

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

Volet 7 – Etude des risques généraux et de leurs barrières

Projet n°ALSP190266 – 30 septembre 2020

Rapport n°A105843/C



Fiche signalétique

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

Volet 7 - Etude des risques généraux et de leurs barrières

CLIENT	SITE D'INTERVENTION
MDPA	MDPA
Avenue Joseph Else – BP 50 68 310 Wittelsheim	Avenue Joseph Else – BP 50 68 310 Wittelsheim
Détails du client	Mme 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 (adjoite)
Rapport n°	A105843 - Volet 7 – Etude des risques généraux et de leurs barrières
Version n°	Version C
Votre commande et date	Marché n° 2019-MF001 - A.E. du 03/09/2019
Projet n°	ALSP190266

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction :	Christophe SCHARFF	Ingénieur Référent	30/09/2020	
Approbation :	Elsa LE PRIEUR	Responsable de l'activité Dossiers réglementaires, audit et conseil	30/09/2020	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	28/07/2020	94 hors annexes	3	Création
B	03/09/2020	103 hors annexes	3	Prise en compte des remarques techniques des MDPAs
C	30/09/2020	102 hors annexes	3	Version définitive

Sommaire

1	Introduction	6
2	Documents liés	9
2.1	Documents MDPA	9
2.2	Documents Antea Group / Tractebel	9
2.3	Autres documents	10
2.4	Glossaire	11
3	Etude des risques liés à la ventilation	12
3.1	Description de la ventilation en souterrain.....	12
3.2	Risque général associé à une ventilation souterraine inadaptée	13
3.3	Gestion du risque lié à l'apport d'air frais au front de déstockage.....	14
3.3.1	Mise en œuvre d'un système d'aérage secondaire	14
3.3.2	Définition de l'aérage secondaire selon la configuration déstockage [16].....	16
3.4	Gestion du risque lié à l'alimentation en air frais des personnes au front de déstockage	18
3.4.1	Désignation des zones ROUGE, BLEU et VERTE	18
3.4.2	Alimentation en air respirable en Zone ROUGE.....	19
3.5	Gestion de l'évacuation de l'air vicié.....	21
3.5.1	Désignation du risque associé.....	21
3.5.2	Gestion du risque	21
3.6	Gestion de l'arrêt de la ventilation primaire ou secondaire	21
3.6.1	Désignation du risque associé.....	21
3.6.2	Gestion du risque	21
3.7	Gestion de la température de travail au front de déstockage.....	23
3.7.1	Désignation du risque associé.....	23
3.7.2	Gestion du risque	23
3.8	Gestion du contexte mine « grisouteuse »	25
3.8.1	Désignation du risque	25
3.8.2	Gestion du risque	25
4	Etude des risques liés à la manipulation des colis.....	32
4.1	Identification des opérations de manipulation	32
4.2	Gestion du risque lié à la prise de colis au front	32
4.2.1	Cas d'un colis non coincé et non dégradé.....	32
4.2.2	Cas d'un colis coincé ou dégradé	34

4.3	Gestion du risque lié à l'opération de suremballage	35
4.4	Gestion du risque lié au transport de colis.....	35
4.4.1	Cas d'un colis remonté vers la surface.....	35
4.4.2	Cas d'un colis déplacé	36
4.5	Risque spécifique lié aux colis amiantés	36
4.5.1	Réglementation amiante [15]	36
4.5.2	Gestion du risque d'un colis d'amiante déchiré	38
5	Etudes du risque d'incendie.....	40
5.1	Analyse de l'accidentologie	40
5.1.1	Accidentologie interne	40
5.1.2	Accidentologie externe	40
5.2	Objectifs de sécurité génériques.....	42
5.3	Objectifs de sécurité incendie	43
5.4	Choix de conception et application des principes de défense en profondeur.....	45
5.4.1	Application du 1er principe : prévention des départs de feu	45
5.4.2	Application du 2ème principe : détection et limitation du développement de l'incendie	51
5.4.3	Application du 3ème principe : compartimentage, sectorisation feu, gestion de la ventilation, lutte incendie et mise en sécurité / évacuation	64
5.5	Modélisations incendie 3D	90
5.5.1	Désignation du terme source.....	90
5.5.2	Objectifs recherchés par la modélisation incendie.....	91
5.5.3	Sélection des modélisations incendie	92
5.5.4	Résultats des modélisations incendie	95
6	Conclusion	98

