MDPA
Mines de Potasse d'Alsace

Etude technique et financière de la faisabilité de la poursuite d'un déstockage partiel, en parallèle de la poursuite du confinement

Volet 6 – Mise en situation des équipements existants pour un horizon de 2027

Projet n°ALSP190266 – 30 septembre 2020

Rapport n°A104344/D

anteagroup TRACTEBEL ENGIE

Fiche signalétique

Etude technique et financière de la faisabilité de la poursuite d'un déstockage partiel, en parallèle de la poursuite du confinement

Volet 6 – Mise en situation des équipements existants pour un horizon de 2027

CLIENT	SITE D'INTERVENTION
Client	MDPA
Adresse du Client	Avenue Joseph Else – BP 50 68 310 Wittelsheim
Détails du Client	Céline Schumpp Liquidatrice amiable et Secrétaire Générale Tél : +33 3 89 57 87 32 Mail : c.schumpp@mdpa.fr
RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Direction de projet	Stéphane HEUDE Sophie JANVIER (adjointe)
Rapport n°	A 104344 - Volet 6 – Mise en situation des équipements existants pour un horizon 2027
Version n°	Version D
Votre commande et date	Marché n° 2019-MF001 - A.E. du 03/09/2019
Projet n°	ALSP190266

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction :	Serge GODART (TE)	Ingénieur	30/09/2020	
Approbation :	Jean Frédéric OUVRY (ANTEA)	Directeur de projets Infrastructures	30/09/2020	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	29 avril 2020	78	1	Création
B	23 juin 2020	83	1	Prise en compte des remarques techniques des MDPA Compléments suite visite de la mine du 04/06/2020
C	3 septembre 2020	83	1	Prise en compte des remarques techniques des MDPA
D	30 septembre 2020	83	1	**Version définitive**

Sommaire

1. Introduction 8
2. Documents liés 10
2.1. Documents MDPA cités 10
2.2. Autres documents 10
2.3. Documents Antea Group / Tractebel 10
2.4. Documents consultés mais non cités 11
3. Machinerie des puits 12
3.1. Description des équipements 12
3.2. Analyse du rapport DMT ([1]) 12
3.3. Analyse des équipements du puits à partir de la documentation technique disponible et des visites du site 16
3.3.1. Treuil à friction situé à proximité du puits Joseph 16
3.3.2. Treuil de secours du puits Else 17
3.3.3. Chevalement du puits Else 17
3.3.4. Performance de levage de la machinerie Joseph 19
3.3.5. Etat de corrosion des installations du puits et du revêtement en fonte 21
3.4. Recommandations pour le puits Joseph 22
3.4.1. Améliorations nécessaires 22
3.4.2. Améliorations recommandées 24
4. Géomécanique 25
4.1. Observations durant la visite du site 25
4.2. Analyse des rapports existants 28
4.3. Recommandations relatives à la géomécanique 31
4.3.1. Suppression des piliers 32
4.3.2. Réalisation de piliers complémentaires 32
5. Système de ventilation 34
5.1. Présentation générale de l'architecture 34
5.1.1. Aperçu général 34
5.1.2. Principales fonctions de la ventilation 36
5.1.3. Description des systèmes de ventilation 36
5.1.4. Analyse qualité de la documentation 42
5.2. Inspections physiques des systèmes de ventilation 42
5.3. Recommandations 43
6. Réseaux 45
6.1. Réseaux d'eau 45
6.1.1. Réseau d'eau incendie 47
6.1.2. Réseau d'eau industrielle 50

6.1.3. Recommandations pour le système d'alimentation en eau 52
6.2. Système d'inertage à l'azote 52
6.2.1. Description de l'installation 52
6.2.2. Recommandations pour le réseau inertage azote 54
6.3. Système d'exhaure 54
6.3.1. Description de l'installation 54
6.3.2. Recommandations pour le système d'exhaure 57
6.4. Réseau air comprimé (AC) 58
6.4.1. Description de l'installation 58
6.4.2. Recommandations pour le réseau d'alimentation en air comprimé 62
6.5. Réseaux et système électriques 62
6.5.1. Description de l'installation haute tension en surface 62
6.5.2. Description de l'installation électrique haute tension en souterrain 64
6.5.3. Recommandations pour le système électrique 68
6.6. Système de supervision - Télégrisoumétrie 69
6.6.1. Description de l'installation 69
6.6.2. Recommandations pour le système de supervision 72
6.7. Système de communication 73
6.7.1. Description du système 73
6.7.2. Recommandations pour le système de communication 73
7. Véhicules 74
7.1. Véhicules miniers 74
7.1.1. Chariots élévateurs et chargeurs frontaux 74
7.1.2. Boulonneuse 76
7.1.3. Excavatrice à attaque ponctuelle et rabasseneuse 77
7.2. Véhicules de transport 78
7.2.1. Transport de groupes de personnes 78
7.2.2. Transport individuel 79
7.2.3. Camions pour le transport des déchets 80
7.3. Ambulance et véhicule pompier 81
7.4. Synthèse et recommandations 82
8. Disponibilité de personnel minier 83

Table des figures

Figure 1 - Schéma de principe d'un système à friction (Koepe) 13
Figure 2 - Photographie des câbles clos sur le site des MDPA (gauche) et photographie des câbles à torons utilisés sur le site de Gorleben en Allemagne (droite) 13
Figure 3 - Treuil à friction utilisé comme secours pour le puits Joseph 16
Figure 4 - Treuil de secours du puits Else 17
Figure 5 - Etat dégradé des structures béton (à gauche) et acier (à droite) observé durant l'expertise de 2015 18
Figure 6 - Chevalement du puits Else constitué de piliers en béton armé. 18
Figure 7 - Diagramme des vitesses pour un fonctionnement du puits Joseph à 6 m/s 19
Figure 8 - Diagramme des vitesses pour un fonctionnement du puits Joseph à 9.5 m/s 19
Figure 9 - Photographies de l'état des installations dans le puits Joseph 22
Figure 10 - Grue mobile comme treuil de secours 23
Figure 11 - Treuil semi-mobile utilisé sur le site de Gorleben 24
Figure 12 - Variété de soutènements observés dans la mine 25
Figure 13 - Exemple de soutènement très lourd au carrefour entre les voies AQ1 et AJ1 26
Figure 14 - Lits argileux en toit au niveau -23m 26
Figure 15 - Etat de déstructuration des piliers 27
Figure 16 - Procédure de stabilisation des zones fortement endommagées selon le rapport ROV Consult (document [10]) 29
Figure 17 - Cartographie de la zone de stockage conformément à la classification de l'état de contrainte 30
Figure 18 - Plan de positionnement des recoupes (« R »), des piliers et des forages endoscopiques 31
Figure 19 - Schéma du principe de suppression des piliers et d'unification des galeries selon une forme en dôme 32
Figure 20 - Recoupe R6 avec un soutènement provisoire avant la mise en place du soutènement définitif 33
Figure 21 - Schéma de principe de la ventilation de StocaMine avec localisation des principaux ventilateurs (extracteurs ES1, ES2 et ventilateur auxiliaire Berry) 35
Figure 22 - Schéma de principe général de la ventilation souterraine de l'installation StocaMine 37
Figure 23 - Courbes débit / pression des ventilateurs ES1 & ES2 en fonction de l'angle de calage des aubes 38
Figure 24 - Courbe d'iso consommation des extracteurs ES1 & ES2 39
Figure 25 - Courbes débit / pression des ventilateurs Engart 30'' 41
Figure 26 - Courbe d'iso consommation des ventilateurs ENGART 30'' 41
Figure 27 - Illustration plan de détail d'un ventilateur ENGART 30'' 42
Figure 28 - Vue du ventilateur ES1 43

Figure 29 - Synoptique du système d'alimentation en eau de la mine avec redondance 45
Figure 30 - Photographie des réseaux transitant dans le puits Joseph 46
Figure 31 - Position de la recoupe fluide en souterrain 46
Figure 32 - Tableau divisionnaire du réseau eau incendie basse pression 47
Figure 33 - Tableau divisionnaire avec manomètres de contrôle et réducteur de pression 48
Figure 34 - Schéma de principe du déploiement du réseau eau incendie en souterrain 49
Figure 35 - Tableau secondaire de distribution du réseau d'eau industrielle BP 51
Figure 36 - Extrait de la cartographie du réseau d'inertage à l'azote 52
Figure 37 - Branchement extérieur en surface 53
Figure 38 - Tableau by-pass localisé en recette jour (hall C puits Joseph) 53
Figure 39 - Tableau by-pass localisé en recette fond (dans la recoupe fluide) 54
Figure 40 - Synoptique fonctionnel du système d'exhaure 55
Figure 41 - Plan du système d'exhaure en souterrain 56
Figure 42 - Photographies des cuves tampon / bacs de rétention 56
Figure 43 - Photographies des pompes de refoulement vers la surface BARTHOD 57
Figure 44 - Synoptique du système d'alimentation en air comprimé de la mine avec redondance 58
Figure 45 - Photographie du compresseur localisé en surface au sous-sol chevalement Joseph 59
Figure 46 - Photographie du compresseur localisé en souterrain dans la recoupe fluide 59
Figure 47 - Photographie de la cuve de stockage d'AC en surface (sous-sol chevalement Joseph) 60
Figure 48 - Tableau de distribution de l'air comprimé localisé dans le sous-sol du chevalement Else 60
Figure 49 - Tableau de distribution de l'air conditionné localisé dans le sous-sol du chevalement Joseph 61
Figure 50 - Tableau de distribution localisé dans la recoupe fluide en souterrain 61
Figure 51 - Schéma unifilaire du poste haute tension 62
Figure 52 - Poste haute tension des MDPA 63
Figure 53 - Groupe électrogène de secours 63
Figure 54 - Poste 5kV Joseph à l'étage 64
Figure 55 - Schéma unifilaire du poste 5 kV localisé en surface 64
Figure 56 - Cellules n° 2, 5 et 10 du poste 5 kV de surface qui assurent l'alimentation électrique du fond 65
Figure 57 - Station électrique souterraine principale 65
Figure 58 - Localisation de la station électrique souterraine principale 66
Figure 59 - Schéma unifilaire du réseau 5kV déployé dans la mine 66
Figure 60 - Extrait de la cartographie du système électrique (document [17]) 67
Figure 61 - Station mobile en souterrain 67

Figure 62 - Synoptique de la supervision de l'installation souterraine 69
Figure 63 - Extrait de la cartographie des capteurs CO et CH4 installés dans l'installation souterraine (plan n° 03b du document [17]) 70
Figure 64 - Extrait de la cartographie de la ventilation avec positions des capteurs de températures et anémomètres (plan n°02 du document [17]) 71
Figure 65 - Photographie de l'installation télégrisoumétrie en surface (bâtiment Joseph) 72
Figure 66 - Extrait de la cartographie du réseau de téléphonie souterrain (plan n° 03c du document [17]) 73
Figure 67 - Chargeur frontal TJ 75
Figure 68 - Chargeur frontal Wagner CW 75
Figure 69 - Chariot élévateur à bras télescopique AUSA (à gauche) et chariot élévateur DP Caterpillar (à droite) 75
Figure 70 - Boulonneuse JS 76
Figure 71 - Boulonneuse CMM 52 76
Figure 72 - Excavatrice à attaque ponctuelle PAURAT 77
Figure 73 - Excavatrice à attaque ponctuelle Alpine F6a 77
Figure 74 - Rabasseneuse RB 78
Figure 75 - Véhicule pour le transport de groupes 79
Figure 76 - Jeep actuellement utilisée pour le transport individuel 79
Figure 77 - Véhicule JPL utilisés en 2015-2017 pour le transport des colis de déchets mercuriels 80
Figure 78 - Véhicule ambulance actuellement utilisé en souterrain 81

Table des tableaux

Tableau 1 - Retour d'expérience de la durée de vie des câbles sur les sites exploités par BGE TEC (conditions minières et mécaniques similaires) 15
Tableau 2 - Retour d'expérience de la durée de vie des câbles sur les sites exploités par BGE TEC (machinerie en tête de puits) 15
Tableau 3 - Cycle de performance globale du puits Joseph 20
Tableau 4 - Résultats de l'inspection par ultrasons de l'épaisseur du cuvelage en fonte 21
Tableau 5 - Liste des chariots élévateurs et chargeurs frontaux actuellement disponibles 74
Tableau 6 - Synthèse et recommandations pour tous les types de véhicules 82

Table des annexes

Annexe I : Analyse d'assurance qualité de la documentation relative à la ventilation

1. Introduction

Le projet StocaMine, autorisé en février 1997, prévoyait de stocker des déchets dangereux pendant une durée de trente ans et dans des conditions réversibles en exploitation, dans des galeries creusées à cet effet dans les couches de sel gemme situées sous les anciennes couches du gisement de potasse exploité par les Mines De Potasse d'Alsace (MDPA) à Wittelsheim (68).

L'incendie survenu dans le bloc 15 en septembre 2002 a mis un terme à la poursuite de l'exploitation, alors qu'environ 44 000 tonnes de déchets ultimes avaient été stockées.

Un déstockage partiel de déchets mercuriels et de déchets phytosanitaires contenant du zirame, représentant environ 2 400 tonnes et contenant 95 % du mercure, a été achevé fin 2017.

Le confinement définitif des déchets non déstockés a été autorisé par arrêté préfectoral du 23 mars 2017. Les MDPA sont le maître d'ouvrage de la fermeture du stockage.
L'opération de confinement comprend la réalisation de douze barrages (ouvrages de scellement de galeries). Elle doit être achevée fin 2023 dans le scénario actuel et au plus tard en 2027.

A la demande de l'Etat, le BRGM a réalisé en 2018 une étude dont l'objet était l'analyse de la faisabilité technique et le délai d'une opération de déstockage total (hors bloc 15) sans en juger de la pertinence. L'étude du BRGM a conclu que le déstockage total (hors bloc 15) est envisageable et conduirait à un confinement définitif terminé aux environs de mi-2030.

Le Ministre de la Transition Écologique et Solidaire a alors annoncé en février 2019 le lancement d'une étude technique et financière de la faisabilité de la poursuite d'un déstockage partiel, en parallèle de la poursuite du confinement, pouvant se dérouler jusqu'à 2027.

Les MDPA ont confié cette étude au groupement Antea Group – Tractebel Engie.

Trois scénarios, intitulés S2, S3 et S4, sont analysés :

- S2 : déstockage de 100 % des déchets hormis ceux du bloc 15, option dont la faisabilité a été développée par le BRGM ;
- S3 : déstockage de l'ensemble des déchets hormis ceux du bloc 15, à l'exclusion des résidus d'incinération, des déchets amiantés et des déchets générés par le chantier de déstockage achevé en 2017, solution alternative également développée par le BRGM dans son rapport ;
- S4 : déstockage supplémentaire de déchets à définir en qualité et en quantité dans le cadre de la présente étude.

Pour chacun de ces scénarios, seront évalués les conditions de sécurité, le bénéfice environnemental et les coûts.

L'étude comprend neuf volets définis dans le cahier des charges :

- Volet 1 : Elimination des déchets déstockés ;
- Volet 2 : Evaluation des risques sécurité et environnementaux ;
- Volet 3 : Etude des techniques à mettre en œuvre et de leur sécurisation – prise en compte des contraintes de la mine ;
- Volet 4 : Etude logistique et planification ;
- Volet 5 : Analyse des conséquences sur le projet de confinement ;
- Volet 6 : Mise en situation des équipements existants pour un horizon 2027 ;
- Volet 7 : Etude des risques généraux et de leurs barrières ;
- Volet 8 : Inventaire des démarches administratives, de leurs délais et des conditions de réussite de ces démarches ;
- Volet 9 : Elaboration du budget.

Le présent rapport concerne le volet 6 – Mise en situation des équipements existants pour un horizon 2027.

Les principaux objectifs de ce rapport sont d'évaluer l'état actuel de la mine dans sa globalité et de définir les améliorations à apporter afin d'assurer une pérennité de l'installation en vue de possibles futures activités de déstockage. Plusieurs éléments ont été analysés : les équipements mécaniques des puits, la stabilité des galeries souterraines, le système de ventilation, les réseaux et les véhicules miniers.

Ce rapport comprend une analyse technique détaillée basée sur la documentation disponible, transmise par les MDPA, ainsi que sur trois visites de la mine qui se sont déroulées en septembre 2019, octobre 2019 et juin 2020.

Chaque sujet abordé dans ce rapport débouche sur des conclusions et des recommandations spécifiques afin de permettre aux MDPA d'avoir une vision globale des axes d'amélioration en vue des éventuelles futures activités de déstockage.

2. Documents liés

2.1. Documents MDPA cités

[1]. DMT GmbH & Co KG – Rapport de contrôle n° P19 – 00428 : évaluation de l'état actuel des installations de transport équipant les puits dans les puits Joseph et Else des Mines de Potasse d'Alsace, 26/06/2019.
[2]. KOPEX (PrimeTech) - Opinion technique Nº 31/O/CBiDGP/2015 : L'évaluation de l'état technique du chevalement d'extraction du puits « Else » dans la mine des MDPA à Wittelsheim, France, Septembre 2015.
[3]. CBiDGP : Rapport Nº 177/2015 : mesures de vibrations du chevalement Else, Aout 2015.
[4]. BRGM, 2015 Délais de déstockage total des déchets (hors bloc incendié) StocaMine : analyse du délai de 15 ans et de scénarios alternatifs. Rapport final BRGM/RP-68334-FR. 224 p
[5]. DEKRA – Rapport d'analyse n°B14965291201 : MESURES D'EPAISSEURS SUR GAINAGE DU PUIT JOSEPH. Juillet 2012.
[6]. MDPA, 06/03/2020 : Plan général du fond
[7]. INERIS, 12.12.2013: Note de synthèse des travaux d'expertise de l'INERIS relatifs au devenir du stockage de déchets de StocaMine au sein de la mine Amélie.
[8]. ITASCA Consultants, 17.02.2017 : Estimation de l'état d'endommagement actuel des galeries de stockage, Rapport 17R-001A1.
[9]. ITASCA Consultants, 12.07.2016 : Stockage de Wittelsheim, Estimation de l'état d'endommagement actuel des galeries de stockage, Rapport 6R-008A1.
[10]. ROV Consult, 18/11/2016 : Expertise des opérations de déstockage partiel de déchets. Réf.: 09.16.ROV.195.
[11]. Plan opérationnel PS SDIS en date du 04/05/2015
[12]. AVEC Ingénierie : Rapport d'étude du réseau « incendie » en date du 04/09/2015
[13]. AVEC Ingénierie : Rapport d'étude du réseau « azote » en date du 13/10/2015.

2.2. Autres documents

[14]. Décret n°59-285 du 27 janvier 1959 portant règlement général sur l'exploitation des mines autres que les mines de combustibles minéraux solides et les mines d'hydrocarbures exploitées par sondage, Version consolidée au 19 septembre 2019.
[15]. TAS Technische Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen (Exigences techniques relatives aux installations de transport équipant les puits et inclinées); Stand 6. Nachtrag Dezember 2005
[16]. BVOS - Bergverordnung für Schacht- und Schrägförderanlagen (Réglementation relative aux installations de transport équipant les puits et inclinées) ; 04/12/2003.

2.3. Documents Antea Group / Tractebel

[17]. Rapport d'étude Antea Group – Tractebel A105284 – Synthèse cartographique de l'étude, version C du 30/09/2020

2.4. Documents consultés mais non cités

- Curium-BG, 04/01/2018 : « État du stockage en fin de chantier de déstockage partiel du site StocaMine »
- Curium-BG, 14/02/2018 : « Rapport de fin de chantier : Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine »,
- APAVE, 14/12/2017 : « Rapport final : Mission d'assistance en matière de prévention des risques liés aux opérations de déstockage partiel de déchets ultimes »
- Prises de vues entre le 28 mai 2014 et le 21 décembre 2017 : 62 fichiers vidéos et 5891 photos.
- K-UTEC, 25/09/2015 :« Constat d'experts concernant StocaMine - MDPA Wittelsheim. Évaluation d'expert d'une nouvelle méthode de déstockage de colis de déchets dans le bloc 21 (septembre 2015)
- ITASCA, Janvier 2015 : « Stockage de Wittelsheim, étude de comparaison entre les barrages en bentonite et les barrages en béton Sorel »
- INERIS, Octobre 2013 : « Modélisation complémentaires du terme source en fonction des scénarios de déstockage étudiés (5), tracé des panaches consécutifs à ces 5 scénarios »
- ITASCA, Mars 2013 : « Évaluation des flux potentiels de saumure contaminée à partir du stockage de Wittelsheim »
- ERCOSPLAN, Juin 2011 : « Opérations de Remblaiement et d'Isolation du Site de Stockage de Déchets Ultimes StocaMine – Étude de conception – Résultats préliminaires »
- INERIS, Décembre 2010 : « Étude géomécanique du stockage de StocaMine »
- AVEC, 13/08/2009 : « Étude des conséquences sur l'aérage d'un incendie dans la voie de roulage près du bloc 14 du secteur StocaMine et dans la galerie Vam AJF2D du secteur MDPA »
- ERCOSPLAN, 02/09/2008 : « Étude de faisabilité. Remblayage des cavités souterraines de Stockage des Déchets de StocaMine, Wittelsheim/France »

3. Machinerie des puits

3.1. Description des équipements

Le document [1] fournit une description complète des ascenseurs des puits Joseph et Else. En conséquence, cette description ne sera pas reprise dans ce rapport.

3.2. Analyse du rapport DMT ([1])

Une étude a récemment été menée par la société DMT GmbH au sujet des équipements mécaniques de levage des puits Joseph et Else (document [1]). Ils ont conclu que les équipements mis en œuvre sont conformes à l'état de l'art et permettent d'atteindre les objectifs de sureté opérationnelle.

Une remarque majeure a été formulée pour le puits Joseph concernant le risque de glissement des câbles. Ce glissement est un risque inhérent et conforme à l'utilisation d'une poulie à friction. Généralement, une conception adaptée permet de contrôler ce risque. Le fonctionnement des poulies à friction est basé sur la friction qui existe entre les câbles et la poulie. La friction est la résultante des charges qui s'appliquent sur les câbles, d'une part le poids total de la cage (y compris la charge maximale utile, CMU), d'autre part le contrepoids et le poids des câbles.

Les problèmes de glissement de câble arrivent généralement lors de l'accélération ou la décélération de la poulie. Durant le glissement, le câble n'évolue pas de manière adéquate principalement par manque de friction. Ces problèmes de glissement engendrent des mouvements incontrôlés de la cage. La **Figure 1** décrit visuellement le concept de la poulie à friction. Il est indispensable de prendre l'ensemble des paramètres en compte dans la conception pour éviter les problèmes de glissement de câbles.

Le problème de glissement de câbles pour la machinerie du puits Joseph est lié à deux paramètres :

- L'utilisation de câbles clos comme câble d'extraction. La surface lisse de ce type de câble réduit de manière significative le coefficient de friction entre les câbles et la poulie (**Figure 2**).
- Les câbles sont lubrifiés pour prévenir la corrosion. Le lubrifiant utilisé n'est pas adapté pour cette utilisation.

