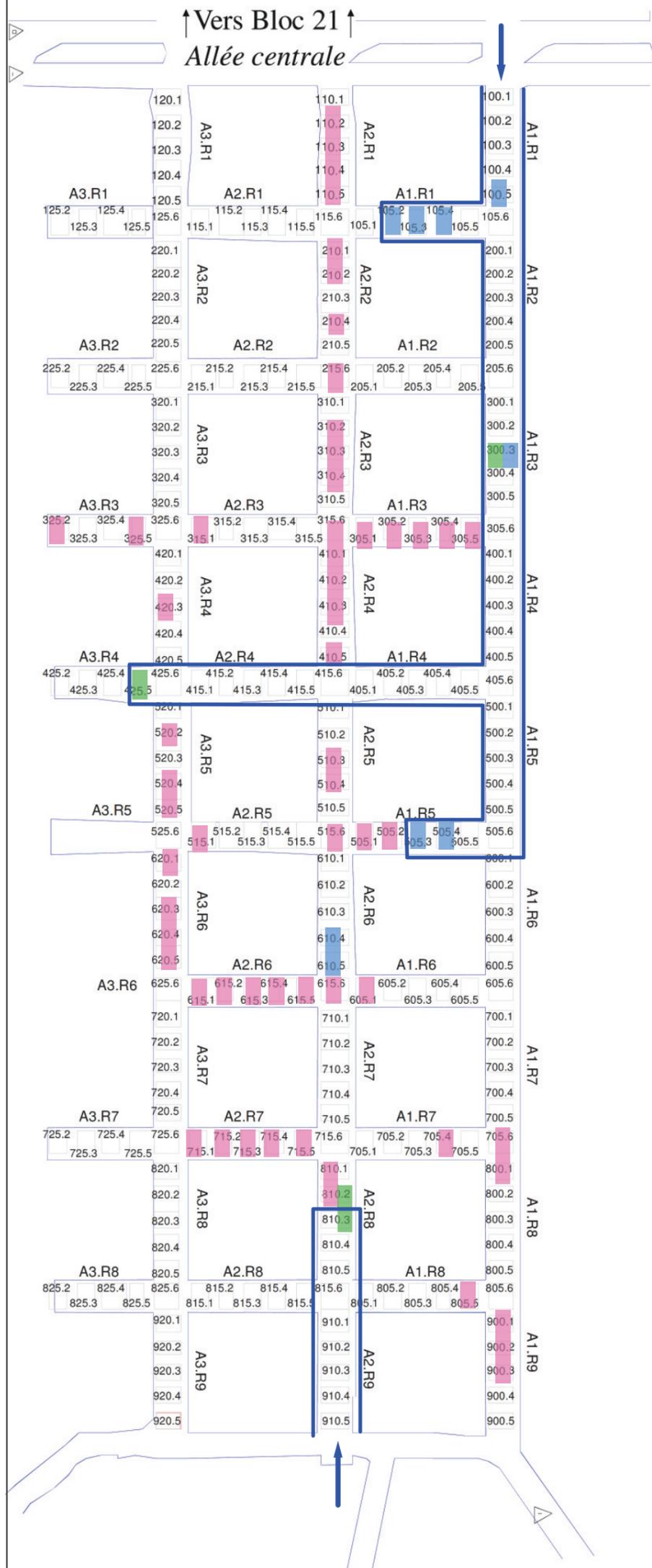
	Déchets contenant du mercure (B3 + B5)			Masse de mercure totale (B3 + B5 + autres) (t)
	Nombre de colis	Masse (t)	Masse de mercure (t)	
Bloc 11	120	70.967	0.253	1.552
Bloc 12	1'153	1'221.529	5.159	5.202
Bloc 13	549	513.429	0.690	0.817
Bloc 14	133	91.568	0.440	0.560
Bloc 15	8	3.253	0.012	0.012
Bloc 21	2'020	2'269.369	6.871	6.938
Bloc 22	3'086	3'315.148	28.564	28.647
Bloc 23	1'722	1'726.606	7.038	7.247
Bloc 24	62	35.882	0.100	0.126
Totaux	8'853	9'247.751	49.128	51.101

Annexe 6

Définition des variantes de réversibilité 1a-c : représentations schématiques

- 6a Selon Variante 1a
- 6b Selon Variante 1b
- 6c Selon Variante 1c

BLOC 11



Annexe 6a

Représentation schématique de la Variante 1a

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

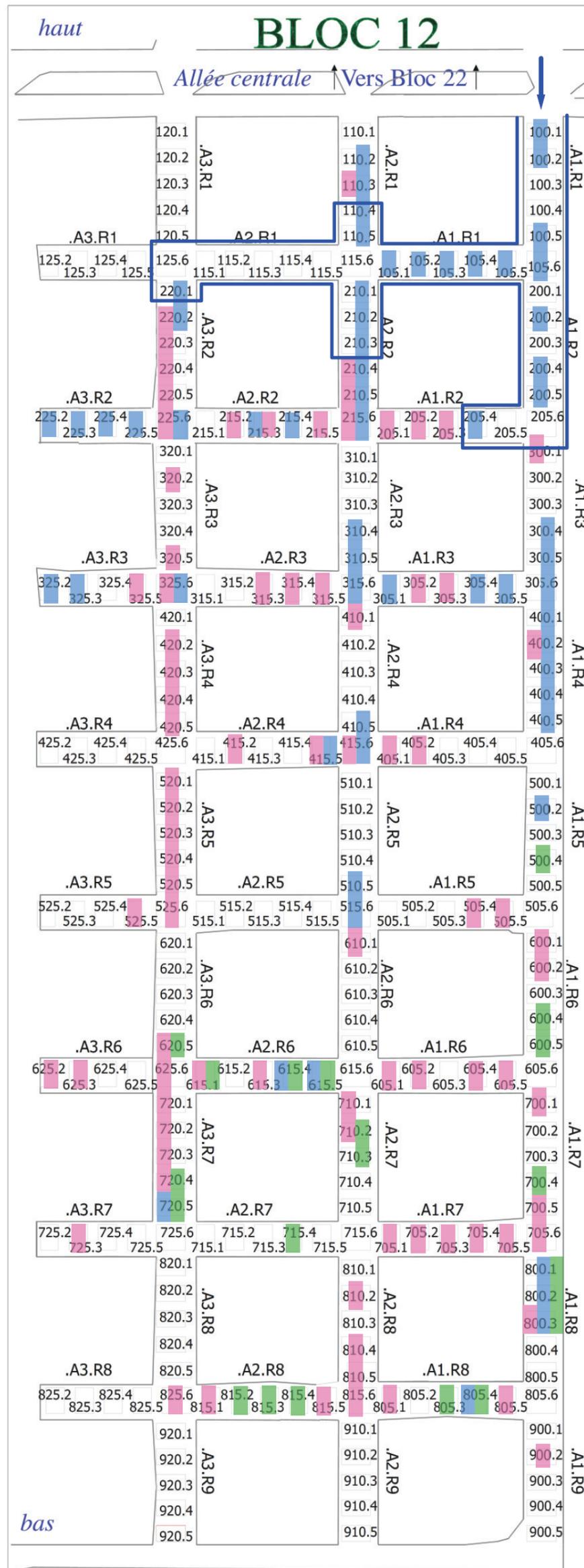
- Déchets de nature B3 (arseniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Annexe 6a

Représentation schématique de la Variante 1a

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

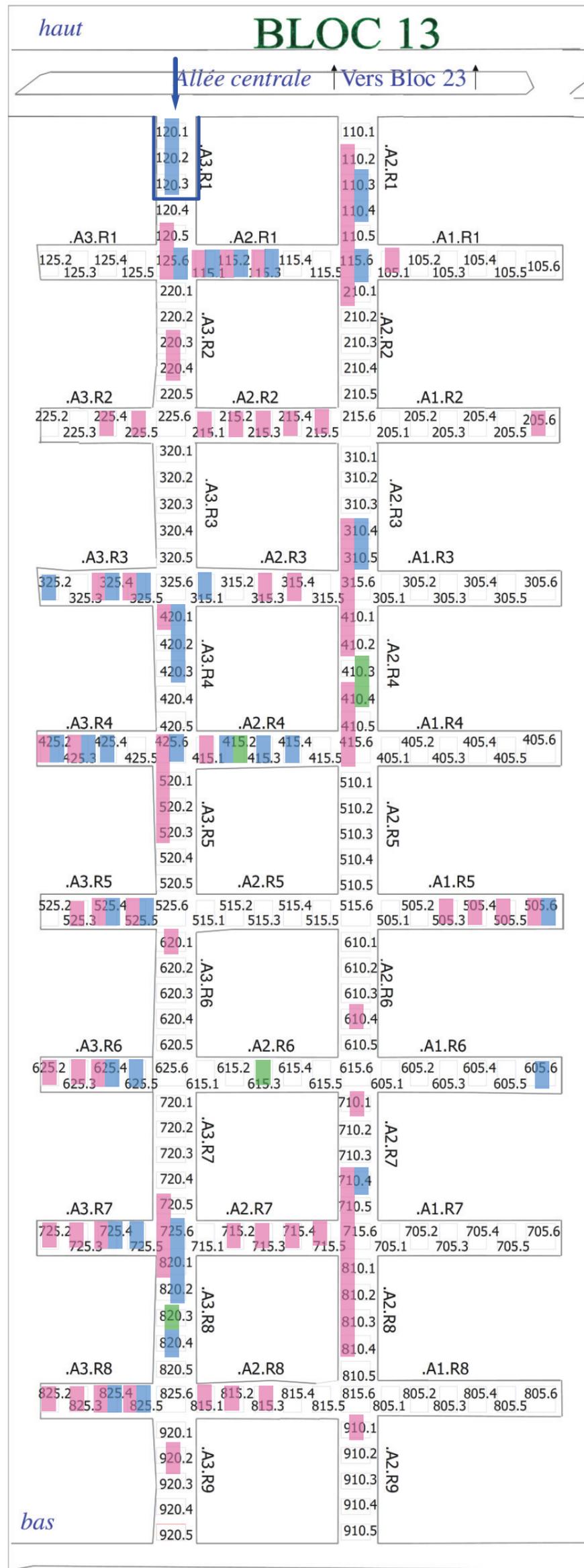
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Annexe 6a

Représentation schématique de la Variante 1a

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- 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

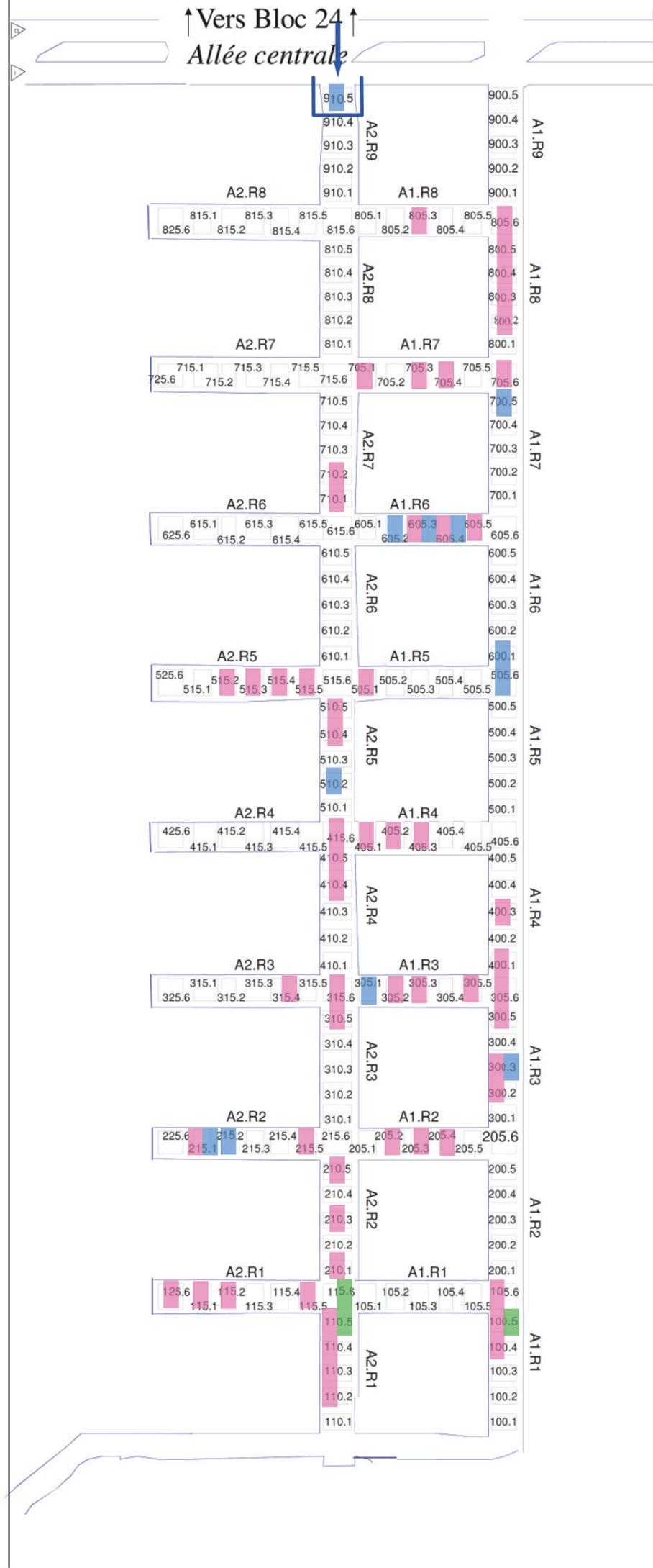
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 14



Annexe 6a

Représentation schématique de la Variante 1a

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arseniés)
- 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

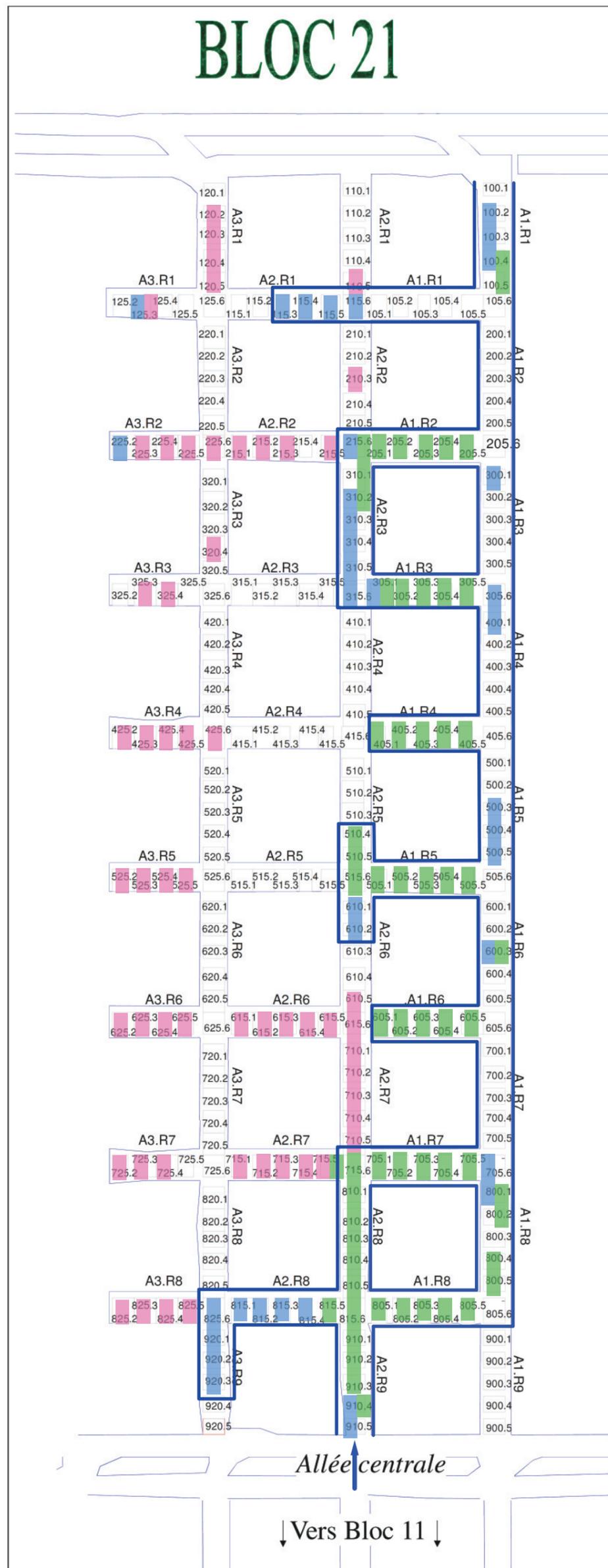
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 21



Annexe 6a

Représentation schématique de la Variante 1a

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

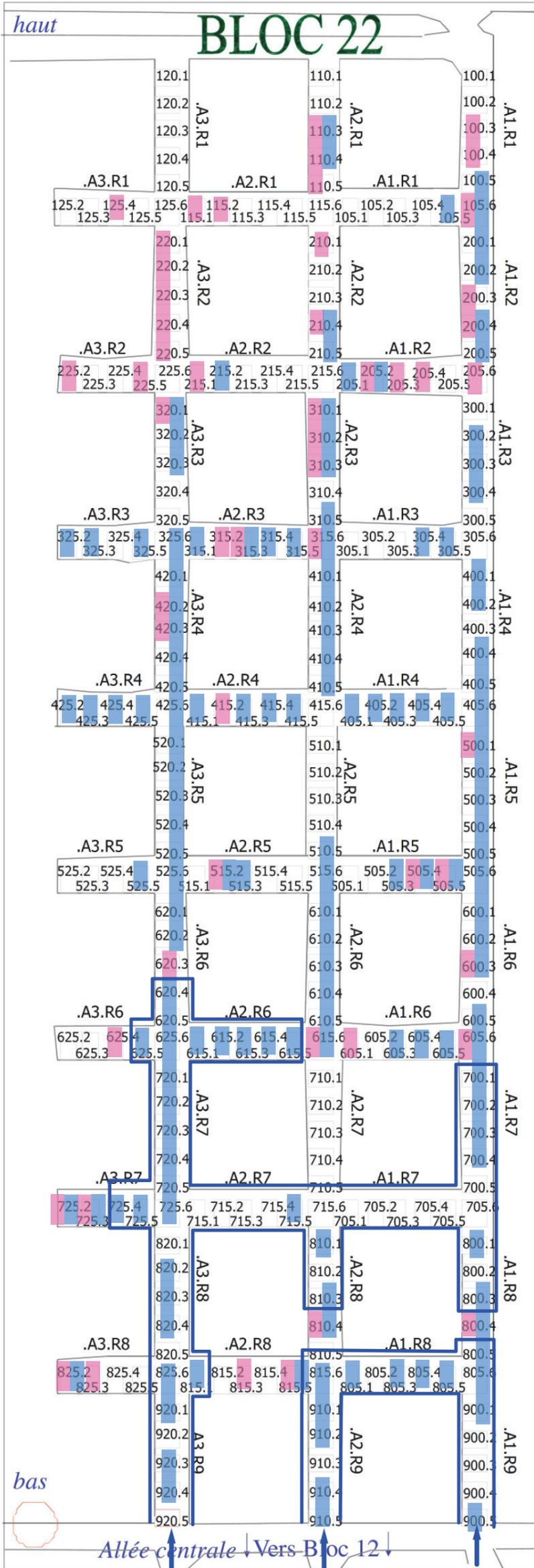
- Déchets de nature B3 (arseniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Annexe 6a

Représentation schématique de la Variante 1a

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arseniés)
- 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

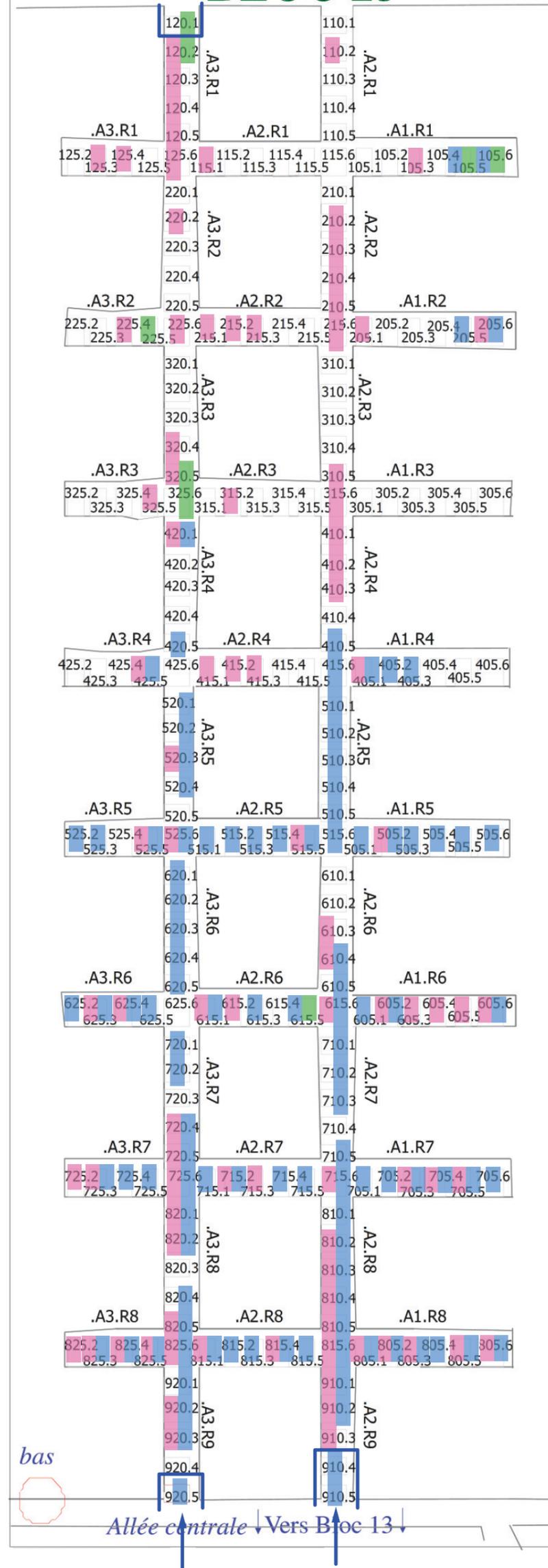
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 24.02.2012

haut

BLOC 23



bas

Allée centrale Vers Bloc 13

Annexe 6a

Représentation schématique de la Variante 1a

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure



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

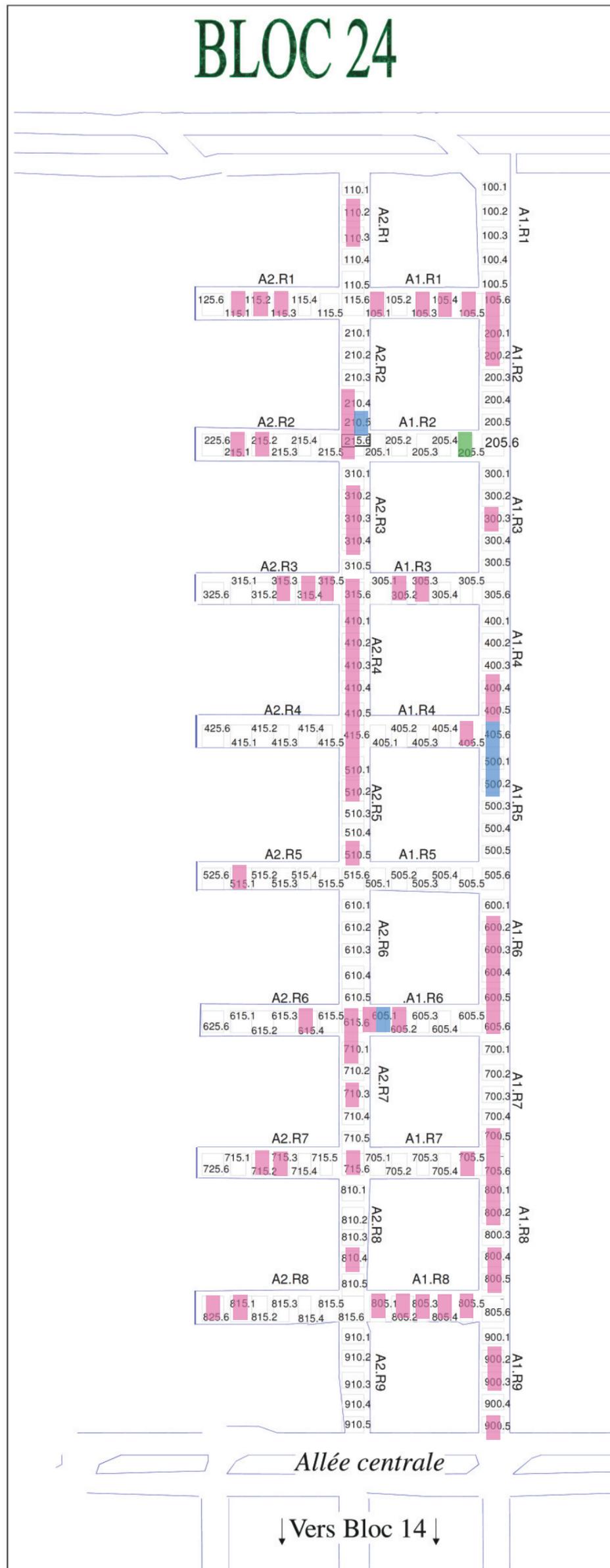
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 24



Annexe 6a

Représentation schématique de la Variante 1a

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arseniés)
- 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