Table des figures

Figure 1 : Plan d'aéragé global de la mine.....	12
Figure 2 : Installation d'aspiration/filtration au niveau des fronts de déstockage	15
Figure 3 : Alimentation par adduction d'air	19
Figure 4 : Cartographie du projet d'élargissement de la zone franche.....	27
Figure 5 : Plan de localisation des nouveaux capteurs de surveillance	28
Figure 6 : Caisse métallique de transfert des colis.....	35
Figure 7 : Schéma d'alimentation d'un masque à partir du réseau AC.....	38
Figure 8 : Schéma général de gestion séquentielle de l'incendie	45
Figure 9 : Porte palière de compartimentage (en haut) – porte coulissante « type kiosque » (en bas)	69
Figure 10 : Plan d'extension du réseau incendie pour les futures potentielles activités de déstockage	80
Figure 11 : Exemple de véhicule ambulance sur base d'un châssis Alké [16]	84
Figure 12 : Installation d'inertage à l'azote en allée de bloc.....	85

Table des tableaux

Tableau 1 : Arrêté du 14/11/1989	24
Tableau 2 : Niveaux de défense en profondeur, application à la thématique incendie	44
Tableau 3 : Débits minimaux d'extinction pour des incendies de véhicules	82
Tableau 4 : Mesures de gestion des risques liés à la ventilation, la manipulation des colis et l'incendie	100
Tableau 5 : Cotation globale des risques liés à la ventilation, la manipulation des colis et l'incendie	102

Table des annexes

Annexe I : Analyse comparative de la gestion du risque alimentation en air frais en Zone ROUGE : adduction air ou air frais pleine section	
Annexe II : Analyse comparative de la motorisation thermique Vs électrique des engins nécessaires aux opérations de déstockage	
Annexe III : Modélisation de 2 scénarios d'incendie – Projet de déstockage partiel en parallèle de la poursuite du confinement	

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 7 – Etude des risques généraux et de leurs barrières.

Les risques liés aux opérations associées au déstockage partiel en parallèle de la poursuite des opérations de confinement ont déjà été abordés pour partie dans d'autres volets de l'étude :

- Volet 2 : l'évaluation des risques sécurité et environnementaux a proposé l'étude des risques professionnels ainsi que l'étude du risque accidentel pour les installations de surface associées aux opérations de déstockage ;
- Volet 3 : l'étude des techniques à mettre en œuvre et de leur sécurisation a intégré les dispositions relatives à la gestion de risques singuliers tels la ventilation, le grisou ou encore la manipulation des colis.

Le présent volet 7 de l'étude :

- **Ne rappellera pas les éléments d'analyse des risques environnementaux développés dans le volet 2** : ces risques ont trait aux impacts chroniques et non à des situations dangereuses, incidentelles ou accidentelles.
- **Ne rappellera pas les éléments d'analyse des potentiels de dangers environnementaux développés dans le volet 2 dans le cadre de l'étude du risque accidentel en surface** : les agressions potentielles environnementales caractérisées n'ont pour cibles que les installations de surface. Les installations souterraines ne sont pas impactées par des agressions du milieu naturel ou anthropique.
- **Ne rappellera pas l'ensemble des éléments d'analyse des risques professionnels étudiés dans le volet 2** : l'analyse met en exergue les situations dangereuses induites par les opérations de déstockage pour la cible « personnels / salariés » et y associe les barrières de sécurité. Néanmoins, les situations de niveau de risques les plus élevés, requérant des mesures de sécurité complémentaires seront abordées dans ce volet 7 (émission de substances dangereuses dans l'environnement, risque amiante...).

- **Rappellera les dispositions de gestion des situations dangereuses et des risques désignés dans le volet 3** dans le cadre de l'étude des techniques de déstockage à mettre en œuvre et de la sécurisation associée : ces éléments justifiaient les choix de conception et/ou la faisabilité technique et seront ici rappelés selon la nature du risque étudié.
- **Développera l'étude du risque incendie en souterrain** via l'application des trois principes de défense en profondeur que sont la prévention des situations dangereuses, la limitation / interdiction du développement et de la propagation de l'incendie et la gestion de la mise en sécurité et intervention secours.