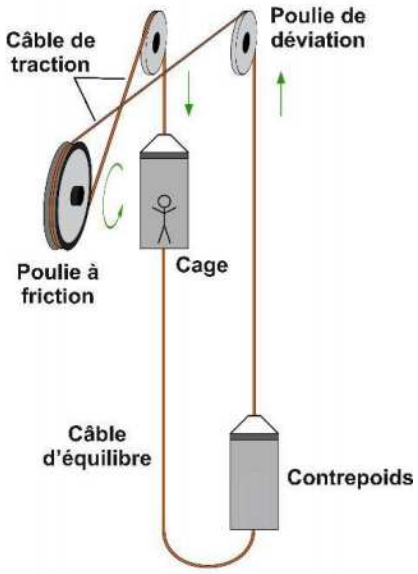


Figure 1 - Schéma de principe d'un système à friction (Koepe)

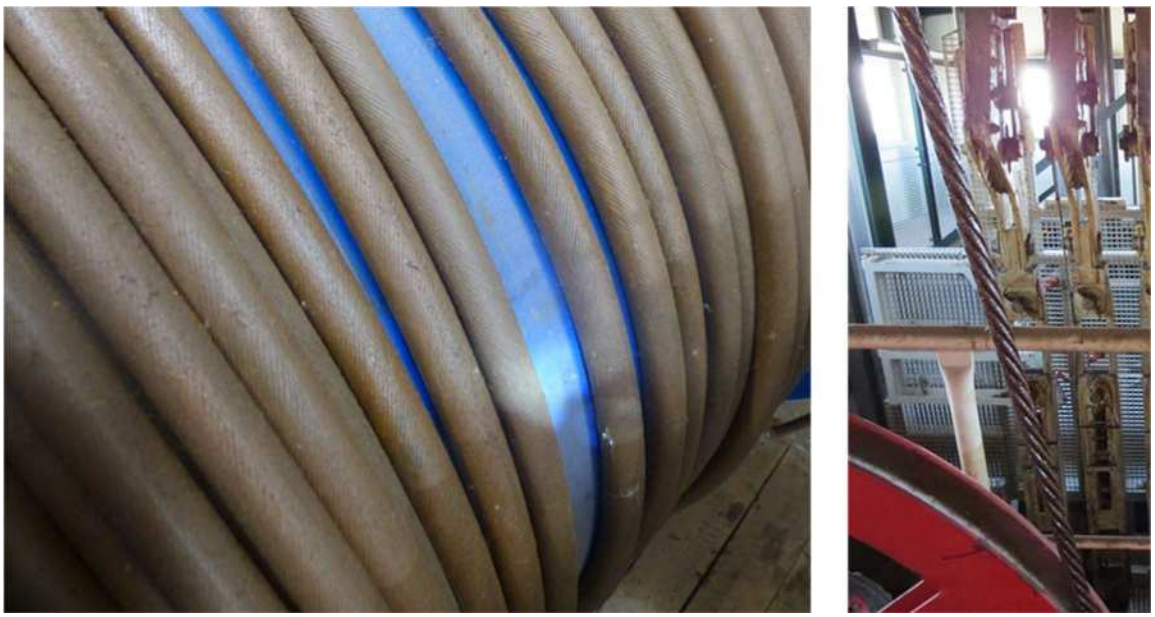


Figure 2 - Photographie des câbles clos sur le site des MDPA (gauche) et photographie des câbles à torons utilisés sur le site de Gorleben en Allemagne (droite)

La société DMT (document [1]) a proposé de remplacer les câbles d'extraction (par de nouveaux câbles à torons), les attelages des câbles au droit des mobiles (cage et contrepoids) ainsi que le revêtement de la poulie à friction (souillé par un lubrifiant inadapté). De plus, DMT suggère de vérifier la disponibilité des pièces de rechange ainsi que de la main d'œuvre qualifiée pour assurer la maintenance à long terme. Le système de contrôle commande est en cours de modernisation. L'analyse qui a été menée a permis d'arriver à des conclusions identiques.

Historiquement, les choix de câbles et de lubrifiants faits pour la machinerie du puits Joseph, ont déjà conduit, sur d'autres sites comparables, à des accident graves du au glissement des câbles. L'utilisation actuelle de la machinerie sans glissement n'est pas une preuve que le risque est contrôlé. Le contrôle

du glissement est un élément majeur pour la sécurité du personnel. Les propositions des experts pour l'amélioration du problème sont de première priorité, en vue d'une potentielle future activité de déstockage, pour éviter un problème d'épandage accidentel de matériaux toxiques dans le puits.

Conformément à la législation française, la durée de vie des câbles est fonction de l'intensité de fonctionnement de la machinerie. La législation distingue 3 types de fonctionnement :

- La circulation du poste qui s'effectue régulièrement, tous les jours ouvrables, au début et à la fin de chaque poste ;
- La circulation normale de personnel, toute circulation ayant lieu habituellement dans les circonstances normales de l'exploitation, qu'il s'agisse de groupes ou d'individus isolés ;
- La circulation exceptionnelle, celle qui ne s'effectuent pas habituellement dans les circonstances normales de l'exploitation.

Durant le déstockage de 2015-2017, la machinerie du puits Joseph était utilisée selon une circulation de poste avec une vitesse de fonctionnement de 6m/s. Depuis la fin du déstockage, la machinerie du puits Joseph a été utilisée selon une circulation normale de personnel. En conséquence, la vitesse de fonctionnement a été réduite à 4 m/s et les changements de câbles étaient laissés à la discrétion du responsable de puits, conformément aux analyses régulières. En prévision des futures activités de confinement, la machinerie du puits Joseph est actuellement utilisée selon une circulation de poste avec une vitesse de fonctionnement de 6m/s.
Afin d'allonger la durée de vie des câbles, les MDPA ont décidé d'utiliser des câbles clos qui résistent mieux à la corrosion. En effet, durant les visites du site, le personnel MDPA a avancé la protection contre la corrosion comme un argument du choix des câbles clos au lieu des câbles à torons. En effet, la corrosion est un facteur important notamment lié au fait que le stockage est localisé dans un horizon salin.

Conformément à l'expérience opérationnelle de la société BGE TEC (Morsleben, Asse et Gorleben), la corrosion des câbles à torons dans un environnement salin peut être contrôlée par des inspections régulières et l'application de fluides protecteurs qui ne réduisent pas le coefficient de friction (permettant le glissement des câbles). En Allemagne, la norme DIN 21258:2007 permet de définir le meilleur lubrifiant en fonction de tous les paramètres. Cette norme n'étant applicable qu'en Allemagne et en l'absence de norme en France, il est conseillé de prendre contact avec le fabricant des câbles afin de définir la meilleure solution.

Le **Tableau 1** ci-dessous synthétise les durées de vie des câbles des sites exploités par BGE TEC. Ces sites de comparaison ont été choisis pour leurs similitudes avec les machineries des puits Joseph et Else (machinerie au sol) et avec le type d'environnement minier salin. Au regard des durées de vie observées dans d'autres sites similaires, la durée de vie des câbles à torons est généralement supérieure à 10 ans, ce qui est l'ordre de grandeur de la durée du potentiel futur déstockage. De plus, la corrosion est une raison du remplacement des câbles, non pas liée à l'environnement salin mais en relation avec l'exposition des câbles aux conditions climatiques de surface. En effet, le **Tableau 2** synthétise les durées de vie des câbles des sites exploités par BGE TEC avec une machinerie en tête de puits et des câbles non exposés aux conditions climatiques extérieures. Ces exemples permettent de montrer que la corrosion n'est jamais une raison de remplacement des câbles lorsque ceux-ci ne sont pas soumis aux conditions climatiques.

Tableau 1 - Retour d'expérience de la durée de vie des câbles sur les sites exploités par BGE TEC (conditions minières et mécaniques similaires)

Localisation	Type de machinerie	Durée de vie	Raison du remplacement des câbles
Asse Puits n°2	Tambour à friction avec un câble d'extraction et machinerie au sol	Entre 12 et 19 ans	Allongement du câble et corrosion
Gorleben Puits n°2	Tambour à câbles avec un câble et machinerie au sol	Aucun remplacement depuis 2002 (>17 ans)	
Morsleben (ERAM) Puits Marie	Tambour à câbles avec deux câbles et machinerie au sol	14-15 ans	Corrosion

Tableau 2 - Retour d'expérience de la durée de vie des câbles sur les sites exploités par BGE TEC (machinerie en tête de puits)

Localisation	Type de machinerie	Durée de vie	Raison du remplacement des câbles
Gorleben Puits n°1	Tambour à câbles avec un câble et machinerie dans le chevalement	10 ans	Allongement du câble
Gorleben Puits n°1	Tambour à friction avec 6 câbles d'extraction et machinerie dans le chevalement	Aucun remplacement depuis 1999 (>20 ans)	
Morsleben (ERAM), Puits Bartensleben	Tambour à câbles avec un câble et machinerie dans le chevalement	3 ans	Allongement du câble dû à une conception très particulière de la machinerie

Afin de remédier aux problèmes de glissement, des tests ont été menés par les MDPA. Il est apparu que les valeurs de décélération (-1.8 m/s²) contribuent fortement au problème de glissement des câbles. La valeur de décélération a donc été diminuée à 0.5 m/s². Les câbles d'extraction ont également été changés début 2020 et un lubrifiant adapté a été utilisé. La conjonction de ces modifications devrait permettre de régler le problème de glissement des câbles. Les tests, réalisés par la société VITECH en mai 2020, ont permis de montrer que le problème de glissement des câbles est maintenant sous contrôle.

3.3. Analyse des équipements du puits à partir de la documentation technique disponible et des visites du site

Dans le rapport DMT (document [1]), les éléments suivants en lien avec le fonctionnement des puits ne sont pas ou que très superficiellement décrits :

- Le génie civil des bâtiments en relation avec la machinerie (hall, bâtiment machinerie) ;
- Les fondations des machineries ;
- Le revêtement des puits ;
- Les équipements installés dans les puits ;
- Le génie civil du chevalement et ses fondations ;
- Le treuil de secours du puits Else ;
- Le treuil à friction situé à proximité du puits Joseph permettant le remplacement des câbles.

L'analyse des documents et les observations durant les visites ont permis de relever quelques problèmes potentiels qui sont décrits dans les paragraphes et accompagnés de recommandations.

3.3.1. Treuil à friction situé à proximité du puits Joseph

Selon le document [14], article 66 et également sur la base des réglementations en vigueur en Allemagne (document [15]), il est obligatoire de prévoir un treuil de secours pour le puits Joseph. Lors de la visite de site, le treuil à friction situé à proximité du puits Joseph est utilisé comme treuil de secours (**Figure 3**). La charge maximale utile (CMU) de ce treuil est de 25 tonnes. Le crochet est attaché de manière permanente au câble et est positionné en attente dans la partie supérieure du chevalement. Ce câble est guidé par une poulie de déflection située dans le chevalement.
Au regard de l'état de l'art et pour des raisons de sécurité, l'utilisation de cet équipement comme treuil de secours est critique. En effet, un défaut sur cet équipement obsolète conduirait à une incapacité à évacuer du personnel bloqué dans le puits Joseph.

Figure 3 - Treuil à friction utilisé comme secours pour le puits Joseph

3.3.2. Treuil de secours du puits Else

Le système électrique de ce treuil a été récemment rénové. Néanmoins, la mécanique intrinsèque nécessiterait de l'être également.
Au regard de l'état de l'art et pour des raisons de sécurité, l'utilisation de cet équipement comme treuil de secours est critique. En effet, un défaut sur cet équipement obsolète conduirait à une incapacité à évacuer du personnel bloqué dans le puits Joseph.

Figure 4 - Treuil de secours du puits Else

3.3.3. Chevalement du puits Else

Une expertise a été menée en 2015 (document [2]) sur le génie civil du chevalement Else (**Figure 6**). L'analyse menée, exclusivement visuelle, a permis de conclure à la réparation/au remplacement des éléments béton, acier et bois ainsi qu'à la mise en place de protection contre les agents climatiques. Un renforcement local du ferraillage a également été proposé pour compenser les aciers rompus et également éviter la fissuration des bétons à long terme (**Figure 5**).

Le chevalement du puits Else a également été soumis à un enregistrement des vibrations durant un cycle de fonctionnement (document [3]). Il a été conclu que « *Les vibrations du chevalement pendant l'exploitation pluriannuelle et intensive du chevalement ont eu l'influence décisive sur l'usure de la structure du chevalement* »

Les réparations ont été réalisées majoritairement durant l'été 2017 puis se sont étalées jusqu'au printemps 2018.

Figure 5 - Etat dégradé des structures béton (à gauche) et acier (à droite) observé durant l'expertise de 2015

Figure 6 - Chevalement du puits Else constitué de piliers en béton armé.

3.3.4. Performance de levage de la machinerie Joseph

Comme décrit au paragraphe 3.2, lors des visites menées en 2019, la machinerie du puits Joseph était en fonctionnement « circulation normale de personnel » avec les valeurs suivantes :

- Vitesse maximale = 4 m/s ;
- Accélération = 0.5 m/s² ;
- Décélération = -1.8 m/s².

Depuis le début de l'année 2020, conjointement aux travaux de modernisation du contrôle commande par la société OPAROW, le fonctionnement du puits est passé à « circulation de poste » avec les valeurs suivantes (Figure 7) :

- Vitesse maximale = 6 m/s ;
- Accélération = 0.5 m/s² ;
- Décélération = -0.5 m/s².

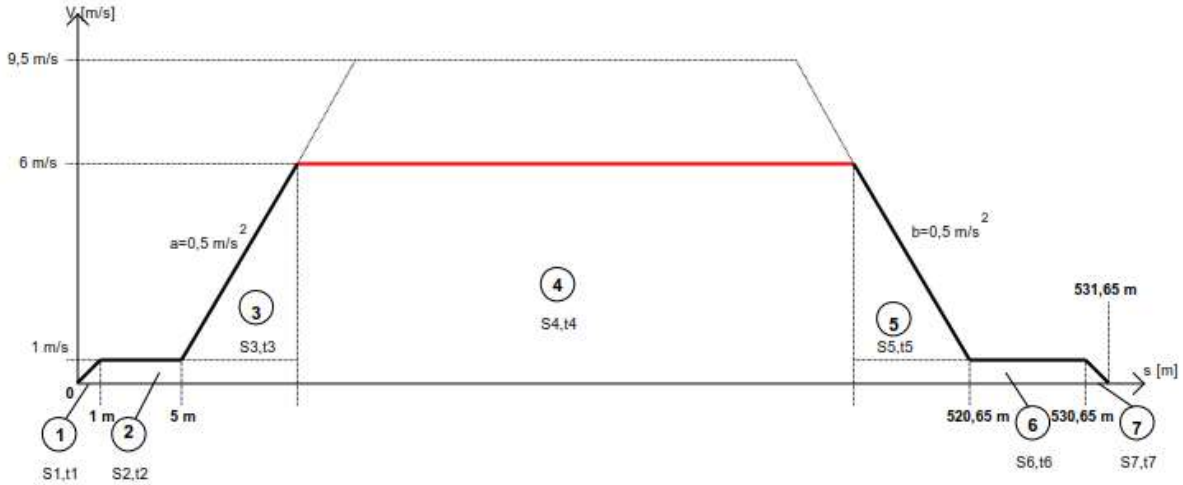


Figure 7 - Diagramme des vitesses pour un fonctionnement du puits Joseph à 6 m/s

La vitesse maximale de la machinerie Joseph est de 9.5 m/s. Le diagramme des vitesse correspondants est repris sur la **Figure 8**.

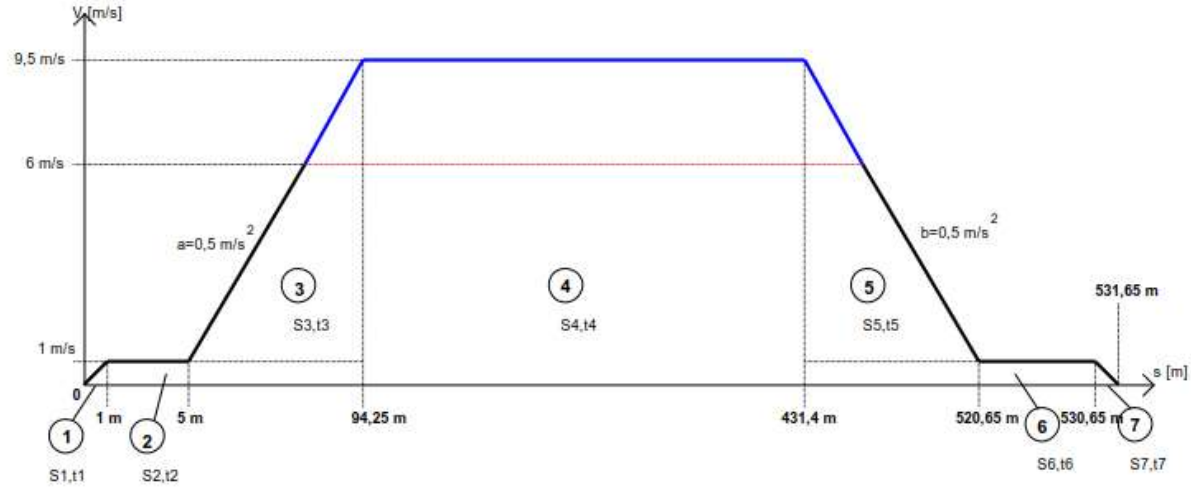


Figure 8 - Diagramme des vitesses pour un fonctionnement du puits Joseph à 9.5 m/s

L'évaluation des performances du puits est basée sur plusieurs paramètres importants, la durée du cycle de levage et la capacité de la cage (CMU et dimensions) ainsi que sur l'évaluation des besoins liés aux potentielles futures activités de déstockage.

Les durées de chargement (en souterrain) et de déchargement (en surface) sont estimées à 3 minutes (180 secondes). Les principes logistiques sont décrits en détail dans le volet 3 de l'étude de faisabilité du déstockage. Il est en effet prévu d'utiliser des remorques sur lesquelles il sera possible de transporter deux colis. Les dimensions du tracteur et de la remorque sont telles qu'il est possible de traverser le puits pour placer la remorque dans la cage. La remorque est récupérée en surface de la même manière.

Sur base des hypothèses décrites ci-dessus, un cycle total prend environ 9.5 minutes (**Tableau 3**), ce qui correspond à environ 6 cycles par heure de fonctionnement du puits.

Tableau 3 - Cycle de performance globale du puits Joseph

Tâche	Durée [s]	Durée [min]
Chargement et déchargement de la cage à la surface	180,0	
Transport vers le bas		
Déblocage de la cage	6,0	
Acceleration vers le bas	10,0	
Transport à vitesse maximale	66,0	
Freinage	10,0	
Approche	10,0	
Positionnement de la cage	2,0	
Déchargement et Chargement de la cage au souterrain	180,0	
Transport vers le haut		
Déblocage de la cage	6,0	
Acceleration vers le haut	10,0	
Transport à vitesse maximale	66,0	
Freinage	10,0	
Approche	10,0	
Positionnement de la cage	2,0	
Durée totale d'un cycle	**568,0**	**9,47**
Vitesse maximale : 6 m/s et Accélération-Décélération : 0,5 m/s²		

La cage est composée de deux parties, une partie supérieure pour le matériel et une partie inférieure pour le personnel. Les dimensions de ces deux parties sont :

- Longueur : 3.0 m ;
- Largeur : 1.5 m ;
- Hauteur : 2.5 m pour le niveau personnel / 4.5 m pour le niveau matériel ;
- Charge maximale admissible limitée à 5 tonnes.

Au regard de la capacité de la cage, il semble conservatif de considérer le transfert de 2 colis par cycle de levage. Conformément à l'état de l'art, il semble important de prévoir 4 heures par jour pour la maintenance des installations. Il sera donc considéré 16 heures (2 postes) de fonctionnement journalier ainsi que 4 heures pour l'approvisionnement des matériels et matériaux divers (pour le déstockage mais aussi pour la maintenance de la mine).

Conformément au retour d'expérience du déstockage des déchets mercuriels de 2015-2017, une moyenne de 13.3 colis de déchets étaient manipulés journalièrement. Un pic à 55 colis a néanmoins été enregistré.

En conclusion, la machinerie du puits Joseph dispose de caractéristiques suffisantes pour assumer le potentiel déstockage des déchets restants (Scénario 2).

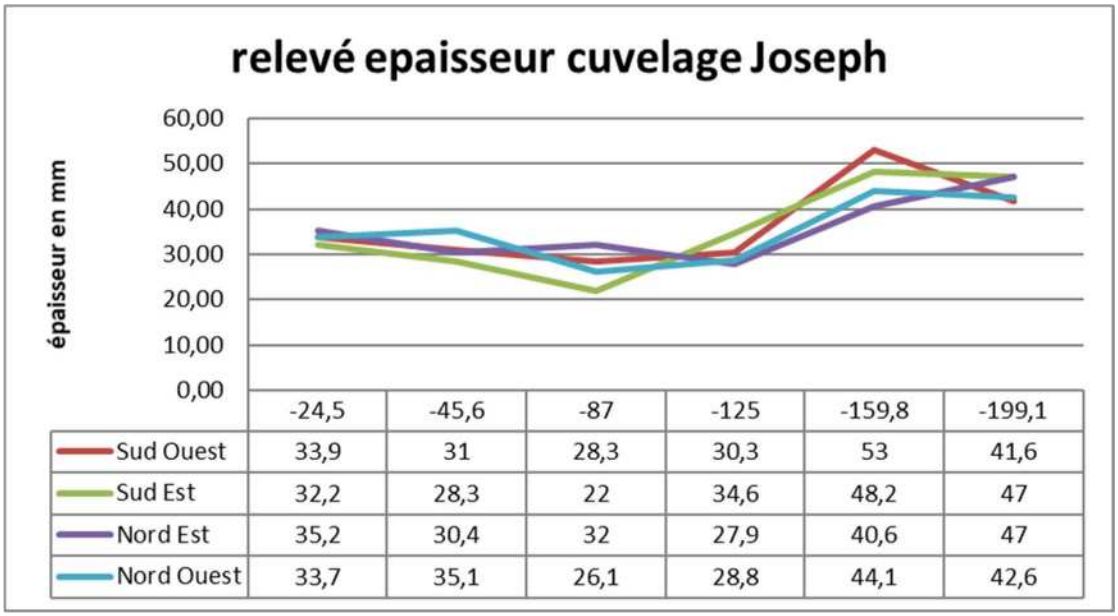
Durant les opérations de déstockage des produits mercuriels (2015 – 2017), les colis étaient chargés dans la cage au moyen d'un chariot élévateur. Afin d'éviter les mouvements intempestifs de la cage, un système d'appui permet de poser la cage sur ces appuis et assurer ainsi une position stable durant le chargement. Ce système est parfait pour les potentielles futures activités de déstockage.

3.3.5. Etat de corrosion des installations du puits et du revêtement en fonte

Durant la visite, une ascension selon un mode maintenance (2 m/s) a été réalisée et a permis de rendre compte de l'état du revêtement du puits. Une analyse exhaustive et détaillée à cette vitesse est impossible. La stabilité du puits est assurée par un cuvelage en fonte de la surface jusqu'au niveau – 200m (permettant d'isoler la nappe de surface) et ensuite par un muraillement jusqu'à la recette souterraine. L'analyse visuelle a conclu à une corrosion avancée des consoles de câbles et du revêtement en fonte (normalement peu sensible à la corrosion). Certaines attaches sont manquantes et a minima un dégât important a été détecté dans le câble jaune (Figure 9). Le puits Else n'a pas été inspecté durant la visite.

Un contrôle des épaisseurs du revêtement en fonte a été réalisé en 2012 (document [5]) montre des épaisseurs variant de 22 à 54 mm (**Tableau 4**). L'épaisseur initiale de la fonte n'est pas renseignée, ce qui ne nous permet pas d'évaluer l'étendue de la corrosion. L'évolution de l'épaisseur avec la profondeur pourrait laisser penser que l'épaisseur initiale était de l'ordre de 53 mm et que la partie haute a subi une corrosion de l'ordre de 20 mm (40 % de diminution). Dans ce cas, la stabilité du cuvelage pourrait être remise en cause.

Tableau 4 - Résultats de l'inspection par ultrasons de l'épaisseur du cuvelage en fonte



	-24,5	-45,6	-87	-125	-159,8	-199,1
Sud Ouest	33,9	31	28,3	30,3	53	41,6
Sud Est	32,2	28,3	22	34,6	48,2	47
Nord Est	35,2	30,4	32	27,9	40,6	47
Nord Ouest	33,7	35,1	26,1	28,8	44,1	42,6

Afin d'évaluer la résistance du cuvelage en fonte de manière détaillée, il est nécessaire de réaliser un modèle 3D aux éléments finis sur base d'une connaissance précise de la géométrie du cuvelage, des

caractéristiques intrinsèques de l'alliage et de la connaissance précise des différents niveaux géotechniques et hydrogéologiques.

Concernant les consoles des câbles corrodés, une campagne de remplacement est en cours.