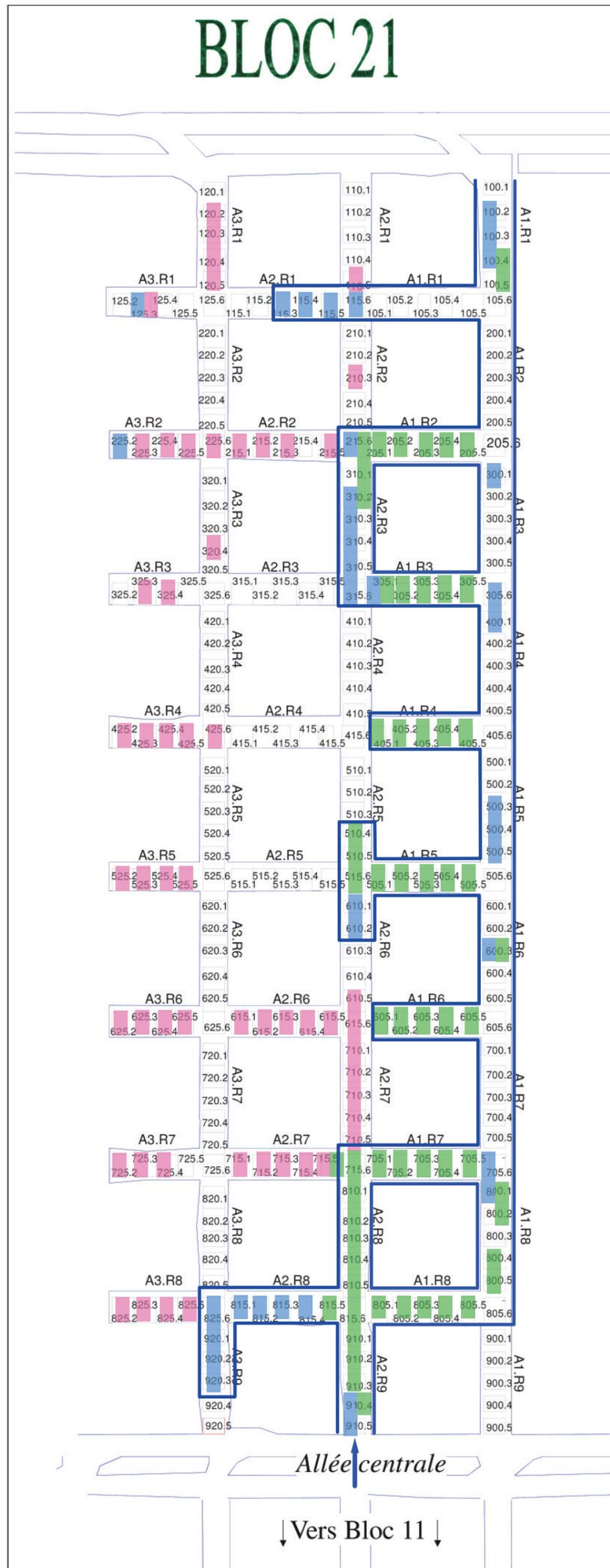
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 21



Annexe 6b

Représentation schématique de la Variante 1b

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

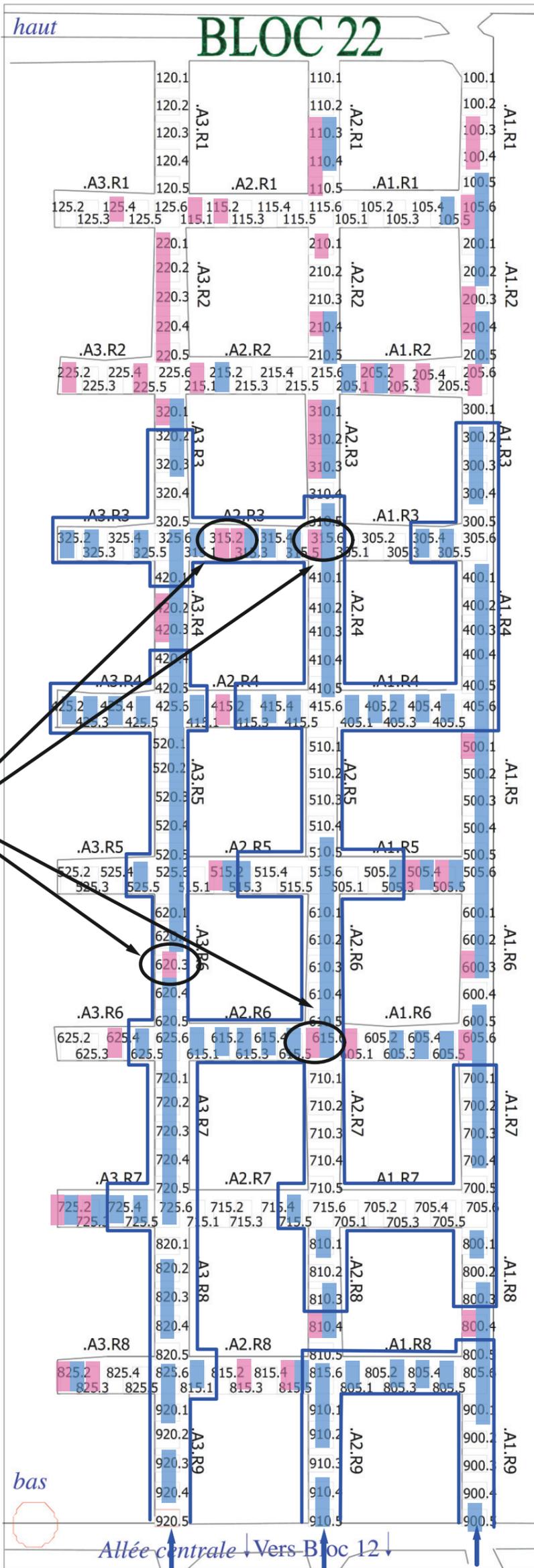
- Déchets de nature B3 (arseniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Accès libéré

Annexe 6b

Représentation schématique de la Variante 1b

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- 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

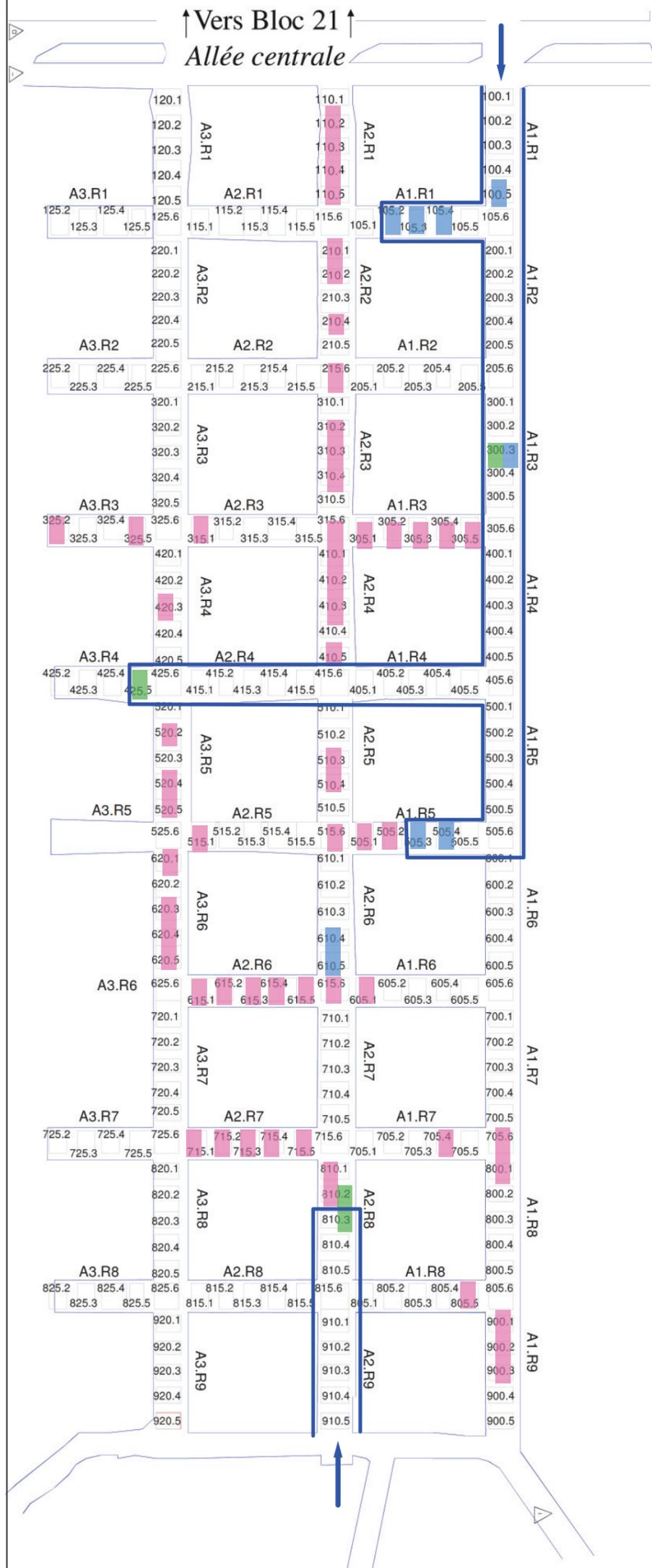
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 11



Annexe 6c

Représentation schématique de la Variante 1c

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

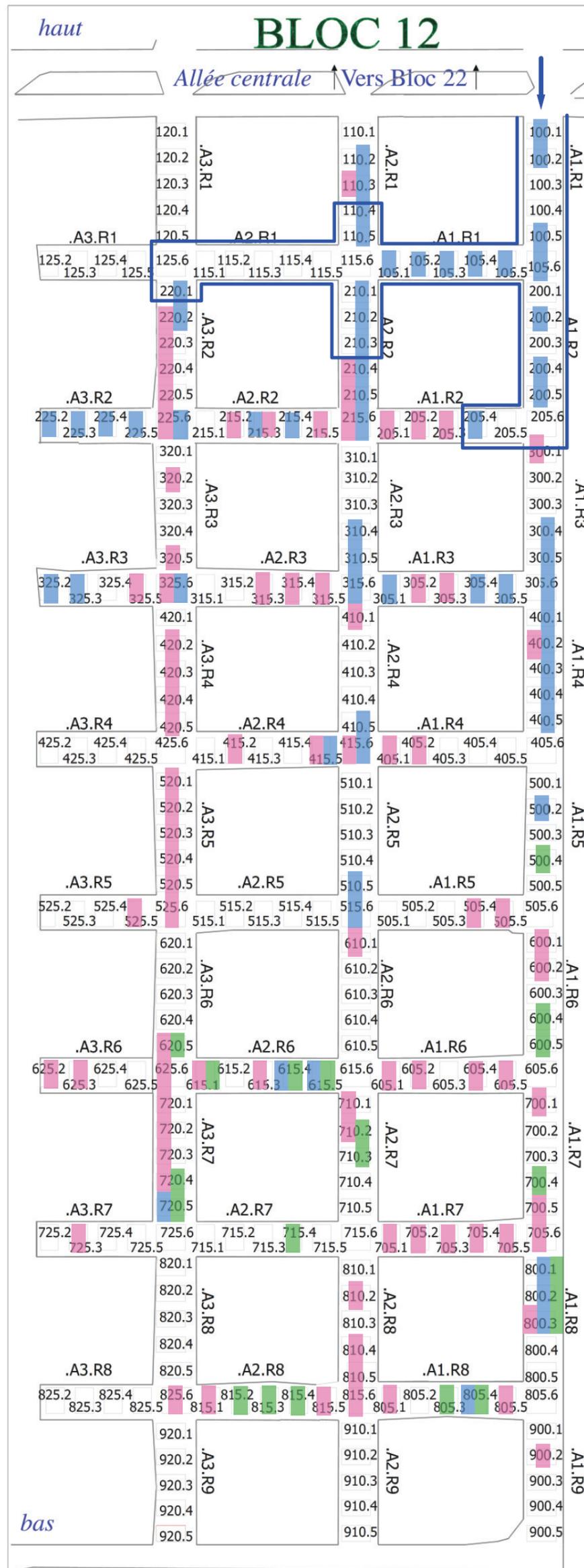
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Annexe 6c

Représentation schématique de la Variante 1c

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

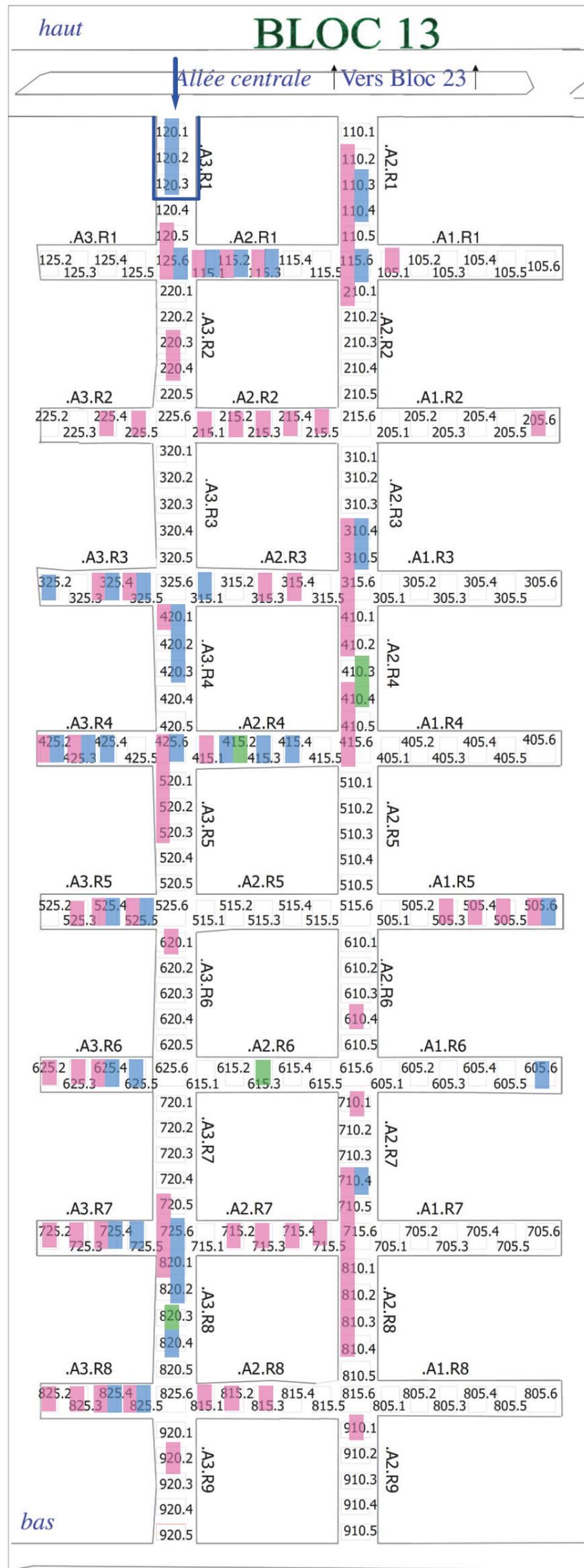
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Annexe 6c

Représentation schématique de la Variante 1c

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- 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

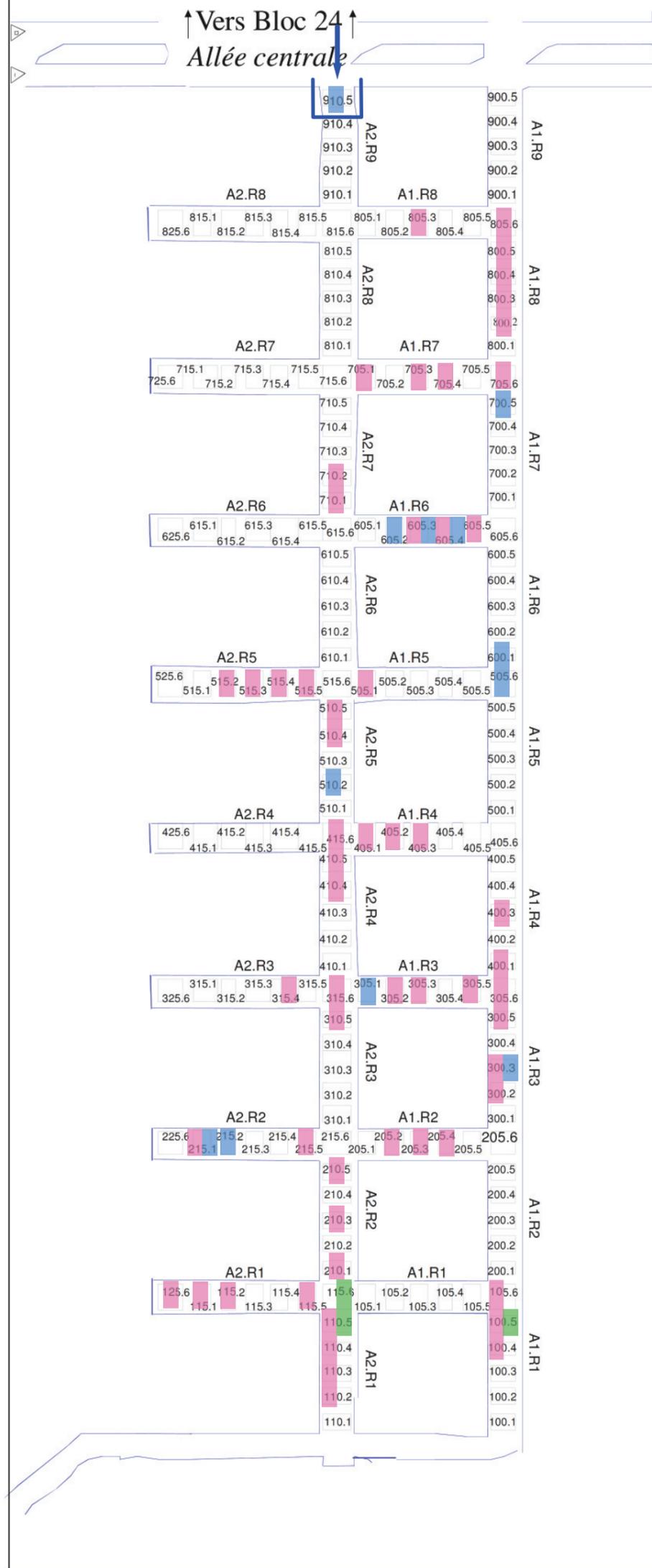
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 14



Annexe 6c

Représentation schématique de la Variante 1c

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arseniés)
- 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

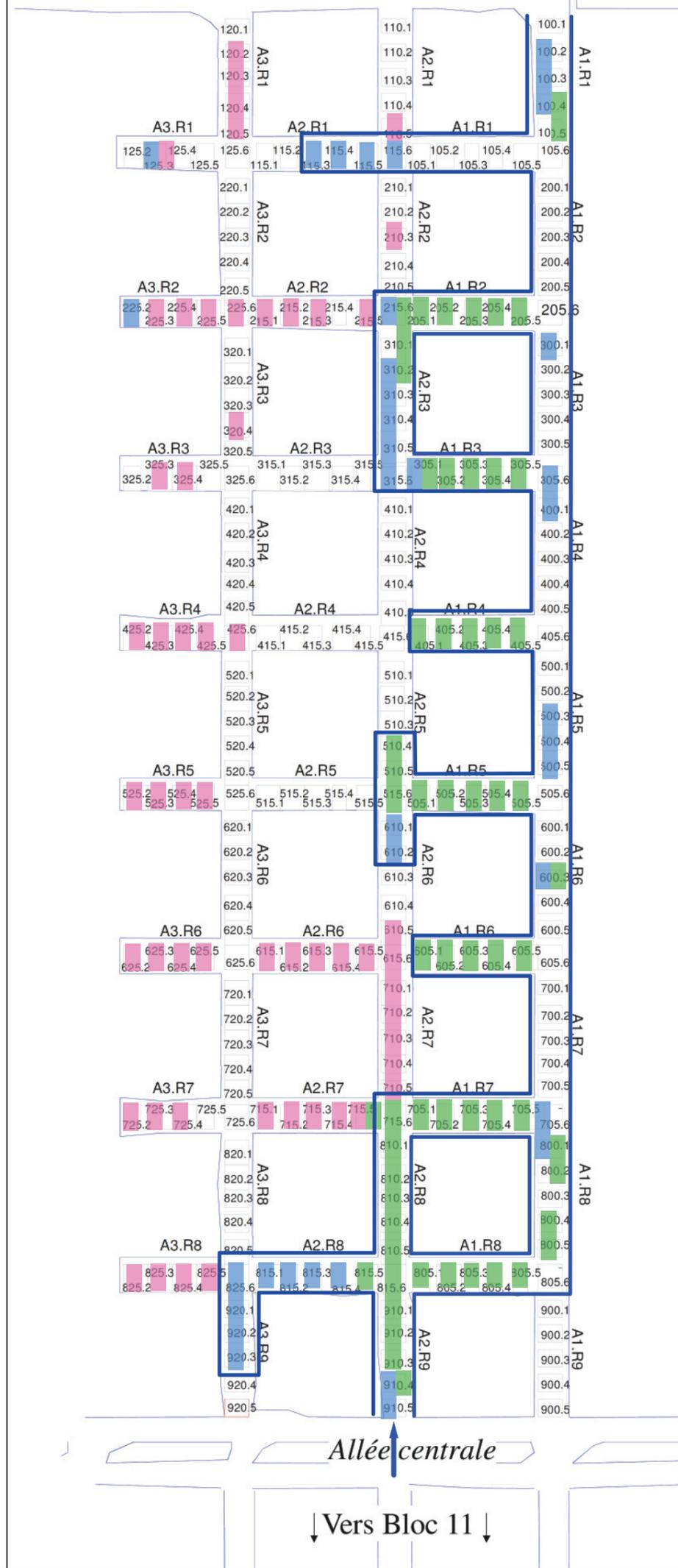
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 21



Annexe 6c

Représentation schématique de la Variante 1c

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

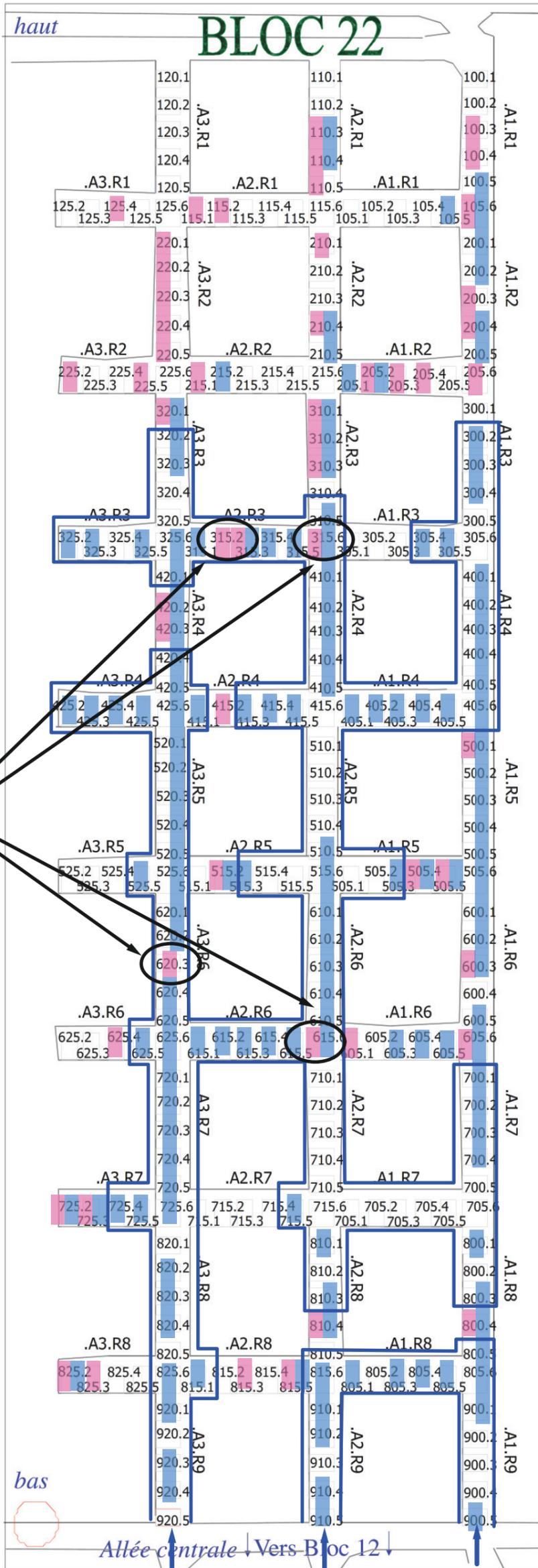
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures (ou unités vides dans certains cas isolés)
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012



Accès libéré

Annexe 6c

Représentation schématique de la Variante 1c

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- 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

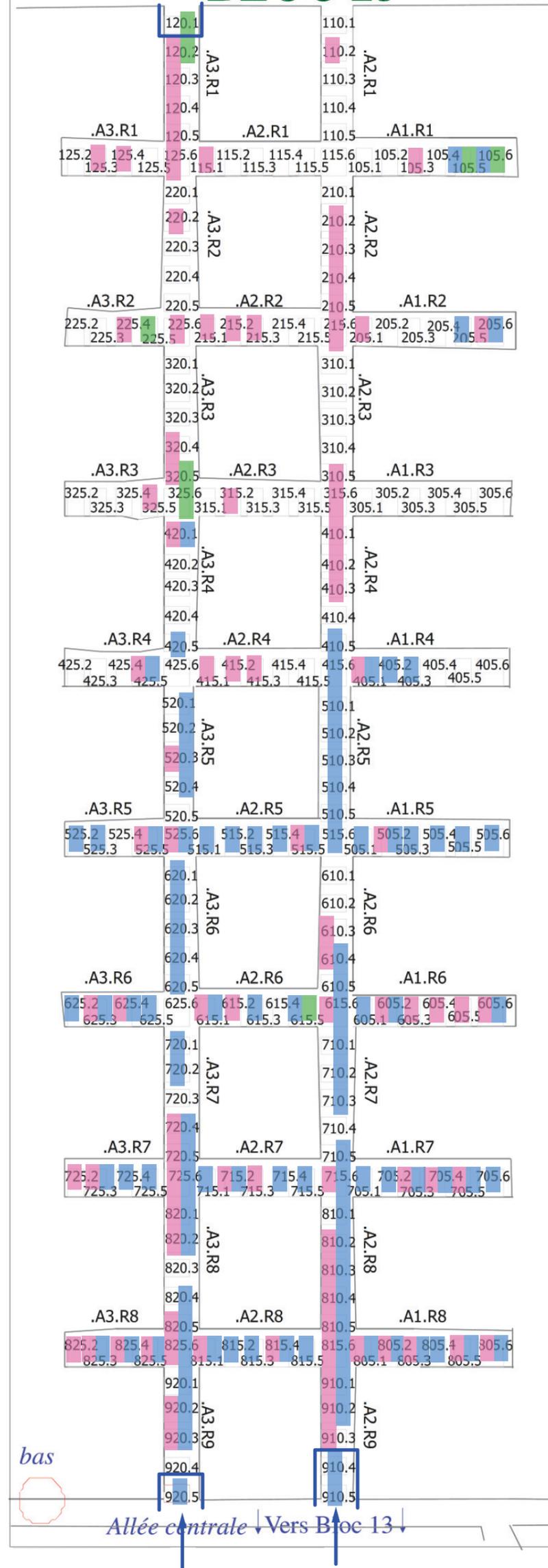
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 24.02.2012

haut

BLOC 23



Annexe 6c

Représentation schématique de la Variante 1c

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- 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