Les risques traités dans le volet 7 s'articulent donc autour de trois thèmes :

- Les risques liés à la **ventilation** ;
- Les risques liés à la **manipulation des colis** ;
- Le risque **incendie**.

2 Documents liés

2.1 Documents MDPA

- [1]. Arrêté préfectoral autorisant la prolongation pour une durée illimitée, de l'autorisation à la société des MDPA de stockage souterrain en couches géologiques profondes, de produits dangereux non radioactifs, sur le territoire de la commune de Wittelsheim – 23 mars 2017
- [2]. 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
- [3]. Curium-BG, 14/02/2018 : « Rapport de fin de chantier : Déstockage de déchets mercuriels du site StocaMine »,
- [4]. Curium-BG, 04/01/2018 : « État du stockage en fin de chantier de déstockage partiel du site StocaMine »
- [5]. MDPA, 06/03/2020 : Plan général du fond
- [6]. MDPA – Dossier Sécurité Santé – Juin 2019.
- [7]. Plan général du fond, Opérationnel fond PC SDIS, référence MDPA aérage – 4 mai 2015
- [8]. Rapport d'étude du réseau incendie, AVEC ingénierie France – 4 septembre 2015
- [9]. Etude des dangers, opérations de déstockage, APAVE – 4 mai 2016
- [10]. Plan réseau azote, référence MDPA aérage – 14 octobre 2019
- [11]. Note de calculs, étude de l'aérage avec présence d'incendie dans le réseau d'aérage, AVEC Bureau d'études – 10 juin 2013
- [12]. Projet de plan d'implantation réseaux incendie (haute pression / basse pression), V1 – 20 janvier 2020
- [13]. 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 »

2.2 Documents Antea Group / Tractebel

- [14]. Rapport d'étude Antea Group – Tractebel A104101 – Volet 1 – Elimination des déchets déstockés, version C du 30/09/2020
- [15]. Rapport d'étude Antea Group – Tractebel A105231 – Volet 2 – Evaluation des risques sécurité et environnementaux, version C du 30/09/2020
- [16]. Rapport d'étude Antea Group – Tractebel A105278 - Volet 3 – Etude des techniques à mettre en œuvre et de leur sécurisation – prise en compte des contraintes de la mine, version C du 30/09/2020
- [17]. Rapport d'étude Antea Group – Tractebel A105573 – Volet 4 – Etude logistique et planification, version D du 30/09/2020

2.3 Autres documents

- [18]. Recommandations de l'AFTES – Ventilation des ouvrages en cours de construction – GT27R1F1.
- [19]. Arrêté du 7 mars 2013 relatif au choix, à l'entretien et à la vérification des équipements de protection individuelle utilisés lors d'opérations comportant un risque d'exposition à l'amiante
- [20]. Note d'Information Opérationnelle, mise en place de lance 500 l/min dans le cadre de l'attaque de feu en volumes clos et semi-ouverts
- [21]. Document technique D9 : Défense extérieure contre l'incendie – guide pratique pour le dimensionnement des besoins en eau – CNPP – septembre 2001
- [22]. Proceedings of the International Symposium on Catastrophic Tunnel Fires, SP Swedish National Testing and Research Institute - 20–21 November 2003
- [23]. Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers – Fascicule 4 - Les études spécifiques des dangers, CETU - Septembre 2003
- [24]. Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle. 2. International Conference on Fires In Vehicles, SP Technical Research Institute of Sweden – septembre 2012
- [25]. Guide PPRT - Complément technique relatif à l'effet toxique - INERIS 2008

2.4 Glossaire

- ADR : Accord for Dangerous goods by Road
- APSAD : Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurance Dommage
- ARAE : Appareil Respiratoire Autonome d'Evacuation
- ARI : Appareil Respiratoire Isolant
- ARIA : Analyse Recherche et Information sur les Accidents
- ATEX : Atmosphère Explosive
- BARPI : Bureau d'Analyse des Risques et des Pollutions Industriels
- BP : Basse Pression
- BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minière
- BRH : Brise Roche Hydraulique
- CARSAT : Caisse d'Assurance Retraite et de Santé au Travail
- CETU : Centre d'Etudes des Tunnels
- CFI : Courant Faible Industriel
- CFO : Courant Fort
- CMR : Cancérogène, Mutagène et Reprotoxique
- DAI : Détection Automatique Incendie
- DECI : Défense Extérieure Contre l'Incendie
- DOI : Direction des Opérations Internes
- EAI : Automatique Incendie
- HFDU : Fluide Hydraulique Difficilement Inflammable
- HP : Haute Pression
- INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
- IT : Instruction Technique
- MAP : Machine à Attaque Ponctuelle
- PC : Poste de Commandement
- PE : Point d'Eclair
- PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques
- RDDECI : Règlement Départemental de Défense Extérieure Contre l'Incendie
- REI : Résistance Etanchéité Isolation thermique
- RGIE : Règlement Générale des Industries Extractives
- TMD : Transport des Marchandises Dangereuses