Figure 9 - Photographies de l'état des installations dans le puits Joseph

3.4. Recommandations pour le puits Joseph

Les améliorations pour le puits Joseph sont divisées en deux catégories : nécessaires et recommandées. Les améliorations nécessaires sont jugées très importantes pour assurer la sécurité durant les potentielles futures opérations de déstockage. Les améliorations recommandées sont des bonnes pratiques (pour les mines allemandes) qui permettraient de réduire le risque des réparations urgentes durant les potentielles futures opérations de déstockage.

3.4.1. Améliorations nécessaires

1. Remplacement des câbles d'extraction clos par des câbles à torons, des attelages et du revêtement des poulies. En effet la législation française impose le remplacement des câbles tous les deux ans (pour la circulation de poste). L'argument de la corrosion des câbles est dans ce cas négligeable.

2. Modernisation/remplacement du treuil de secours
   Au regard de l'état de l'art et pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de moderniser un treuil de secours afin de pouvoir assurer la récupération de personnes bloquées dans le puits. Une deuxième solution crédible serait d'acheter une grue mobile (**Figure 10**) qui dispose d'une nacelle. Cette grue mobile permettrait d'assurer l'intervention rapide dans les deux puits Joseph et Else. Néanmoins, cette solution est très coûteuse et la durée d'acquisition est de l'ordre de deux ans.

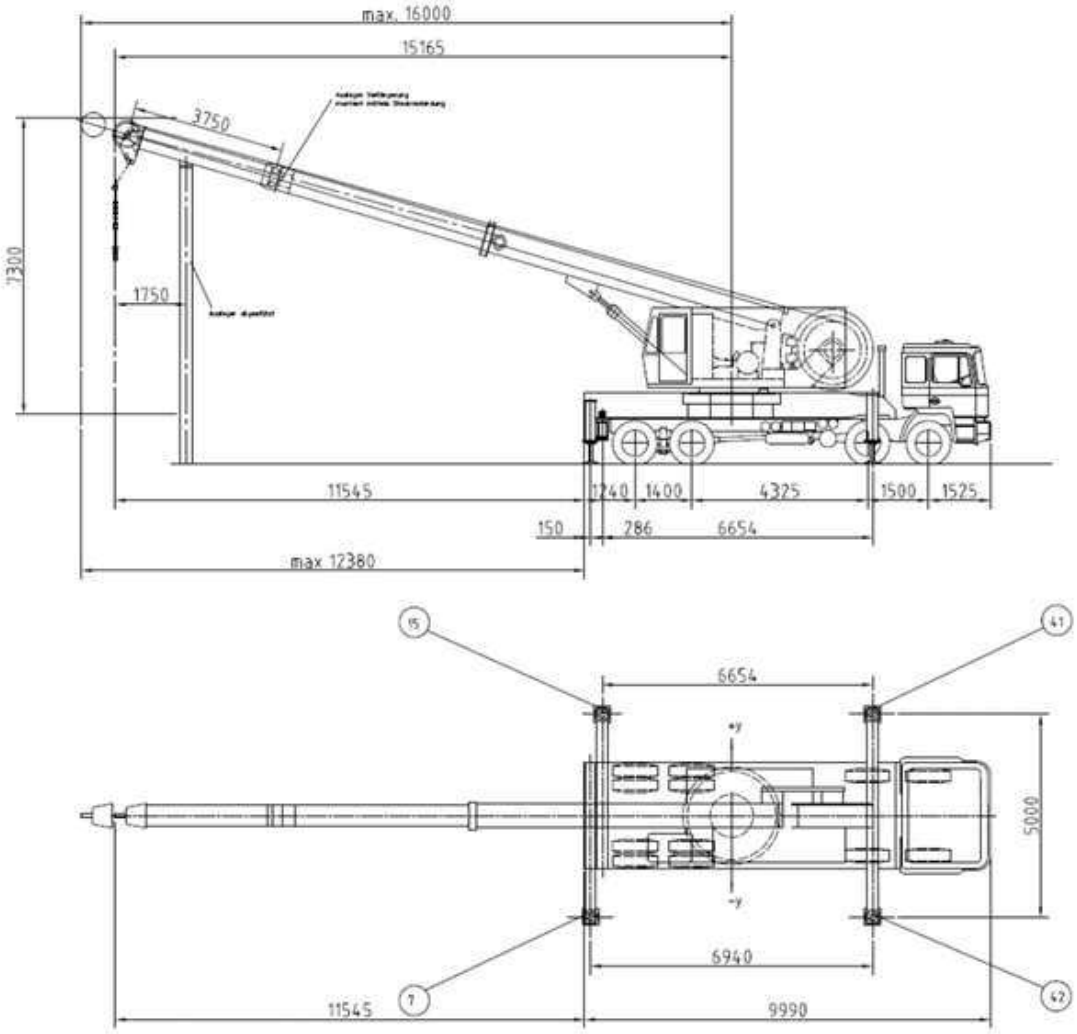


Figure 10 - Grue mobile comme treuil de secours

Une troisième solution, plus économique et rapide, consisterait à faire l'acquisition d'un treuil « semi-mobile » (**Figure 11**). Pour cette solution, il est nécessaire de construire préalablement des fondations, à proximité de chaque puits, disposant de boites d'ancrages afin de sécuriser le treuil contre les efforts d'arrachement inhérents à son fonctionnement. Dans ce cas, le treuil est transporté par un chariot élévateur en fonction du puits où il faut intervenir. Il serait également nécessaire de prévoir dans chaque chevalement une poulie de déviation disposant d'un câble messager permettant l'installation plus rapidement. Ce treuil « semi-mobile » doit être accompagné d'un générateur de puissance permettant d'alimenter le treuil.

Figure 11 - Treuil semi-mobile utilisé sur le site de Gorleben

3. Vérification de la stabilité du revêtement des puits
   En effet, l'analyse ne peut être menée sur base des données à notre disposition. Une étude particulière avec un modèle 3D aux éléments finis permettrait de s'assurer de la stabilité du revêtement des puits. Des études complémentaires doivent être menées pour s'assurer de l'épaisseur de corrosion.

3.4.2. Améliorations recommandées

1. Nettoyage et réparation/remplacement des consoles de câble du puits Joseph. En effet, la campagne de remplacement en cours prouve que cela est nécessaire. L'inspection du puits Else n'a pas été réalisée. Si les conditions du puits Else sont identiques à celles du puits Joseph, cette recommandation est également valable pour le puits Else.
2. Vérifier la disponibilité des pièces de rechange et du personnel compétent nécessaires aux opérations.

4. Géomécanique

4.1. Observations durant la visite du site

Plusieurs observations ont permis de se faire une idée sur les conditions géomécaniques qui contraignent l'espace souterrain.
Les galeries sont généralement stables. De nombreux types de soutènement sont observables permettant de rendre compte de l'évolution des soutènements au cours du temps. En effet, dans la partie ancienne de la mine (située à proximité des puits), les soutènements sont très hétéroclites.

Figure 12 - Variété de soutènements observés dans la mine

Les soutènements contemporains sont généralement de deux types :

- Soutènement « standard » réalisé au moyen d'un boulonnage acier ou fibre de verre au droit du toit et des piédroits avec l'utilisation localement d'armatures acier ou fibre de verre à la jonction du toit et des piédroits ;
- Soutènement « lourd » qui est réalisé pour les galeries inter-couches. Ce soutènement est constitué de supports métalliques cintrés mais sans piédroit. Ces supports assurent un effet voûte nécessaire au maintien des galeries (avec mise en place de sacs de sels pour assurer le contact avec le terrain) ;
- Soutènement « très lourd » qui se caractérise par un blocage complet des mouvements par la mise en place de structures acier lourdes capables de reprendre l'ensemble des contraintes. Ce soutènement très lourd a notamment été mis en place récemment pour le creusement de la voie exutoire (cintres complets avec piédroits) et au droit du carrefour central entre les voies AQ1 et AJ1 (**Figure 13**).

Figure 13 - Exemple de soutènement très lourd au carrefour entre les voies AQ1 et AJ1

Au regard des potentielles futures opérations de déstockage, un élément important qui influence la stabilité des galeries est la présence de fines couches argileuses intercalées entre les couches d'anhydrite. Ces couches argileuses sont à l'origine du caractère épisodiquement grisouteux de la mine. Ces lits argileux suivent les couches géologiques comme la plupart des galeries du niveau -23 m. Bien que des couches argileuses puissent être à l'origine de potentielles chutes de blocs, il apparait que ce risque est bien contrôlé au niveau -23 m.

Figure 14 - Lits argileux en toit au niveau -23m

Le creusement des galeries au niveau -25 m (blocs 16 et 26) n'a pas obtenu les mêmes résultats en terme de stabilité à long terme. En effet, au niveau -23 m, la stabilité est assurée par une couche massive d'anhydrite localisée au toit des galeries qui permet d'assurer l'effet voûte nécessaire. Le niveau -25 m ne dispose pas des mêmes caractéristiques et le toit s'est déconsolidé.

L'architecture des galeries de la mine repose sur le dédoublement des galeries qui sont régulièrement connectées par des recoupes. La stabilité de ces doubles galeries (par exemple AJ1, AQ1, AQ0, etc) est assurée par les piliers résiduels situés entre deux recoupes successives. L'inspection visuelle de ces piliers montre un endommagement avancé de la structure des piliers et plus particulièrement au niveau des bords des piliers. Afin de renforcer localement ces piliers, des languettes métalliques et un boulonnage dense ont été mis en place pour maintenir la structure du pilier (**Figure 15**).

Le toit semble stable et les mesures de convergence régulières permettent d'assurer un suivi des déformations et d'alerter en cas d'augmentation des déformations. **Il est généralement défini, comme règle empirique dans les mines de sel allemandes, que la largeur du pilier doit être a minima deux fois la largeur des galeries adjacentes. Sur le site des MDPA, la largeur du pilier est généralement inférieure à la largeur de la galerie adjacente.**

Figure 15 - Etat de déstructuration des piliers

En conclusion, les observations visuelles réalisées sont conformes avec les éléments structuraux décrits dans les documents [4] & [10].

4.2. Analyse des rapports existants

L'état géomécanique de la mine a déjà été analysé et investigué par de nombreux experts et sociétés, privés ou publics. Nos inspections visuelles réalisées en 2019 corroborent les conclusions de ces différents rapports, dont les principales sont décrites ci-après.

- Le rapport de l'INERIS (document [7]) met en évidence les dégâts au droit des piliers. **Les dégâts observés posent un vrai dilemme pour la sécurité des travailleurs car la capacité de chargement de ces piliers pourrait être remise en question.** L'INERIS a également mis en évidence les fines couches argileuses qui sont à l'origine du décrochement de masses rocheuses au niveau du toit des galeries.

- Les rapports ITASCA (documents [8] & [9]) font état de plusieurs modélisations numériques en vue de tenter d'estimer les conditions géomécaniques des galeries à l'intérieur des blocs de stockage avant le déstockage des déchets mercuriels en 2015-2017. ITASCA a analysé et tenté d'estimer les charges verticales qui agissent sur les piliers des blocs ainsi que les déplacements dans les galeries (convergence). Après discussion avec les personnes en charge du déstockage, il apparait que les modélisations ne sont pas toujours représentatives de l'état rencontré durant le déstockage (notamment au bloc 12). En l'absence d'observation à l'intérieur des blocs de stockage, les seules données à notre disposition concernant les conditions géomécaniques des blocs sont donc ces modélisations. Il est donc important d'utiliser ces résultats avec beaucoup de prudence.

- Le rapport de ROV Consult (document [10]) a été réalisé durant le déstockage des produits mercuriels (2015-2017). Cette expertise est la seule durant laquelle, les conditions géomécaniques des blocs de stockage ont pu être analysées. A partir des observations et des modes opératoires, ils ont proposé des améliorations de procédure afin d'assurer la sécurité des travailleurs au droit du front de déstockage. La procédure comprend les étapes suivantes (Figure 16) :
    - Mesure par endoscopie pour estimer l'état de fracturation du toit ;
    - Sécurisation du front par des étançons hydrauliques directement après enlèvement des colis ;
    - Réalisation d'un boulonnage provisoire en fibre de verre (longueur de 2 m) au niveau du toit et des parois latérales ;
    - Si nécessaire, havage du toit déconsolidé, au travers des boulons en fibre de verre ;
    - Sécurisation définitive du toit et des parois latérales par un boulonnage métallique (longueur de 1.5 à 2 m).

Légende

1. Endoscopie du toit sur 3m
2. Sécurisation par pose d'étançons hydrauliques
3. Boulons fibre de verre de 2m
4. Havage de la planche du toit
5. Boulons métalliques de 1,5 à 2 m

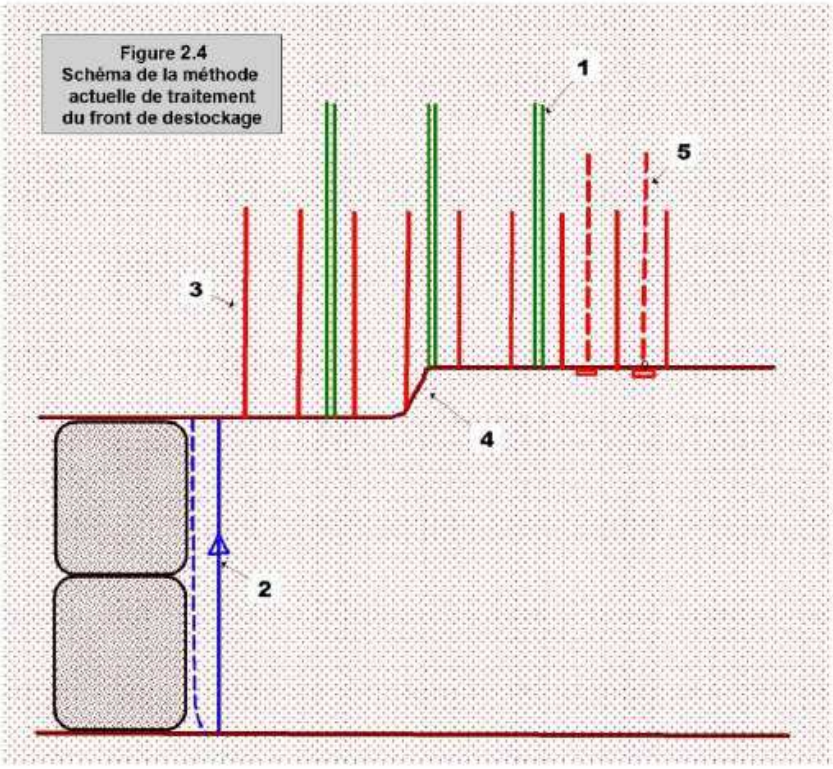


Figure 16 - Procédure de stabilisation des zones fortement endommagées selon le rapport ROV Consult (document [10])

- Le rapport du BRGM (document [4]) appuie les différentes observations et conclusions associées des rapports précédents notamment à propos de l'état des piliers et des fines couches argileuses pouvant être à l'origine de chute de blocs. L'expertise menée par le BRGM a également conclu (sans analyse visuelle) à la stabilité des piliers situés à l'intérieur des blocs de stockage. En effet, les conditions triaxiales du principe des chambres et piliers sont optimales en terme de résistance en compression.

  Le BRGM a également réalisé une synthèse cartographique de l'état de contraintes des galeries sur la base des modélisations des rapports ITASCA et des mesures de convergences réalisées par les MDPA. La zone de stockage a été classée en 3 catégories :
  - Zone de forte déformation avec des déplacements de 23-30 mm/an et des contraintes verticales sur pilier supérieures à 18 MPa ;
  - Zone de déformation moyenne avec des déplacements de 17-23 mm/an et des contraintes verticales sur pilier entre 16 et 18 MPa ;
  - Zone de déformation faible avec des déplacements de 10-17 mm/an et des contraintes verticales sur pilier entre 14 et 16 MPa.

La Figure 17 (issue du document [4]) montre la cartographie correspondante à la classification ci-dessus.

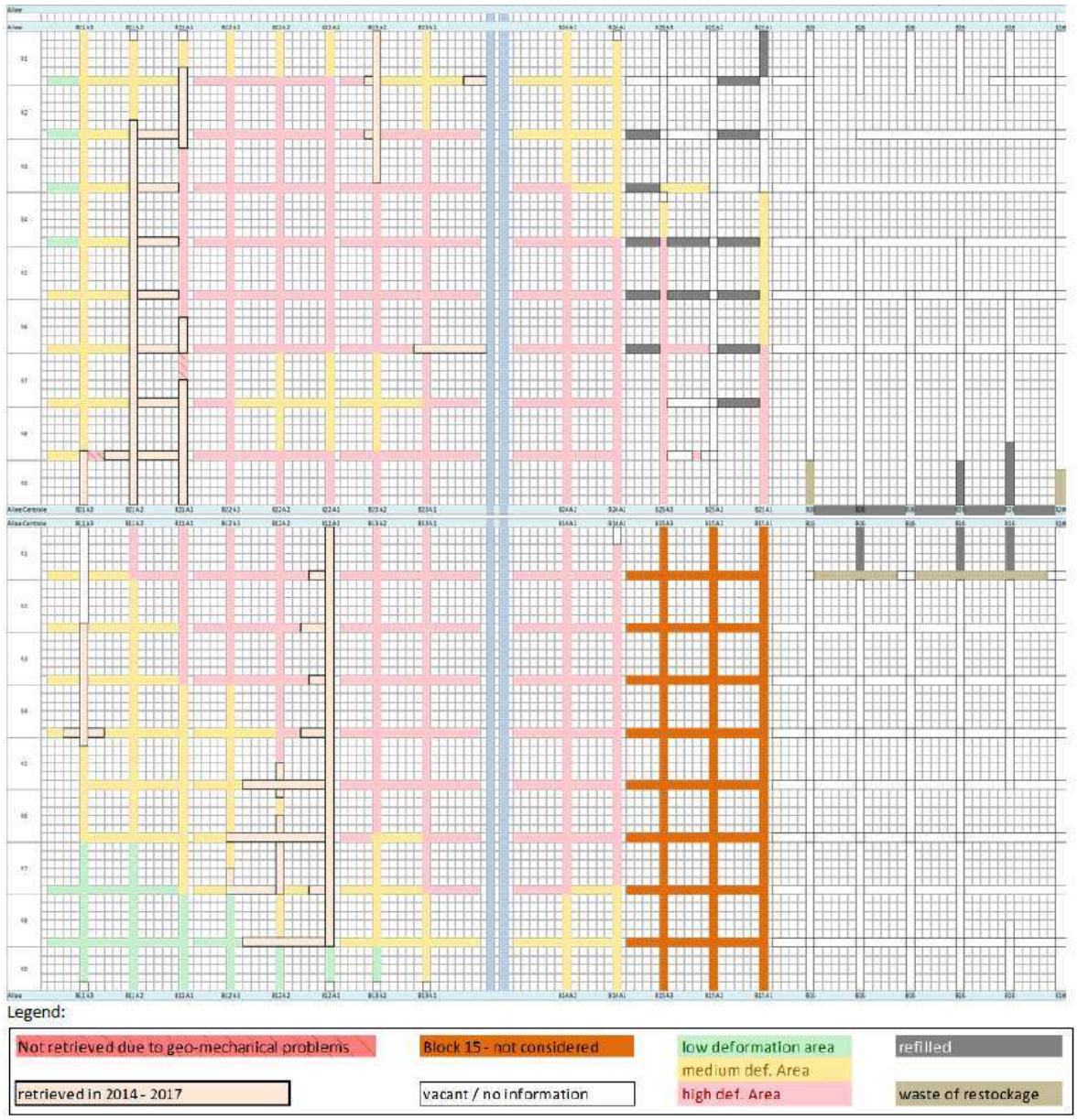


Figure 17 - Cartographie de la zone de stockage conformément à la classification de l'état de contrainte

4.3. Recommandations relatives à la géomécanique

L'état géomécanique de la mine a déjà été analysé et investigué par de nombreux experts et sociétés, privés ou publics. Les conclusions des différentes études sont cohérentes. Les risques principaux identifiés sont :

- Les chutes de blocs au droit du toit des galeries en lien avec la présence de lits argileux ;
- La présence de piliers très endommagés situés entre les voies ;
- La convergence globale de l'ensemble de la mine avec un agrandissement de la zone endommagée au cours du temps.

Le risque de chute de blocs semble parfaitement contrôlé par des soutènements adaptés aux particularités locales.

La résistance aux contraintes des piliers au sein des galeries dédoublées est en revanche un problème sérieux qui nécessite des mesures à court terme. Il est en effet nécessaire de réaliser un suivi continu et détaillé (mesures de déplacement, endoscopie, …). Une inspection visuelle du toit à proximité des piliers est judicieuse pour vérifier l'apparition de nouvelles fractures. La stabilité des piliers endommagés ne peut actuellement être garantie sur une durée de 10 ans.
Une campagne de mesures endoscopiques a été menée entre 2015 et 2018 au sein des piliers de la galerie AJ1. Un exemple de résultat est présenté sur la Figure 18. Au vu des résultats, plusieurs zones nécessitent une attention particulière :

- Le pilier situé entre la recoupe R1 et R2 ;
- Le pilier situé entre la recoupe R2 et R3 ;
- Le pilier situé entre la recoupe R7 et R8 ;
- Tous les piliers situés entre les recoupes R11 et R15.

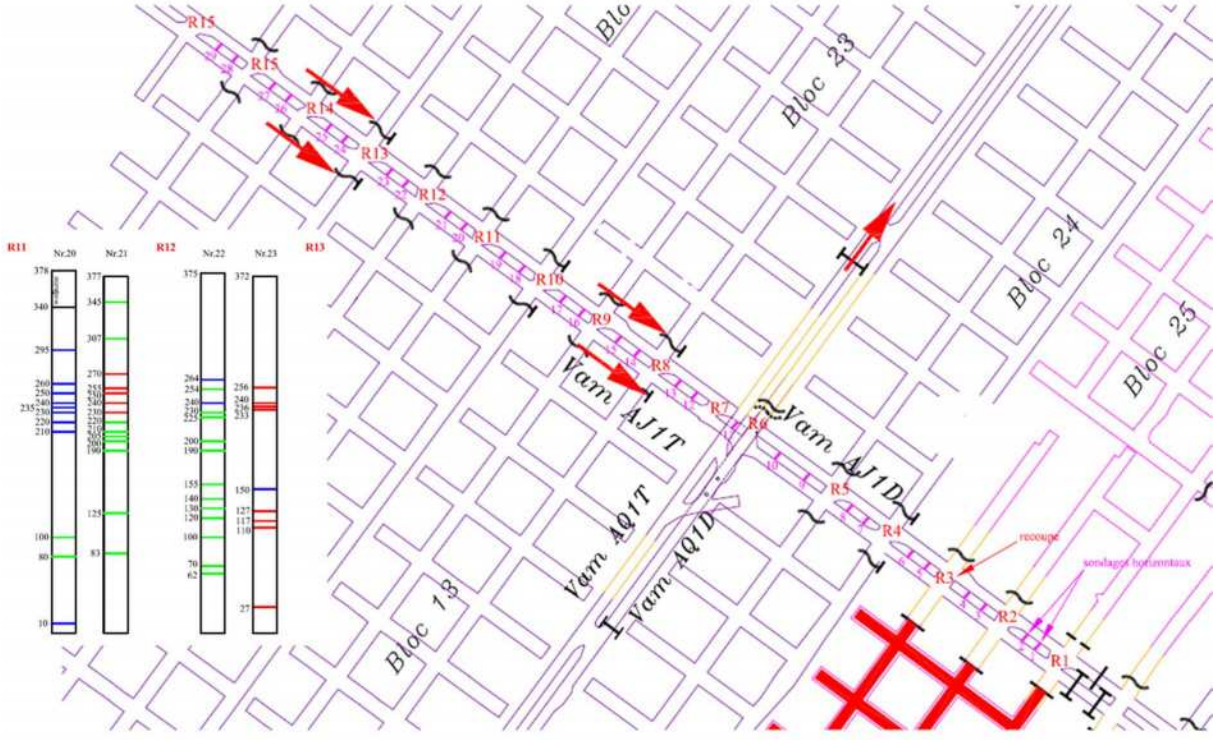


Figure 18 - Plan de positionnement des recoupes (« R »), des piliers et des forages endoscopiques

A gauche, un exemple de résultat pour les recoupes R11, R12 et R13

Pour ces zones, il est nécessaire d'agir afin de stabiliser la structure. Dans ce cadre, deux solutions sont proposées.