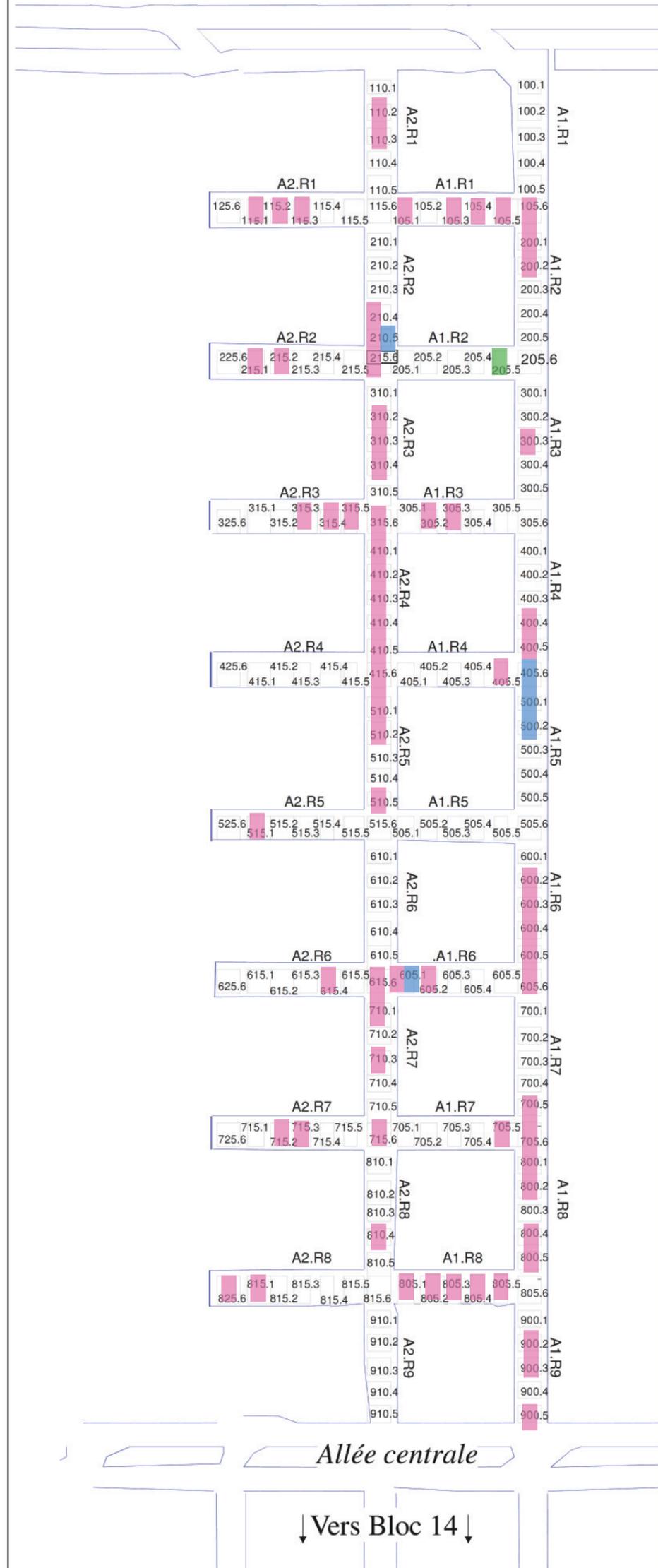
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 24.02.2012

BLOC 24



Annexe 6c

Représentation schématique de la Variante 1c

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arseniés)
- 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: 24.02.2012

Annexe 7

Masses de mercure éliminées selon la variante mise en oeuvre

- 7a Selon Variante 1a
- 7b Selon Variante 1b
- 7c Selon Variante 1c

Déchets déstockés, restockés et masses de mercure éliminées, Variante 1a

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	84	30.994	0.159
Bloc 12	365	436.283	0.139
Bloc 13	48	48.722	-
Bloc 14	12	8.811	0.041
Bloc 21	612	372.077	1.139
Bloc 22	1'012	1'144.525	6.403
Bloc 23	40	41.034	0.068
Bloc 24	-	-	-
Totaux	2'173	2'082.446	7.948

	Déchets mercuriels (B5)		
	Nombre de colis retirés	Masse de déchets retirés(t)	Masse de mercure (t)
Bloc 11	7	7.974	0.003
Bloc 12	-	-	-
Bloc 13	-	-	-
Bloc 14	-	-	-
Bloc 21	1'374	1'880.037	5.693
Bloc 22	-	-	-
Bloc 23	16	15.447	0.504
Bloc 24	-	-	-
Totaux	1'397	1'903.458	6.200

	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	91	38.968	0.161	0.3	1'767
Bloc 12	365	436.283	0.139	0.3	730
Bloc 13	48	48.722	-	-	37
Bloc 14	12	8.811	0.041	0.1	4
Bloc 21	1'986	2'252.114	6.831	13.4	1'677
Bloc 22	1'012	1'144.525	6.403	12.5	1'434
Bloc 23	56	56.481	0.572	1.1	36
Bloc 24	-	-	-	-	-
Totaux	3'570	3'985.904	14.148	27.7	5'685

Déchets déstockés, restockés et masses de mercure éliminées, Variante 1b

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	372.077	1.139
Bloc 22	2'279	2'488.660	22.022
Bloc 23	-	-	-
Bloc 24	-	-	-
Totaux	2'891	2'860.737	23.161

	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	1'880.037	5.693
Bloc 22	-	-	-
Bloc 23	-	-	-
Bloc 24	-	-	-
Totaux	1'374	1'880.037	5.693

	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	2'252.114	6.831	13.4	1'677
Bloc 22	2'279	2'488.660	22.022	43.1	2'789
Bloc 23	-	-	-	-	-
Bloc 24	-	-	-	-	-
Totaux	4'265	4'740.774	28.854	56.5	4'466

Déchets déstockés, restockés et masses de mercure éliminées, Variante 1c

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	84	30.994	0.159
Bloc 12	365	436.283	0.139
Bloc 13	48	48.722	-
Bloc 14	12	8.811	0.041
Bloc 21	612	372.077	1.139
Bloc 22	2'279	2'488.660	22.022
Bloc 23	40	41.034	0.068
Bloc 24	-	-	-
Totaux	3'440	3'426.581	23.567

	Déchets mercuriels (B5)		
	Nombre de colis retirés	Masse de déchets retirés(t)	Masse de mercure (t)
Bloc 11	7	7.974	0.003
Bloc 12	-	-	-
Bloc 13	-	-	-
Bloc 14	-	-	-
Bloc 21	1'374	1'880.037	5.693
Bloc 22	-	-	-
Bloc 23	16	15.447	0.504
Bloc 24	-	-	-
Totaux	1'397	1'903.458	6.200

	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	91	38.968	0.161	0.3	1'767
Bloc 12	365	436.283	0.139	0.3	730
Bloc 13	48	48.722	-	-	37
Bloc 14	12	8.811	0.041	0.1	4
Bloc 21	1'986	2'252.114	6.831	13.4	1'677
Bloc 22	2'279	2'488.660	22.022	43.1	2'789
Bloc 23	56	56.481	0.572	1.1	36
Bloc 24	-	-	-	-	-
Totaux	4'837	5'330.039	29.767	58.3	7'040

Annexe 8

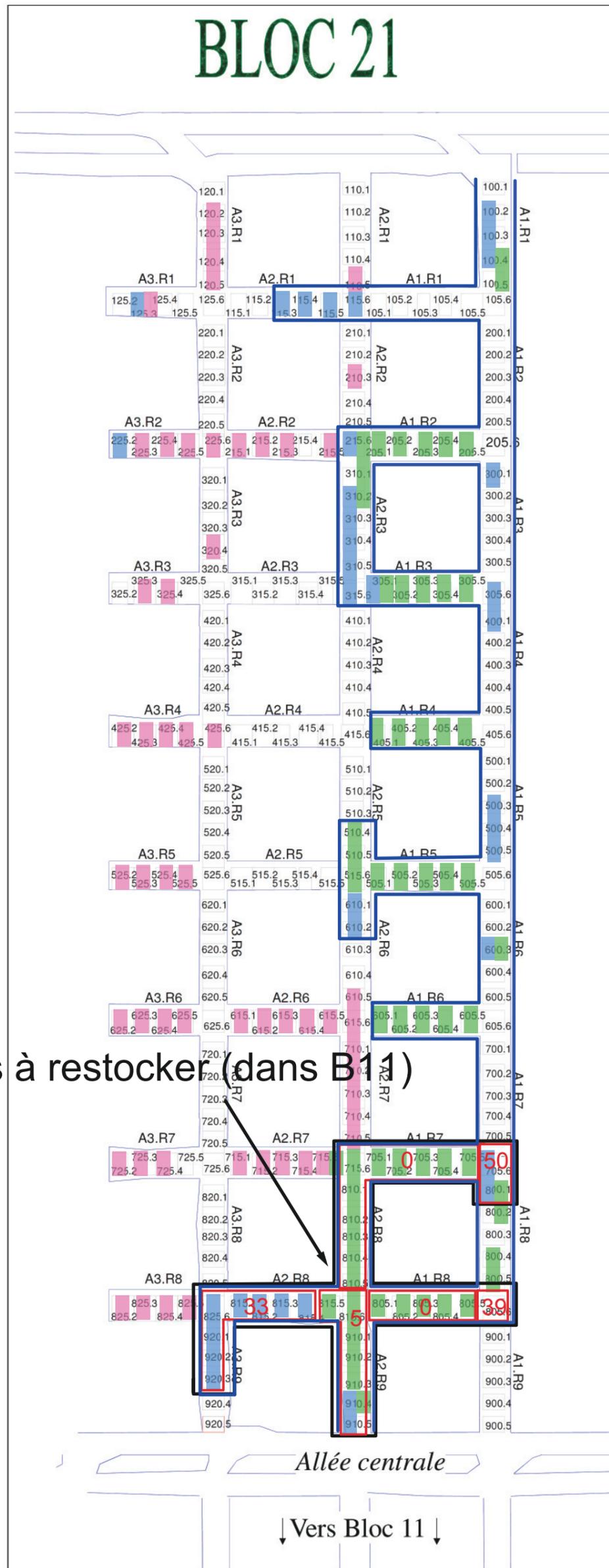
Logistique de déstockage/restockage selon variante de choix

- 8a Déstockage du Bloc 21
- 8b Déstockage du Bloc 22

BLOC 21

Phase 1

127 colis à restocker (dans B11)



Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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

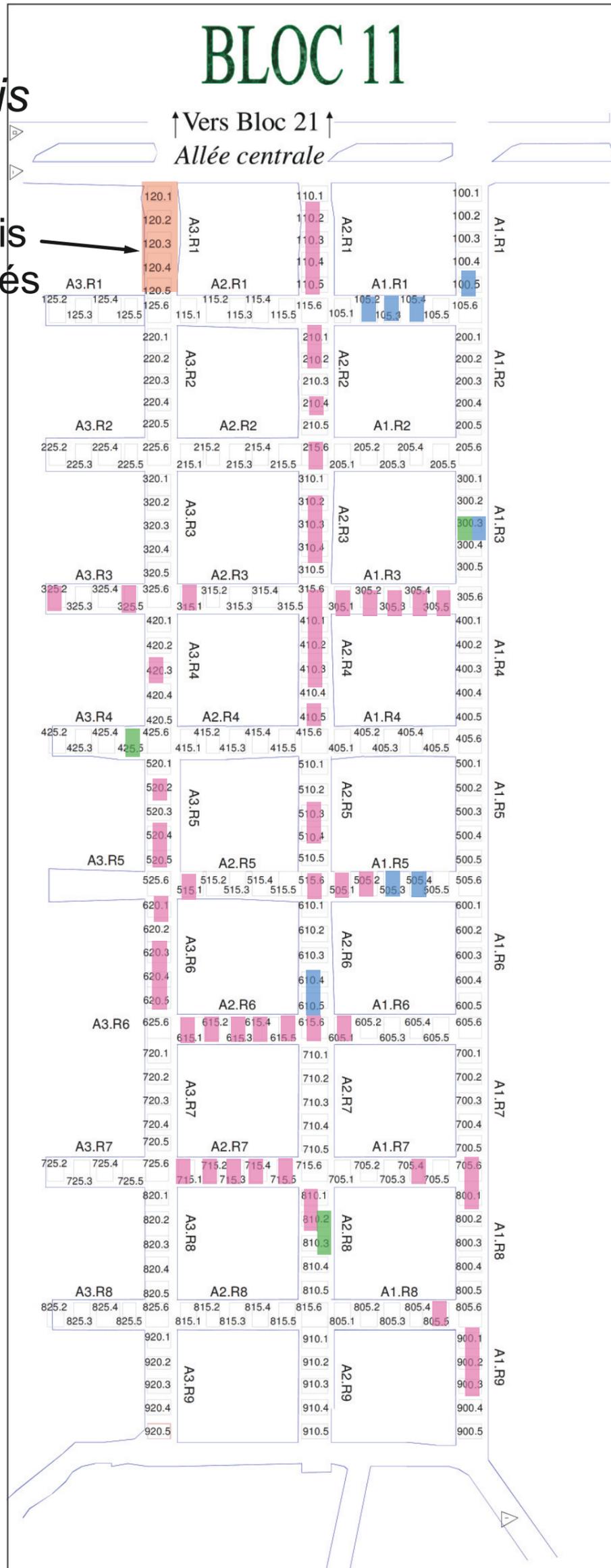


Date: 22.05.2012

Phase 1

Restockage des colis du B21

127 colis restockés



Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

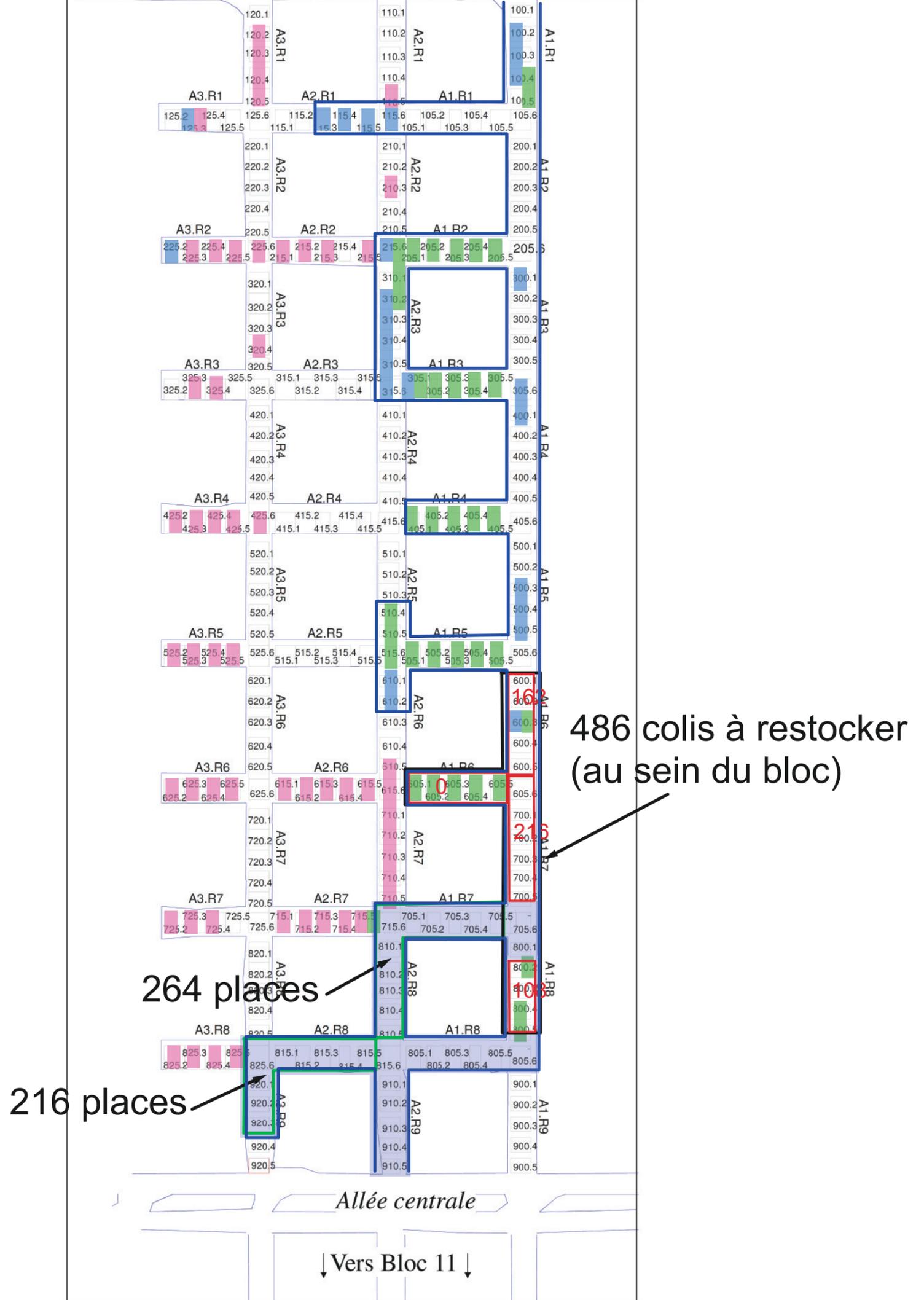
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 22.05.2012

BLOC 21

Phase 2



Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

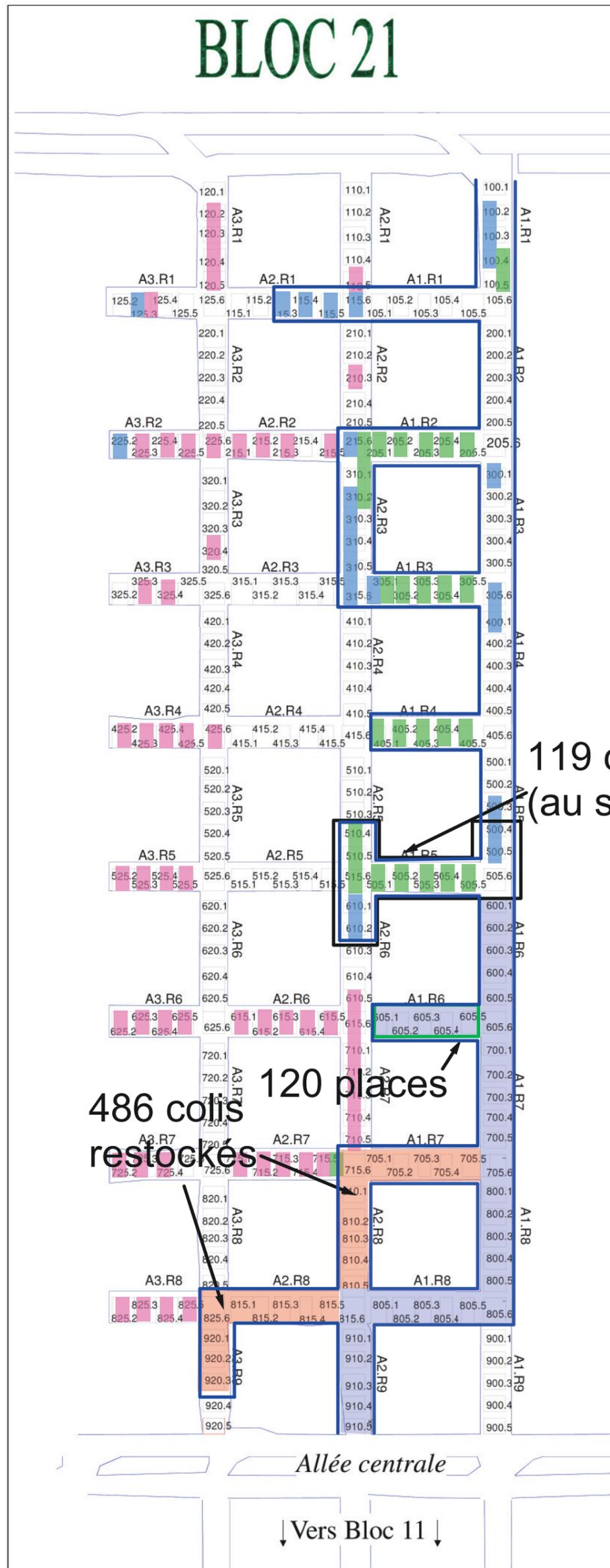
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 22.05.2012

BLOC 21

Phase 3



486 colis restockés

120 places

119 colis à restocker
(au sein du bloc)

Allée centrale

↓ Vers Bloc 11 ↓

Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arseniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

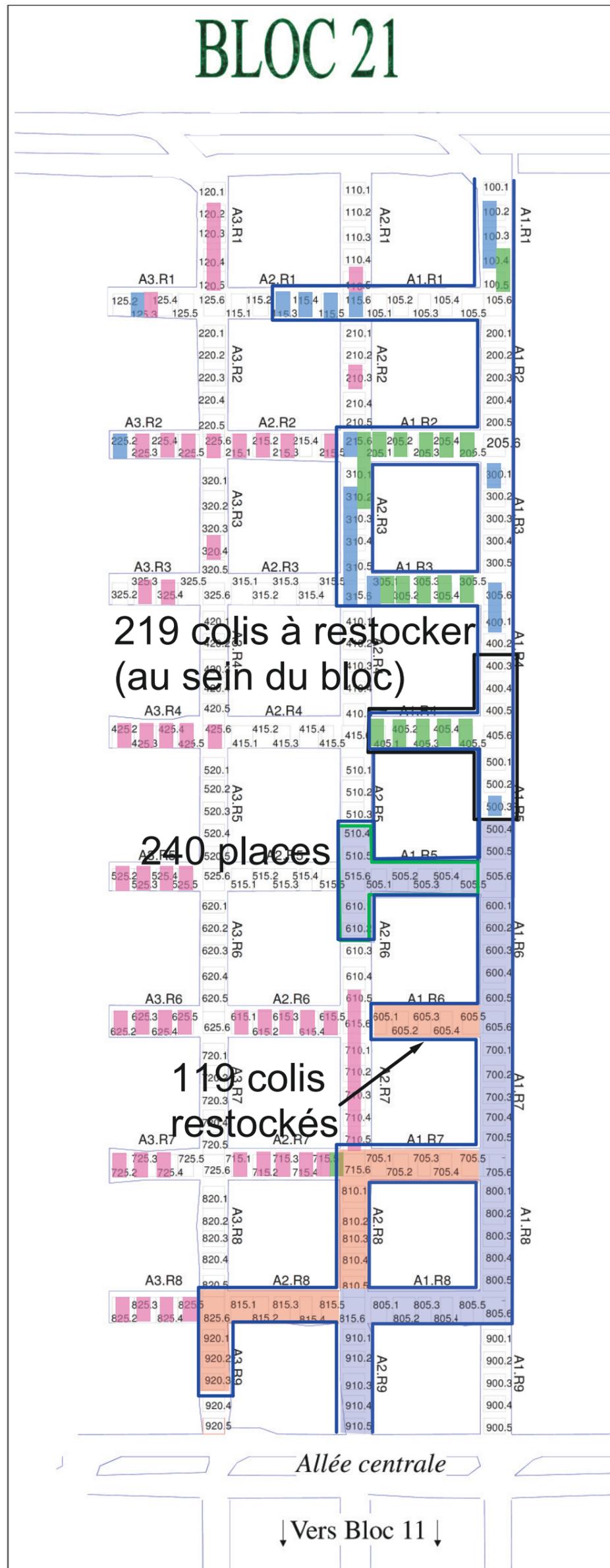
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 22.05.2012

BLOC 21

Phase 4



Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

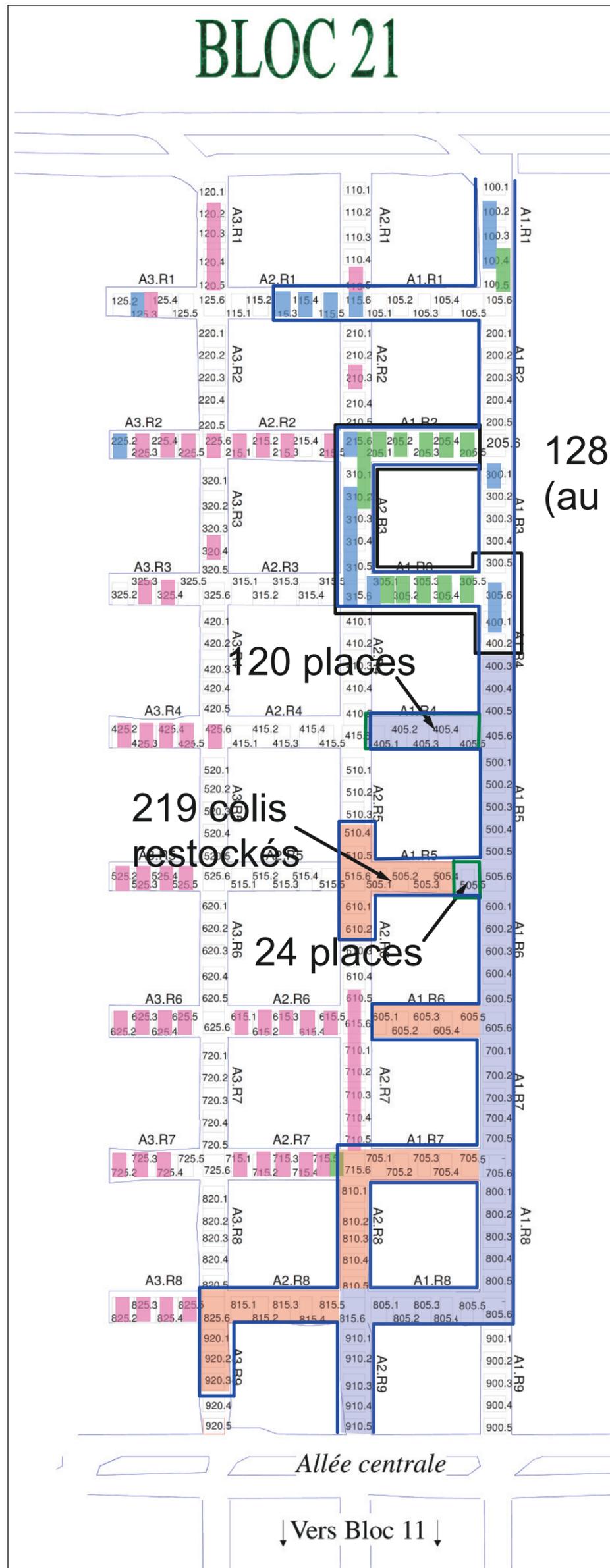
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 22.05.2012