3 Etude des risques liés à la ventilation

3.1 Description de la ventilation en souterrain

Un système d'aéragé principal est présent dans la mine de stockage des déchets, afin d'y assurer un renouvellement de l'air.

L'air frais entre par le puits Joseph.

La circulation de l'air est réalisée via l'exploitation de deux ventilateurs principaux (ES1 et ES2) d'une puissance totale de 320 kW, localisés à proximité du puits de retour d'air Else (dans la voie Else sud).

Des portes d'aéragé ainsi que des barrages (maçonnés ou souples) permettent de diriger préférentiellement l'air dans les différentes galeries. Il convient de retenir que l'air frais se déplace de la voie centrale, vers les voies latérales, en traversant les blocs.

L'air est finalement rejeté par le puits Else.

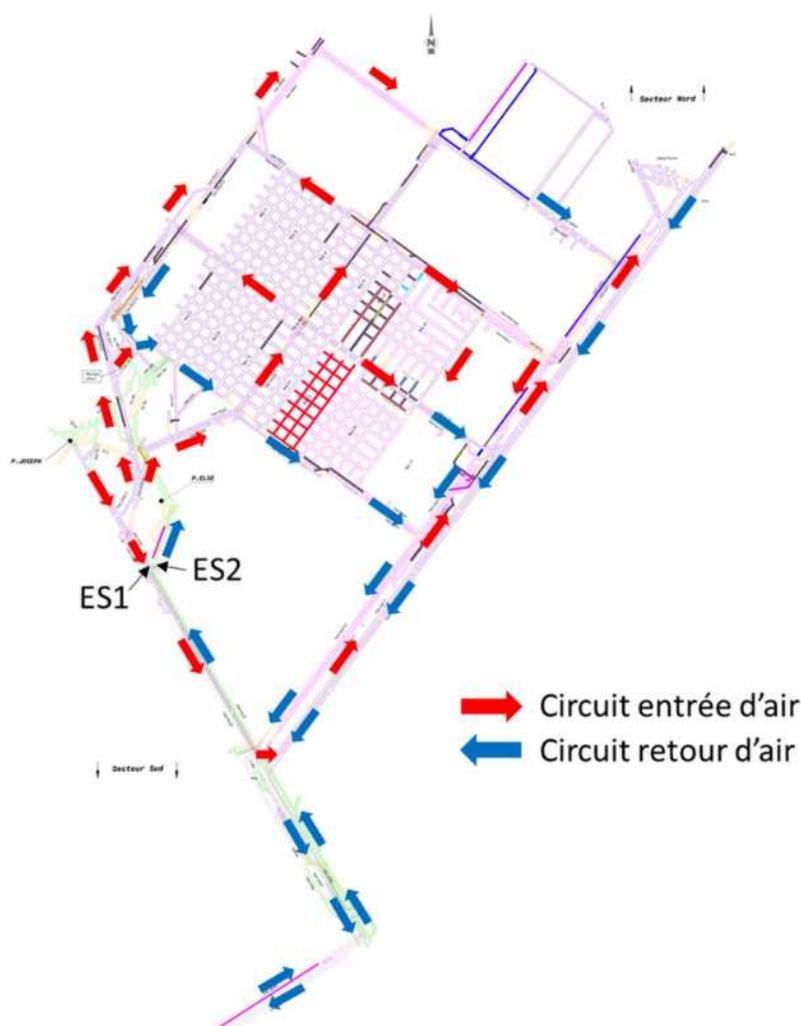


Figure 1 : Plan d'aéragé global de la mine

Un seul ventilateur fonctionne en dehors des périodes d'occupation du fond. Le ventilateur ES1 fonctionne durant les semaines paires et le ventilateur ES2 durant les semaines impaires. Ce fonctionnement est entrecoupé de période pendant lesquelles les deux ventilateurs fonctionnent simultanément et traduisant la présence de personnel en fond.