4.3.1. Suppression des piliers

Cette solution repose sur l'expérience des mines allemandes en formant une structure en forme de dôme auto stable (**Figure 19**). Cela se réalise par la suppression des piliers pour unifier les galeries et réaliser un soutènement plus dense.

Les avantages de cette solution sont :

- Augmentation de l'espace pour le stockage et également pour la circulation ;
- Mise en place de cintres « en pattes d'éléphant » pour une stabilité à long terme.

Les inconvénients de cette solution sont :

- Fragilisation du toit du niveau -23 m qui est stable pour atteindre le niveau -25 m qui est instable ;
- Quantité importante de sel à excaver et donc à stocker ;
- Modification importante de la ventilation et des aspects opérationnels ;
- Stabilité aux carrefours avec les blocs nécessitants très probablement un soutènement lourd ;
- Durée de réalisation importante ;
- Coûts importants ;
- Interférences avec les galeries sus-jacentes ;
- Les machines actuellement disponibles n'ont pas les caractéristiques requises pour creuser si haut ;
- Augmentation de la taille des galeries et donc des volumes de remblayage et de la taille des scellements.

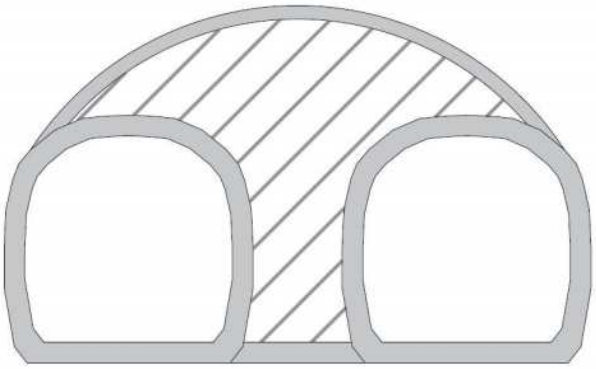


Figure 19 - Schéma du principe de suppression des piliers et d'unification des galeries selon une forme en dôme (la zone hachurée est à excaver)

4.3.2. Réalisation de piliers complémentaires

Cette seconde solution consiste à réaliser des supports provisoires (bois ou étançons) ou définitifs (béton de sel). Dans le cas de la réalisation de piliers en béton de sel, les colonnes en béton sont coulées directement du sol au plafond. La convergence qui va s'appliquer sur ces piliers va faire fluer le sel dans le pilier adjacent et permettra la stabilisation globale.

Les avantages de cette solution sont :

- Mise en place de piliers dans des recoupes non nécessaires au déstockage, permettant une mise en œuvre progressive avec monitoring précis de l'évolution des convergences ;
- Permet d'ajuster la méthode en cours de réalisation ;
- Durées et coûts plus faibles et surtout focus sur les piliers les plus problématiques ;
- Peu d'interférences avec les galeries sus-jacentes ;
- Machines actuellement disponibles suffisantes ;
- Pas de modification des aspects opérationnels et ventilation ;
- Pas de fragilisation du toit à -23 m.

Les inconvénients de cette solution sont :

- Nécessité de réaliser les travaux de manière progressive pour vérifier l'évolution des interactions entre les piliers de béton et les piliers de sel adjacents (fluage) ;
- Méthode par essai/erreur nécessaire.

Conformément à l'analyse des mesures endoscopiques, la stabilisation peut être réalisée en plusieurs phases :

- Phase 1 : Fermeture des recoupes R2, R11, R12, R14 et R15 dans les plus brefs délais. Le déstockage des blocs 11 et 12 sera réalisé par le sud et des blocs 21 et 22 par le nord. La recoupe R1 est maintenue pour le déstockage du bloc 25 inaccessible au nord (bouchon béton).
- Phase 2 : Monitoring précis des convergences dans l'ensemble de la double voie centrale (mesures automatisées) et choix des recoupes à combler en fonction des mesures.

Les MDPA ont déjà réalisé la stabilisation du carrefour entre AQ1 et AJ1 (**Figure 13**). La **Figure 20** ci-dessous montre le même carrefour en septembre 2019.

Figure 20 - Recoupe R6 avec un soutènement provisoire avant la mise en place du soutènement définitif

A l'exception des problèmes identifiés ci-dessus, la géomécanique du site est bien contrôlée par les équipes en place. Une maintenance continue s'y déroule pour assurer le fonctionnement journalier (passage des véhicules, entreposage de matériaux). Au regard des convergences mesurées, certaines galeries doivent être reprofilées (rabessanage et installation de soutènement plus lourd – arches métalliques) pour assurer leur fonction.

5. Système de ventilation

5.1. Présentation générale de l'architecture

5.1.1. Aperçu général

La ventilation principale de StocaMine est composée de deux ventilateurs principaux installés en parallèle et fonctionnant en simultanée. Cette ventilation principale est complétée d'une ventilation auxiliaire (ventilateur Berry) mise en œuvre afin d'assurer le balayage en air de la portion de galerie située au nord du quartier de stockage (**Figure 21**).

En complément, des ventilateurs auxiliaires sont déployés sur le terrain pour répondre à des besoins localisés (localisation dans le folio « 2 – plan de ventilation » du document [17]) :

- Engard E01 fan : ventilateur de 40 kW mis en œuvre uniquement pour des besoins ponctuels ;
- Engard E02 fan : ventilateur de 40 kW. Ce ventilateur est mis en marche uniquement lorsqu'une personne doit accéder à la galerie AQ2 ;
- Engard E03 fan : ventilateur de 40 kW mis en œuvre uniquement pour des besoins ponctuels ;
- Engard E04 fan : ventilateur de 40 kW mis en marche uniquement lorsqu'une personne doit accéder à la galerie du bloc 25 ;
- Engard E05 fan : ventilateur de 40 kW mis en œuvre uniquement pour des besoins ponctuels ;
- Engard E06 fan : ventilateur de 40 kW utilisé pour aspirer les gaz issus des véhicules situés dans la zone « garage » ;
- Un ventilateur auxiliaire de 2.2 kW est utilisé pour assurer la ventilation sanitaire et le refroidissement de la station électrique située à proximité du puits Joseph.

Enfin, lors des activités de déstockage des déchets mercuriels de 2015-2017, une unité de ventilation dédiée au front a été installée afin d'assurer l'assainissement et le confinement des galeries en cours de déstockage.

Le schéma présenté en **Figure 21** permet d'illustrer l'architecture de principe de la ventilation de StocaMine avec la localisation des principaux ventilateurs décrits ci-dessus.

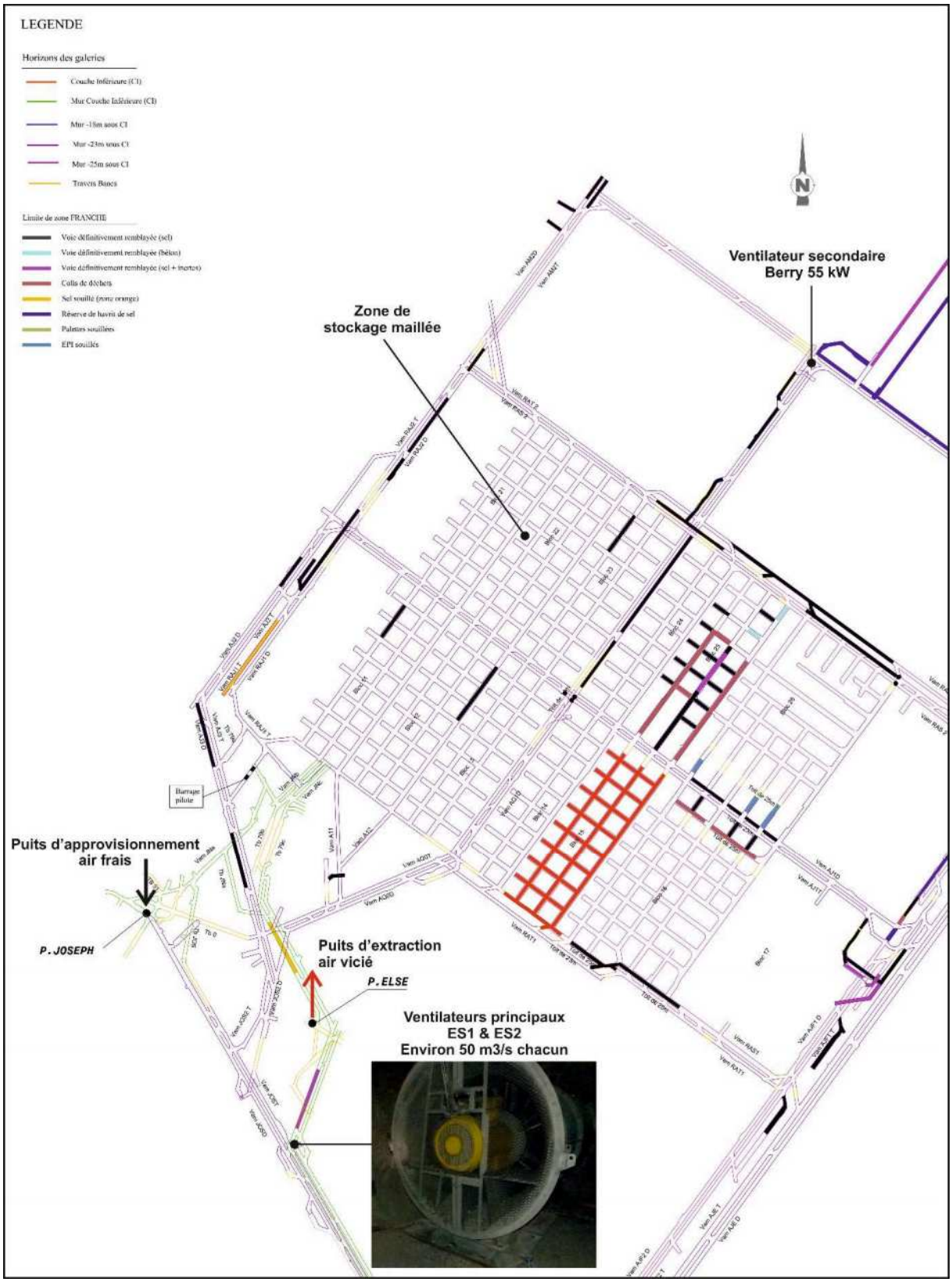


Figure 21 - Schéma de principe de la ventilation de StocaMine avec localisation des principaux ventilateurs (extracteurs ES1, ES2 et ventilateur auxiliaire Berry)

5.1.2. Principales fonctions de la ventilation

Les différentes fonctions rattachées à la ventilation principale de StocaMine peuvent être regroupées comme suit :

- Fonctions liées à la sûreté et sécurité de l'installation ;
- Fonctions en lien avec les besoins du process ;
- Fonctions rattachées aux besoins sanitaires et de confort (apport d'air neuf, conditionnement de la température…) ;
- Fonctions en lien avec les besoins de surveillance (i.e. en particulier monitoring des paramètres HVAC).

La principale fonction de la ventilation est d'assurer la maîtrise des risques :

- Vis-à-vis des besoins sanitaires et de confort :
  - Assurer un contrôle de l'apport d'air neuf et des conditions thermiques en fond.
- Vis-à-vis des aspects sécurité et sûreté :
  - Une dilution du méthane (management du risque d'explosion) ;
  - Participer à la limitation de la propagation des gaz et fumée dans l'installation suite à un départ de feu ;
  - Une dilution des gaz toxiques émis par les colis entreposés ;
  - Une dilution et une évacuation des poussières, gaz vers l'extérieur ;
- Vis-à-vis du process :
  - Assurer des conditions d'ambiance compatibles avec l'utilisation des équipements ;

Nota: Par monitoring des paramètres HVAC, il est fait référence aux capteurs et moyens d'enregistrement identifiés comme nécessaires pour opérer les systèmes de ventilation.
A ce titre, il est d'usage d'assurer un monitoring des paramètres, grandeurs physiques suivantes :

- Débits d'air au sein des principales galeries et au sein des puits d'amenée et de reprise d'air ;
- Mesures de concentration en gaz et poussières au sein des différentes galeries ;
- Mesures des concentrations en gaz et poussières rejetés dans l'environnement au niveau de l'air vicié ;
- Température et hygrométrie au sein des différentes galeries ;
- Le cas échéant mesure de colmatage des filtres des différentes unités de ventilation ;
- État des ventilateurs et pression statique aux bornes de chaque ventilateur.

5.1.3. Description des systèmes de ventilation

5.1.3.1. Ventilation principale de StocaMine

Description Générale
La ventilation générale de StocaMine est une ventilation d'extraction assurée à l'aide de deux extracteurs (ES1 & ES2) montés en parallèle et localisés à proximité du puits Else (-550 m).

Le débit global de balayage au sein de l'installation est actuellement de l'ordre de 100 m^3/s (50 m^3/s par ventilateur).

Les principes de cheminement de l'air au sein de l'installation sont les suivants :

- Amenée d'air neuf par tirage depuis le puits Joseph et répartition au sein des différentes galeries via une circulation de l'air en pleine section. A noter qu'à ce jour il n'existe pas de dispositif de conditionnement de l'air neuf acheminé en fond (i.e. pas de préchauffage / refroidissement).

- L'air vicié est repris par les extracteurs ES1 & ES1 afin d'être rejeté à l'extérieur par l'intermédiaire du puits Else ;
- Aucune redondance spécifique n'est à ce jour définie vis-à-vis des différents organes, équipements de ventilation

Enfin, des barrages aérauliques / portes d'aérage sont utilisés pour d'une part, assurer une canalisation / régulation des débits au sein des différentes antennes et, d'autre part, limiter les débits de fuite au travers des barrages aérauliques.

Le schéma ci-dessous donne un aperçu de l'architecture générale de la ventilation de StocaMine (**Figure 22**).

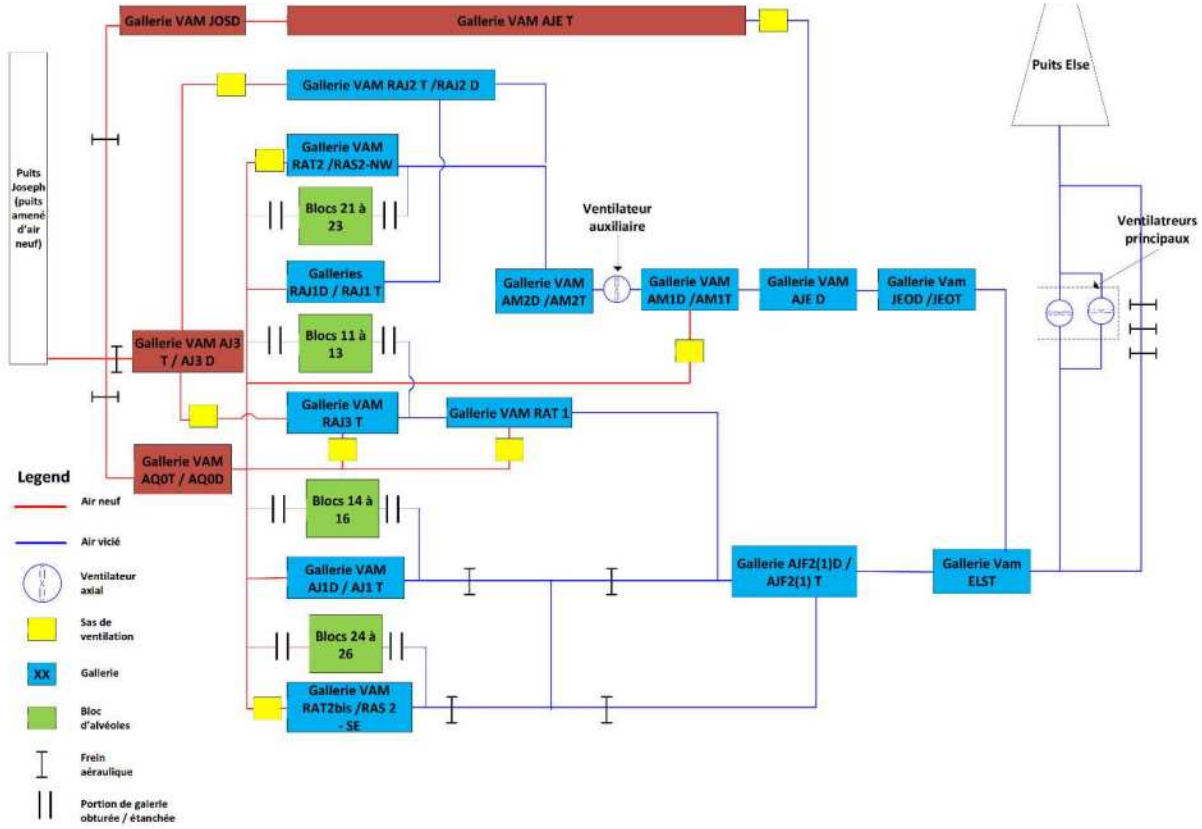


Figure 22 - Schéma de principe général de la ventilation souterraine de l'installation StocaMine

Nota : Les éléments associés à la conduite de l'installation sont issus des documents *« ETARE N°40123 : MDPA Ancien site de StocaMine & de la note « 15-bmg-evaluation-d-une-reversibilite-partielle-du-stockage-2013 ».*

Extracteurs ES1 & ES2 :

Caractéristiques techniques principales :

Les principales caractéristiques techniques des ventilateurs principaux ES1 & ES2 peuvent se résumer comme suit :

- Puissance électrique installée : 160 kW (actuellement la consommation électrique de chaque extracteur est de l'ordre de 100 kW) ;
- Caractéristiques aérauliques principales : débit de ventilation de l'ordre de 100 à 120 m^3/s avec une pression totale de l'ordre de 1 200 Pa ;
- Efficacité globale de l'ordre de 65 à 70% (efficacité aéraulique de l'ordre de 80% et efficacité moteur de l'ordre de 85%) ;
- Angle de calage des aubes : 42°.

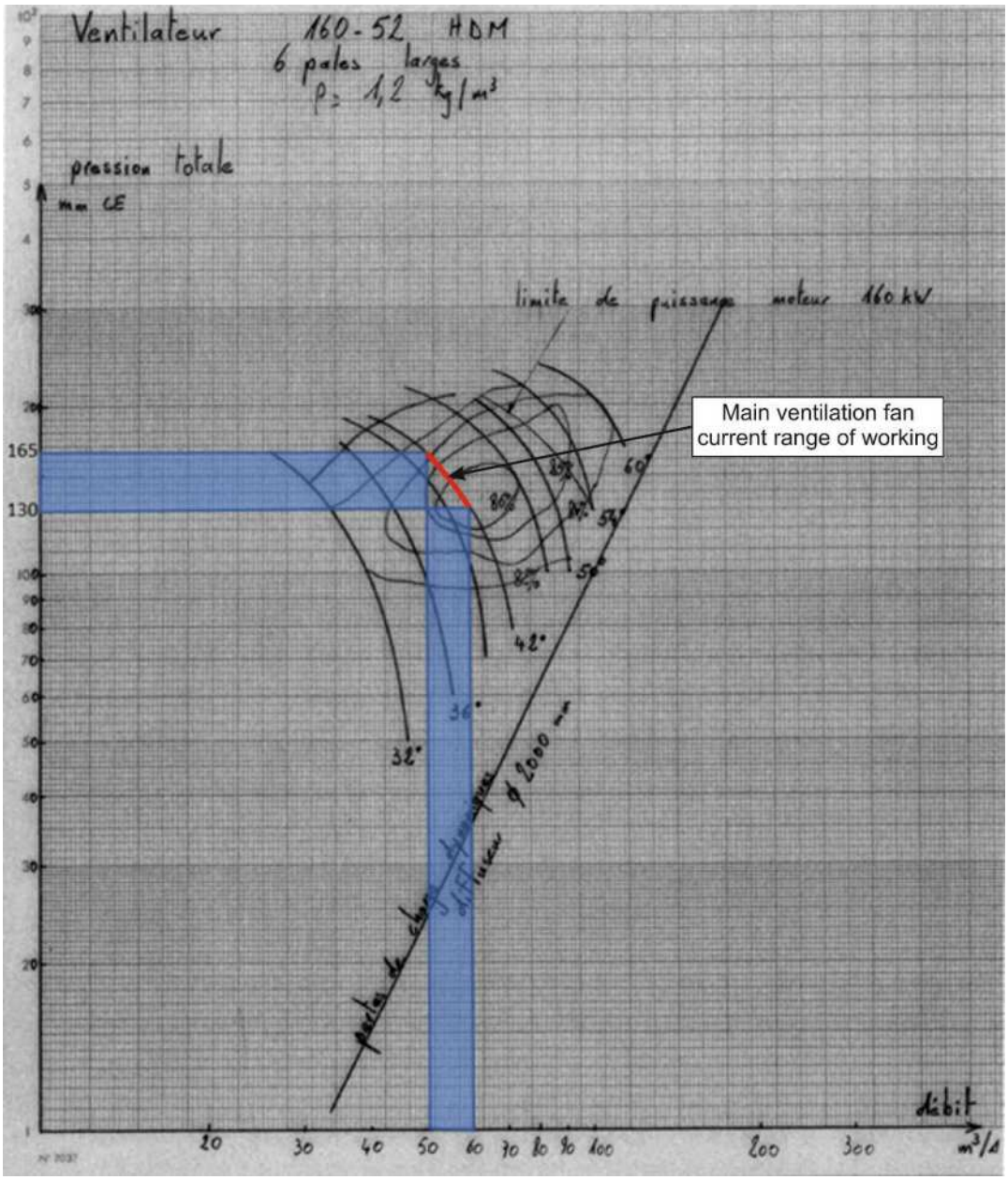


Figure 23 - Courbes débit / pression des ventilateurs ES1 & ES2 en fonction de l'angle de calage des aubes

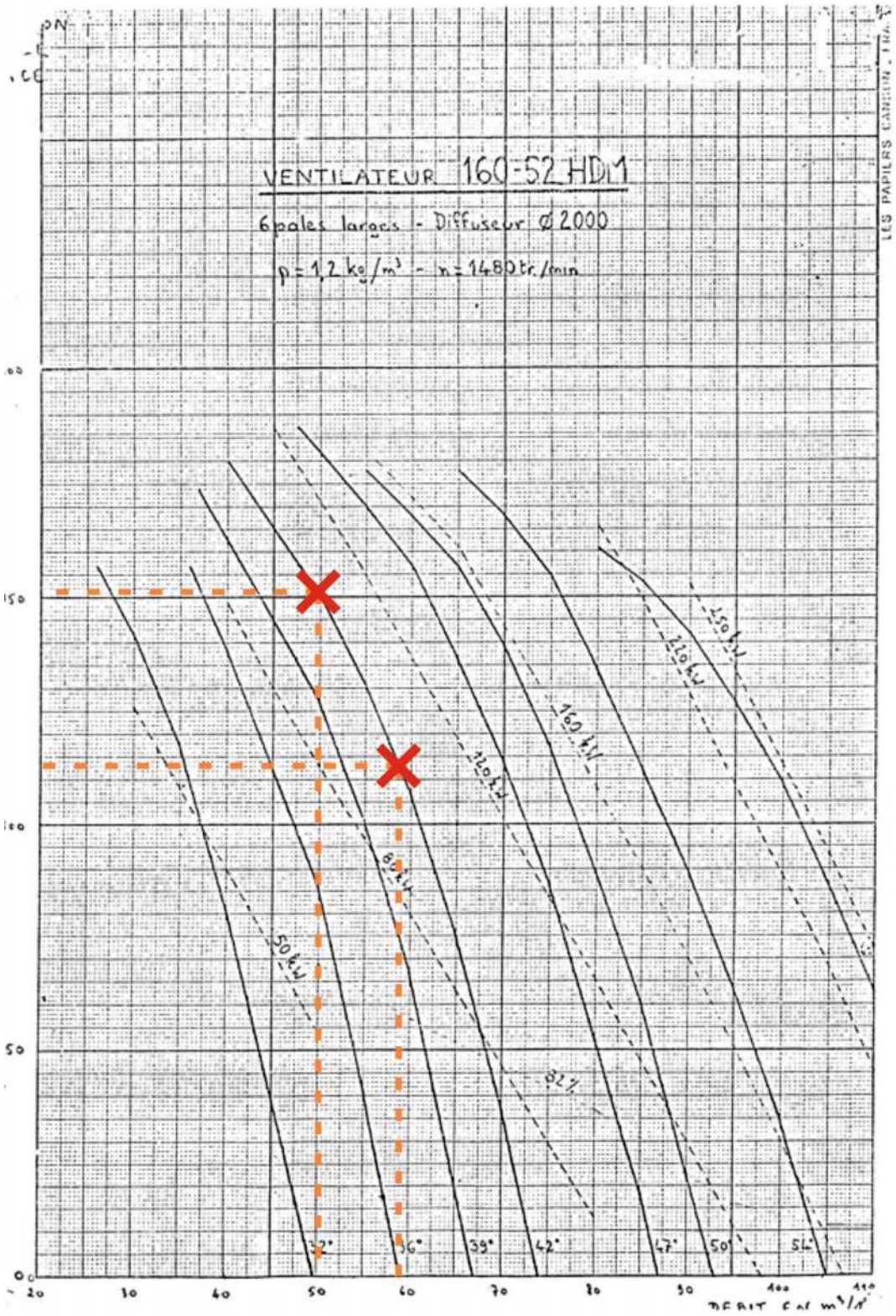


Figure 24 - Courbe d'iso consommation des extracteurs ES1 & ES2

Alarmes :
En cas de pertes d'un extracteur, une alarme est automatiquement générée sur l'écran de supervision de la ventilation. Par ailleurs, chaque extracteur est équipé d'une sonde de température au niveau des paliers des ventilation afin de détecter toute augmentation anormale de la température.