BLOC 21

Phase 5



128 colis à restocker
(au sein du bloc)

120 places

219 colis restockés

24 places

Allée centrale

↓ Vers Bloc 11 ↓

Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

	Déchets de nature B3 (arséniés)
	Déchets de nature B5 (mercuriels)
	Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
	Déchets d'autres natures
	Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
	Unités vidées après déstockage/restockage
	Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

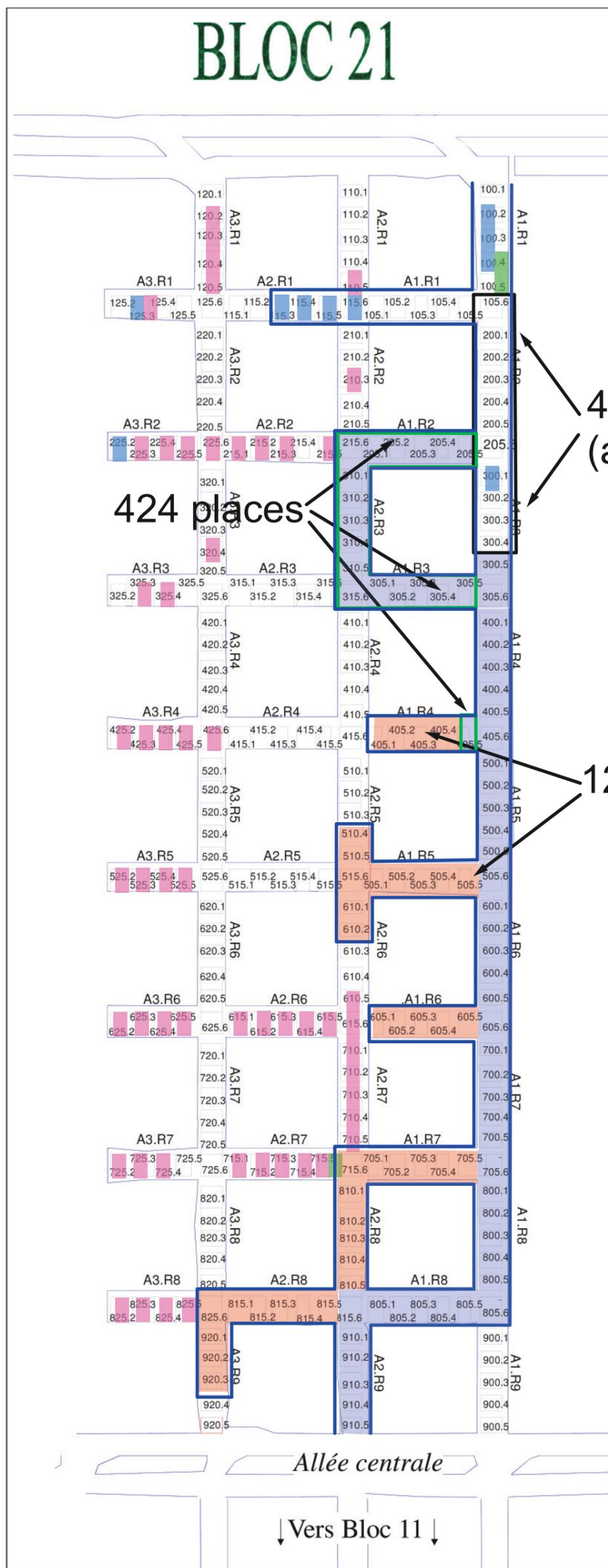
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 22.05.2012

BLOC 21

Phase 6



421 colis à restocker
(au sein du bloc)

424 places

128 colis restockés

Allée centrale

↓ Vers Bloc 11 ↓

Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

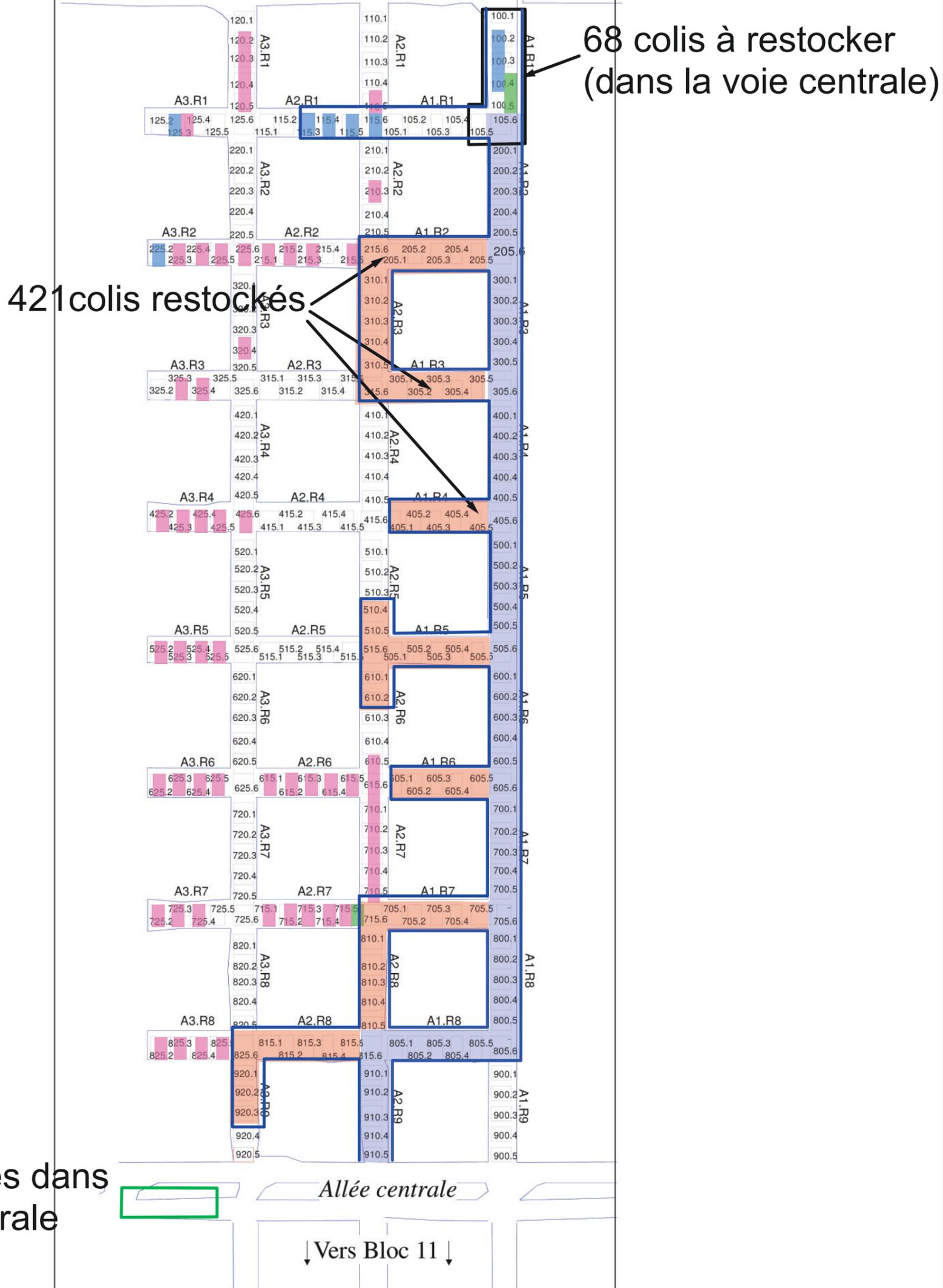
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 22.05.2012

BLOC 21

Phase 7



Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

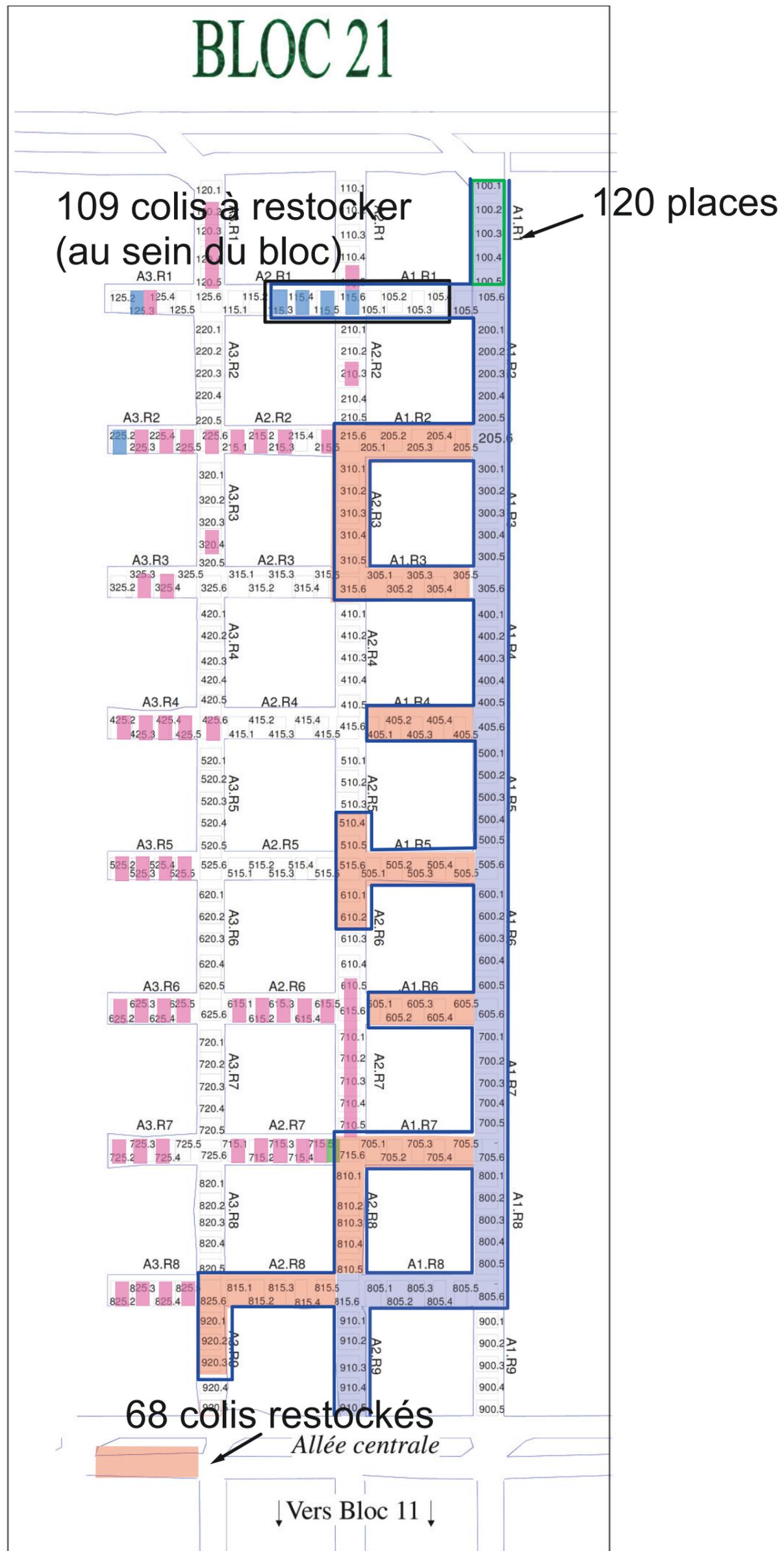
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 22.05.2012

BLOC 21

Phase 8



Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature B5 (mercuriels)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

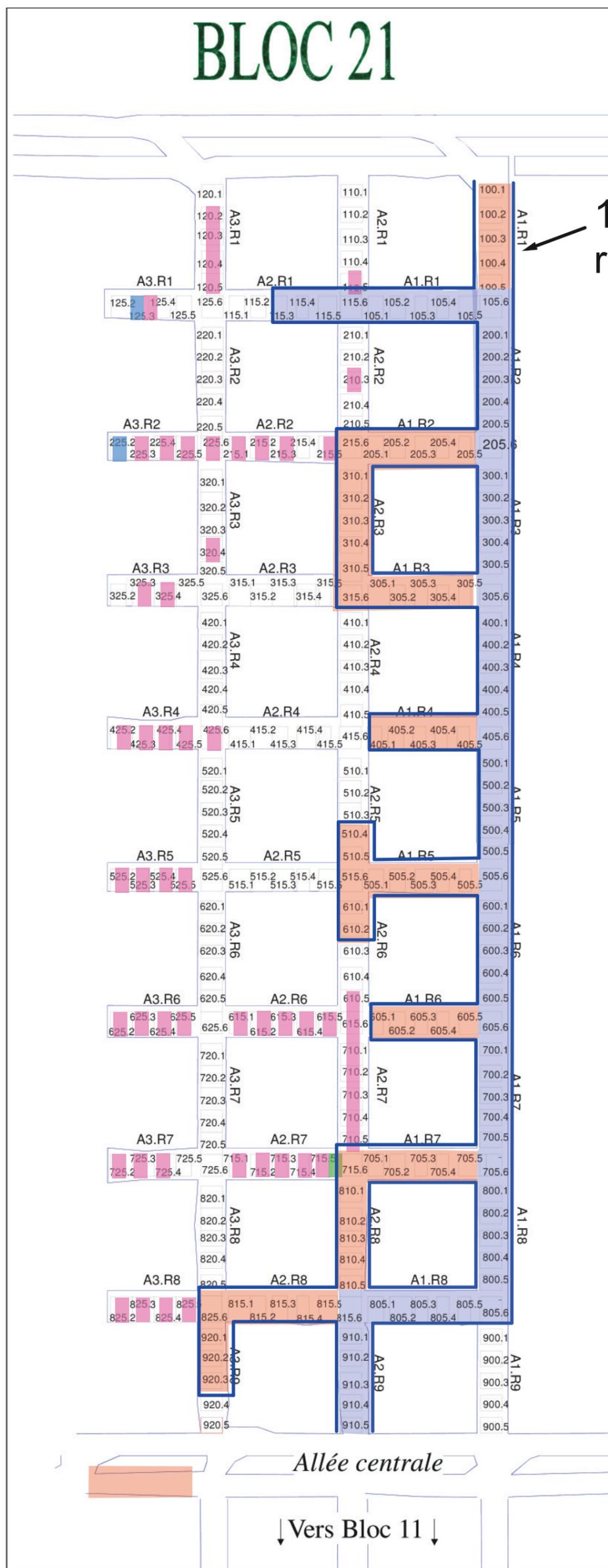
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 22.05.2012

BLOC 21

*Situation finale
avant
déstockage
du B22*



109 colis restockés

Allée centrale

↓ Vers Bloc 11 ↓

Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

	Déchets de nature B3 (arséniés)
	Déchets de nature B5 (mercuriels)
	Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
	Déchets d'autres natures
	Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
	Unités vidées après déstockage/restockage
	Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

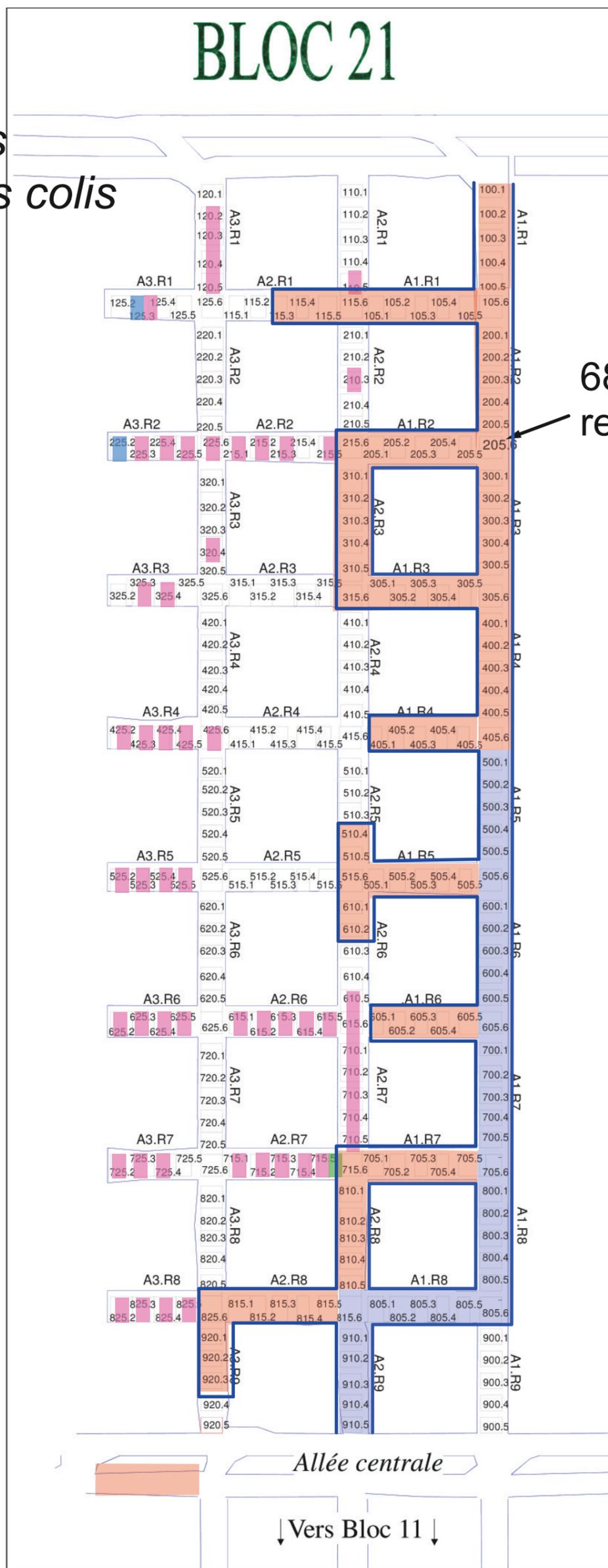
Adaptation: BMG Engineering AG
Ifangstrasse 11
8952 Schlieren
Tel. 044 732 92 92



Date: 22.05.2012

BLOC 21

Situation après
restockage des colis
du B22
(cf Annexe 8b)



683 colis restockés

Annexe 8a

Logistique de déstockage du Bloc 21

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

	Déchets de nature B3 (arséniés)
	Déchets de nature B5 (mercuriels)
	Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
	Déchets d'autres natures
	Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
	Unités vidées après déstockage/restockage
	Unités restockées

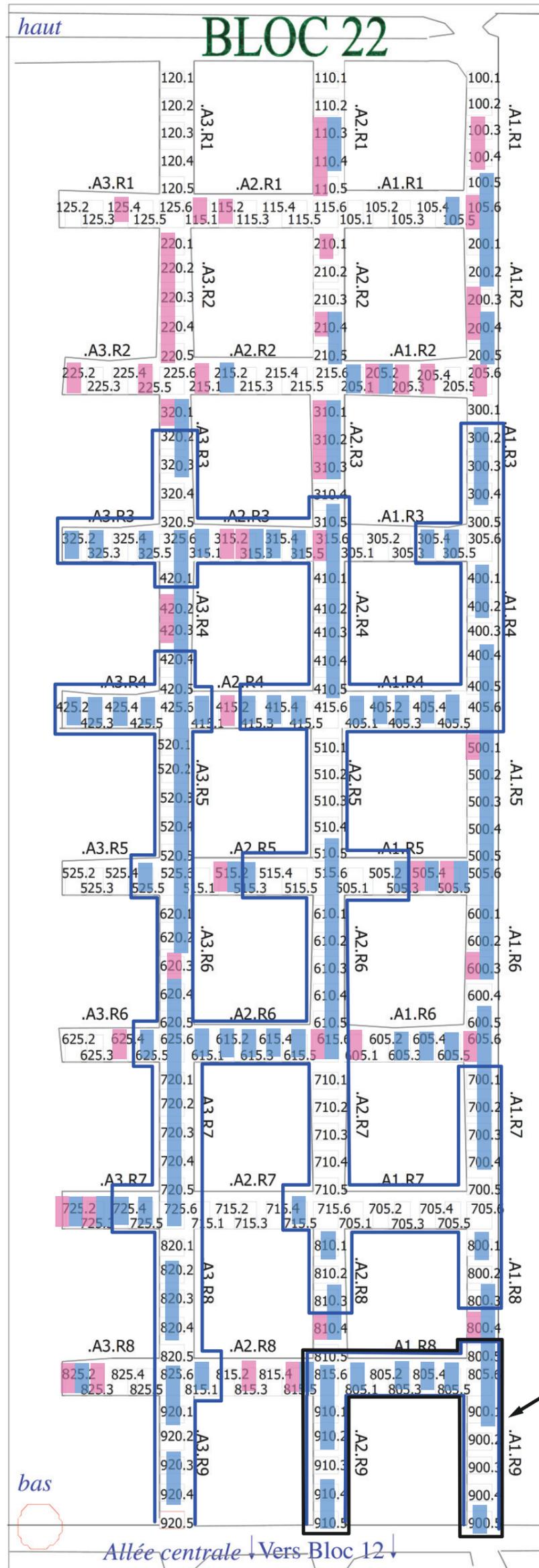
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 1



359 colis
à restocker
(dans B21)

Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une
réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets
contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

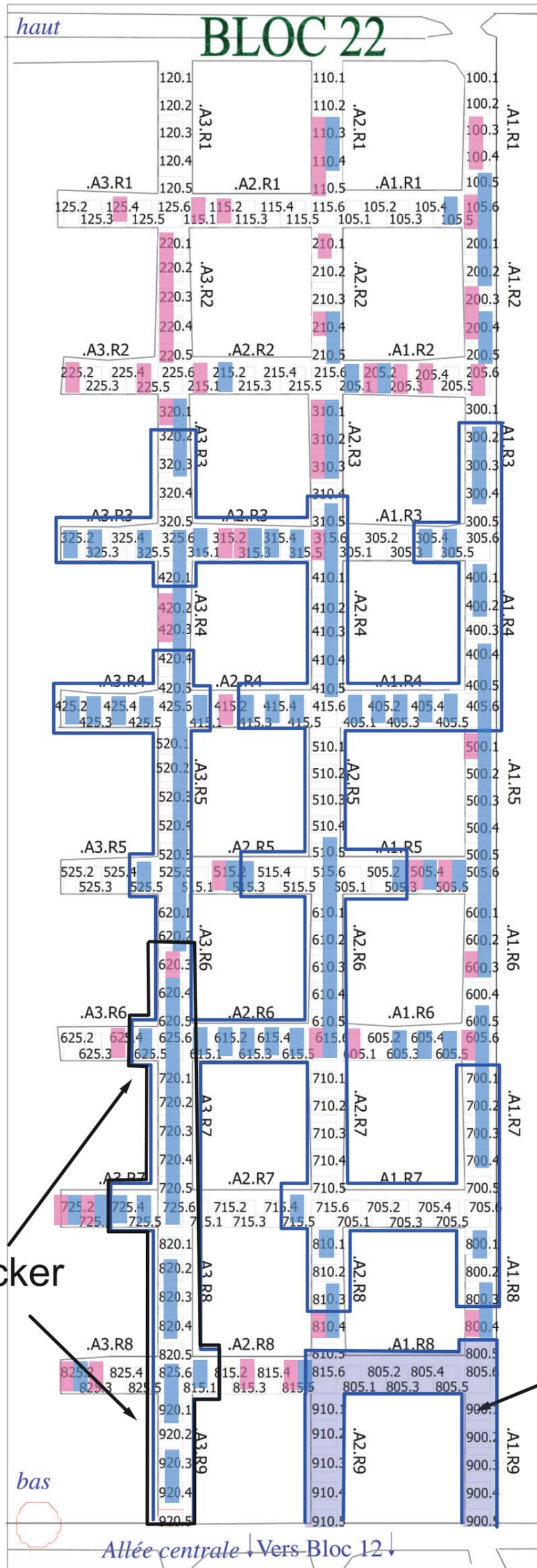
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 2



419 colis à restocker
(au sein du bloc)