Unitairement un ventilateur peut délivrer entre 50 et 60 m³/s. Le débit d'air actuel qui circule dans l'installation est donc d'environ 100 m³/s. Il est prévu que les ventilateurs ES1 et ES2 soient équipés de variateurs de vitesse en 2020. Jusqu'alors, la vitesse de l'air est modulée par l'inclinaison des pales des ventilateurs.

3.2 Risque général associé à une ventilation souterraine inadaptée

La pureté de l'air, sa vitesse de circulation, sa température et son hygrométrie sont à des degrés divers essentiels pour la santé et, dans tous les cas, des paramètres de confort prépondérants pour l'activité humaine.

L'émission de polluants, de même que l'appauvrissement en oxygène d'un air ambiant constituent les principaux risques associés à la qualité de l'air dans l'environnement de travail.

Il est impératif d'identifier les lieux et locaux de travail où peuvent se produire des émanations accidentelles, ponctuelles ou permanentes de gaz ou poussières susceptibles de provoquer des intoxications, asphyxies, incendies ou explosions.

La réglementation du travail distingue deux grandes catégories de locaux ;

- Les locaux dits à pollution non spécifique, dans lesquels, la pollution est liée à la seule présence humaine, excepté les locaux sanitaires (galeries souterraines, ZSL travaux, local zone vie...) ;
- Les locaux dits à pollution spécifique : émission de substances dangereuses ou gênantes (gaz, vapeurs, brouillards, fumées, poussières), présence de micro-organismes pathogènes, locaux sanitaires.

Le souterrain s'inscrit dans un environnement à potentielle pollution spécifique.

Les travaux souterrains comportent de multiples dangers chimiques du fait des risques d'asphyxie ou d'intoxication due à la mauvaise qualité de l'air dans un milieu confiné ou l'air pur se raréfie rapidement (gaz des pots d'échappement des machines, émanations diverses...).

Les vapeurs des carburants et les gaz d'échappement des moteurs à combustion interne des moteurs diesel utilisés dans les travaux souterrains contiennent des oxydes d'azote et de soufre, des particules fines de carbone et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dont du benzène cancérigène, qui agissent sur le système nerveux et provoquent des troubles graves.

De plus, les gaz d'échappement peuvent entraîner des intoxications aiguës, dues notamment au monoxyde de carbone, s'exprimant par des maux de tête, une fatigue, des nausées, des vertiges pouvant aller jusqu'à une perte de connaissance et décès en cas de très forte exposition en milieu confiné.

L'exposition chronique au gaz d'échappement peut entraîner aussi des irritations bronchiques, voire des cancers du poumon.

Les travaux accessibles doivent être aérés de façon à garantir la salubrité de l'atmosphère, éviter toute accumulation de gaz dangereux et assurer des conditions de travail acceptables (RGIE).

Les règles générales de maîtrise des risques pour les risques liés à la qualité de l'air, l'aération et l'assainissement sont les suivantes¹:

- Les émissions sous forme de gaz, vapeurs, substances gênantes, insalubres ou dangereuses pour la santé des travailleurs doivent être captées à la source ;
- Privilégier l'utilisation d'engins électriques. Si l'utilisation d'engins électriques est impossible, alors il faudra équiper les engins thermiques de Filtre à Particules (FAP), fioul désulfuré/gasoil... ;
- Débit d'air de 25 litres au moins, par seconde et par homme, au front de taille. En cas d'usage de véhicules thermiques, la quantité d'air supplémentaire sera de 50 litres par seconde par cheval vapeur diesel² ;
- Dimensionner la ventilation en galerie pour assurer des conditions d'ambiance conformes au code du travail.

3.3 Gestion du risque lié à l'apport d'air frais au front de déstockage

3.3.1 Mise en œuvre d'un système d'aéragage secondaire

Lors des travaux de déstockage envisagés pour les différents scénarios S2, S3 ou S4, les colis de déchets seront récupérés à partir de l'entrée du bloc qui donne sur la voie médiane du stockage ; les autres accès au bloc (qui donnent sur la voie d'accès latérale) devront être fermés. Cette disposition assure une meilleure maîtrise de la distribution d'air dans le souterrain.