Pilotage des ventilateurs :
En situation nominale, les ventilateurs sont opérés manuellement directement depuis le poste de supervision situé au niveau de la tête du puits Joseph.
Pour les besoins de maintenance et de test, une commande manuelle est également disponible via un coffret local de relayage.

Boucle de régulation & asservissements :
Actuellement, aucune régulation n'est mise en œuvre sur les extracteurs.
Par conséquent, dans le cas où il est nécessaire de modifier le point de fonctionnement des extracteurs pour répondre à une évolution du besoin, une intervention d'un opérateur en local est nécessaire afin de modifier l'angle de calage des aubes conformément au nouveau besoin.

A noter toutefois qu'il est prévu d'équiper ces extracteurs de variateur de vitesse dans le courant de l'année 2020.

Par ailleurs, les extracteurs sont équipés de sécurité interne afin de protéger l'intégrité des ventilateurs en cas de défaillance (thermostat de sécurité sur les bobinages …).

5.1.3.2. Ventilation auxiliaire à l'aide du ventilateur Berry

Caractéristiques techniques principales :
Un ventilateur auxiliaire est installé au sein de la galerie Vam AM2D afin d'assurer une extraction efficace de l'air vicié venant des galeries Vam RAT 2 / RAS 2 et allée centrale NW-SE.
Conformément au document [9], le débit de ventilation est actuellement de 25 m^3/s.

Alarmes :
En cas de perte du ventilateur, une alarme est automatiquement générée sur l'écran de supervision de la ventilation.

Pilotage des ventilateurs :
En situation normale, le ventilateur est piloté manuellement par un opérateur depuis le panneau de supervision associé au pilotage de la ventilation de la mine.
Pour les besoins de maintenance et de test, une commande manuelle est également disponible via un coffret local de relayage.

Boucle de régulation et asservissements :
Actuellement, aucune régulation n'est mise en œuvre sur les extracteurs.
Par conséquent, dans le cas où il est nécessaire de modifier le point de fonctionnement des extracteurs pour répondre à une évolution du besoin, une intervention d'un opérateur en local est nécessaire afin de modifier l'angle de calage des aubes conformément au nouveau besoin.

Par ailleurs, les extracteurs sont équipés de sécurité interne afin de protéger l'intégrité des ventilateurs en cas de défaillance (thermostat de sécurité sur les bobinages …).

5.1.3.3. Autres systèmes de ventilation auxilaires

Caractéristiques techniques principales :

Conformément aux notes *Ventilation aspirante en traçage Essais du ventilateur ENGART30'' référence 142-91/XFP & Ventilateur à poche ENGART 30'' pour aérage secondaire aspirant – instruction d'utilisation d'avril 1992*, les motoventilateurs Engart 01 à 06 sont des ventilateurs de marque ENGART référence 30AK40/SCV/50/FLP équipés de moteur Brush de 40 kw (960 t/mn).

Les courbes caractéristiques débit / pression et d'iso consommation des moto ventilateurs Engart sont présentées sur les figures ci-dessous :

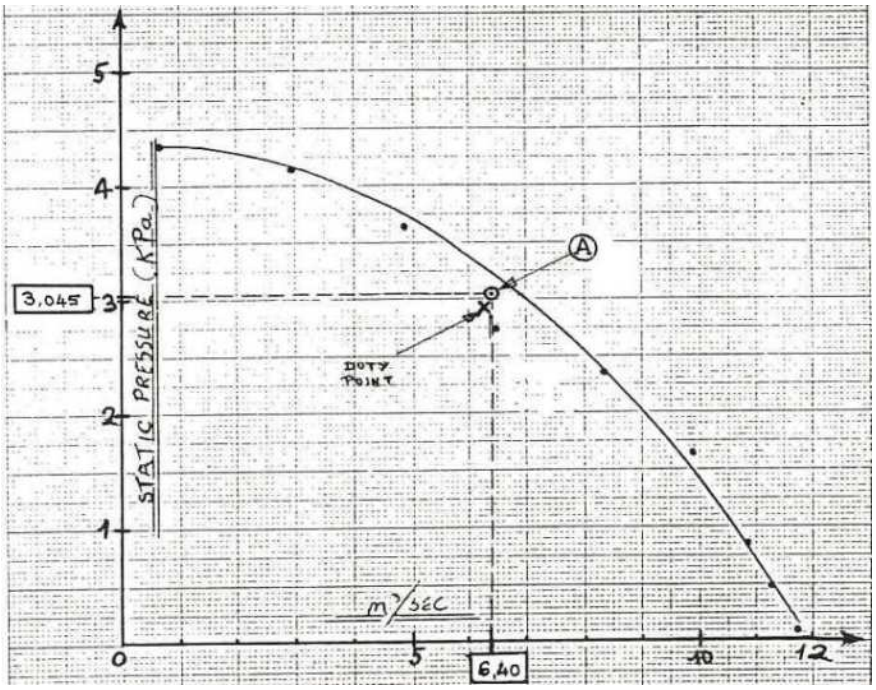


Figure 25 - Courbes débit / pression des ventilateurs Engart 30''

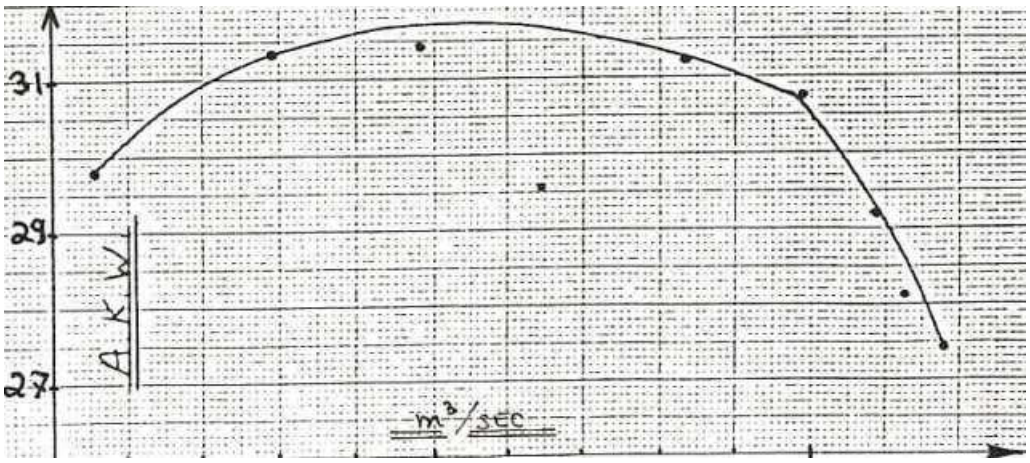


Figure 26 - Courbe d'iso consommation des ventilateurs ENGART 30''

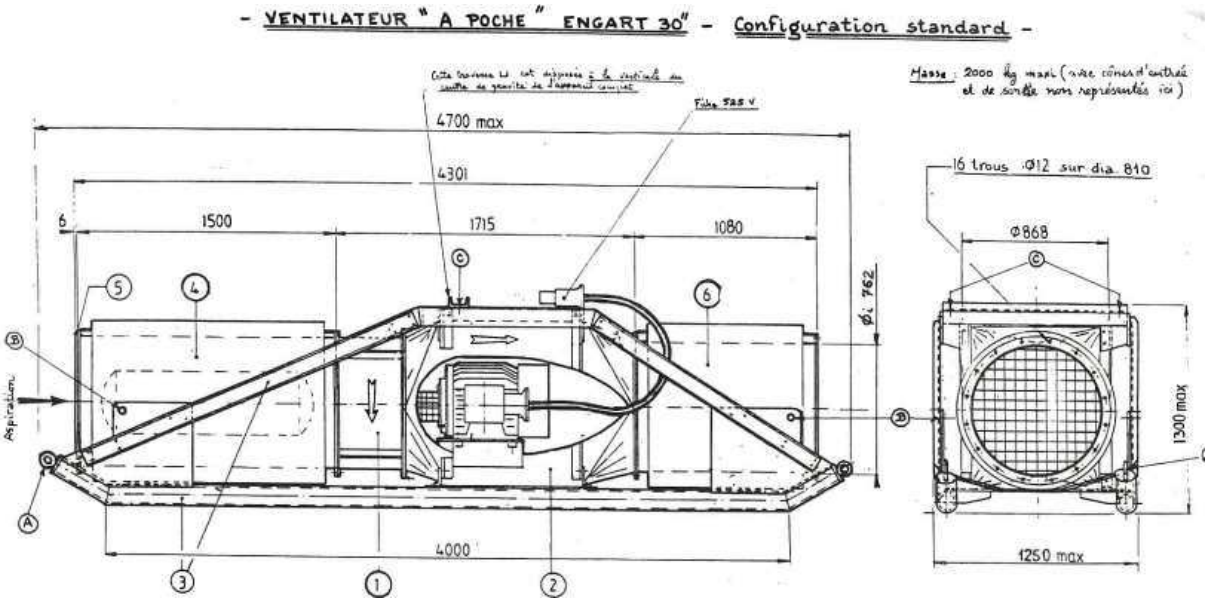


Figure 27 - Illustration plan de détail d'un ventilateur ENGART 30''

5.1.4. Analyse qualité de la documentation

L'analyse documentaire a été effectuée sur la base des documents transmis par les MDPA, dont la liste est rappelée au paragraphe 2.

Le principal objectif de cette analyse vise à vérifier si le contenu de la documentation permet de répondre a minima aux requis définis par la réglementation.

Pour ce faire une « matrice de conformité » a été établie (cf. annexe I). Cette matrice regroupe par thématique les attendus d'un point de vue documentaire. Ainsi, pour chaque thème, une analyse de conformité est réalisée sur la documentation portée à notre connaissance.

5.2. Inspections physiques des systèmes de ventilation

Une visite sur site a été effectuée les 22 et 23 Octobre 2019. A l'issue de cette visite, notre expert Bernd Hagenah a établi un certain nombre de recommandations / observations par rapport à l'état actuel du système de ventilation.
Enfin, il convient de noter qu'à ce jour, aucun plan de maintenance n'a été porté à notre connaissance. Par conséquent, les aspects maintenance seront uniquement abordés en identifiant les inspections physiques usuellement réalisées pour évaluer le vieillissement des équipements.

L'inspection visuelle des ventilateurs ES1, ES2 & Berry (**Figure 28)** n'a pas mis en évidence de présence de corrosion ou d'impact mécanique sur l'enveloppe extérieure des ventilateurs.
Au vu de ces constats, l'intégrité mécanique de l'enveloppe extérieure des ventilateurs est jugée satisfaisante.
Toutefois, il serait judicieux de compléter cette inspection visuelle par la liste des contrôles suivants afin de mieux évaluer le vieillissement des ventilateurs :

- Inspection visuelle des différentes pièces tournantes (roulement / paliers fluides, roue de ventilateur…) ;

- Réalisation d'un essai vibratoire afin d'identifier toute vibration anormale qui pourrait être le signe d'une usure / défaillance mécanique de certaines pièces ;
- Inspection visuelle du câblage (raccordement à la boite à borne du moteur, inspection du bobinage du moteur).

Figure 28 - Vue du ventilateur ES1

5.3. Recommandations

Vis à vis des ventilateurs principaux, les améliorations / dispositions suivantes ont pu être identifiées :

- Mise en place de variateur de vitesse sur les ventilateurs. Cette disposition permettrait de diminuer le coût d'exploitation. Par ailleurs, la mise en place de variateur permettrait de réduire significativement le temps d'arrêt des ventilateurs ce qui peut être utile en cas d'incendie. A noter que la mise en place de variateur sur les ventilateurs ES1 & ES2 est actuellement planifiée dans le courant de l'année 2020.
- Définition des débits requis par ouvrage sur la base :
  - d'une définition précise des engins et de leur consommation respective ;
  - des sources de pollution identifiées avec les valeurs d'émission.
- Remplacement / modification des ventilateurs ES1 & ES2 afin que les ventilateurs soient partiellement réversibles.

Enfin, il serait judicieux de développer un simulateur modélisant le comportement aéraulique de l'installation afin de pouvoir former et entrainer les opérateurs et les équipes de secours à la conduite de la ventilation de StocaMine.

Vis à vis de la maitrise du risque incendie, les recommandations / améliorations suivantes ont pu être identifiées :

- Vérifier si le flux d'air des ventilateurs ES1 & ES2 peut être inversé en cas d'incendie au sein ou à proximité du puits Joseph. Cette disposition permettrait de limiter la propagation des fumées au sein de l'installation souterraine. A noter que l'inversion des ventilateurs serait effective

uniquement après vérification qu'aucune personne n'est présente dans le puits où directement à proximité de celui-ci ;

- Ajout de registres motorisés REI120 en entrée / sortie des ventilateurs ES1 1 ES2 afin de pouvoir en cas d'incendie isoler une branche / limiter / stopper l'apport d'air neuf au sein de l'installation souterraine

6. Réseaux

Ce chapitre a pour objectif principal de décrire les réseaux existants sur base des informations disponibles et de définir les recommandations et les actions à mener afin de pouvoir assurer la pérennité des réseaux en vue des activités de déstockage et de confinement.

De manière générale, la documentation disponible est insuffisante pour une personne extérieure au fonctionnement journalier de la mine. En vue d'améliorer la synthèse documentaire, il serait opportun de réaliser un document de synthèse pour chaque réseau comprenant a minima :

- Un plan numérique à jour ;
- Une synthèse historique reprenant les besoins initiaux et les évolutions de ces besoins, les modifications des réseaux et les raisons de ces modifications, les pannes recensées…

L'intérêt d'avoir ces documents sous la main est de permettre une meilleure transmission de l'information et surtout d'avoir une vision historique en cas d'évolution dans le personnel de la mine.

6.1. Réseaux d'eau

La mine dispose de deux réseaux d'eau qui se distinguent par leurs fonctions :

- Réseau eau incendie ;
- Réseau eau industrielle.

Ces deux réseaux sont alimentés par le réseau extérieur de ville via deux canalisations flexibles en PEHD HP 2'' installées dans les puits Joseph et Else (une dans chaque puits ; Figure 29). Une électrovanne permet d'isoler le réseau fond. Une alarme « consommation haute » équipe le réseau du fond avec report vers la supervision pour détecter une fuite sur le réseau.

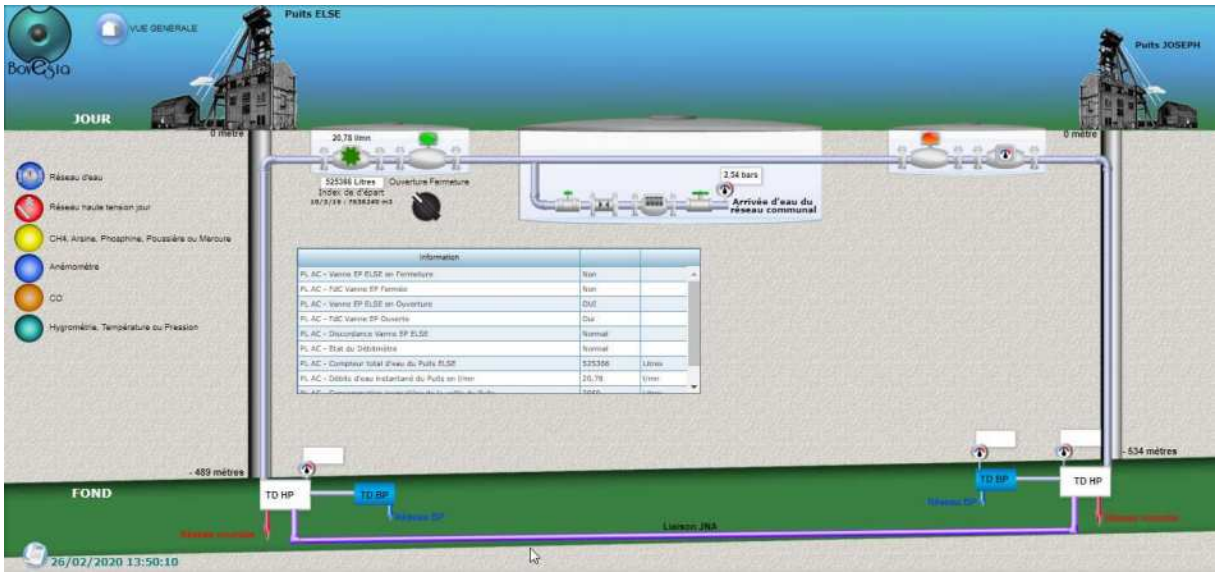


Figure 29 - Synoptique du système d'alimentation en eau de la mine avec redondance

L'intégrité des réseaux dans le puits Else n'a pu être vérifiée. Dans le puits Joseph, l'analyse visuelle de ces différents réseaux a été réalisée le 23/10/2019. Le réseau d'alimentation en eau ne présente aucune détérioration visible (Figure 30).

Figure 30 - Photographie des réseaux transitant dans le puits Joseph

Au droit de la recette souterraine, la canalisation d'alimentation se prolonge jusqu'à la recoupe fluide localisée juste en face de la sortie de la cage de l'ascenseur (Figure 25).

La pression d'alimentation d'eau est de l'ordre de 50 bars qui résulte de la différence d'altimétrie entre la recette souterraine et la recette de surface (profondeur de 500 m environ).

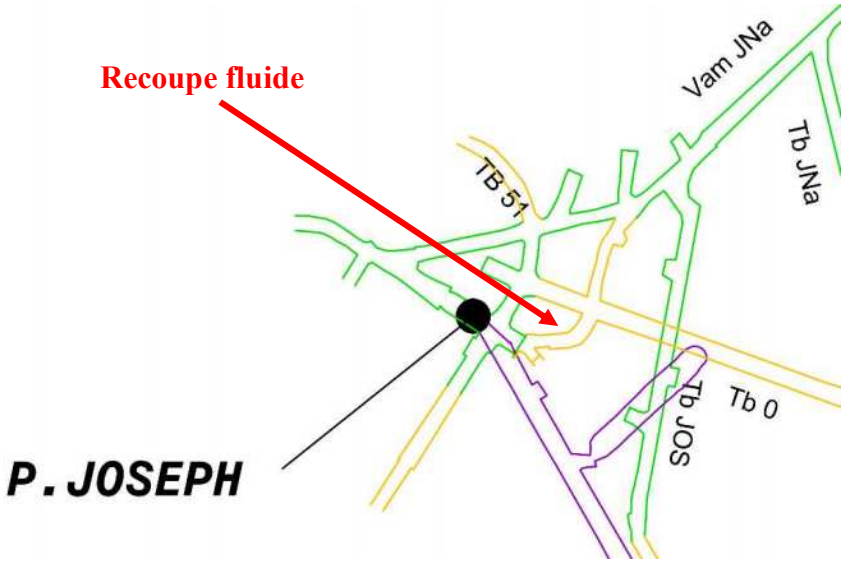


Figure 31 - Position de la recoupe fluide en souterrain

6.1.1. Réseau d'eau incendie

Le réseau eau incendie déployé en souterrain est un réseau en charge, alimenté depuis la surface : une conduite passe par le puits Joseph et une conduite par le puits Else. Le réseau eau incendie en fond est ainsi redondant. La conduite du puits Else est toujours en charge. La conduite dans le puits Joseph est purgée chaque hiver.

Dans la recoupe fluide, les deux canalisations d'alimentation, en provenance des recettes des puits Joseph et Else, se rejoignent dans un tableau de distribution (Figure 32 et 27). Deux vannes d'isolement permettent d'isoler le système en cas de maintenance. La nourrice propose également une vanne de purge (vers le puisard du puits Joseph).

Des filtres sont également installés en aval des vannes d'isolement et les pressions d'arrivée sont également enregistrées (manomètres visibles sur la droite de l'image ci-dessous).

Ce tableau de distribution comprend deux types de départ :

- Réseau eau incendie (canalisations rouges dans le tableau) ;
- Départ vers réseau Basse Pression (BP) (10 bars).

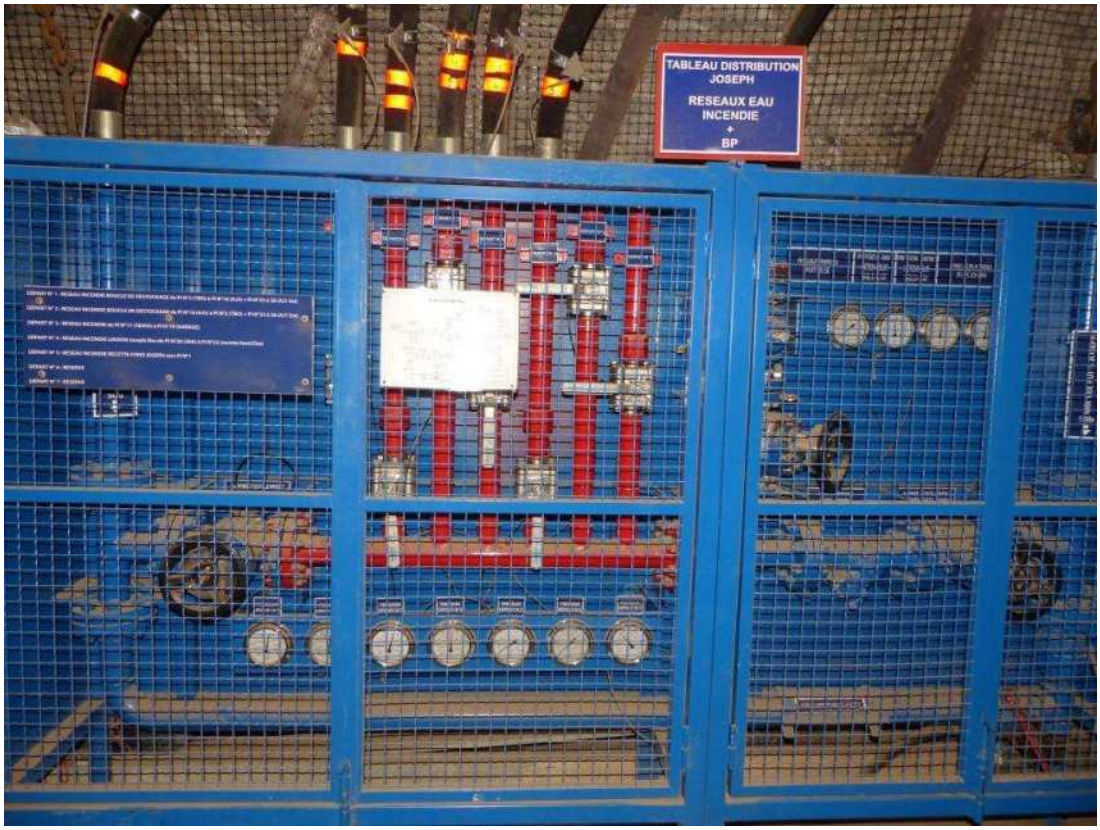


Figure 32 - Tableau divisionnaire du réseau eau incendie basse pression

Figure 33 - Tableau divisionnaire avec manomètres de contrôle et réducteur de pression

Le tableau de distribution du réseau eau incendie comprend 7 départs (repris schématiquement sur la Figure 34) :

- Départ n° 1 : Réseau eau incendie boucle de déstockage de PI n° 2 à PI n° 16 ainsi que de PI n° 23 à PI n° 26 ;
- Départ n° 2 : Réseau eau incendie boucle de déstockage de PI n° 16 à PI n° 2 ainsi que de PI n° 23 à PI n° 26 ;
- Départ n° 3 : Réseau eau incendie de PI n° 17 à PI n° 19 ;
- Départ n° 4 : Réseau eau incendie liaison Joseph Else (de PI n° 20 à PI n° 22) ;
- Départ n° 5 : Réseau eau incendie recette fond Joseph vers PI n° 1 ;
- Départ n° 6 : Réserve ;
- Départ n° 7 : Réserve.