432 places

Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

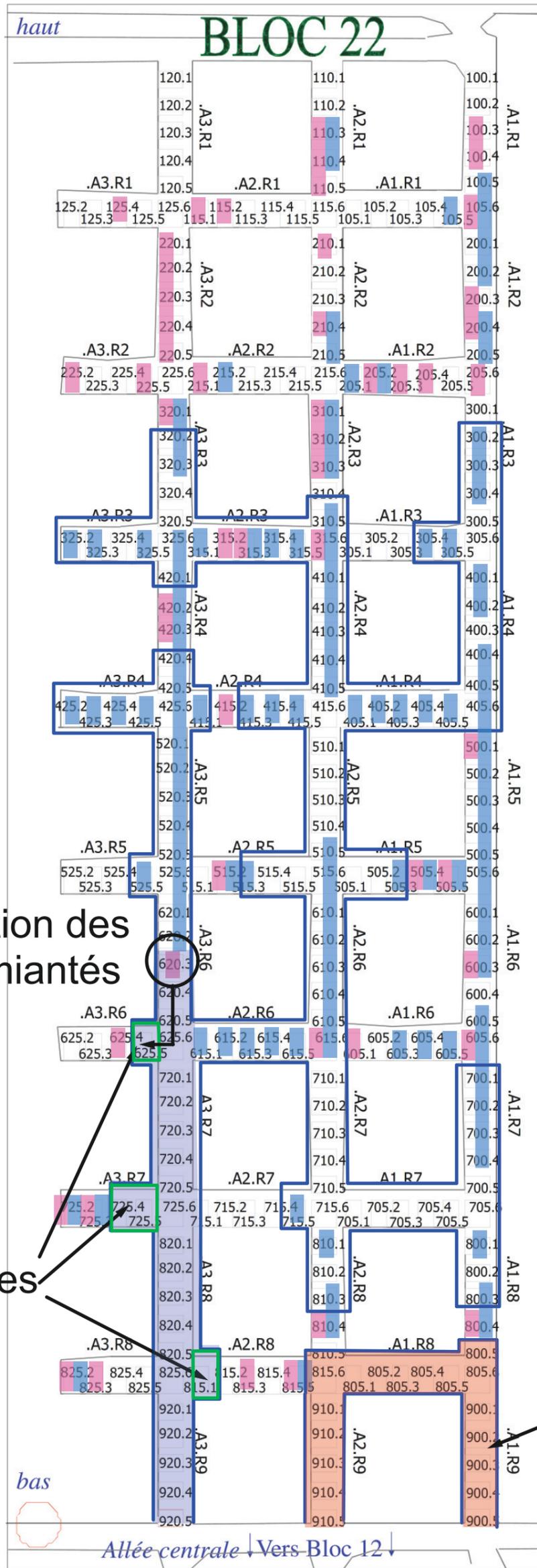
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 3



Sécurisation des 2 colis amiantés

96 places

419 colis restockés

Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

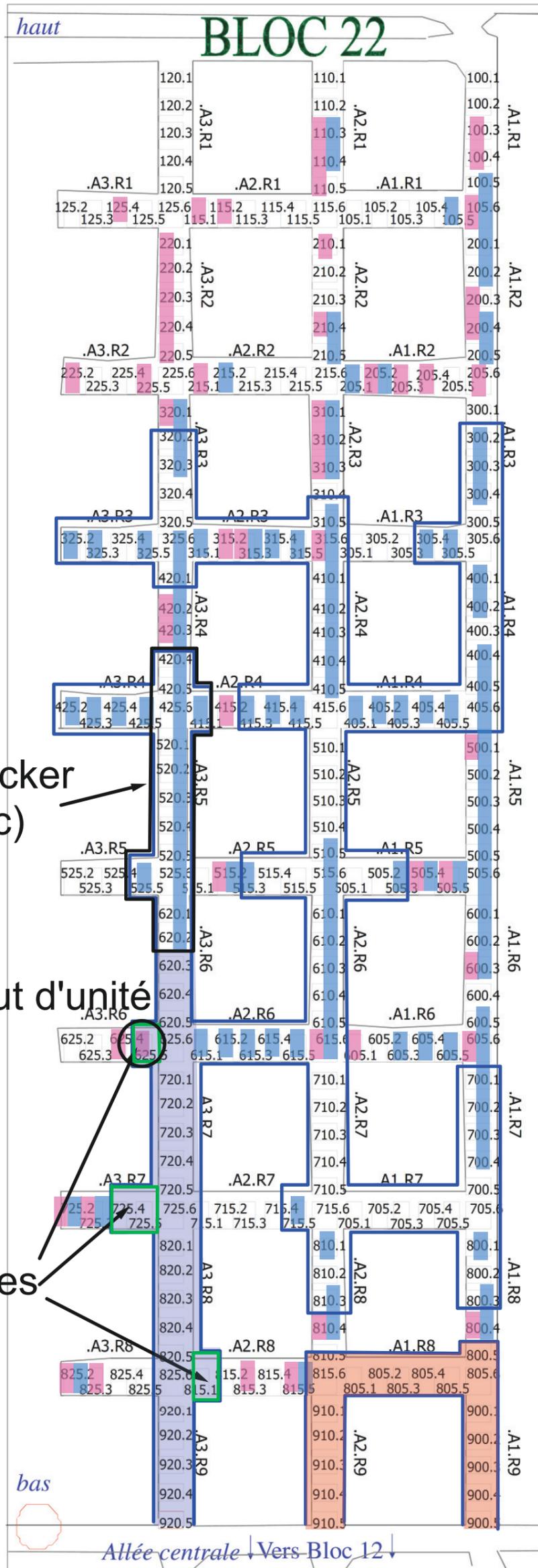
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 4



90 colis à restocker
(au sein du bloc)

2 colis amiantés
sécurisés en bout d'unité

94 places

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

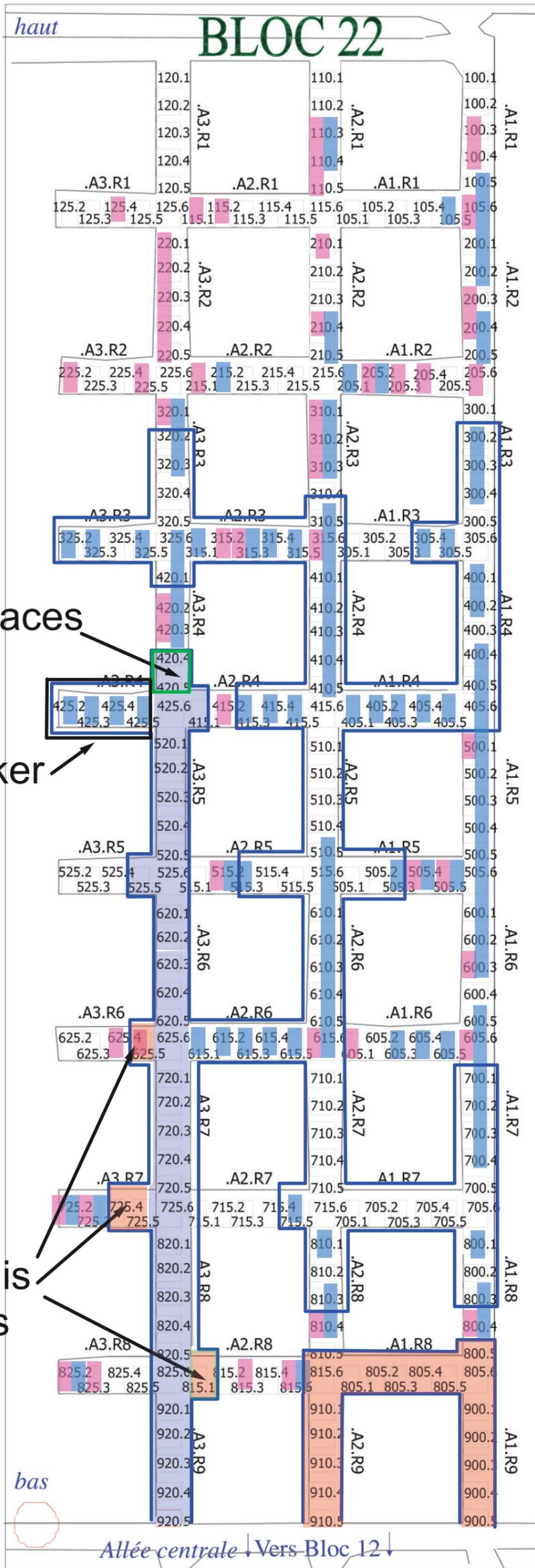
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 5



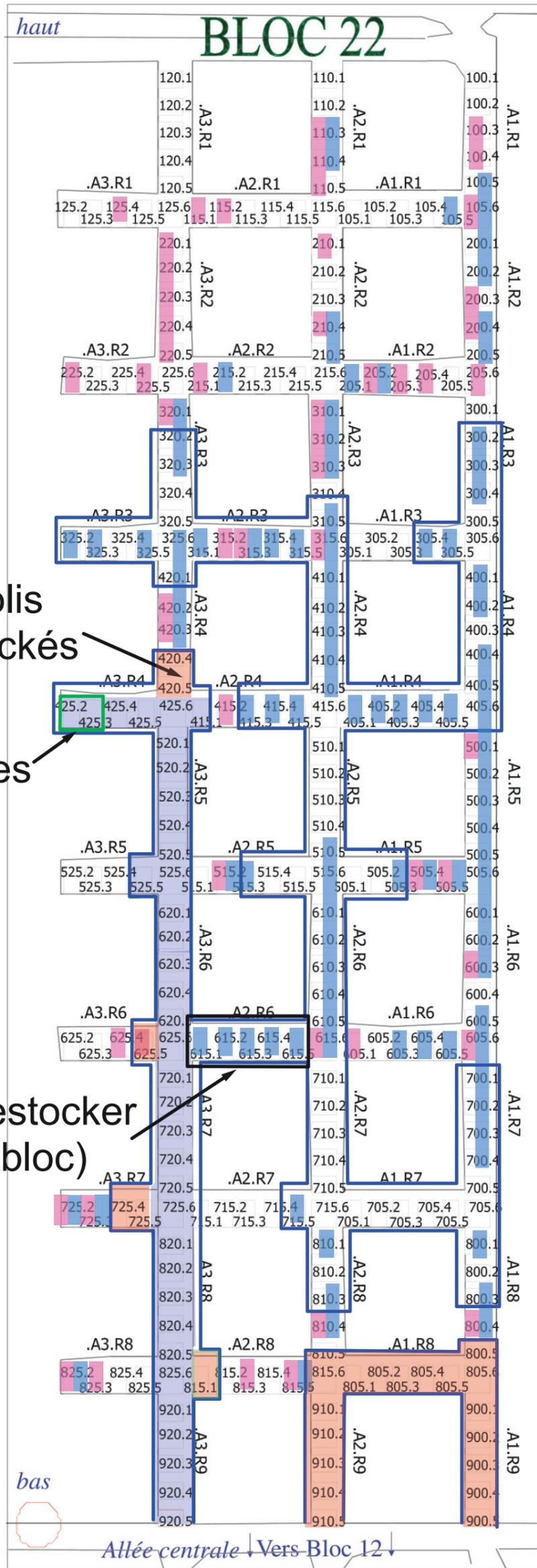
- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Annexe 8b
Logistique de déstockage du Bloc 22
 StocaMine
 Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
 Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

Original: StocaMine
 Créé le 23.05.2000
 Adaptation: BMG Engineering AG
 Ifangstrasse 11
 8952 Schlieren
 Tel. 044 732 92 92

 Date: 22.05.2012

Phase 6



Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

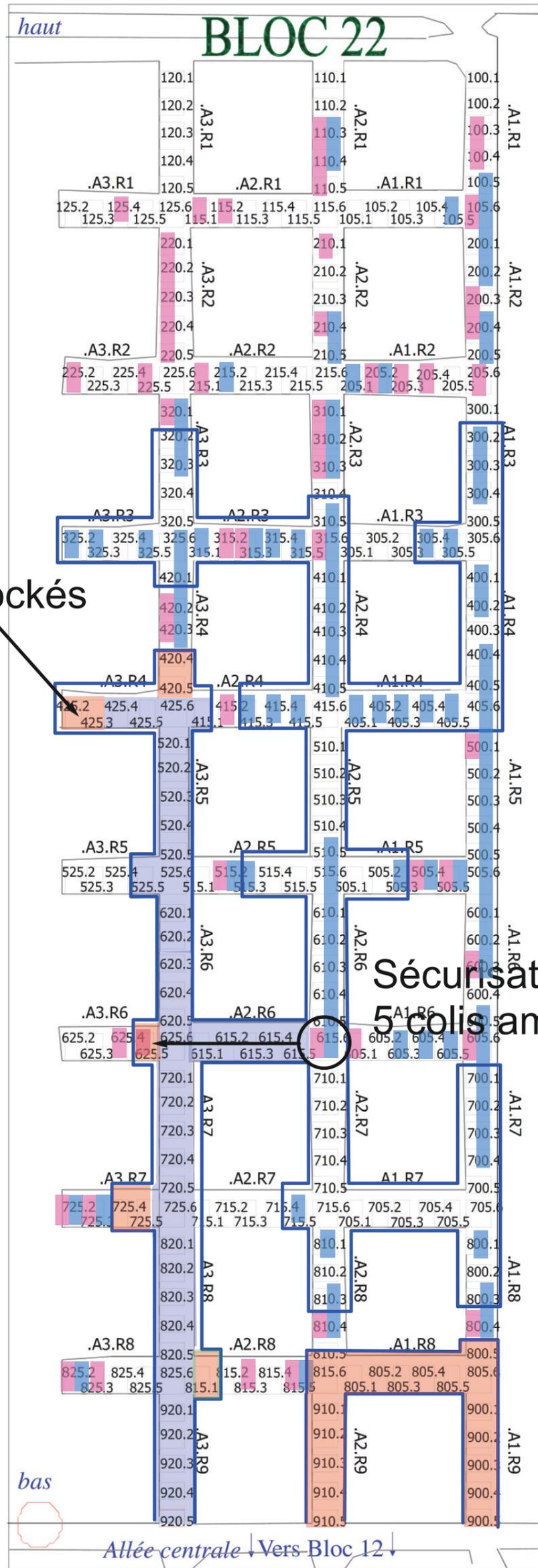
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 7



40 colis restockés

Sécurisation des 5 colis amiantés

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

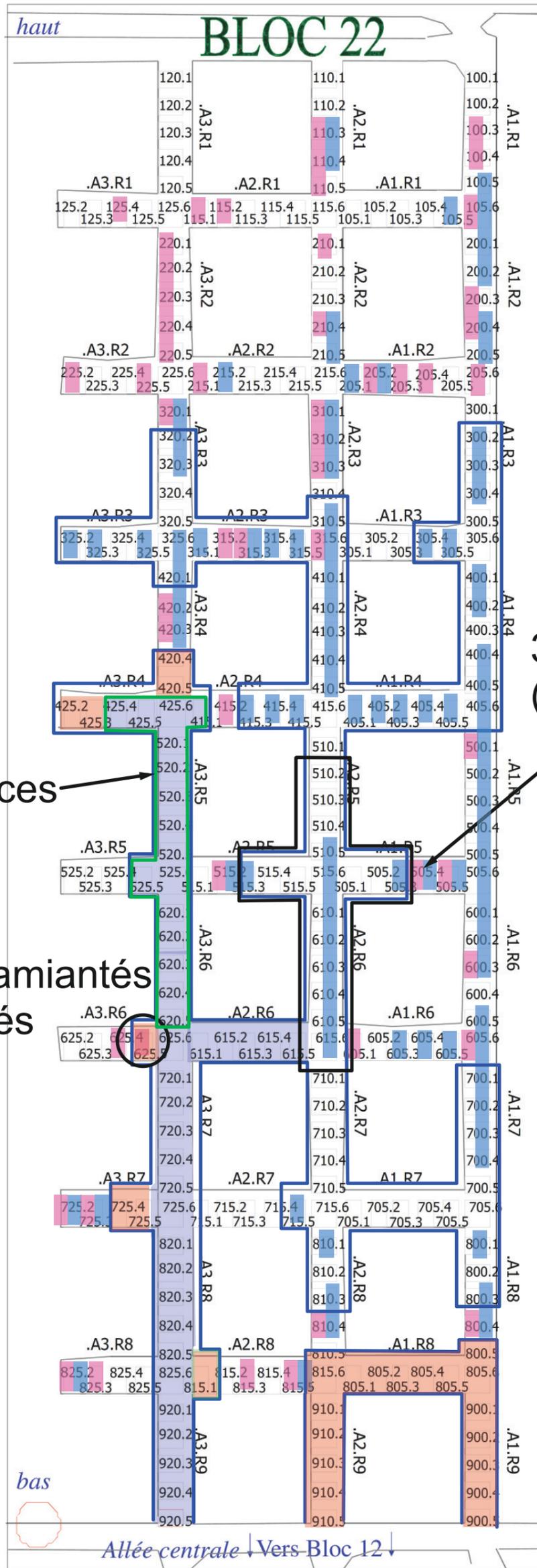
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 8



Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

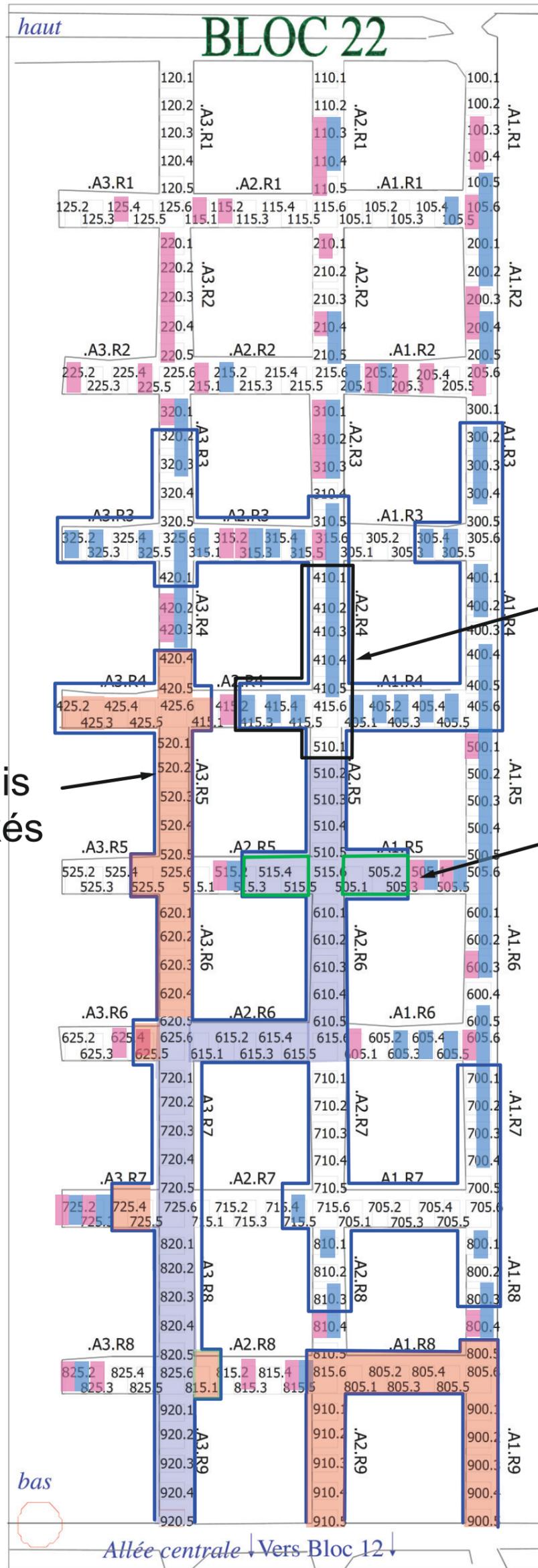
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 9



137 colis à restocker
(au sein du bloc)

386 colis restockés

144 places

Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

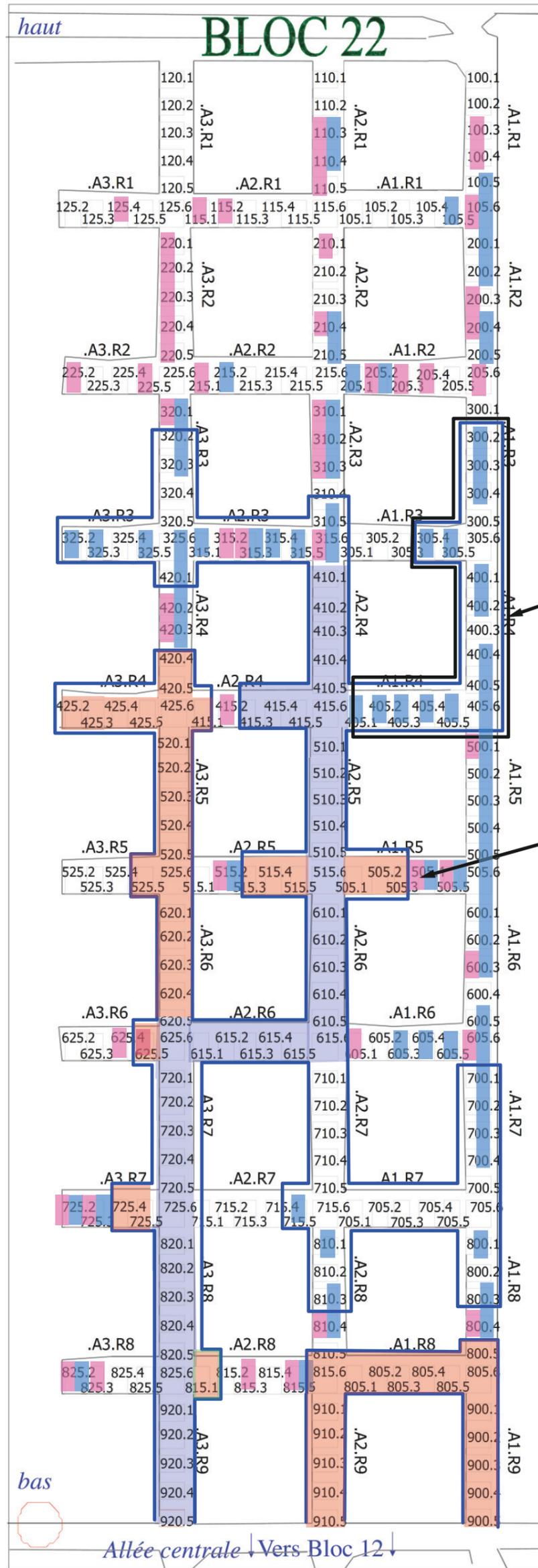
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 10



324 colis
à restocker
(dans B21)

137 colis
restockés

Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

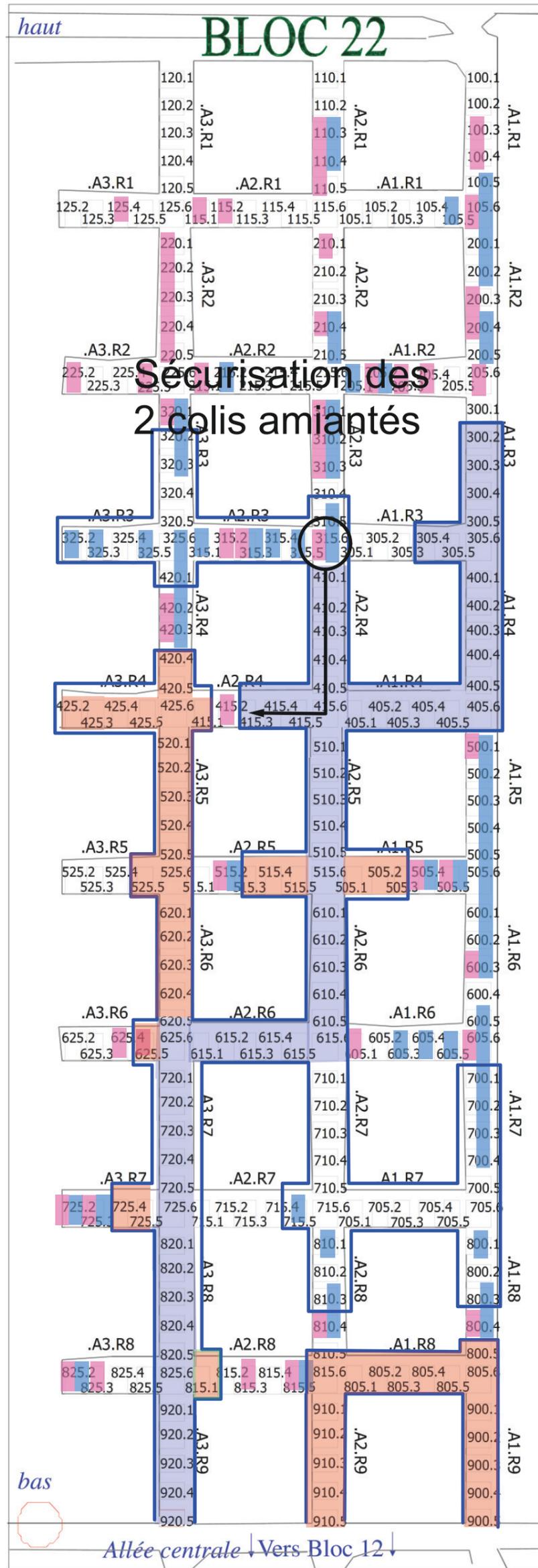
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 11



Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

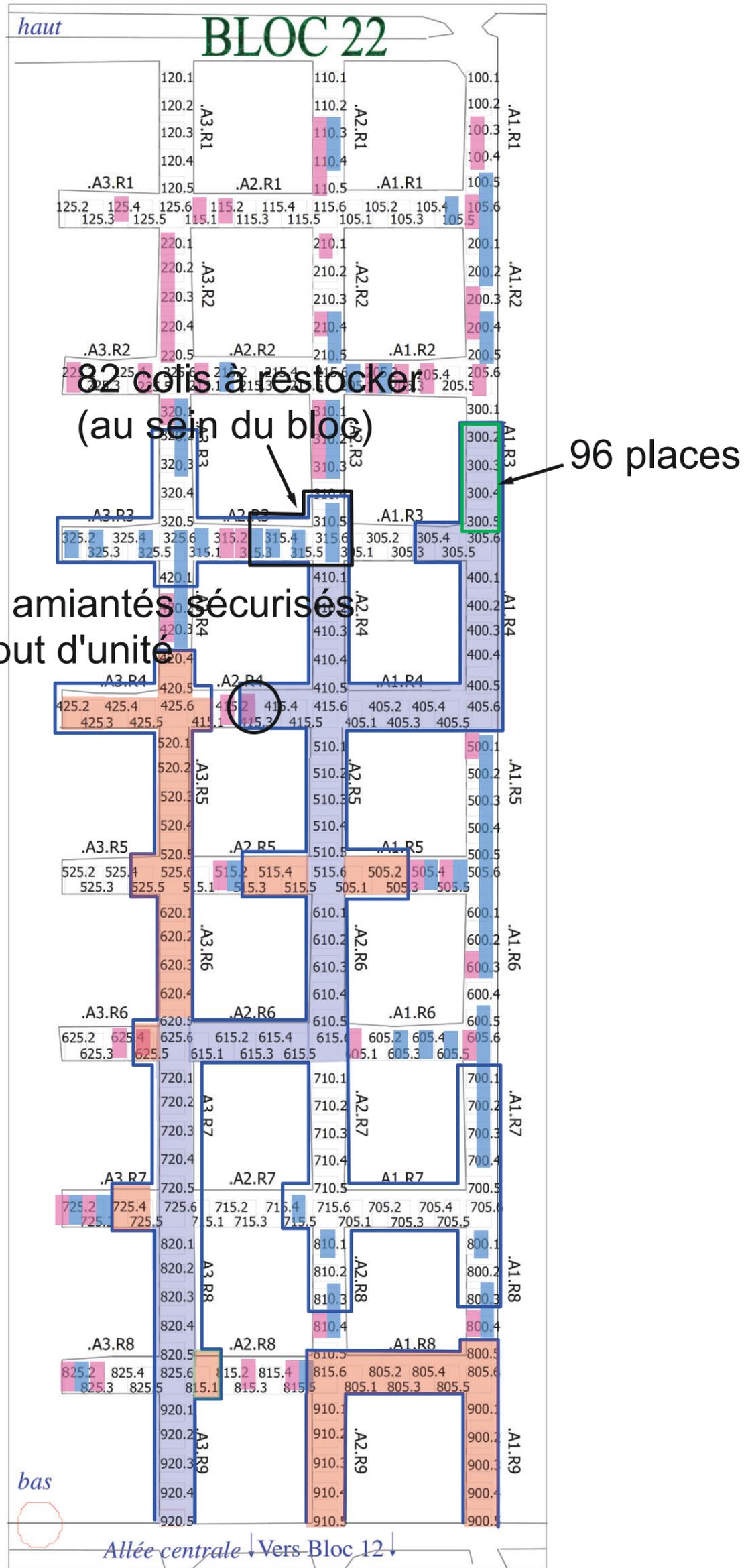
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 12



Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

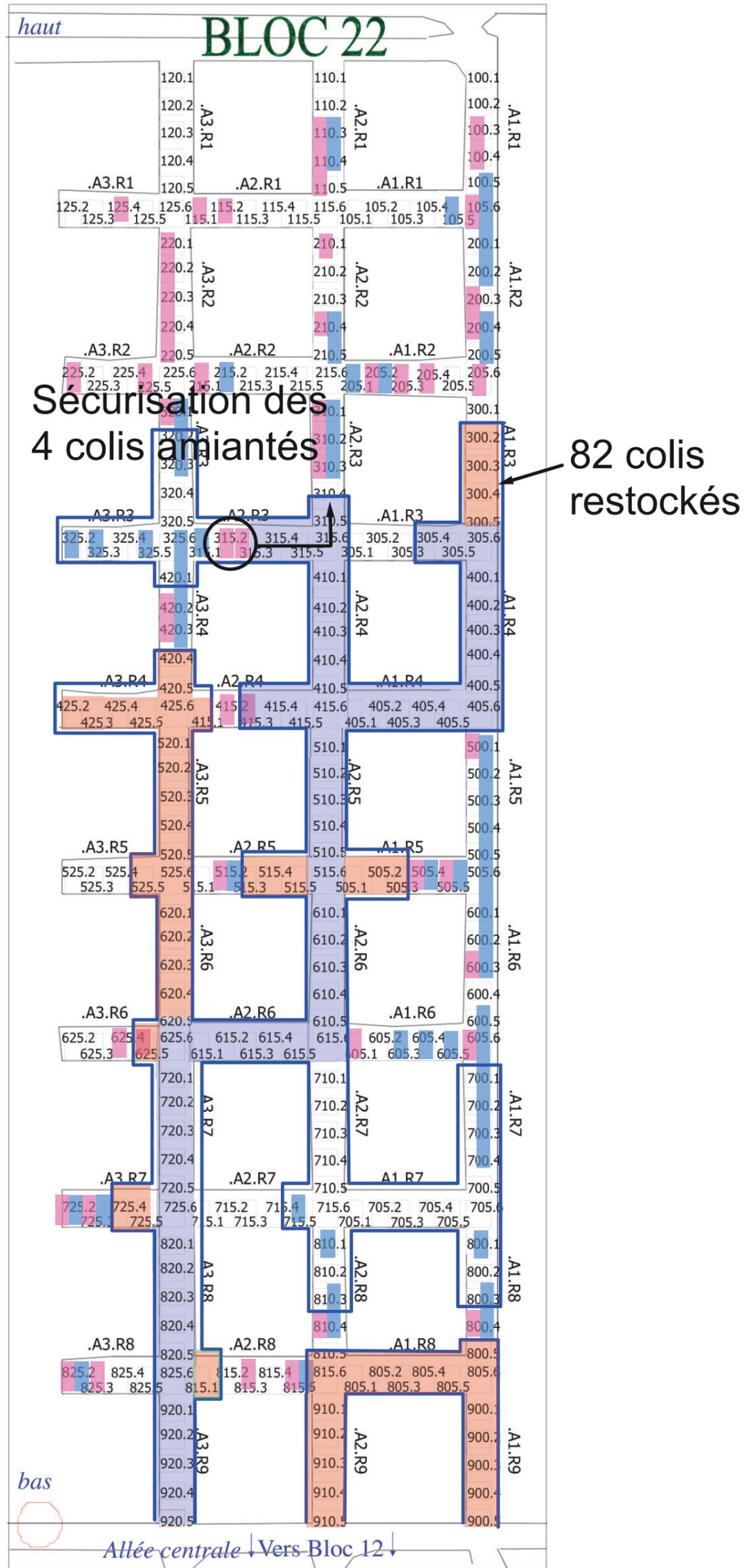
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 13



- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

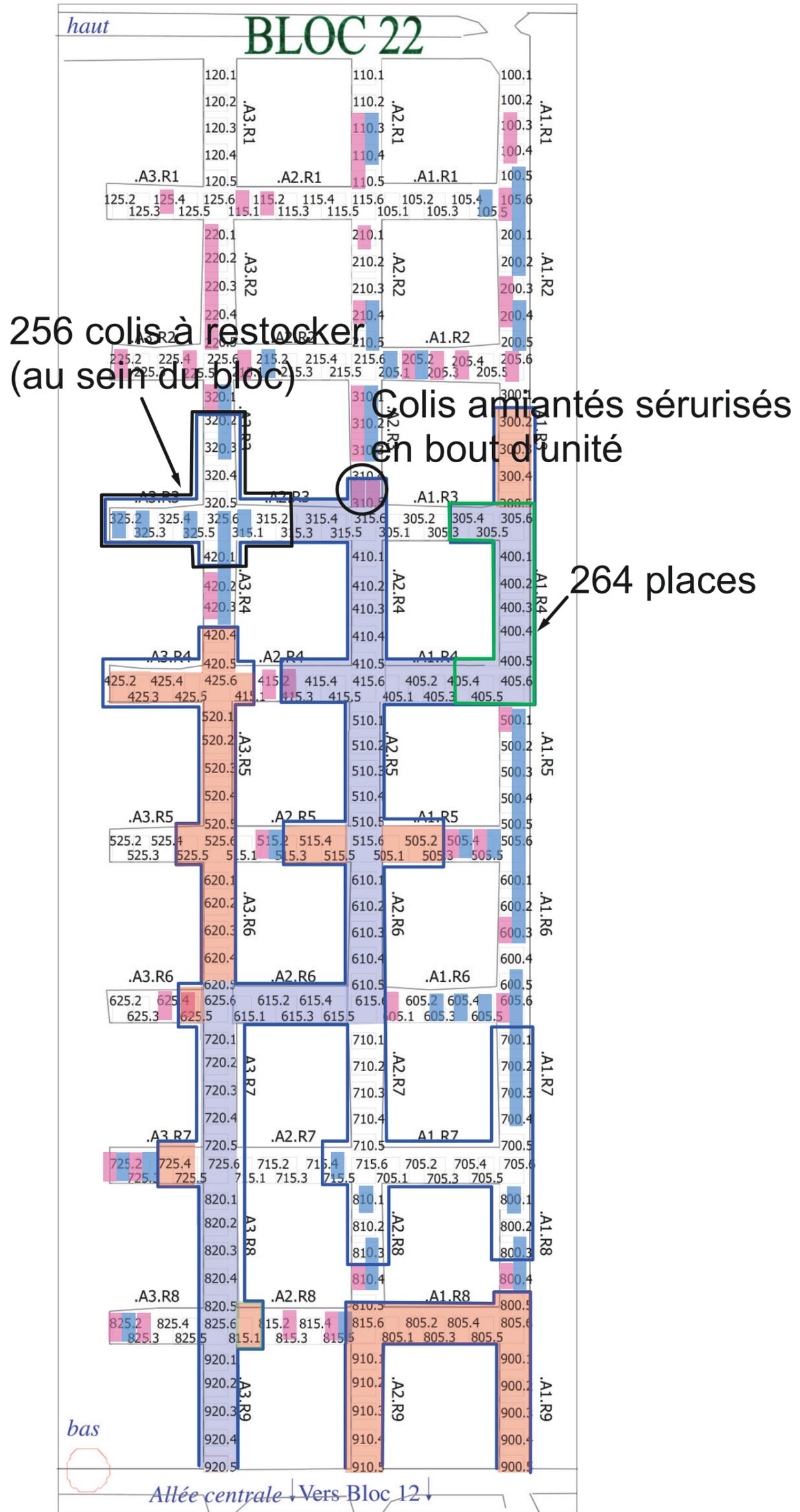
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 14



Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

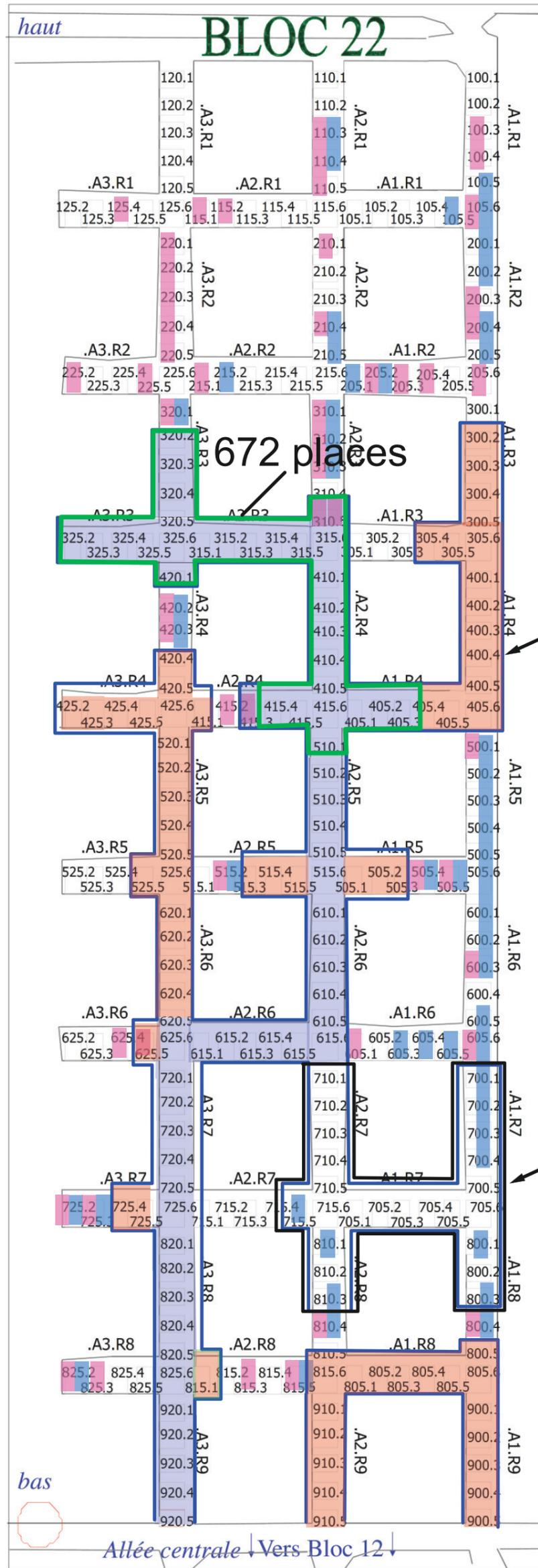
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Phase 15



256 colis restockés

658 colis à restocker (au sein du bloc)

Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

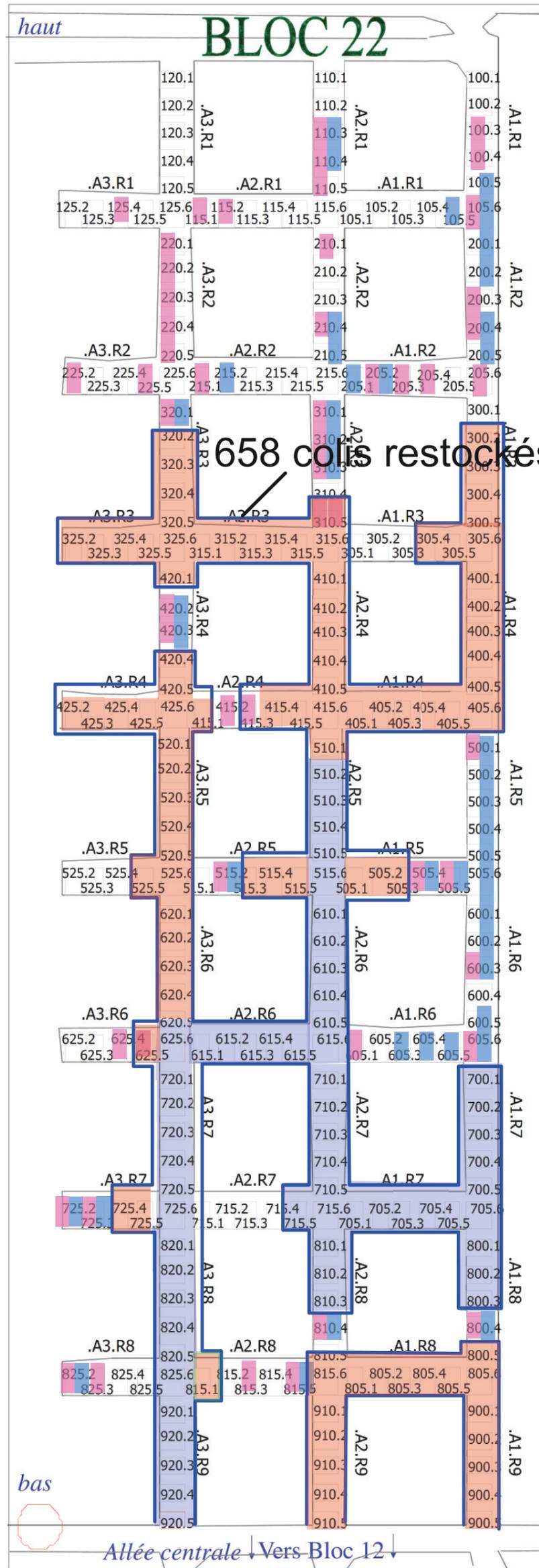
Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Situation finale



Annexe 8b

Logistique de déstockage du Bloc 22

StocaMine

Evaluation logistique et technique d'une réversibilité partielle du stockage
Retrait d'une partie des déchets contenant du mercure

- Déchets de nature B3 (arséniés)
- Déchets de nature E13 (déchets amiantés)
- Déchets d'autres natures
- Chemins d'accès aux colis B3 et B5 selon variante 1b
- Unités vidées après déstockage/restockage
- Unités restockées

Original: StocaMine
Créé le 23.05.2000

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



Date: 22.05.2012

Annexe 9

Exigences pour la reprise des déchets par les décharges souterraines allemandes

- 9a Mine d'Herfa-Neurode
- 9b 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

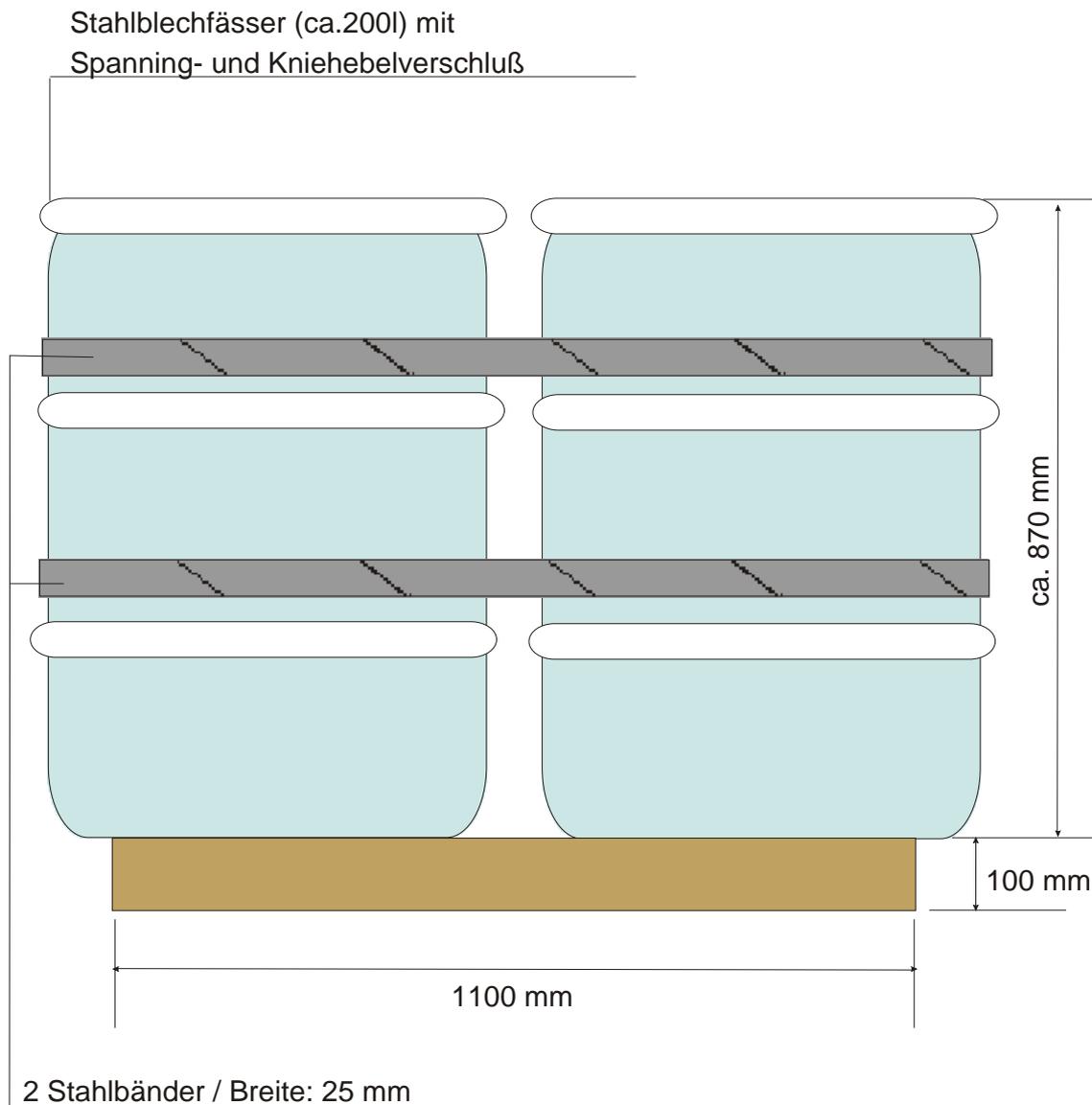
1. Formstabil, d.h. kein Überstand im befüllten Zustand über die Palettengrundmaße von max. 1,20m x 1,10m
2. Bodenform: geschlossen
3. Vier Hebeschlaufen an den Ecken
4. Höhe im befüllten Zustand: bis 120cm
(maximale Höhe einschl. Big-Bag-Blume und incl. Palette)
5. staubdicht; z. B. mit Nahtabdichtung;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

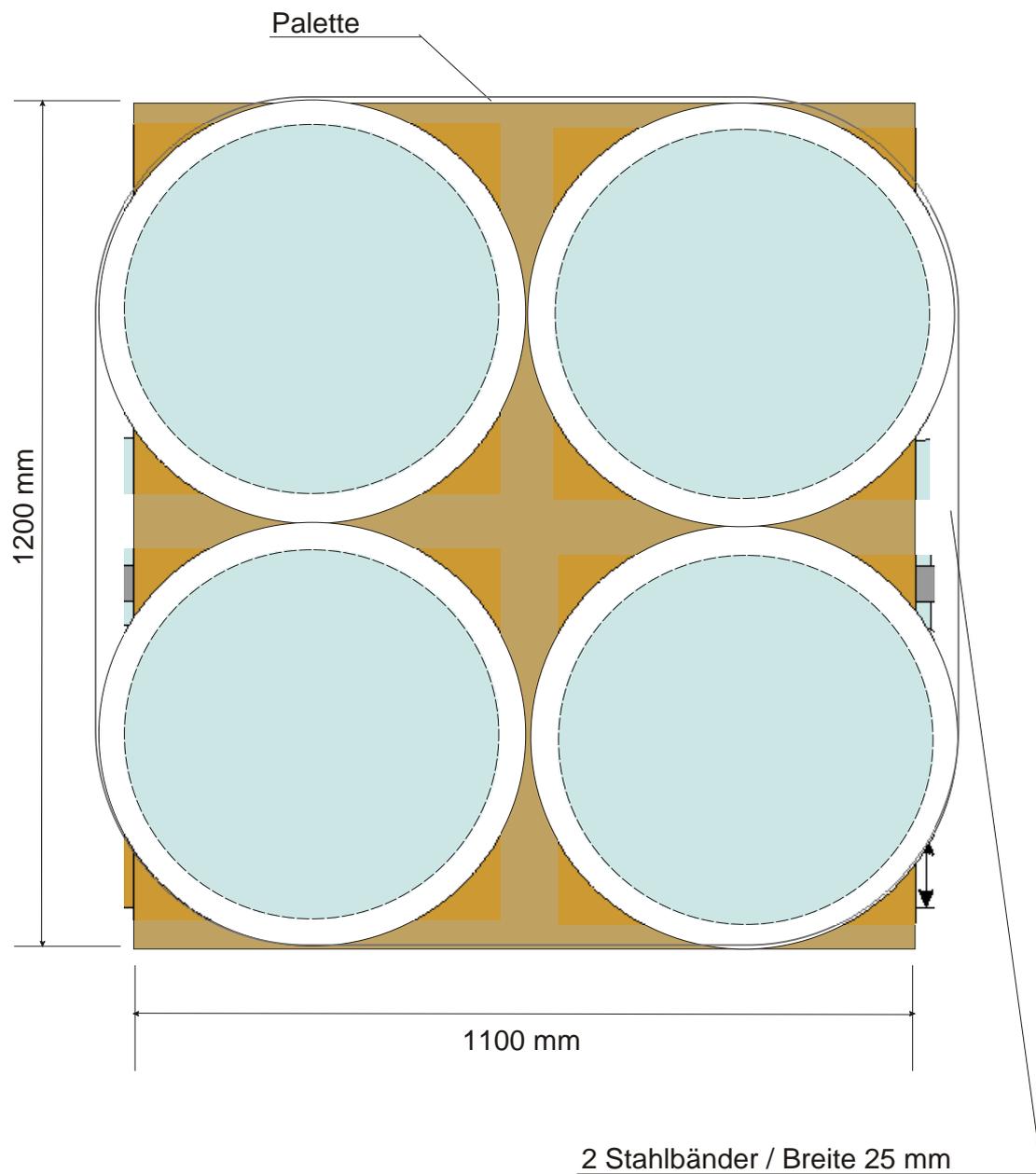
Seitenansicht



Wichtig: Spanning-Verschuß muß mit Sicherungsblechen gesichert werden !