Durant les phases de chantier l'air neuf est dirigé vers la zone à déstocker.

La génération d'un flux d'air contrôlé dans la zone de déstockage (afin de renforcer l'aéragage dans la zone et diriger le flux d'air de manière préférentielle pour capter d'éventuels polluants) nécessite l'installation d'un système d'aéragage supplémentaire, fonctionnant en aspiration.

Un système d'aéragage supplémentaire sera nécessaire pour garantir un flux d'air contrôlé au niveau de chaque front de déstockage.

Le débit d'air circulant dans l'allée pendant le déstockage devra assurer que les moteurs des engins puissent fonctionner et que les effluents gazeux des engins soient dilués que les exigences d'hygiène du travail soient respectées et que la dissémination de poussières éventuellement contaminées soit réduite le plus possible.

¹ Toutes les zones souterraines sont ici concernées par cet objectif de disposer d'une atmosphère en souterrain qui réponde aux objectifs de qualité de l'air, assainissement et aération justifiés par la présence de personnels. La préférence donnée aux engins électriques permet de s'affranchir de l'émission de gaz d'échappement d'un moteur thermique

² Ces valeurs sont extraites du code du travail et s'applique à la configuration des MDPA si et seulement si la mine est considérée comme un local (seule façon de se rattacher au code du travail). L'étendue de la mine ne permet pas de l'apparenter à un local. Le Code du Travail n'étant pas applicable, la prescription doit être donnée par le RGIE : le RGIE aéragage ne propose pas de dispositions techniques en termes de débit d'air minimum d'extraction. Les éléments retenus du code du travail ne sont donc pas ici prescriptifs et réglementaires mais constituent une règle suivie à défaut de détenir des prescriptions sur ce sujet dans le RGIE.

Le système d'aéragé secondaire, duplicable pour chacun des fronts de déstockage, repose sur la mise en place d'une installation fixe munie d'une filtration et avec aspiration à la source fonctionnant de la manière suivante :

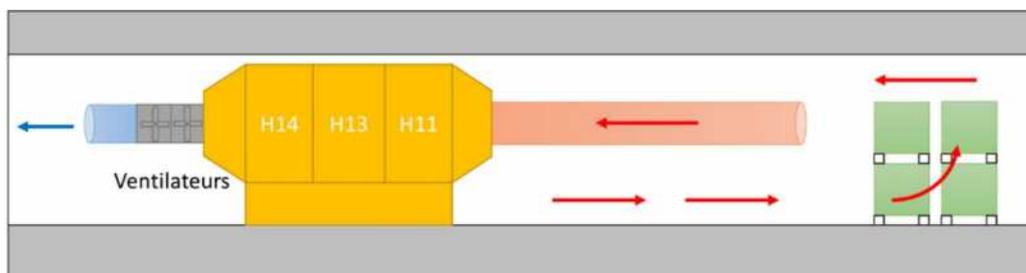


Figure 2 : Installation d'aspiration/filtration au niveau des fronts de déstockage

- Une ligne d'aspiration appelée « canar » est placée idéalement le plus près possible des colis de déchets pour éviter que le personnel se trouve dans le flux d'air provenant des colis. L'installation d'aspiration/filtration étant prévue fixe il faudra adapter la longueur de la ligne et déplacer son extrémité au fur et à mesure que le déstockage avance.
- L'air aspiré passe par un dispositif de filtration constitué du bloc de préfiltres H11 pour filtrer la poussière grossière de sel et préserver les filtres HEPA des blocs H13 et H14 retenant les poussières fines, y compris les fibres d'amiante. *Prescription : système travaille en sous-pression : l'air est filtré avant de passer dans le ventilateur, pour éviter que des poussières s'accumulent au niveau du ventilateur. Le danger de dissémination de polluants à partir de jointures non étanches est limité.*
- L'air traverse ensuite un dispositif constitué de deux ventilateurs axiaux en série permettant de compenser la perte de charge du réseau. Ces ventilateurs doivent également être antidéflagrants³ et mis à la terre.
- Le ventilateur va pour finir expulser l'air par un ventube flexible dans une allée libre d'un bloc déjà déstocké en suivant l'écoulement général de la mine. Ce ventube est installé sous le toit, pour laisser libre le passage dans les galeries.