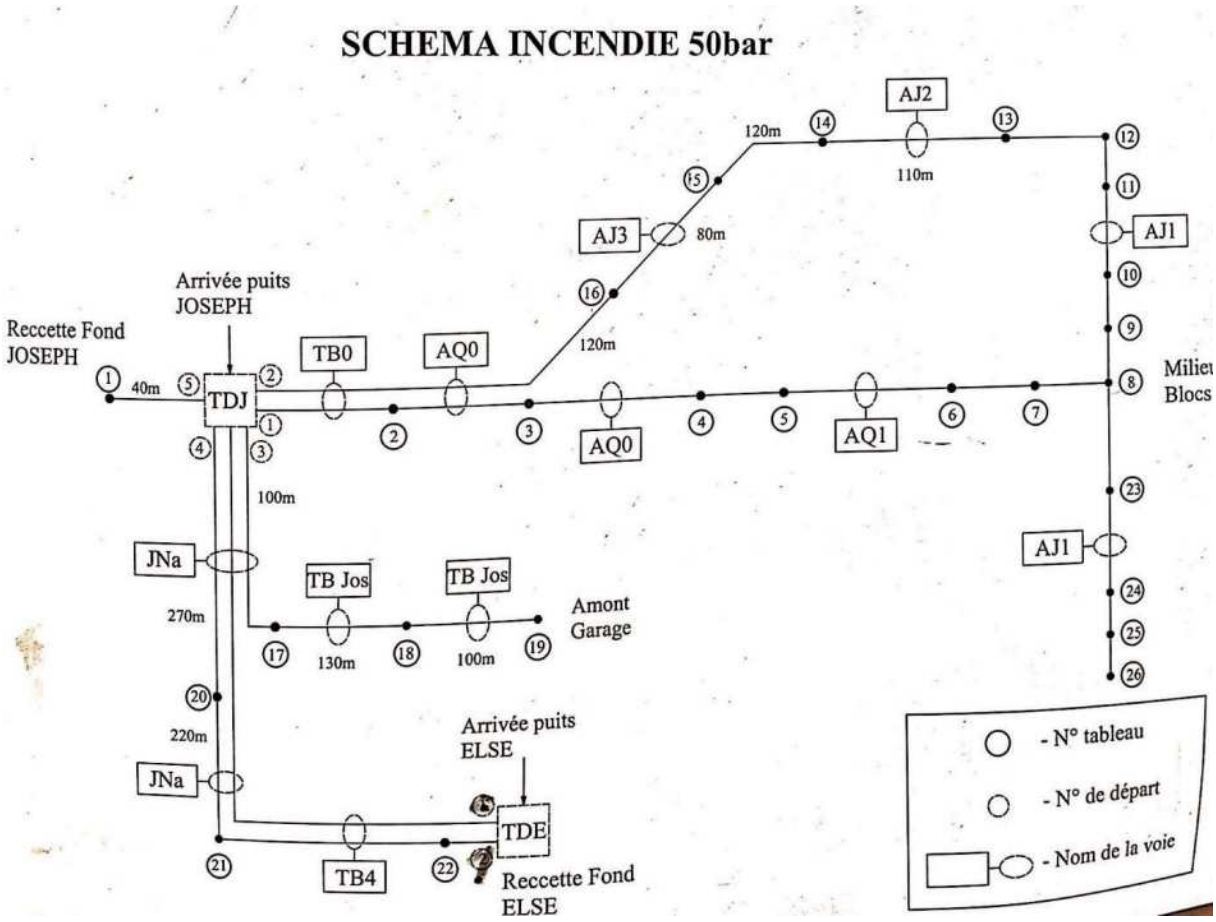


Figure 34 - Schéma de principe du déploiement du réseau eau incendie en souterrain

Un réseau eau incendie basse pression est également déployé dans l'installation. En effet, les différents plans reçus désignent un réseau eau incendie basse pression initié à partir la PI n° 6 et qui s'étend dans AJ1 (double allée centrale) et RAT2/RAS2 (galerie au nord des blocs de stockage). Ce réseau BP alimente actuellement une platine incendie (PI) nécessaire pour la construction de la galerie exutoire.

Le réseau incendie « classique » basse pression est composé de conduite PEHD de diamètre 1'' ou 2''. La pression du réseau varie entre 8 et 10 bars pour un débit de 350 l/min (canalisation 2''). Une platine incendie est actuellement installée pour le chantier de creusement de la voie exutoire. A la base de la platine, sont rangés tuyaux pompiers diamètre 45 mm avec lance incendie débit variable 500 l/min.

Le réseau incendie « renforcé » est un réseau haute pression composé de flexibles haute pression de diamètre 2''. Ce réseau est disponible dans les voies principales de la mine, la pression du réseau est de 50 bars et ce réseau dispose de raccords de branchement pompier et de vannes d'arrêt tous les 100 à 150 m. Les platines incendies installées sur ce réseau permettent d'obtenir un débit de 450 l/min pour une pression de 6 bars.

Le folio « 4b – réseau eau incendie » du document [17] reprend l'ensemble des données à notre disposition concernant le réseau eau incendie HP et BP. Des incohérences évidentes ont été observées entre les documents [11] et [17] ainsi qu'avec la Figure 34 ci-dessus. Ces incohérences portent sur l'extension du réseau HP et BP et la numérotation des platines incendies. Une vérification additionnelle in situ est nécessaire.

Le rapport d'étude du réseau eau incendie de septembre 2015 (document [12]) caractérise, entre autres, le déploiement du réseau eau incendie par la mise en œuvre d'une boucle dite « boucle de déstockage ». Elle concerne les galeries TB0, AQ0, AQ1, AJ1 Ouest, AJ2, AJ3 puis retour sur TB0. Cette boucle appartient au réseau renforcé : la pression est de 50 bars.

Le projet d'implantation du réseaux incendie (haute pression / basse pression) confirme la présence d'une ligne haute pression depuis le tableau de distribution du puits, puis dans les galeries TB0 JOS, AQ0 et AQ1 jusqu'à l'intersection avec AJ1, puis le retour d'une ligne haute pression en galerie AJ2 et AJ3. Cependant le tronçon de réseau eau incendie dans la galerie AJ1 ouest y est indiqué en réseau basse pression et de fait n'est plus connecté au réseau haute pression en galerie AJ2 : il n'y a donc plus de boucle de réseau eau incendie dite « boucle de déstockage ».

6.1.2. Réseau d'eau industrielle

Un réducteur de pression a été installé au départ du tableau de distribution principal pour réduire la pression d'eau de 50 bars à 10 bars. Un tableau de distribution secondaire, toujours localisé dans la même recoupe, permet d'assurer les différents départs du réseau BP (Figure 35). Les canalisations de distribution sont en PEHD PN 16 Bars (1 pouce et 2 pouces).

Le folio « 4c – réseau d'eau industrielle » du document [17] reprend l'ensemble des données à notre disposition concernant le réseau BP d'alimentation d'eau industrielle.

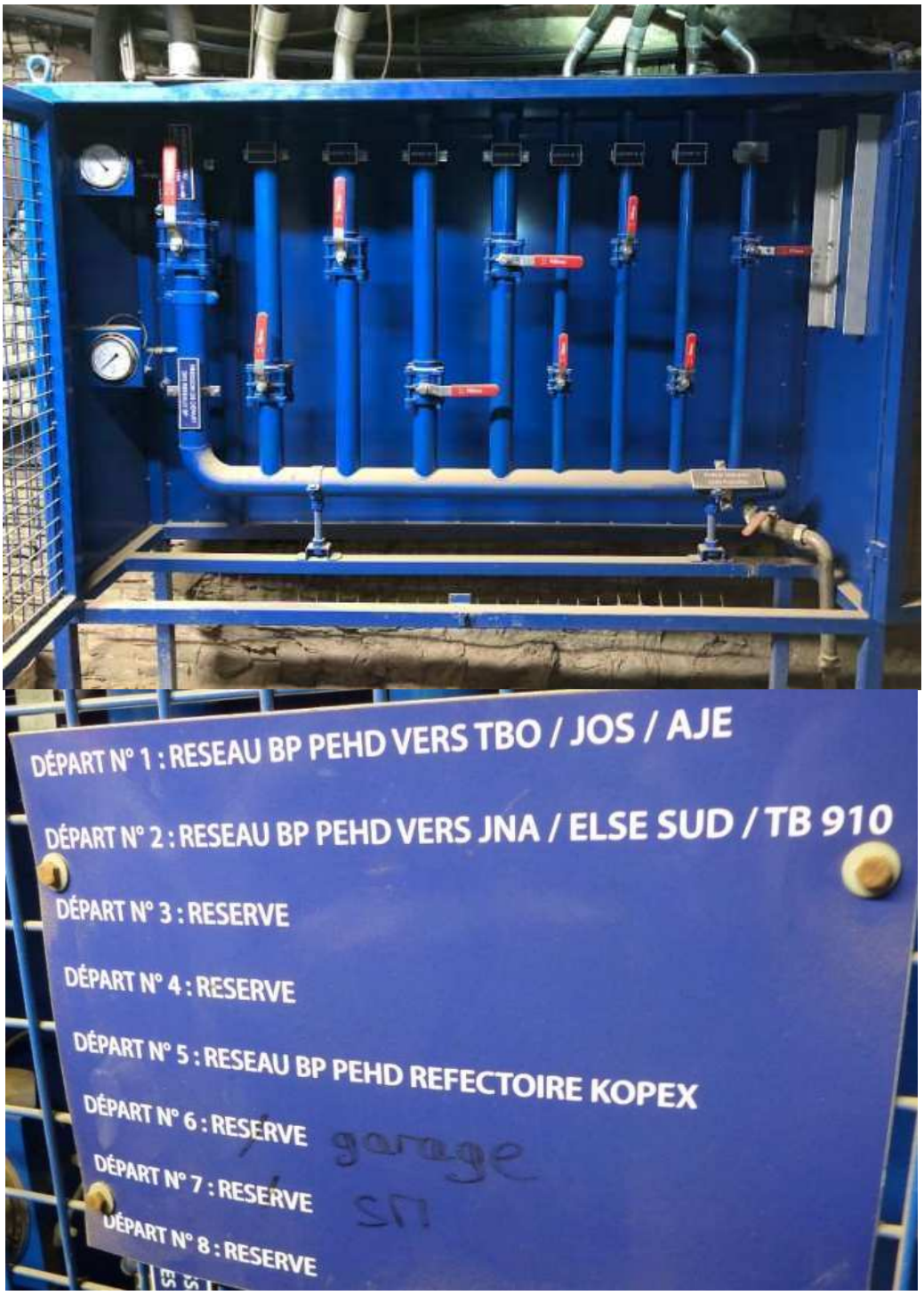


Figure 35 - Tableau secondaire de distribution du réseau d'eau industrielle BP

6.1.3. Recommandations pour le système d'alimentation en eau

Ne disposant d'aucun historique sur les pannes et les fuites du système, il est impossible de poser un regard critique sur la disponibilité du réseau. Néanmoins, les observations récoltées lors des deux visites des installations ont permis de conclure que :

1. Les installations, dans les puits et en souterrain, sont récentes et ne présentent pas de dommages observables ;
2. La qualité de mise en œuvre des tableaux de distribution permettra de mettre en œuvre les réseaux additionnels nécessaires au déstockage (réserves disponibles).

Afin d'assurer le bon fonctionnement de cette installation, nous recommandons les actions suivantes, par ordre d'importance :

1. La vérification de la manœuvrabilité des vannes et de l'état de la tuyauterie du réseau en fond dans les voies ;
2. Purge de la conduite Else si jamais réalisée (en été pour ne pas être en simultané de la purge de la conduite Joseph) ;
3. Le nettoyage des filtres (non observé lors de la visite) installés sur le système ;
4. Test de pression de l'installation (en cas de pannes ou fuites importantes observées) dont pression au niveau des prises incendie.

6.2. Système d'inertage à l'azote

6.2.1. Description de l'installation

En 2015, préalablement aux activités de déstockage, les MDPA ont décidé de mettre en œuvre un système d'inertage à l'azote à l'intérieur d'un bloc pour freiner et stopper la propagation d'un feu qui se serait déclenché durant les opérations de déstockage au niveau des blocs de déstockage.

Une étude a été réalisée (document [13]) afin de dimensionner les canalisations en souterrain dont le tracé est représenté sur la **Figure 36**. Il a été retenu et installé une canalisation 2'' PEHD de diamètre 48 mm intérieur.

Figure 36 - Extrait de la cartographie du réseau d'inertage à l'azote (plan n°04e du document [17])

Une installation temporaire de compression et de vaporisation d'azote liquide a été installée en surface. Cette installation comprend un branchement extérieur permettant d'accueillir l'azote provenant d'un camion (**Figure 37**), un réchauffeur atmosphérique permettant la vaporisation de l'azote et deux tableaux by-pass localisés en surface (**Figure 38**) et en fond (**Figure 39**).

Ces tableaux by-pass ont été installés afin de mutualiser, à l'intérieur du puits Joseph, la canalisation déjà installée dans le puits et dédiée jusque-là à l'exhaure uniquement.

La visite menée le 23/10/2019 a permis de mettre en évidence une vétusté évidente de la canalisation « mutualisée » située entre les deux tableaux by-pass. Durant cette visite, les MDPA nous ont indiqué que le remplacement de cette canalisation était prévu pour début 2020. Ce remplacement a été réalisé récemment et une canalisation flexible PEHD 2'' a été installée.

Figure 37 - Branchement extérieur en surface

Figure 38 - Tableau by-pass localisé en recette jour (hall C puits Joseph)

Figure 39 - Tableau by-pass localisé en recette fond (dans la recoupe fluide)

6.2.2. Recommandations pour le réseau inertage azote

Le réseau de canalisation localisé en souterrain et destiné à l'inertage a été installé peu avant les activités de déstockage en 2015. Cette installation est donc récente. La canalisation « exhaure/inertage » localisée dans le puits a été très récemment (mars 2020) remplacée.

Afin d'assurer le bon fonctionnement de cette installation, nous recommandons les actions suivantes, par ordre d'importance :

- Vérification de la manœuvrabilité des vannes, aussi bien en fond de ligne (té) qu'au niveau des tableau by-pass ;
- L'installation d'une canalisation dédiée à l'inertage dans le puits Joseph. Cette modification permettrait de dissocier les fonctions et de ne pas rencontrer de mode de défaillance commun (une défaillance sur le réseau exhaure interdit l'utilisation du même réseau pour une opération d'inertage).

6.3. Système d'exhaure

6.3.1. Description de l'installation

L'eau d'exhaure concerne uniquement le puits Joseph. Elle provient essentiellement des infiltrations d'eau au niveau du cuvelage du puits. Elle est récupérée à deux niveaux (**Figure 40**) :

- Au niveau d'un bachou situé à -24 m et pompée directement vers le bassin de rétention au jour (5 m^3/j) ;
- Au niveau du puisard et pompée dans des bacs de décantation avant d'être évacuée vers la surface (5 m^3/semaine).

En souterrain, le système d'exhaure est relativement simple (**Figure 40** & **Figure 41**) :

- Le premier point de collecte (-559 m) est la fosse gasoil (capacité 1 m^3) localisée au droit de la galerie TB79a actuellement utilisée pour le remplissage en carburant des engins ;
- Le second point de collecte est localisé au droit du garage de maintenance (-530 m) ;

- Ces deux points de collecte sont ensuite refoulés vers les cuves tampon/bacs de décantation (2 * 2.5 m³) qui sont localisées dans la galerie TBJOS (-521 m) (**Figure 42**).

Le refoulement en souterrain est réalisé au moyen de pompes PCM type J2L2 (1.1 m³ à 12 bars) ou Grundfos
Le refoulement à partir des cuves de décantation vers la surface est assuré par des pompes BARTHOD Type 820 (2,5 m³/h à 125 bars) (**Figure 43**). Le refoulement vers la surface se fait via une canalisation qui est mutualisée avec le réseau d'inertage comme décrit plus haut (§ 6.2).

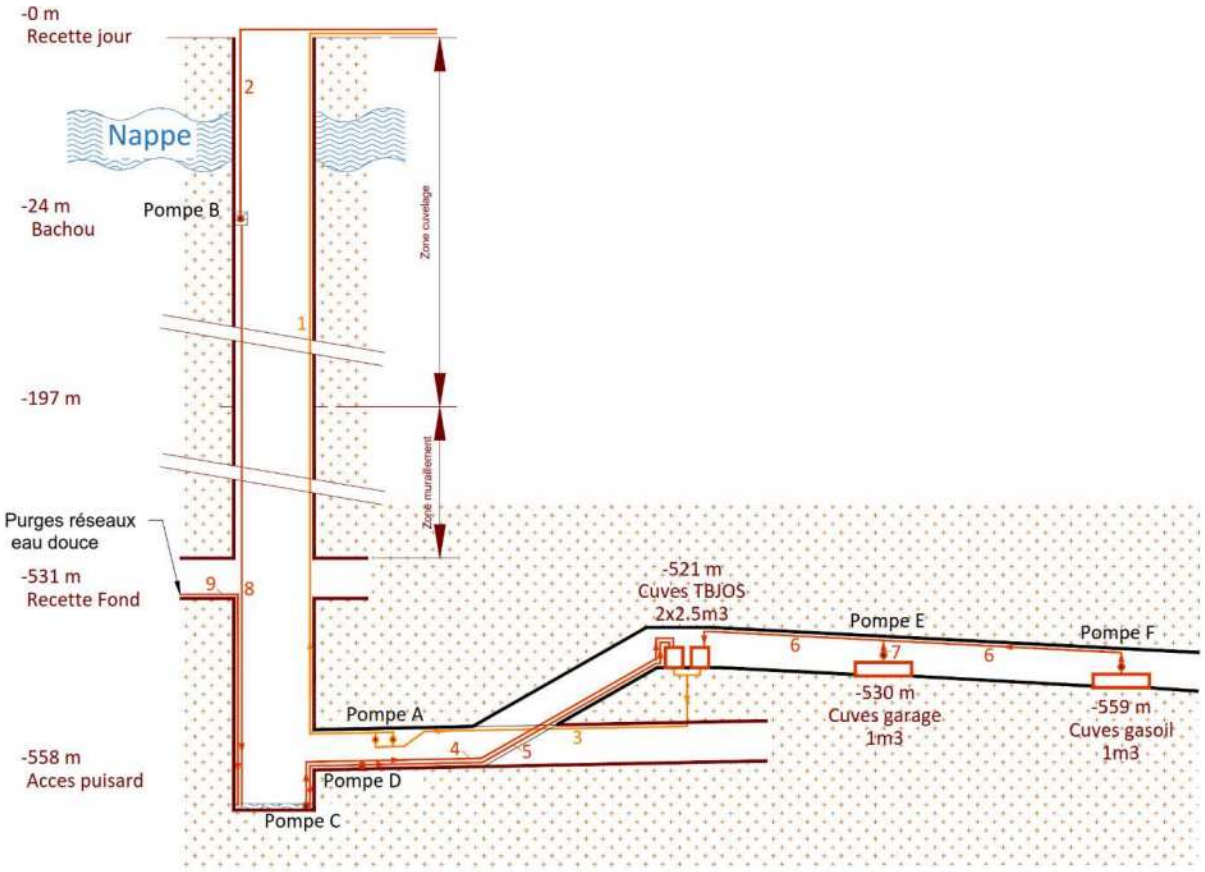


Figure 40 - Synoptique fonctionnel du système d'exhaure

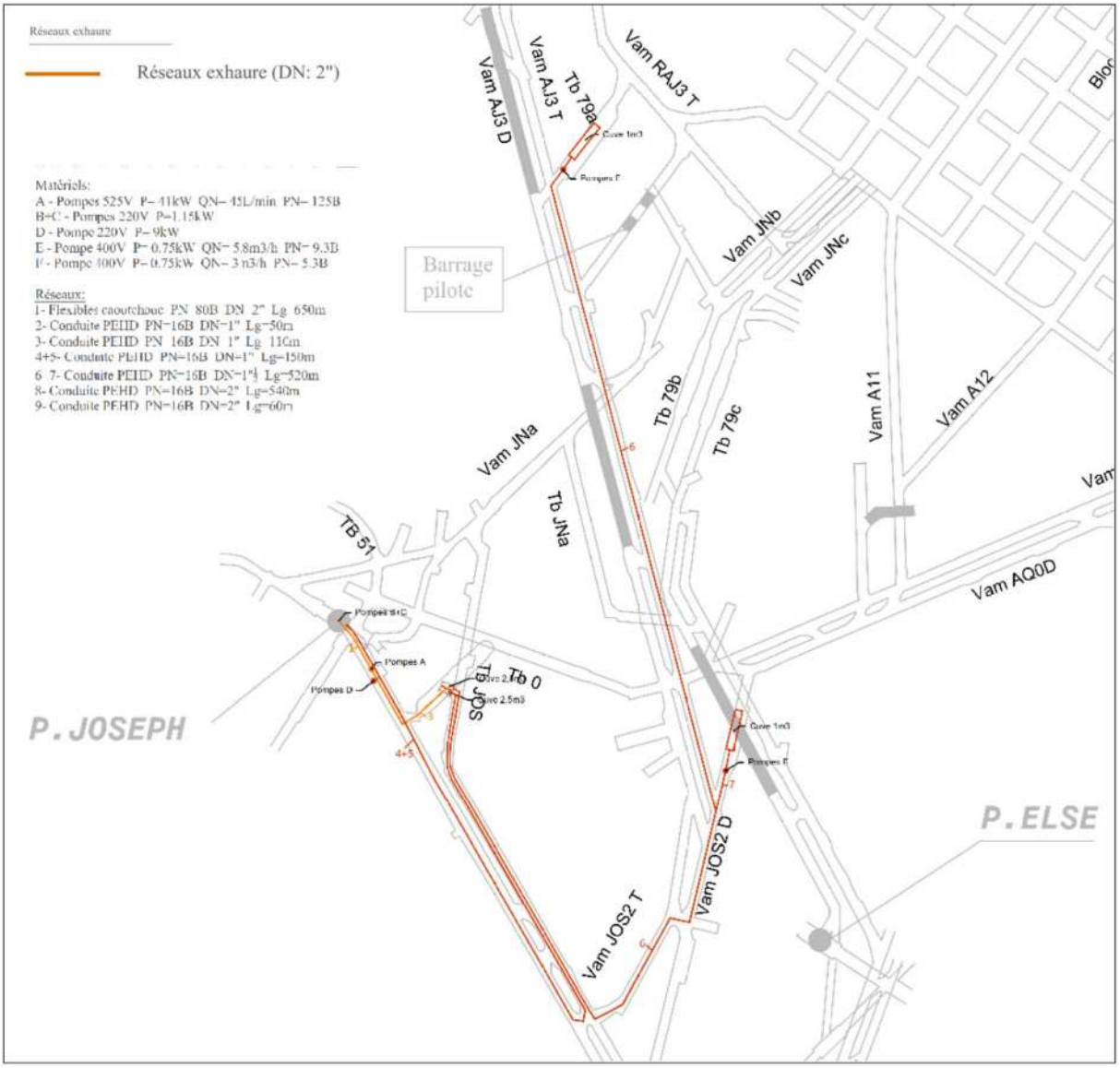


Figure 41 - Plan du système d'exhaure en souterrain

Figure 42 - Photographies des cuves tampon / bacs de rétention

Figure 43 - Photographies des pompes de refoulement vers la surface BARTHOD

6.3.2. Recommandations pour le système d'exhaure

Le système d'exhaure souterrain est obsolète et nécessite une rénovation en profondeur. La canalisation de refoulement localisée dans le puits Joseph a été remplacée récemment.