Stahlblechfässer auf Palette

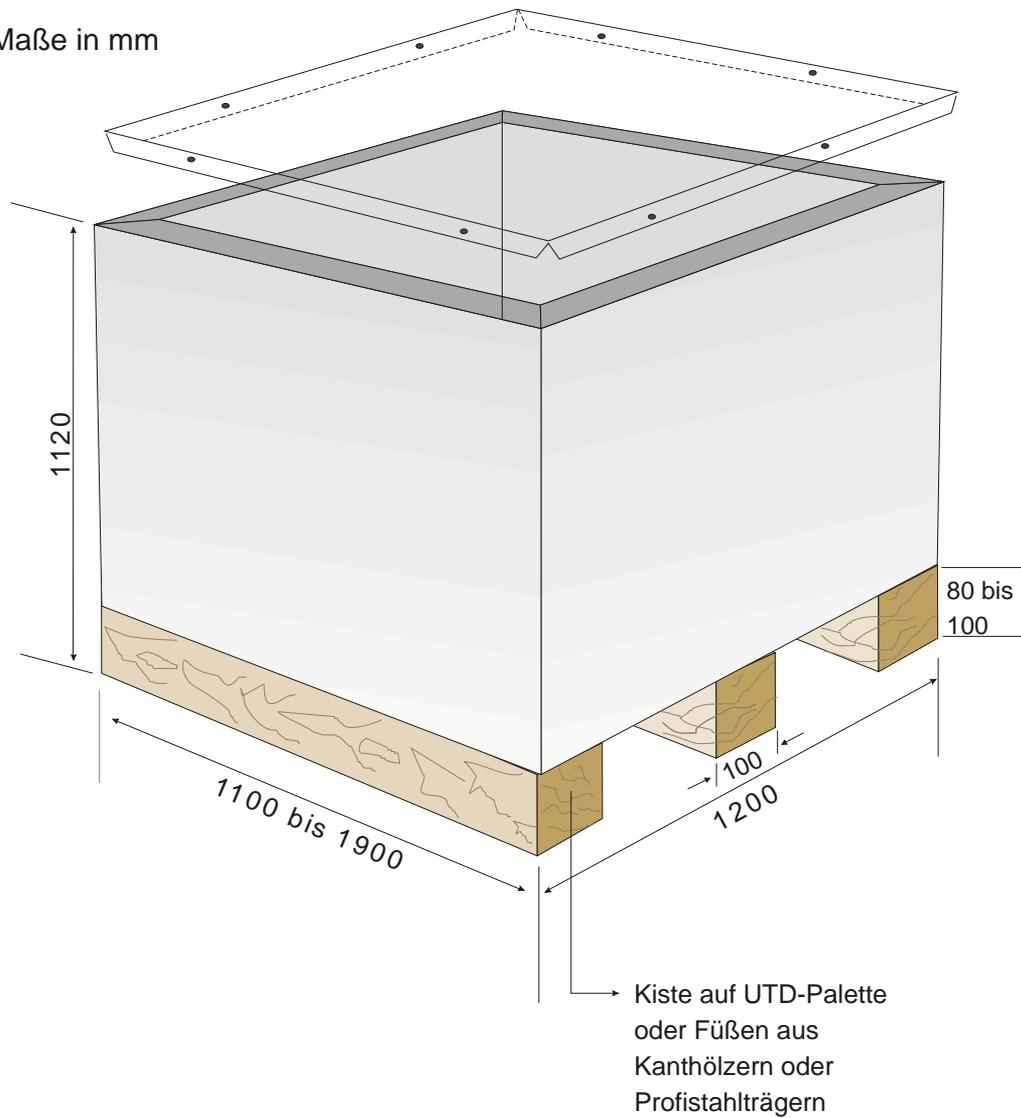
Draufsicht



Wichtig: nur Fässer gleicher Höhe verwenden

Stahlblech-Behältnis für Schüttgüter

Alle Maße in mm



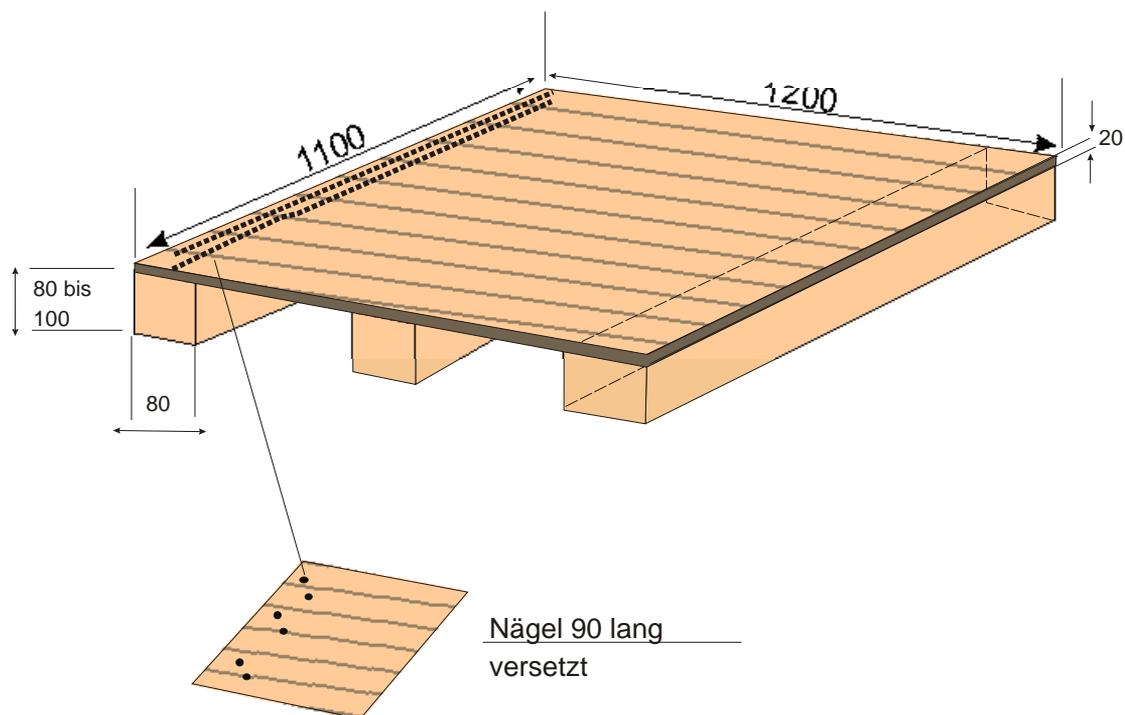
Blechstärke (Boden + Stülpdeckel) : $\geq 1,25$ mm

Werkstoff St37

Wichtig: Behältnis 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 in der 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 – außer bei Transformatoren und Kondensatoren – 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. 2 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.
10. Transformatoren und Kondensatoren sind restentleert und in geeigneten, auslaufsicheren und nicht brennbaren Behältnissen abzulagern.

Sonstige Hinweise:

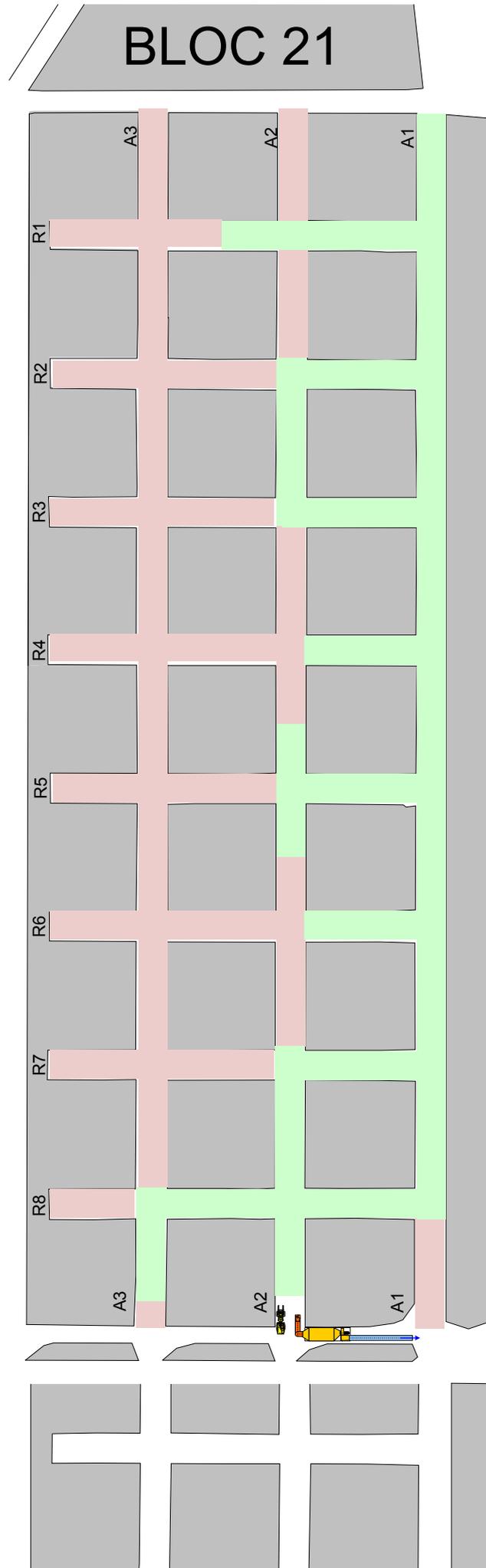
1. Die Paletten (falls kundeneigen und Rücklauf erforderlich) müssen mit einem Kurzzeichen gekennzeichnet sein. Big Bags oder Container dürfen nicht mit (brennbaren) Paletten abgelagert werden. Diese sind vom Kunden in jedem Fall zurückzunehmen (Ausnahme bei Faßanlieferung).
2. Anlieferung per LKW bzw. 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 zusammengezurt 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 Anlieferung und Abfertigung der Untertagedeponie Heilbronn wird zunächst auf 7:00 bis 14:00 Uhr (Mo – Fr) beschränkt.
9. Der Abfallerzeuger bzw. -anlieferer teilt relevante Änderungen der Abfallzusammensetzung im Hinblick auf die Deponie-Eingangskriterien unverzüglich mit.

Annexe 10

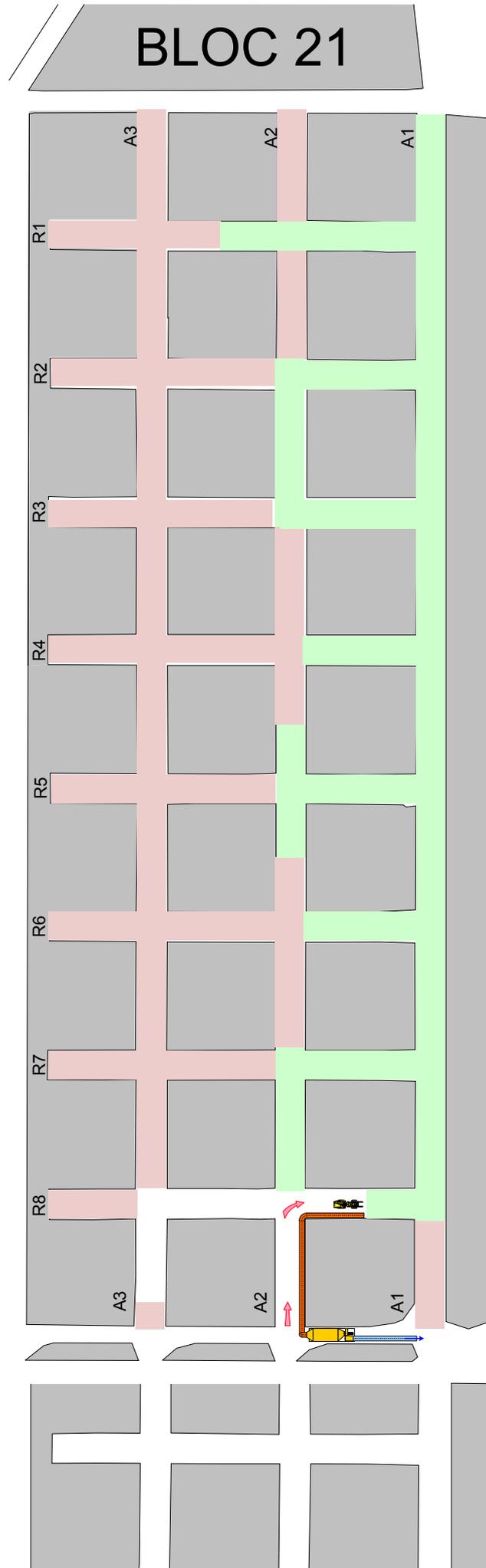
Déplacement de l'installation d'aspiration/filtration en fonction de l'avancée dans les Blocs 21 et 22

10a Bloc 21

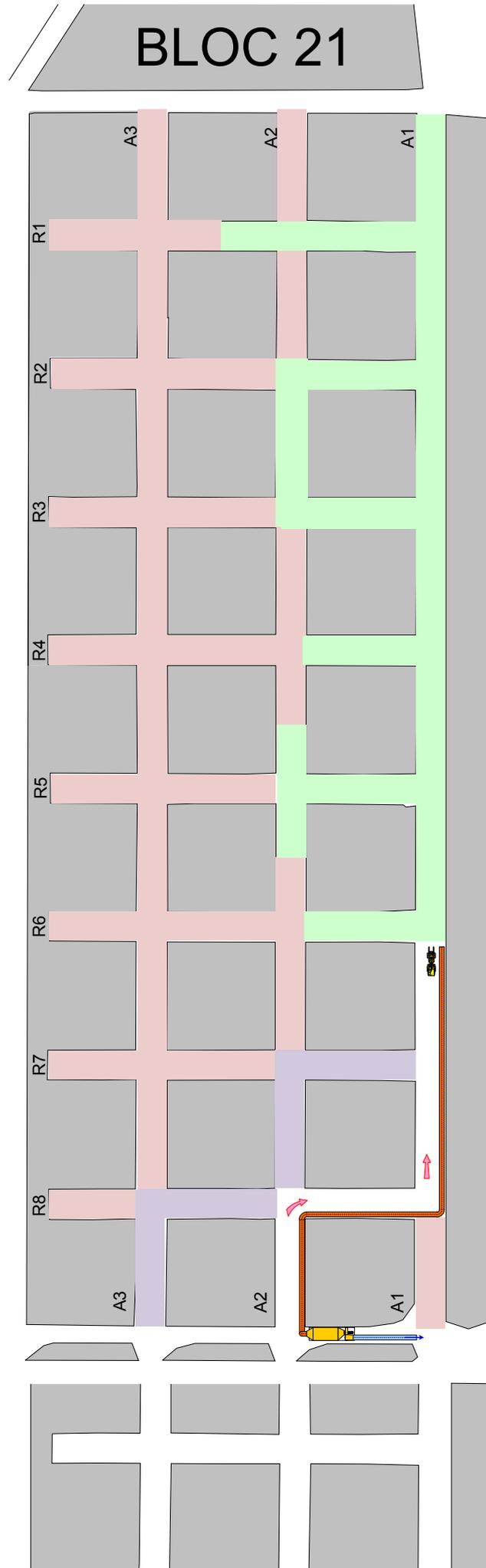
10b Bloc 22

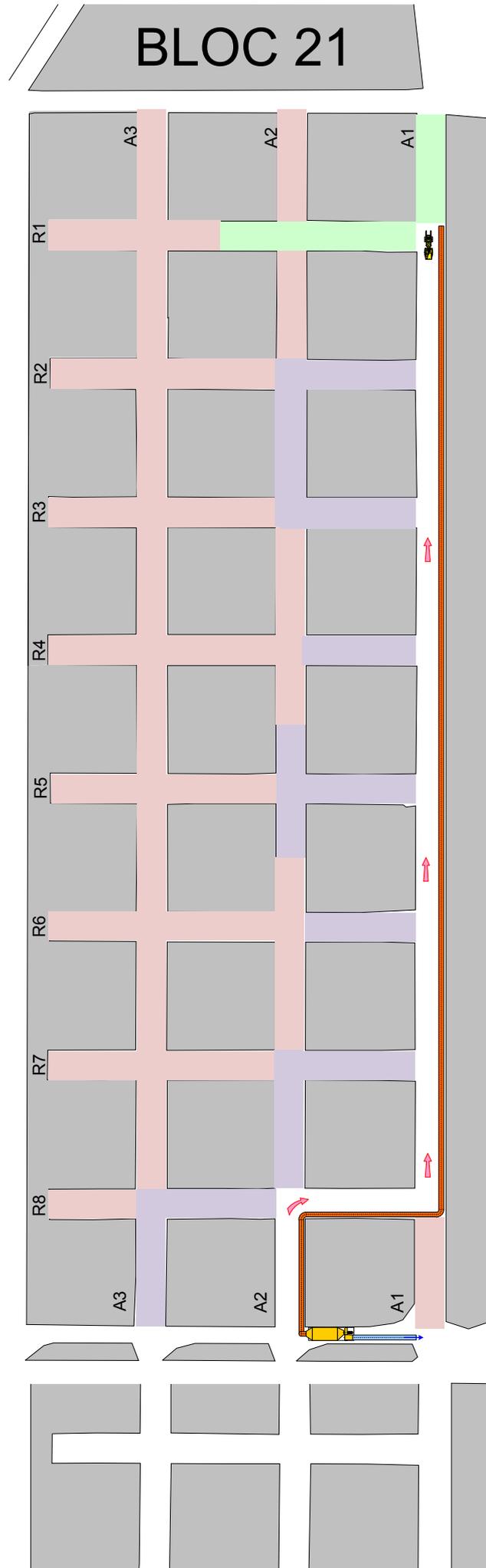


- Colis à déplacer
- Colis à ne pas déplacer
- Colis restockés
- Air frais issu de l'aération de la mine



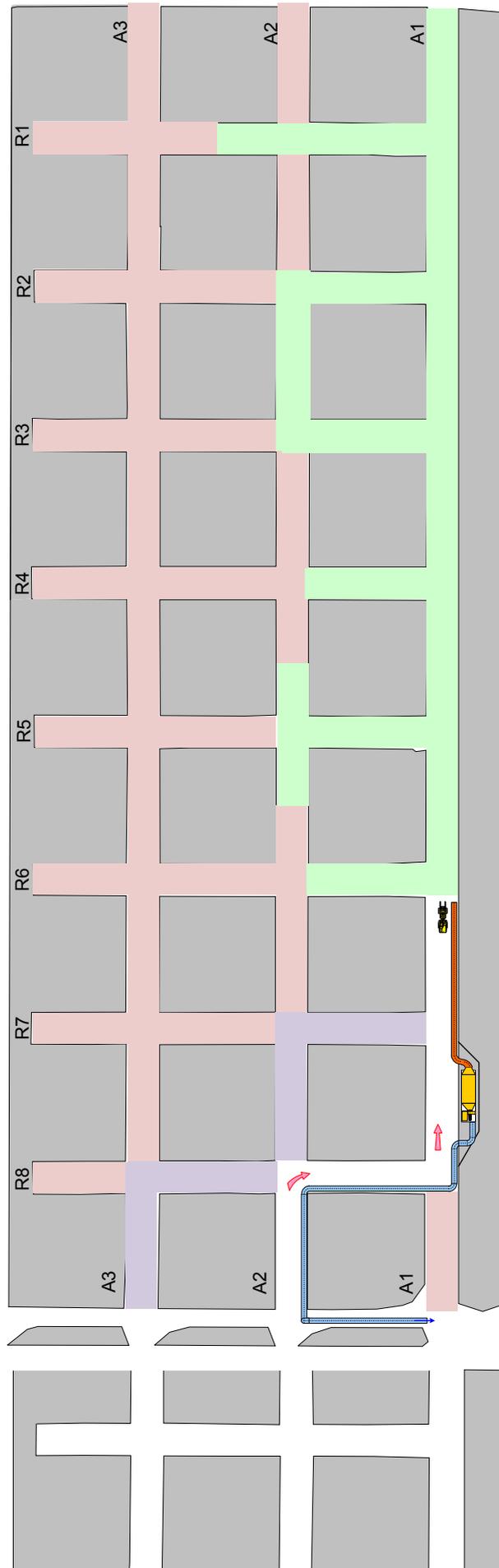
- Colis à déplacer
- Colis à ne pas déplacer
- Colis restockés
- Air frais issu de l'aéragé de la mine





- Colis à déplacer
- Colis à ne pas déplacer
- Colis restockés
- Air frais issu de l'aéragé de la mine

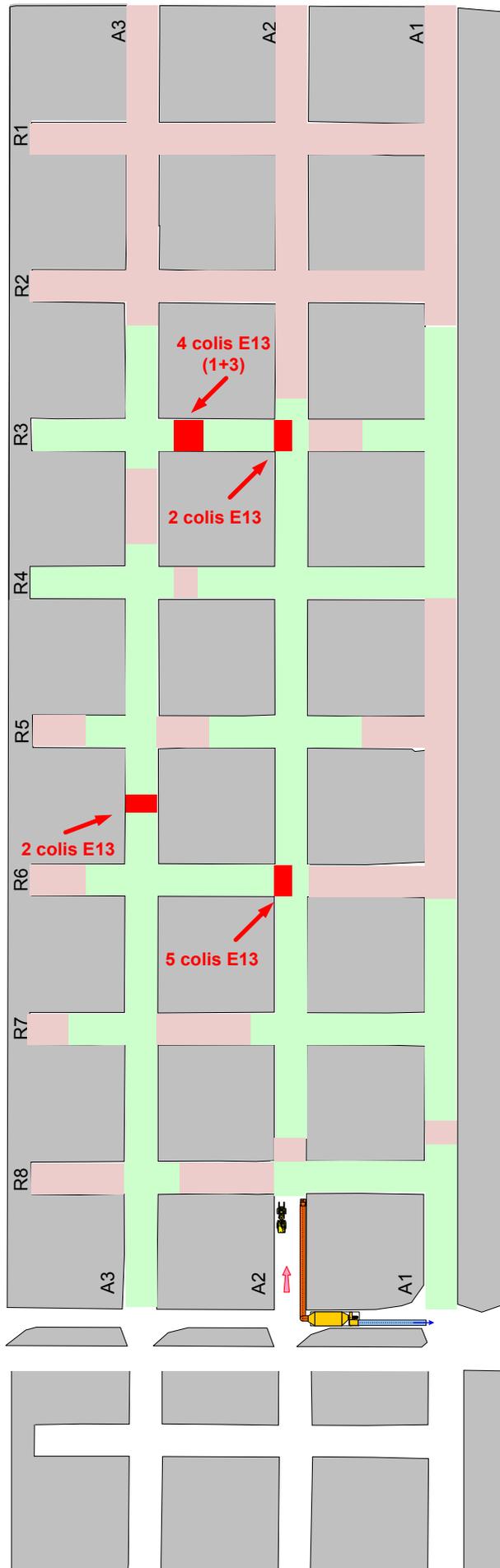
BLOC 21



- Colis à déplacer
- Colis à ne pas déplacer
- Colis restockés
- Air frais issu de l'aérage de la mine

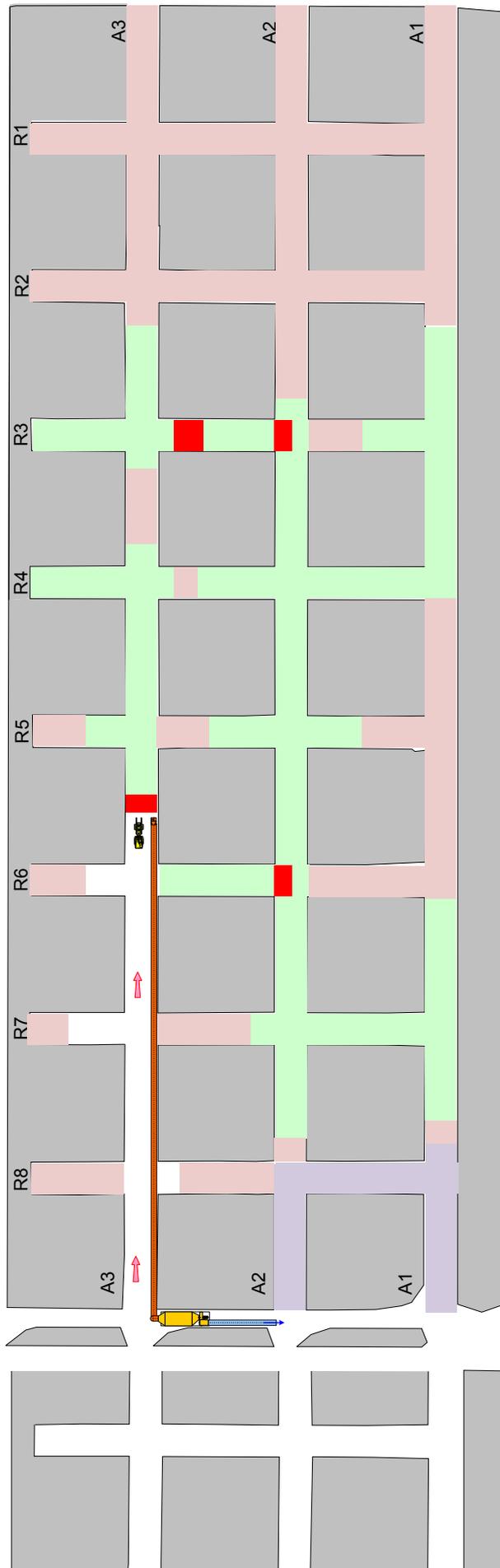
Installation d'aérage et filtration „rangée“ dans le parement après rabasseage

BLOC 22



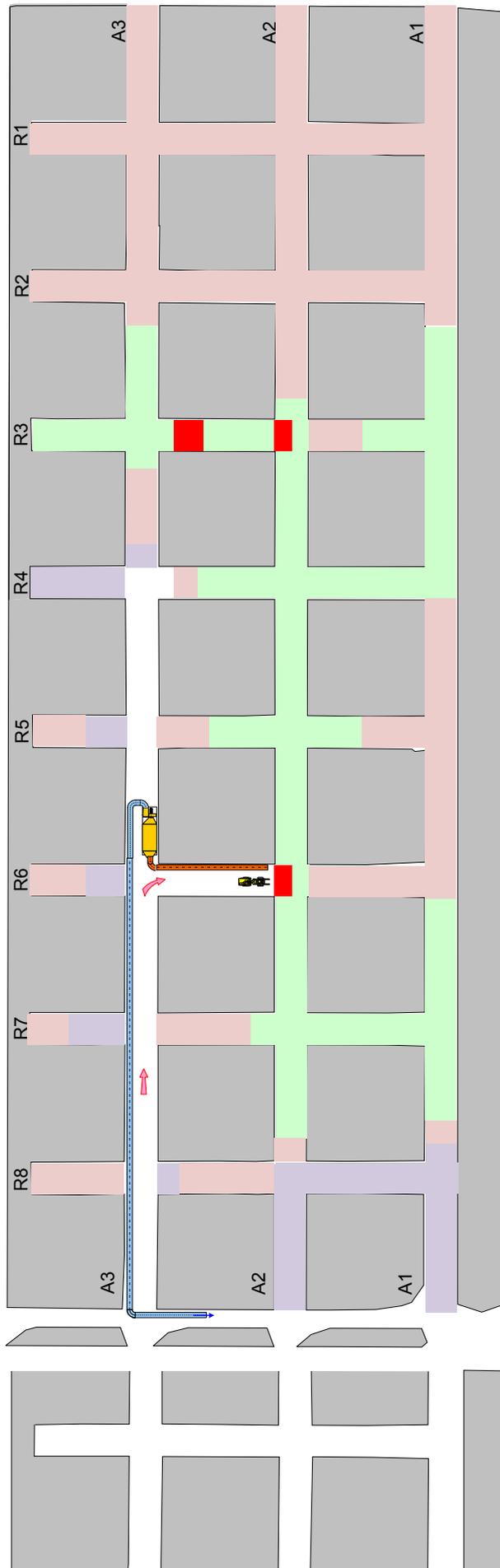
-  Colis à déplacer
-  Colis à ne pas déplacer
-  Colis restockés
-  Air frais issu de l'aéragé de la mine
-  Colis amiantés à déplacer