Les engins qui seront utilisés pour déstocker ont en moyenne une puissance d'environ 50 kW. L'hypothèse de trois engins par zone d'activité (puissance totale de 150 kW) par chantier est formulée.

Le dimensionnement du débit de ventilation [17] au front considère les exigences de salubrité et air respirable applicables : dilution des gaz émis par les moteurs thermiques (50 L/s par Cheval Vapeur), débit d'extraction lié aux travaux (300 L/s/m²), taux de renouvellement d'air de (4 Vol/h) et vitesse de circulation de l'air (entre 0,3 et 0,5 m/s).

Le débit d'air dans les galeries principales est alors dimensionné /fixé à 12 m³/s (la plage de fonctionnement du bloc H11 est de 10 à 12 m³/s au-delà il y a un risque de décollement des filtres).

³ Le caractère antidéflagrant du ventilateur répond à des contraintes ATEX explicitées au Chapitre 3.8 Gestion du contexte de la mine « grisouteuse ».

3.3.2 Définition de l'aéragé secondaire selon la configuration déstockage [16]

Le déstockage des colis de déchets pourra être mené en simultané sur 3 ateliers (Nord, Centre et Sud) de manière à mettre en œuvre des chantiers simultanés de part et d'autre de chaque bloc.

Les différentes configurations par atelier sont présentées ci-après : elles sont bien entendues compatibles entre elles assurant de fait la faisabilité de la simultanéité des 3 ateliers.

3.3.2.1 Configuration n°1 de déstockage (atelier Sud)

Dans cette configuration le système d'aéragé secondaire utile à la ventilation au niveau du front de déstockage est positionné de manière à réaliser des chantiers de retrait des déchets au niveau de la partie gauche des blocs 11, 12, 13 et 14.

Pour ce faire, l'air neuf doit être acheminé depuis la galerie Vam RAJ1 D et être rejeté après filtration dans la galerie Vam RAT1.

Dans le but d'acheminer un débit d'air neuf d'au moins 12 m³/s dans le périmètre d'action ciblé il est envisagé les actions suivantes :

- Action n°1 : Ajout d'une obturation entre les galeries Vam RAJ1D et Vam RAJ3T ;
- Action n°2 : Ouverture de toutes les portes dans la direction de la galerie Vam RAJ3T y compris déplacement de la réserve de sel localisée dans la galerie Vam AJ3D ;
- Action n°3 : Ajout d'un ventilateur auxiliaire de 37kW présent au sein de l'installation au droit de l'intersection des galeries Vam AJ3T et Vam AQ0D de manière à réorienter l'air neuf dans la direction de la galerie Vam RAJ3T⁴. Vam AJ3D et Vam AJ3T formant un réseau bitube, le ventilateur peut être positionné sur l'une des galeries sans obstruer la circulation sur la galerie parallèle.

3.3.2.2 Configuration n°2a de déstockage (atelier Centre)

Dans cette configuration un système d'aéragé supplémentaire utile à la ventilation au niveau du front de déstockage est positionné de manière à réaliser des chantiers de retrait des déchets au niveau de la partie centrale des blocs 11, 12, 21 et 22 (une position secondaire pourra être envisagée pour les blocs 13, 14, 23, 24 et 25).

Pour ce faire, l'air neuf doit être acheminé depuis la galerie Vam AQ1D et être rejeté après filtration en direction de la galerie Vam RAJ2T.

Dans le but d'acheminer un débit d'air neuf d'au moins 12 m³/s dans le périmètre d'action ciblé il peut être envisagé les actions suivantes :

- Action n°1 : Rétablissement de la jonction aéraulique via les bures et suppression des freins d'aéragé et/ou déblaiement du sel dans les galeries Vam RAJ2 T et Vam RAJ2 D pour acheminer l'air vers les blocs 11, 12, 21 et 22.

⁴ Un ventilateur est ici envisagé plutôt qu'un frein car il est nécessaire de diriger un flux d'air frais vers AJ3T pour alimenter l'atelier Sud mais il est également nécessaire de conserver un flux d'air vers AQO pour alimenter les ateliers Centre et Nord.