Dans le cadre des potentielles futures activités de déstockage, il est prévu de déplacer la fosse gasoil et de la repositionner au plus proche de la zone garage. Cette action permettra de simplifier fortement le système d'exhaure souterrain et de limiter le nombre de pompes de refoulement.

Afin d'assurer le bon fonctionnement de cette installation, nous recommandons les actions suivantes, par ordre d'importance :

- Remplacement des pompes Barthod ;
- Remplacement des pompes de refoulement utilisées depuis plus de 30 ans ;
- Remplacement des cuves tampon/bacs de rétention (soumis à une corrosion avancée) ;
- Vérification de la manœuvrabilité des vannes de sectionnement (remplacement si nécessaire) ;
- Vérification de l'étanchéité des canalisations et raccords (remplacement si nécessaire).

Afin de simplifier le système d'exhaure, il serait intéressant de réintégrer les cuves tampon et les pompes BARTHOD dans une galerie localisée à proximité du puits Joseph et de la recoupe fluide.

6.4. Réseau air comprimé (AC)

6.4.1. Description de l'installation

Le réseau d'air comprimé est indispensable au bon fonctionnement de la mine, notamment pour le démarrage des engins. En effet les règles ATEX en vigueur obligent l'utilisation de démarreur pneumatique pour tous les engins roulants. De plus, l'air comprimé est nécessaire pour certains travaux dans les puits (réalisés avec des engins pneumatiques) et au fond (outillage pneumatique pour l'atelier de maintenance, les travaux de bétonnage, le décolmatage des filtres…).

Afin d'assurer l'approvisionnement en air comprimé dans l'installation souterraine, une canalisation PEHD est installée dans chaque puits (2'' dans le puits Joseph et 1.5 '' dans le puits Else) et une boucle fermée permet d'assurer la redondance de l'approvisionnement (**Figure 44**). La pression du système est maintenue à 12 bars avec un débit d'air comprimé de 12 m³/min.

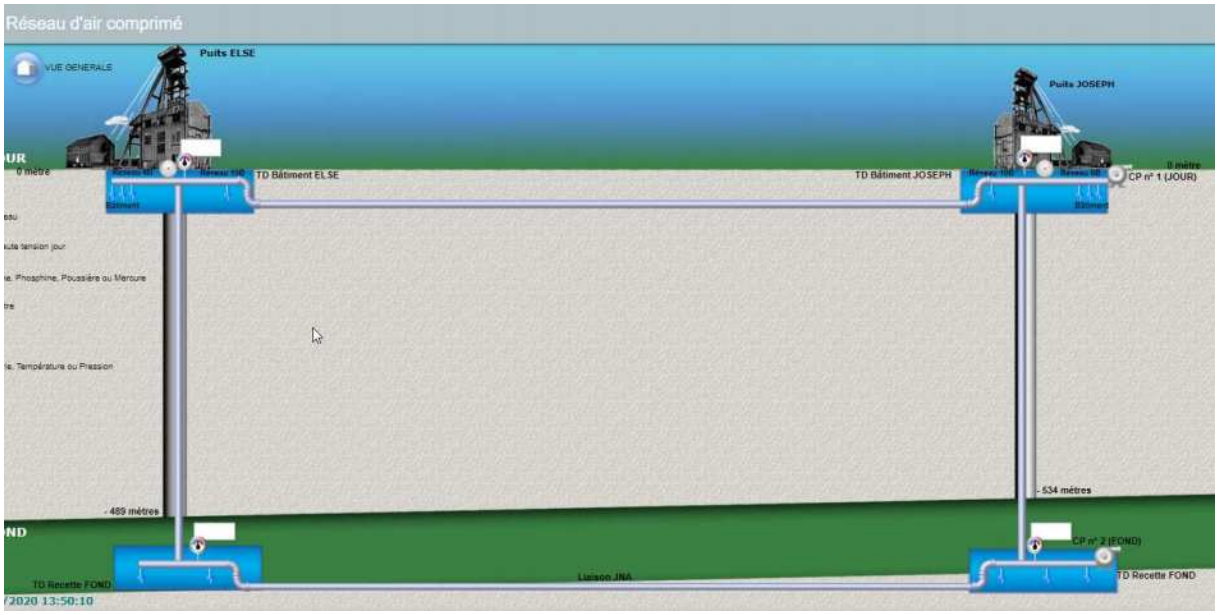


Figure 44 - Synoptique du système d'alimentation en air comprimé de la mine avec redondance

Afin d'assurer un approvisionnement continu, l'installation dispose de deux compresseurs qui sont localisés :

- Au sous-sol de la machine d'extraction Joseph (voir **Figure 45**) ;
- Au fond dans la recoupe fluide (localisation en **Figure 31** ; voir **Figure 46**).

Figure 45 - Photographie du compresseur localisé en surface au sous-sol chevalement Joseph

Figure 46 - Photographie du compresseur localisé en souterrain dans la recoupe fluide

Une cuve de stockage de 2000 litres est également localisée au sous-sol du chevalement Joseph (**Figure** 47) pour assurer la pérennité de l'approvisionnement particulièrement bloquant en souterrain.

Figure 47 - Photographie de la cuve de stockage d'AC en surface (sous-sol chevalement Joseph)

Afin d'assurer la distribution dans toute l'installation, trois tableaux de distribution sont installés :

- Au sous-sol du chevalement Else (voir **Figure 48**) ;
- Au sous-sol du chevalement Joseph (voir **Figure 49**) ;
- Au fond dans la recoupe fluide (localisation en **Figure 31** ; voir **Figure 50**).

Figure 48 - Tableau de distribution de l'air comprimé localisé dans le sous-sol du chevalement Else

Figure 49 - Tableau de distribution de l'air conditionné localisé dans le sous-sol du chevalement Joseph

Figure 50 - Tableau de distribution localisé dans la recoupe fluide en souterrain

6.4.2. Recommandations pour le réseau d'alimentation en air comprimé

Ne disposant d'aucun historique sur les pannes et les fuites du système, il est impossible de poser un regard critique sur la disponibilité du réseau. Néanmoins, les observations récoltées lors des deux visites des installations ont permis de conclure que :

1. Les installations, dans les puits et en souterrain, sont récentes et ne présentent pas de dommages observables ;
2. La qualité de mise en œuvre des tableaux de distribution permettra d'étendre le réseau d'air en vue des potentielles futures activités de déstockage.

Afin d'assurer le bon fonctionnement de cette installation, nous recommandons les actions suivantes, par ordre d'importance :

1. La maintenance régulière et nettoyage des compresseurs ;
2. La vérification de la manœuvrabilité des vannes ;
3. Si défaillance de la canalisation 1.5'' du puits Else, remplacement par une canalisation 2'' ;
4. Test d'étanchéité de l'installation (en cas de pannes ou fuites importantes observées).

6.5. Réseaux et système électriques

6.5.1. Description de l'installation haute tension en surface

Afin d'assurer l'alimentation électrique de l'installation, les MDPA disposent d'un poste haute tension privé 2000 kVA qui est localisé à proximité du bâtiment abritant la machinerie du puits Joseph et qui permet de passer de 20 kV à 5kV. Le réseau interne au MDPA est un réseau 5 kV schéma IT avec signalisation au premier défaut. Le schéma unifilaire du poste haute tension est présenté ci-dessous (**Figure 51**).

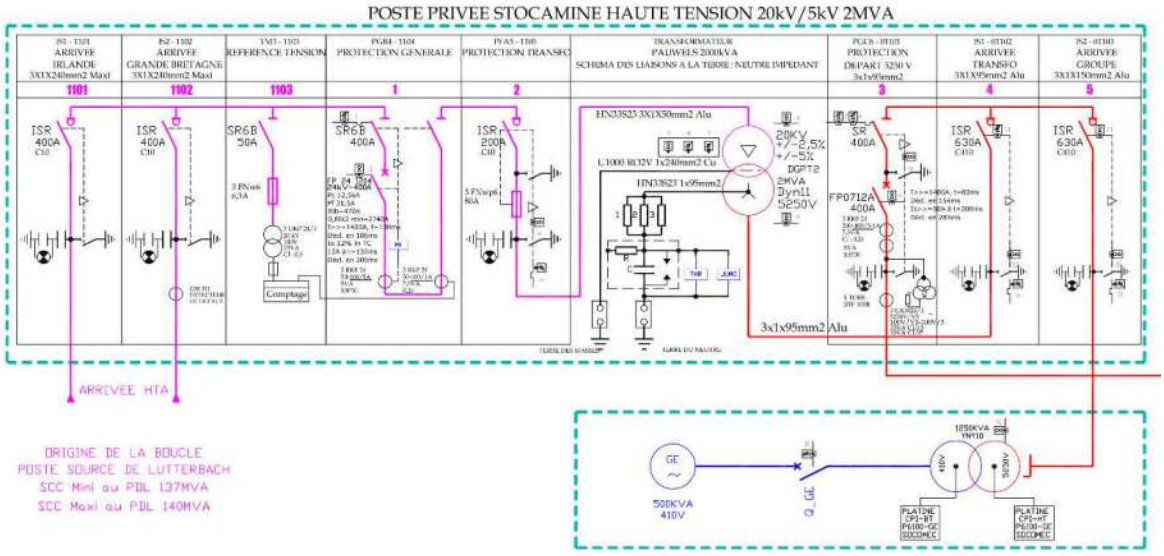


Figure 51 - Schéma unifilaire du poste haute tension

Lors de la visite de site des 22 et 23 octobre 2019, l'analyse visuelle du poste haute tension a permis de rendre compte d'un bon état général de l'installation (**Figure 52**).

Figure 52 - Poste haute tension des MDPA

Les MDPA disposent également de plusieurs groupes électrogènes qui assurent la redondance de l'alimentation mais exclusivement pour les machines d'extraction. L'alimentation additionnelle est connectée à la cellule n°5 du poste haute tension.

Figure 53 - Groupe électrogène de secours

En aval du poste haute tension, un poste de distribution 5kV est installé dans le bâtiment abritant la machinerie du puits Joseph (**Figure 54**). Le schéma unifilaire du poste jour 5 kV est présenté à la **Figure 55**.

Figure 54 - Poste 5kV Joseph à l'étage

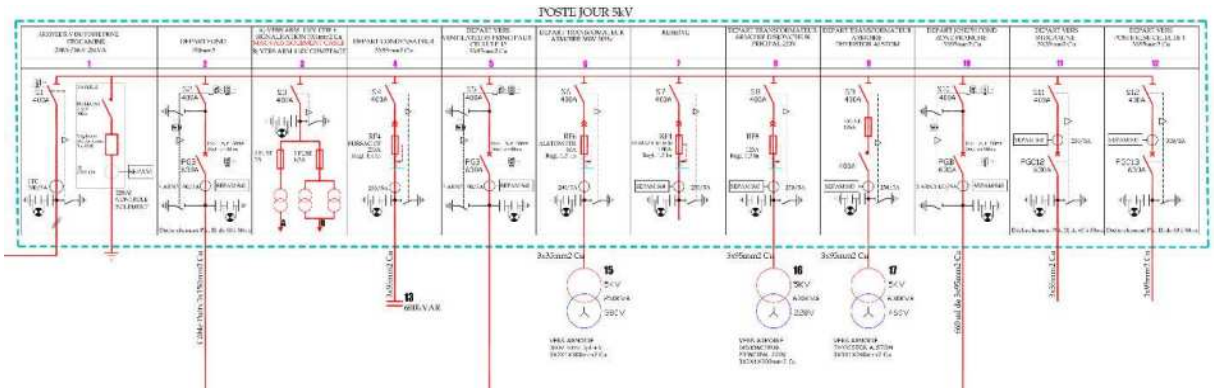


Figure 55 - Schéma unifilaire du poste 5 kV localisé en surface

6.5.2. Description de l'installation électrique haute tension en souterrain

Le système électrique souterrain est alimenté par trois connections qui partent du poste 5 kV localisé en surface (**Figure 56**) au travers du puits Joseph :

- La cellule n° 2 alimente le tableau divisionnaire «hors zone franche» par un câble 3x150 mm² ;
- La cellule n° 5 alimente le tableau divisionnaire «Ventilation principale» par un câble 3x95 mm² ;
- La cellule n° 10 alimente le tableau divisionnaire «Zone franche» par un câble 3x95 mm².

Figure 56 - Cellules n° 2, 5 et 10 du poste 5 kV de surface qui assurent l'alimentation électrique du fond

La station électrique principale (**Figure 57**) est localisée dans la galerie borgne à proximité de la recette fond du puits Joseph (**Figure 58**).

Figure 57 - Station électrique souterraine principale

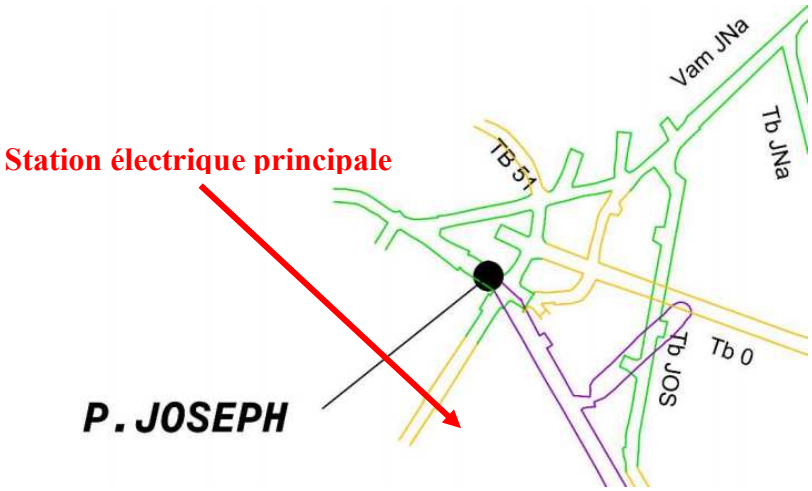


Figure 58 - Localisation de la station électrique souterraine principale

A partir de la station électrique générale, l'alimentation électrique HT (5 kV) est déployée pour alimenter (**Figure 59** & **Figure 60**) :

- Des stations électriques 5 kV « à demeure » :
  - Localisées en zone franche (AJ1D et AQ1) ;
  - Localisées hors zone franche (JNa, AJF, Raclette) ;
- Des stations électriques à besoins spécifiques :
  - Station AJ3 (0.5 kV) pour les besoins du démonstrateur de scellement ;
  - Station AQ2 (1 kV) ;
- Des stations électriques mobiles (**Figure 61**) numérotées « Mxx » qui permettent d'alimenter des chantiers temporaires.

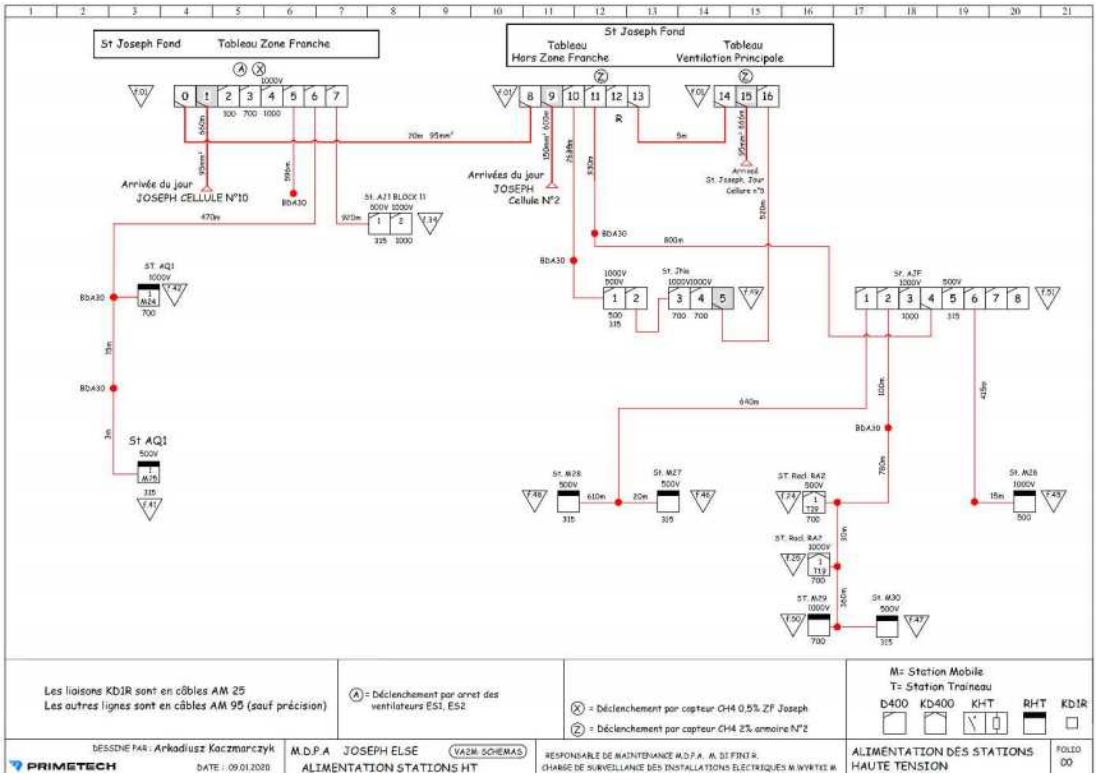


Figure 59 - Schéma unifilaire du réseau 5kV déployé dans la mine

Figure 60 - Extrait de la cartographie du système électrique (document [17])

Figure 61 - Station mobile en souterrain

6.5.3. Recommandations pour le système électrique

L'installation électrique des MDPA a été mise en place, pour une majeure partie, il y a plus de 50 ans. Plusieurs parties ont été modernisées récemment comme l'alimentation électrique et le contrôle commande machinerie Else. De nombreux composants ont été remplacés. En revanche, il apparait évident qu'une modernisation plus conséquente est nécessaire pour assurer le fonctionnement en vue des potentielles futures activités de déstockage et du confinement.

Les MDPA prévoient d'ailleurs la modernisation de l'alimentation et du contrôle commande de la machinerie du puits Joseph durant l'année 2020.

Au regard de l'étendue du système électrique, il apparait inenvisageable d'un point de vue économique de moderniser l'ensemble de l'installation. Nous ne disposons pas de l'historique des pannes électriques qui pourrait nous permettre de définir les composants les plus sollicités et les plus régulièrement défaillants.

Nous proposons donc les recommandations suivantes :

- Pour toute l'installation :
    - Vérification de l'ensemble des connexions, particulièrement aux points sensibles (transformateurs, tableaux…) pour identifier les traces d'oxydation potentiellement présentes ;
    - Vérification de l'isolement des câbles.

Les câbles qui présentent des défauts d'isolement seront remplacés. Les connections électriques oxydées seront nettoyées et réinstallées correctement.

- Pour les installations électriques de surface :
    - Modernisation, comme prévu, de l'alimentation électrique et du contrôle commande de la machinerie du puits Joseph ;
    - Les cellules n° 2, 5 et 10 (alimentation du fond) semblent avoir été modernisées récemment, une vérification des connections et une maintenance continue semblent suffisantes ;
    - Remplacement en cas de défaillance.

- Pour les installations électriques souterraines :
    - Modernisation de 3 lignes d'alimentation 5 kV pour l'alimentation des 3 fronts de déstockage :
        - Modernisation de la ligne menant à la station AJ1 (bloc 11) pour l'alimentation du front de déstockage central ;
        - Modernisation de la ligne menant à la station AQ1 pour l'alimentation du front de déstockage sud ;
        - Extension du tableau divisionnaire « Zone franche » pour ajouter une alimentation directe entre la station électrique principale et une station mobile (M29 ou M30) qui permettrait d'alimenter le front de déstockage nord sans modernisation des autres sous-stations localisées hors zone franche ;
    - Remplacement en cas de défaillance.

6.6. Système de supervision - Télégrisoumétrie

6.6.1. Description de l'installation

En souterrain, il existe un certain nombre de capteurs permettant de détecter en temps réel les différents écarts de fonctionnement / dérives / problèmes de l'installation. Le synoptique de supervision présenté ci-dessous (**Figure 62**) montre les différents paramètres pris en compte dans ce système :

- Supervision de la concentration en CH4 (position des capteurs présentée en **Figure 63**) ;
- Supervision de la concentration en CO (position des capteurs présentée en **Figure 63**) ;
- Supervision de la ventilation avec monitoring des débits d'air dans chaque galerie, humidité et températures (position des capteurs présentée en **Figure 64**) ;
- Supervision de l'alimentation électrique ;
- Supervision incendie en surface ;
- Supervision de l'exhaure.

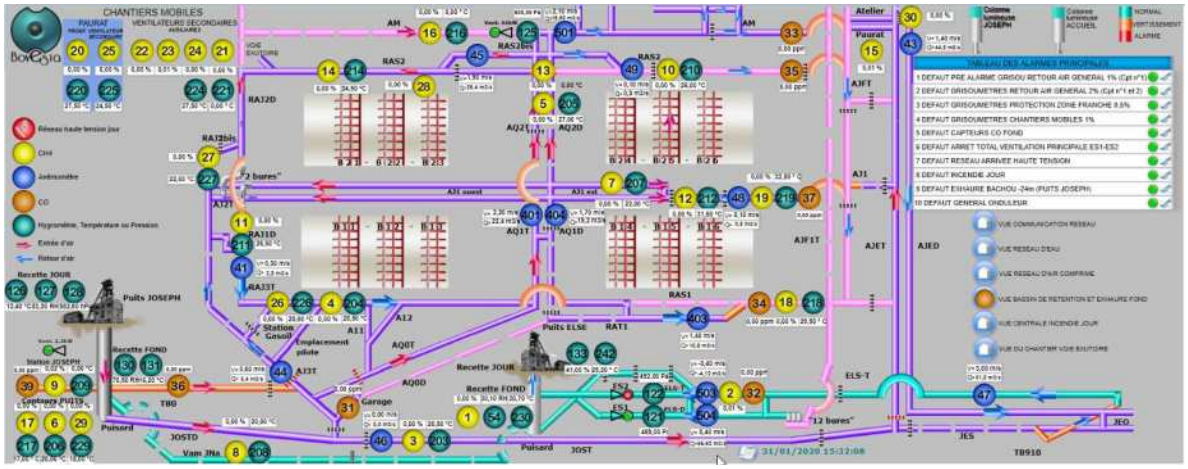


Figure 62 - Synoptique de la supervision de l'installation souterraine

La surveillance de l'atmosphère du fond est effectuée par une centrale HASO, certifiée G1M1 pour mines grisouteuses.

Une soixantaine de capteurs est installée (CH4, CO, anémomètres, pression, température, humidité…). Les données sont télétransmises par câbles multipaires dans le puits Joseph. Les capteurs grisou sont du type catalytique ou infrarouge.