BLOC 22



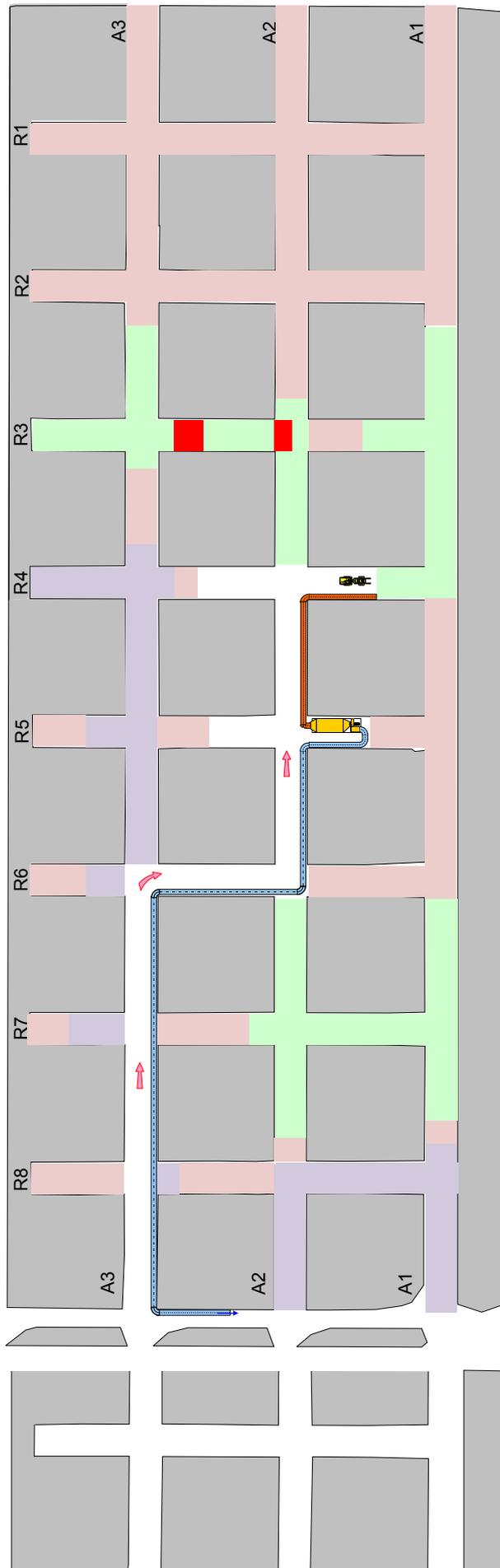
-  Colis à déplacer
-  Colis à ne pas déplacer
-  Colis restockés
-  Air frais issu de l'aéragage de la mine
-  Colis amiantés à déplacer

BLOC 22



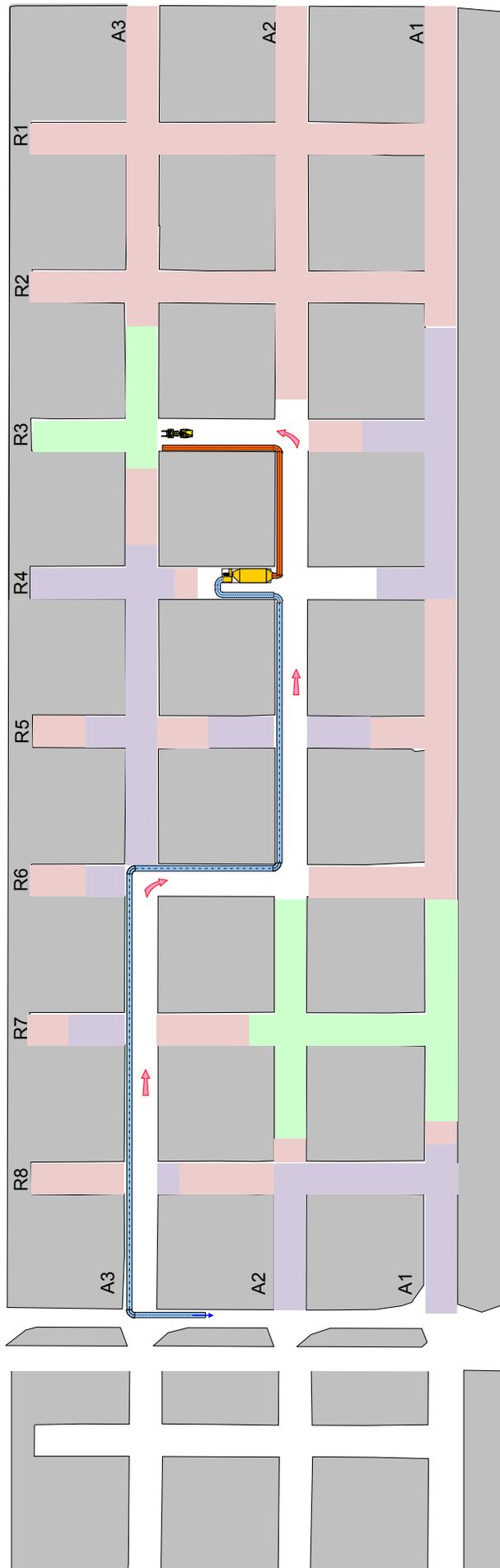
- Colis à déplacer
- Colis à ne pas déplacer
- Colis restockés
- Air frais issu de l'aéragé de la mine
- Colis amiantés à déplacer

BLOC 22



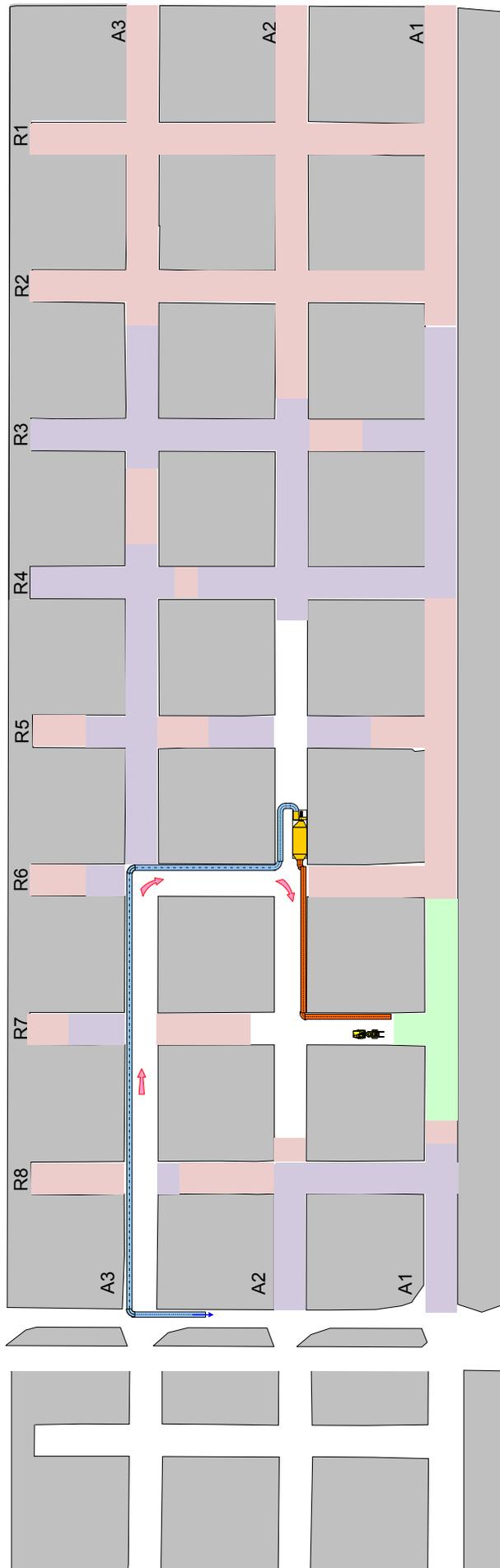
-  Colis à déplacer
-  Colis à ne pas déplacer
-  Colis restockés
-  Air frais issu de l'aéragé de la mine
-  Colis amiantés à déplacer

BLOC 22



- Colis à déplacer
- Colis à ne pas déplacer
- Colis restockés
- Air frais issu de l'aérage de la mine
- Colis amiantés à déplacer

BLOC 22



-  Colis à déplacer
-  Colis à ne pas déplacer
-  Colis restockés
-  Air frais issu de l'aéragé de la mine
-  Colis amiantés à déplacer

Annexe 11

**Estimation StocaMine des performances
d'avancement et des effectifs nécessaires**

Déstockage StocaMine hors bloc 15

le 22 février 2012

Hypothèses générales :

- si chantier de désamiantage, 2 fois 2 heures de travail par poste pour chaque équipe (simulation ci-dessous)
- performances d'avancement :
 - déstockage d'1 rangée en 2 heures
 - traitement minier d'1 rangée en 2 heures
- longueur de 1,33 m pour 1 rangée
- travaux menés sur 2 blocs simultanément avec alternance des opérations de déstockage et de traitement minier

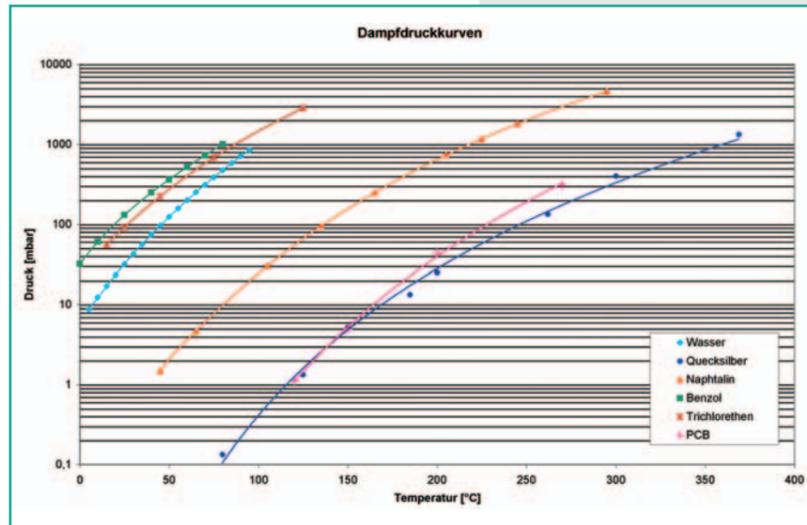
opérations	effectif par poste et par bloc	6h à 8h	8h à 10h	10h à 12h	12h à 14h	14h à 16h	16h à 18h	18h à 20h	20h à 22h	22h à 6h	qui ?
extraction, reconditionnement et chargement des colis pour transport à l'entrée des blocs	3	1 rangée		1 rangée		1 rangée		1 rangée			prestataire déstockage
rabassenage du mur et boulonnage toit et parements	2		1 rangée		1 rangée		1 rangée		1 rangée		prestataire déstockage
transport des colis à la recette fond du puits Joseph	1	1 rangée		1 rangée		1 rangée		1 rangée			stocamine ou prestataire déstockage
conduite machine d'extraction	1										opérateur minier
reprise des colis pour engagement et remonte par l'installation d'extraction du puits Joseph	2		équivalent 2 rangées			équivalent 2 rangées					stocamine ou prestataire déstockage
déchargement des colis à la recette-jour du puits Joseph et entreposage provisoire	2		équivalent 2 rangées			équivalent 2 rangées					stocamine ou prestataire déstockage
contrôle laboratoire	1										prestataire déstockage
chargement des colis sur camion ou wagon	1										stocamine ou prestataire déstockage
permanence électro-mécanique	1										opérateur minier
entretien des installations										en poste de nuit	opérateur minier

encadrement	effectif par poste				qui ?
AM fond déstockage	1				prestataire déstockage
AM surface manutention et contrôle	1				stocamine ou prestataire déstockage
AM entretien des installations					opérateur minier

Annexe 12

**Renseignements complémentaires sur la
technologie mise en œuvre par TechnoSan
(distillation du Hg sous vide)**

Abb.: Graphische Darstellung der Dampfdruckkurven verschiedener Schadstoffe und Wasser im Vergleich



Verfahrensvorteile der patentierten EcoSan-Technik

- Durch den Einsatz von Vakuumtechnik im geschlossenen System wird optimale Sicherheit für Arbeits- und Umweltschutz erreicht.
- Der Chargenbetrieb ermöglicht einen optimal auf den jeweiligen Einsatzstoff abgestimmten Prozessablauf. Druck, Temperatur und Behandlungsdauer können individuell für jede Charge reguliert werden.
- Verdampfung und Kondensation erfolgen ebenfalls in dem geschlossenen Prozess. Die entstehende Abluftmenge wird dadurch wesentlich reduziert.
- Durch das Niedertemperaturverfahren und die chargenweise Prozesssteuerung wird bei der Verdampfung nur der Aggregatzustand des Schadstoffes verändert. Somit entstehen keine Spaltprodukte.

- Niedrige Behandlungstemperaturen sorgen für eine günstige Energiebilanz.
- Die EcoSan-Technologie eignet sich auch zur Aufbereitung von Materialien mit hohen Schadstoffkonzentrationen.
- Durch die tatsächliche stoffliche Trennung kann der Anteil an Reststoffen auf ein Minimum begrenzt werden.
- Je nach Kundenwunsch kann die EcoSan-Anlagen-Technik stationär oder semimobil betrieben werden.



Hauptverwaltung Krailling:
 Felix-Wankel-Straße 1
 82152 Krailling, Deutschland
 Tel +49 (0) 89 895 145 - 0
 Fax +49 (0) 89 856 227 0
 info@technosan.de
 www.technosan.com

Verwertungsanlage Neuötting:
 Am Pilgerweg 1
 84524 Neuötting, Deutschland
 Tel +49 (0) 8671 92 87 77
 Fax +49 (0) 8671 92 87 78

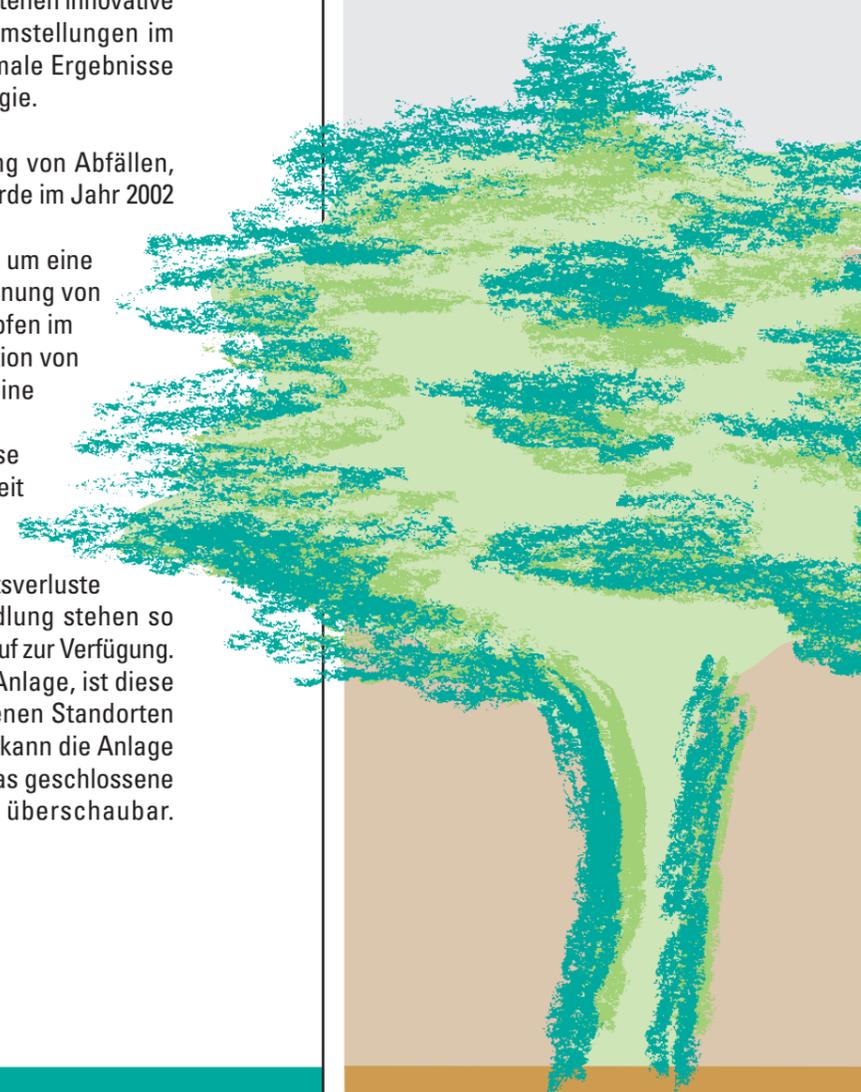
D

THERMISCHE BEHANDLUNGSANLAGE

Die TechnoSan Umwelttechnik GmbH wurde im Frühjahr 1993 gegründet. Seither hat sie sich zu einem führenden Anbieter bei der Sanierung von kontaminiertem Boden, Bauschutt und mineralischen Reststoffen entwickelt. Dabei stehen innovative Ideen zur Lösung von individuellen Problemstellungen im Vordergrund. So erreicht TechnoSan® optimale Ergebnisse im Zusammenspiel von Ökonomie und Ökologie.

Dem innovativen Verfahren zur Aufbereitung von Abfällen, Schlämmen und verunreinigtem Erdreich wurde im Jahr 2002 ein europäisches Patent erteilt. Bei der EcoSan-Technologie handelt es sich um eine destillative Aufbereitung zur stofflichen Trennung von Fest- und Flüssigstoffen. Durch das Verdampfen im Vakuum und der anschließenden Kondensation von Ölen oder leichtflüchtigen Metallen erfolgt eine optimale Trennung der Einzelstoffe. Voraussetzung für gute Reinigungsergebnisse bei dieser Technologie ist die Verdampfbarkeit der Kontaminanten.

Die stoffliche Trennung erfolgt ohne Qualitätsverluste der aufbereiteten Stoffe. Nach der Behandlung stehen so zwei neue Produkte für den Wirtschaftskreislauf zur Verfügung. Ausgeführt als stationäre oder semimobile Anlage, ist diese Technik innerhalb kurzer Zeit an verschiedenen Standorten zu betreiben. Durch die kompakte Bauweise kann die Anlage auch auf kleinem Raum betrieben werden. Das geschlossene System hält den Genehmigungsaufwand überschaubar.



THERMISCHE BEHANDLUNGSANLAGE

LÖSUNGEN FÜR EINE SAUBERE UMWELT

Materialzusammensetzung und Anlagendaten

Materialzusammensetzung:

Materialart:
Kontaminierter Boden, Bauschutt, industrielle Schlämme, Metallschlämme

Konsistenz:
Stichfest

Feuchtigkeit:
1 - 50 %

Verunreinigungsgrad:
bis 50 %

Schadstoffbelastung:
Organische Substanzen (z.B. Öle, PAK, PCB), anorg. Schadstoffe (Quecksilber, Arsen oder Cadmium)

Anlagendaten:

Input:
ca. 140 to/Tag

Betriebszeiten:
3-Schicht-Betrieb

Chargengröße:
ca. 10 to

Korngröße:
Max. 50 mm

Aufbereitungsart:
Physikalische Trennung durch Vakuumdestillation

Energieversorgung:
Erdgas oder Heizöl

Verfahrensbeschreibung

Das zu behandelnde Schüttgut wird mittels einer Siebanlage in zwei Fraktionen getrennt. Sofern die Partikel mit einer Größe über 50 mm relevante Schadstoffbelastungen aufweisen, werden sie gebrochen und mit aufbereitet.

Die Behandlungsanlage wird über einen Gurtförderer mit der Fraktion kleiner 50 mm beschickt. Die Verwiegung erfolgt mit Hilfe einer Bandwaage am Förderer. Von diesem gelangt das Schüttgut in den ersten Schaufeltrockner.

Nach dem Befüllen wird mit Hilfe einer Vakuumpumpe ein Unterdruck angelegt. Das Schüttgut wird zugleich auf ca. 60 °C aufgeheizt (Stufe 1). Die Beheizung erfolgt mittels Thermalöl, das indirekt den Trommelmantel und die Welle der Mischwerkzeuge erwärmt. Durch die Bedingungen in der Trommel verdunstet das im Schüttgut vorhandene Wasser vollständig. Die Behandlungszeit in der 1. Stufe richtet sich nach der Feuchte des Schüttguts.

Nach dem Trocknungsvorgang wird das Schüttgut in die zweite darunter liegende Trommel gefördert. Bei einem Vakuum bis ca. 5 mbar absolut und einer Maximaltemperatur bis zu 350 °C werden die Schadstoffe aus dem Schüttgut desorbiert (Stufe 2). Die Erzeugung des Vakuums erfolgt über eine Vakuumpumpe, die Beheizung mittels Thermalöl. Vakuum, Temperatur und Behandlungszeit in der zweiten Trommel werden durch die physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften der abzutrennenden Stoffe bestimmt.

Nach der Reinigung gelangt das Schüttgut in einen Vorratsbehälter. Von dort wird es mit einem Schneckenförderer zu einem weiteren, deutlich kleineren, kontinuierlich arbeitenden Mischer geleitet. Hier erfolgt eine Abkühlung und Befeuchtung. Am Austrag des Mixers befindet sich ein weiterer Förderer.

Die in beiden Stufen anfallenden Dämpfe werden in nachgeschalteten Kondensatoren wieder verflüssigt. Um eine übermäßige Belastung der Kondensatoren mit feinen Partikeln weitgehend zu verhindern, liegen zwischen den Trommeln und den Wärmetauschern Brüdenfilter, die zur Vermeidung einer Kondensatbildung beheizt sind.

Das aus dem Dampfkondensator der ersten Stufe gewonnene Kondensat wird über einen Zwischenbehälter einer Reinigungseinheit zugeführt. Die Aufbereitung des Kondenswassers erfolgt in einer Filterkombination, in der auch Feinstpartikel zurückgehalten werden. Anschließend folgt die Reinigung über Aktivkohle. Das aufbereitete Wasser gelangt in einen Sammelbehälter. Aus diesem Behälter wird anschließend der Befeuchtungsmischer mit Wasser versorgt.

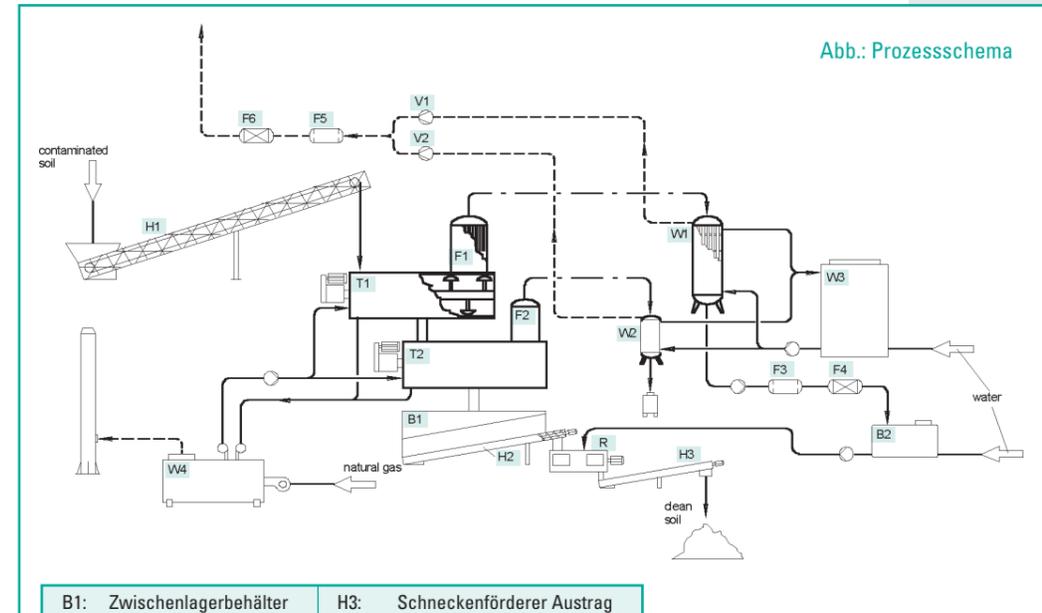


Abb.: Prozessschema

B1: Zwischenlagerbehälter	H3: Schneckenförderer Austrag
B2: Sammelbehälter für Wasser	R: Befeuchtungsmischer
F1: Brüdenfilter Stufe 1	T1: Schaufeltrockner Stufe 1
F2: Brüdenfilter Stufe 2	T2: Schaufeltrockner Stufe 2
F3: Schwebstofffilter	V1: Vakuumpumpe Stufe 1
F4: Aktivkohlefilter	V2: Vakuumpumpe Stufe 2
F5: Staubfilter	W1: Kondensator Stufe 1
F6: Aktivkohlefilter	W2: Kondensator Stufe 2
H1: Gurtförderer Eintrag	W3: Kühlturm
H2: Schneckenförderer	W4: Thermalölerhitzer

Die aus dem Dampfkondensator der Stufe 2 stammenden Kondensate, die i.d.R. aus unterschiedlichen Schadstoffen bestehen, werden direkt in einen hierfür geeigneten Sammelbehälter geleitet und zur Weiterverarbeitung bereitgestellt. Der aus den Vakuumpumpen stammende geringe Abluftstrom wird durch einen Staubfilter und nachgeschaltete Adsorptionsfilter geleitet. Das Thermalöl, das beide Trockner versorgt, wird in einem Heizkessel auf 350 °C erwärmt. Als Brennstoff dient Erdgas oder Heizöl.

Um die Reinigungswirkung der Anlage zu überwachen, sind an den relevanten Bauteilen Probenahmestellen installiert.

Zur vollautomatischen Steuerung der Anlage sind sämtliche Komponenten in eine SPS-Regelung eingebunden.

Annexe 13

Compte-rendu de Swissi SA

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).

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
<p>Risque faible à élevé en présence de déchets sans amiante</p> <p>Risque faible et moyen avec déchet amiantés</p>	<p>Combinaison avec capuchon étanche aux poussières</p> <p>Masque TM3P avec ventilation assistée</p> <p>Gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité</p> <p>Bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité</p>	<p>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).</p> <p>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</p> <p>Possibilité d'asperger avec un brouillard d'eau</p>
<p>Risque élevé avec déchets amiantés</p>	<p>Combinaison avec capuchon étanche aux poussières</p> <p>Masque TM3P avec ventilation assistée</p> <p>Gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité</p> <p>Bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité</p>	<p>Fermeture étanche de la zone avec sas d'accès</p>
<p>Zone de reconditionnement des colis ne contenant pas d'amiante</p>	<p>Combinaison avec capuchon étanche aux poussières</p> <p>Masque TM3P avec ventilation assistée</p> <p>Gants scotchés sur la combinaison pour assurer l'étanchéité</p> <p>Bottes scotchées sur la combinaison pour assurer l'étanchéité</p>	<p>Fermeture étanche de la galerie</p>

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