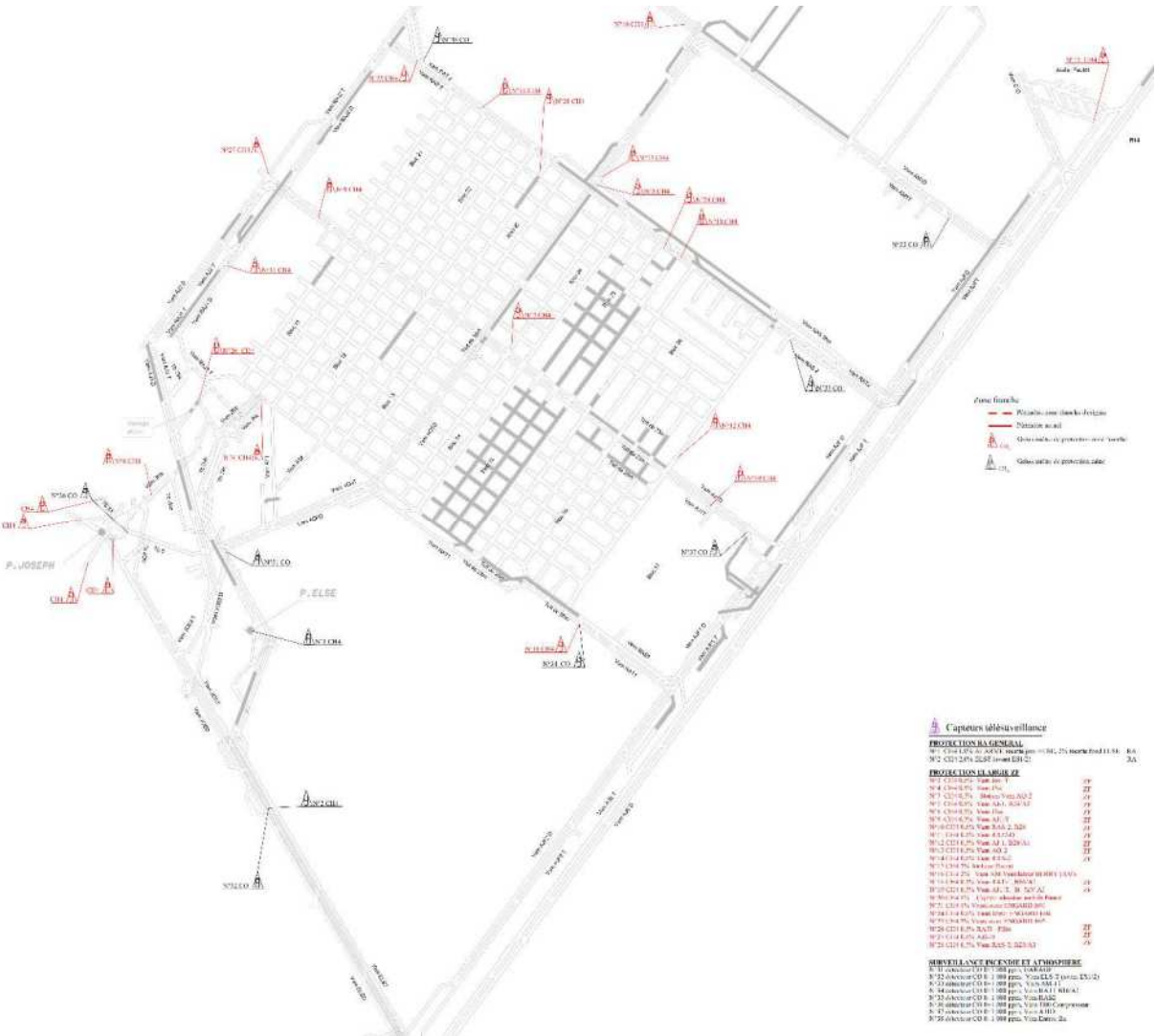


Figure 63 - Extrait de la cartographie des capteurs CO et CH4 installés dans l'installation souterraine (plan n° 03b du document [17])

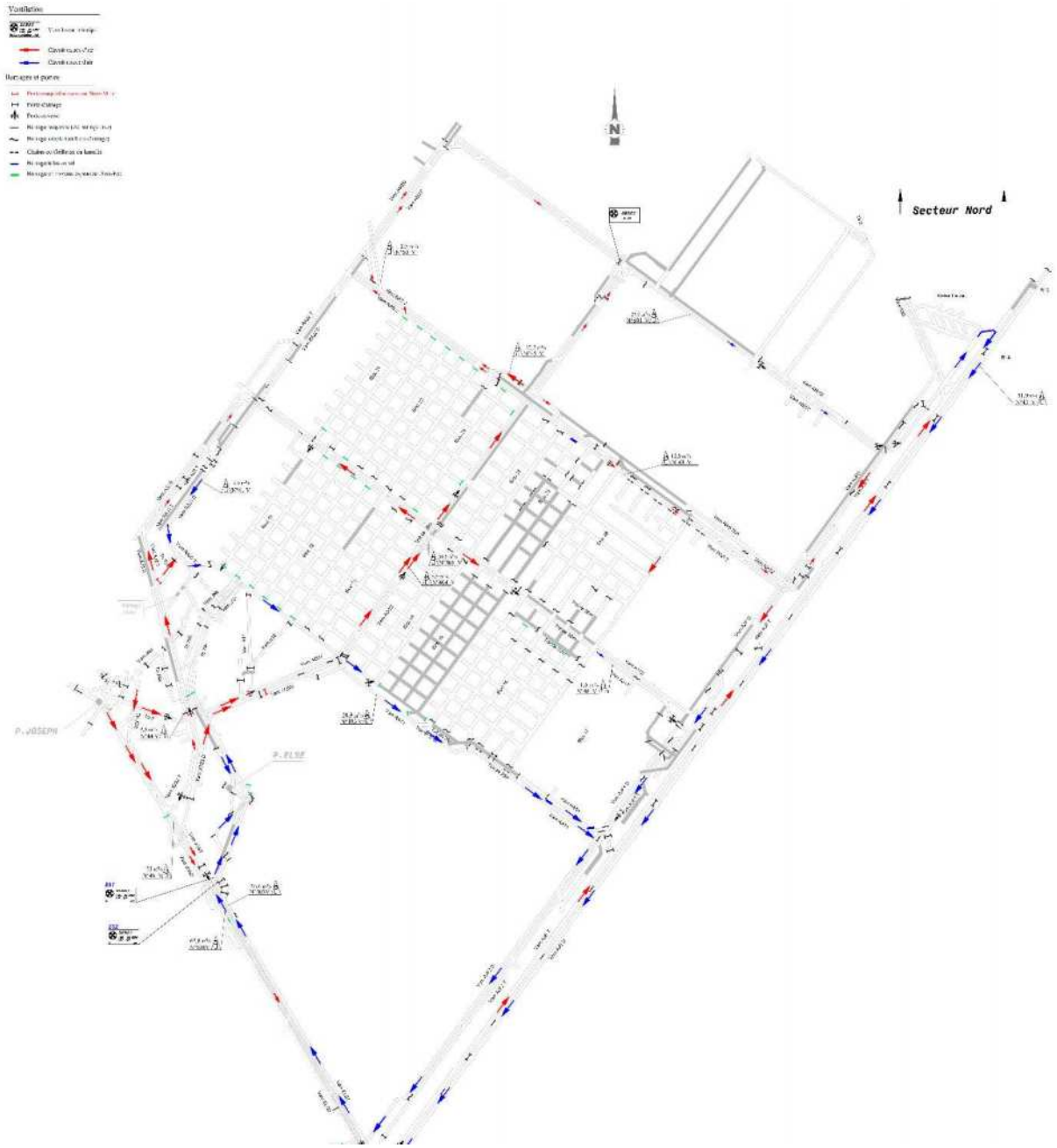


Figure 64 - Extrait de la cartographie de la ventilation avec positions des capteurs de températures et anémomètres (plan n°02 du document [17])

6.6.2. Recommandations pour le système de supervision

Le système de supervision est très récent comme le prouve la photo de la **Figure 65**. Une maintenance standard est nécessaire pour garder le système à niveau.

Même si l'installation câblée est très récente et de bonne qualité, l'utilisation des différents capteurs est en revanche très intense. Il est donc nécessaire de prévoir :

- Le nettoyage et la maintenance des capteurs de manière régulière ;
- De poursuivre le calibrage et l'étalonnage des capteurs conformément aux recommandations constructeurs et réglementaires.

Il serait intéressant également de prévoir de manière annuelle une campagne de prises de mesures à proximité des différents capteurs pour éviter des dérives de capteurs non détectées.

Figure 65 - Photographie de l'installation télégrisoumétrie en surface (bâtiment Joseph)

6.7. Système de communication

6.7.1. Description du système

Le réseau téléphonique souterrain est analogique et raccordé à un système intégré de télécommunication, d'alarme et de diffusion de type SAT (marque TELVIS). Ce système assure les fonctions de téléphonie, interphonie et alarme. Il dispose d'une version intrinsèque qui est destinée aux mines et adaptée au fonctionnement dans les conditions industrielles difficiles. En effet, il peut être utilisé dans les lieux avec des niveaux élevés de bruit, d'humidité, de salinité et d'empoussiérage de l'air ainsi que dans les endroits à risque d'explosion de grisou et d'autres gaz, vapeurs et combustibles, etc.

Une multitude de terminaux téléphoniques sont répartis dans l'installation (**Figure 66**). Les terminaux téléphoniques intégrés au système SAT sont de deux types :

- avertisseurs-téléphones programmables de type PST ;
- appareils téléphoniques TIG-S.

Un autocommutateur de type OXO (marque ALCATEL) a été installé en surface et permet de faire la passerelle entre la téléphonie analogique du réseau fond et la téléphonie IP du réseau jour.

Figure 66 - Extrait de la cartographie du réseau de téléphonie souterrain (plan n° 03c du document [17])

6.7.2. Recommandations pour le système de communication

Le système de téléphonie est récent et fonctionne correctement. Néanmoins au regard des terminaux téléphoniques intrinsèques utilisés, il est nécessaire de vérifier l'état de charge des batteries intégrées afin d'être certain que tous les terminaux fonctionnent.

Une maintenance standard est suffisante.

7. Véhicules

Plusieurs types de véhicules différents sont en fonction au sein de la mine. L'objectif de ce chapitre est de lister et de décrire les différents types de véhicules et d'analyser la compatibilité de ces engins avec les potentielles futures activités de déstockage. L'évaluation de la disponibilité de ces engins est réalisée tant en termes de qualité que de quantité.

Le résultat de cette analyse doit permettre de définir quels véhicules doivent être achetés en vue des potentielles futures activités de déstockage.

La grande majorité des véhicules décrits ci-dessous sont utilisés dans la mine depuis plus de 30 ans.

7.1. Véhicules miniers

7.1.1. Chariots élévateurs et chargeurs frontaux

Ces véhicules peuvent être divisés en 3 groupes :

Tableau 5 - Liste des chariots élévateurs et chargeurs frontaux actuellement disponibles

TJ	AUSA et DP 50	CW /TW
TJ01	AUSA 1	CW 21
TJ11	AUSA 2	CW 24
TJ34	AUSA 3	CW 26
	DP 50	CW 56
		CW 58
		TW 45

Conformément à la documentation technique, les véhicules TJ (**Figure 67**) et CW/TW (**Figure 68)** sont utilisés depuis approximativement 50 ans. Il n'est donc pas envisagé de les utiliser pour les potentielles futures activités de déstockage. Il est en revanche souhaitable de les conserver pour les activités de maintenance de la mine.

Les chariots élévateurs AUSA et CAT DP 50 (**Figure 69**) sont relativement récents (5 et 10 ans) et seront réutilisés pour les potentielles futures activités de déstockage. Il sera en revanche nécessaire d'acheter de nouveaux chariots élévateurs pour compléter les besoins.

Figure 67 - Chargeur frontal TJ

Figure 68 - Chargeur frontal Wagner CW

Figure 69 - Chariot élévateur à bras télescopique AUSA (à gauche) et chariot élévateur DP Caterpillar (à droite)

7.1.2. Boulonneuse

Trois boulonneuses sont actuellement utilisées et disponibles sur le site : JS 93, JS 97 (**Figure 70**) et CMM 52 (**Figure 71**). Ces boulonneuses sont utilisées depuis près de 30 ans. Il sera nécessaire d'acheter de nouvelles boulonneuses (une par front de déstockage) pour les potentielles futures activités de déstockage.
Le boulonneuse CMM 52, toujours en fonctionnement aujourd'hui, sera conservée en réserve et utilisée pour les activités de maintenance.

Figure 70 - Boulonneuse JS

Figure 71 - Boulonneuse CMM 52

7.1.3. Excavatrice à attaque ponctuelle et rabasseneuse

Deux excavatrices sont toujours en opération sur le site : une de marque PAURAT et l'autre de marque Alpine F6A.
Il sera nécessaire d'acheter trois nouvelles excavatrices (une par front de déstockage) pour les potentielles futures activités de déstockage.
Les excavatrices citées ci-dessus, toujours en fonctionnement aujourd'hui, seront conservées pour les activités de maintenance.

Figure 72 - Excavatrice à attaque ponctuelle PAURAT

Figure 73 - Excavatrice à attaque ponctuelle Alpine F6a

Il y a également une rabasseneuse (RB ; **Figure 74**) actuellement en opération. Elle permet d'excaver le mur des galeries lorsque ceux-ci sont soufflés par la convergence des terrains. Ce véhicule est utilisé depuis 40-45 ans.
Ce type de véhicule n'est plus vendu à l'heure actuelle car les excavatrices à attaque ponctuelle permettent de creuser à la fois le toit et le mur.
Cette rabasseneuse sera conservée pour les activités de maintenance.

Figure 74 - Rabasseneuse RB

7.2. Véhicules de transport

7.2.1. Transport de groupes de personnes

Cinq véhicules pour le transport de groupes sont toujours en activité sur le site (TP 12, TP 16, TP 18, TP 25 et TP 28 ; **Figure 75**). Ces véhicules sont en activité depuis 30 ans. Bien que ces véhicules puissent suffire pour les potentielles futures activités de déstockage, il sera nécessaire d'acheter des véhicules complémentaires.

Figure 75 - Véhicule pour le transport de groupes

7.2.2. Transport individuel

Le transport individuel ou en petit groupe est très limité car seulement trois jeeps (TL 08, TL 30 et TL 65 ; **Figure 76**) sont disponibles.
Ces véhicules sont âgés de 50 ans et il sera nécessaire de les remplacer afin de pouvoir assurer le transport des superviseurs et chefs de chantier pour les potentielles futures activités de déstockage.

Figure 76 - Jeep actuellement utilisée pour le transport individuel

7.2.3. Camions pour le transport des déchets

Deux engins de transport des déchets (JPL01, JPL02 ; **Figure 77**) ont été utilisés durant le stockage dans les années 90 et également durant le déstockage des produits mercuriels entre 2015 et 2017. Ces engins ne seront pas conservés pour le transport des déchets afin d'éviter une manutention inutile au niveau de la recette souterraine du puits Joseph.

Figure 77 - Véhicule JPL utilisés en 2015-2017 pour le transport des colis de déchets mercuriels

7.3. Ambulance et véhicule pompier

Une ambulance et un véhicule pompier sont utilisés sur le site. Ils disposent tous les deux d'un châssis JOY Scout (**Figure 78**). Ces véhicules ont presque 50 ans mais fonctionnent toujours car ils ont été peu utilisés.

Figure 78 - Véhicule ambulance actuellement utilisé en souterrain

7.4. Synthèse et recommandations

Le **tableau 6** synthétise les recommandations d'achat de nouveaux véhicules pour l'ensemble des véhicules actuellement disponibles sur site.

Tableau 6 - Synthèse et recommandations pour tous les types de véhicules

Dénomination	Type de machine	Utilisation actuelle	Utilisation pour le potentiel futur déstockage ?	Age	Achat de nouveau véhicule?
TP 12	Transport groupe de personnes	Oui	Pour le transport du personnel vers les différents chantiers	> 30 ans	Non 4 véhicules nécessaires 5 disponibles
TP16 travaux en hauteur		Oui			
TP18		Oui			
TP25		Oui			
TP28		Oui			
TL 08	Jeep	Oui	Pour les transport des superviseurs vers les différents chantiers	> 50 ans	Achat de nouveaux véhicules (3)
TL 30		Oui			
TL 65		Oui			
SJ 06 ambulance	ambulance	Oui	yes	> 50 ans	Ambulance et véhicule pompier suffisants
SJ 13 scout incendie	pompier	Oui	yes		
SJ 27		Oui	no		
SJ 37 scout grue		Oui	no		
SJ 40		Oui	no		
TJ01 Godet/fourche	Chargeurs frontaux	Oui	non car utilisation des AUSA	> 50 ans	Non Utilisation des AUSA
TJ11 Godet/fourche		Oui			
TJ 34 Godet/fourche		Oui			
AUSA 1	Chariots élévateurs	Oui	Oui	5 ans	Oui Achat de nouveaux chariots téléscopiques (3)
AUSA 2		Oui			
AUSA 3		Oui			
CW 21 (godet avec dents)	Chargeurs frontaux	Oui	non car utilisation des AUSA	50 ans	Non Utilisation des AUSA
CW 24 (godet)		Oui			
CW 26 (godet)		Oui			
CW 56 bouclier		Oui			
CW 58 (godet		Oui			
TW45 (godet)		Oui			
JPL01	Véhicule de transport déchets/palettes	Non	Non	20 ans	Non
JPL02		Non			
JS 93	boulonneuse	Oui	Non	40 ans	Non car utilisation CMM52
JS 97		Oui			
DP 50	Chariot élévateurs	Oui	Gestion des stocks de matériaux	10 ans	Non
CMM 52 électrique	boulonneuse	Oui	Yes, bolting required in retrieval block	30 ans	Oui Achat de nouvelles boulonneuses(3)
RB 08	Rabasenneuse	Oui	Non	45 ans	Non Utilisation des nouvelles excavatrices
PAURAT	excavation/TSM	Oui	Non L'alpine F6A est gardée en réserve en cas de défaillance des nouvelles excavatrices	40 ans	Achat de nouvelles excavatrices (3)
Alpine F6A	excavation/TSM	Oui		45 ans	

8. Disponibilité de personnel minier

Les opérations de déstockage nécessiteront la mobilisation de personnel minier qualifié. La forte baisse de l'activité minière en France couplée à l'absence de formation spécifique sur le territoire français conduira à faire appel à du personnel provenant de pays disposant encore de mines en activité comme la Pologne, l'Allemagne ou le Maroc.

Cette solution, plus coûteuse, ne garantit pas la disponibilité de personnel minier qualifié en nombre suffisant pour les potentielles activités de déstockage.

Elle nécessite également de prévoir des procédures adaptées pour faire travailler ensemble des personnes de culture et de langue maternelle différentes. En effet, sous-estimer la communication au sein des équipes d'une part, et entre les équipes et l'encadrement d'autre part, pourrait constituer un risque majeur pour la sécurité des personnes et des activités.

ANNEXES

Annexe I : Analyse d'assurance qualité de la documentation relative à la ventilation

Annexe I : **Analyse d'assurance qualité de la documentation relative à la ventilation**

Document /réglementation d'où est issue la prescription	Type de document	Sous-section	Sujet	Analyse de la prise en compte dans la documentation actuelle de la mine [Oui/ Partiellement décrit / Nonn]	Commentaires
RGIE	Documentation ventilation	Conception	Schéma d'aérage	Partiellement décrit	Il y a un schéma général relatif à la ventilation de la mine disponible. Toutefois, plusieurs données / informations sont manquantes (i.e évaluation des débits de fuite au niveau des barrages aérauliques / portes, mesures exhaustives des vitesses d'air au sein de l'ensemble des galeries). Par ailleurs, usuellement les mesures de débit / vitesse sont accompagnées de mesures de pertes de charge afin de caractériser l'état aéraulique d'une installation. Ce type d'information serait intéressant pour mieux caractériser l'état aéraulique de la mine et mieux appréhender son comportement. En complément, plusieurs erreurs / absences de mise à jour relevées sur le schéma aérage actuel. Pour plus de détail, se référer au plan d'aérage de l'installation représentant la cartographie des mesures de débit / vitesse d'air au sein de la mine.
RGIE	documentation ventilation	Conception	Justification concernant le dimensionnement de la ventilation	Partiellement décrit	Plusieurs documents présentent des éléments concernant la méthodologie mise en oeuvre pour dimensionner les équipements de ventilation. Toutefois, ces éléments restent partiellement décrits et, à ce jour, il n'existe pas de note de dimensionnement de la ventilation actuelle de la mine (i.e. description des principales fonctions avec performances associées, justifications pour chaque équipement du dimensionnement par rapport aux requis).
RGIE	documentation ventilation	Conception	Vitesse du flux d'air	Partiellement décrit	Les régles / critères relatifs aux plages de vitesse au sein des galeries ne sont pas clairement définis dans la documentation à disposition.
RGIE	documentation ventilation	Conception	"Zonage ATEX"	Partiellement décrit	Le plan général de l'installation spécifie le zonage "ATEX" actuel de la mine. Actuellement 2 zones sont définies: - Une zone dite "Zone Franche" où des équipements non ATEX peuvent être utilisés. - Une zone à l'extérieur de la "Zone Franche" où les équipements utilisés doivent être "ATEX". Néanmoins, la délimitation de chaque zone n'est pas claire sur le plan actuel. Il serait judicieux de mieux caractériser la délimitation entre ces deux zones.
RGIE	documentation ventilation	Surveillance	Ambiance climatique (température, hygrométrie)	Oui	Pour établir une cartographie en temps réel de la température au sein de la mine, des transmetteurs de température sont installés au sein des différents ouvrages de la mine.
RGIE	Documentation ventilation	Surveillance	Mesures de CH4	Partiellement décrit	L'implantation des capteurs de CH4 est définie au travers du plan général de l'installation. A noter que les régles / critères considérés pour définir la localisation de ces capteurs ne sont pas explicitement définis (définition pour chaque zone des émissions potentielles de CH4 : i.e zone avec concentrations en CH4 supérieures à 0.5%, galerie identifiée comme sujette à des émissions épisodiques de CH4. Par ailleurs, il serait utile de disposer de plusieurs éléments techniques concernant le type de capteur mis en place et la manière dont les alarmes sont générées et reportées au système central de supervision.
RGIE	Documentation ventilation	Surveillance	Autres mesures de surveillance nécessaires à l'exploitation / conduite de la ventilation (SO_2, CO ,NOx…)	Partiellement décrit	La carte générale de l'installation spécifie l'implantation des mesures / capteurs en lien avec la conduite du système de ventilation. Toutefois, les régles / critères utilisés pour définir l'implantation de ces équipements sont manquants.
RGIE	Documentation ventilation	Exploitation	Régles générales d'exploitation	Partiellement décrit	Les aspects conduite du système de ventilation sont actuellement absents de la documentation portée à notre connaissance. A ce jour, un seul document décrit la conduite de l'installation en cas de situation incidentelle / accidentelle. Malheuresement, ce document contient très peu d'information associée à la conduite de la ventilation. Par conséquent, il serait judicieux d'amender ce document afin d'apporter des clarifications sur : - La manière dont le système de ventilation est opéré en situation nominale & accidentelle (incendie, émission de CH4, perte partielle de la ventilation, perte de la ventilation auxiliaire, perte électrique…) ; - Les régles précisant la manière d'utiliser / de piloter les équipements aérauliques de l'installation souterraine. **Nota** : La partie associée au management du risque CH4 est insuffisament décrite. A titre d'illustration, les aspects monitoring et conduite de l'installation en fonction des seuils de CH4 détectés sont insuffisament détaillés.
RGIE	Documentation ventilation	Exploitation	Contrôle périodique des systèmes de ventilation	Non	La description des contrôles périodiques à effectuer sur les systèmes de ventilation est actuellement manquante. A minima il serait judicieux de décrire / présenter : - Le plan de contrôle du système de ventilation avec la définition des différents types de contrôles à effectuer sur les principaux équipements de ventilation et l'instrumentation associée ; - La fréquence des contrôles périodiques effectués sur le système de ventilation ; - Un registre à jour des mesures effectuées sur le système de ventilation. **Nota** : Par "équipements principaux de ventilation", nous faisons référence aux équipements / capteurs qui sont nécessaires pour évaluer l'efficacité de l'aérage de la mine par rapport aux performances associées.

antea group