- Action n°2 : Obturation ou fermeture partielle des portes le long de la galerie Vam AJ1T qui achemine l'air vers les blocs 14, 24 et 25.
- Action n°3 : Ajout d'un ventilateur auxiliaire de 37kW présent au sein de l'installation au droit de l'intersection des galeries Vam AQ1D et Vam AJ1T de manière à réorienter l'air neuf vers les blocs 11, 12, 21 et 22. Les galeries centrales formant un réseau bitube, le ventilateur peut être positionné sur l'une des galeries sans obstruer la circulation sur la galerie parallèle.

3.3.2.3 Configuration n°2b de déstockage (atelier Centre)

Dans cette configuration un système d'aérage supplémentaire utile à la ventilation au niveau du front de déstockage est positionné de manière à réaliser des chantiers de retrait des déchets au niveau de la partie centrale des blocs 13, 14, 23, 24 et 25.

Pour ce faire, l'air neuf doit être acheminé depuis la galerie Vam AQ1D et être rejeté après filtration en direction de la galerie Vam RAJ2T.

Dans le but d'acheminer un débit d'air neuf d'au moins 12 m³/s dans le périmètre d'action associé au bloc 14, 24 et 25 il peut être envisagé les actions suivantes (propositions inverses des actions de la configuration 2) :

- Action n°1 : Réduction du débit par obturation du frein d'aérage de la galerie RAJ2 T acheminant l'air vers les blocs 11, 12, 13, 21, 22 et 23 ;
- Action n°2 : Ouverture totale des portes donnant le long de la galerie Vam AJ1T pour acheminer l'air vers les blocs 14 et 24 ;
- Action n°3 : Ajout d'un ventilateur auxiliaire de 37kW présent au sein de l'installation au droit de l'intersection des galeries Vam AQ1D et Vam AJ1T de manière à réorienter l'air neuf vers les blocs 14, 24 et 25. Les galeries centrales formant un réseau bitube, le ventilateur peut être positionné sur l'une des galeries sans obstruer la circulation sur la galerie parallèle.

3.3.2.4 Configuration n°3a de déstockage (atelier Nord)

Dans cette configuration un système d'aérage supplémentaire utile à la ventilation au niveau du front de déstockage est positionné de manière à réaliser des chantiers de retrait des déchets au niveau de la partie droite des blocs 21, 22 et 23.

Pour ce faire, l'air neuf doit être acheminé depuis la galerie Vam AQ1T et être rejeté après filtration dans la galerie Vam AM2T.

Dans le but d'acheminer un débit d'air neuf d'au moins 12 m³/s dans le périmètre d'action ciblé il peut être envisagé les actions suivantes :

- Action n°1 : Ouverture totale de la porte pour favoriser l'acheminement de l'air vers les blocs 21, 22 et 23 ;
- Action n°2 : Obturation ou fermeture partielle de la porte sur la galerie acheminant l'air vers le bloc 24 ;
- Action n°3 : Ajout d'un ventilateur auxiliaire de 37kW présent au sein de l'installation au droit de l'intersection des galeries Vam AQ1T et Vam RAS2 de manière à réorienter l'air neuf vers les blocs 21, 22 et 23. Les galeries de part et d'autre de la voie remblayée formant un réseau bitube, le ventilateur peut être positionné sur l'une des galeries sans obstruer la circulation sur la galerie parallèle.

3.3.2.5 Configuration n°3b de déstockage (atelier Nord)

Dans cette configuration un système d'aéragé supplémentaire utile à la ventilation au niveau du front de déstockage est positionné de manière à réaliser des chantiers de retrait des déchets au niveau de la partie droite du bloc 24. Pour ce faire, l'air neuf doit être acheminé depuis la galerie Vam AQ1T et être rejeté après filtration dans la galerie Vam AM2T.

Dans le but d'acheminer un débit d'air neuf d'au moins 12 m³/s dans le périmètre d'action ciblé il peut être envisagé les actions suivantes :

- Action n°1 : Ouverture totale de la porte pour favoriser l'acheminement de l'air vers le bloc 24 ;
- Action n°2 : Obturation ou fermeture partielle de la porte sur la galerie acheminant l'air vers les blocs 21, 22 et 23 ;
- Action n°3 : Ajout d'un ventilateur auxiliaire de 37kW présent au sein de l'installation au droit de l'intersection des galeries Vam AQ1T et RAS2 de manière à réorienter l'air neuf vers le bloc 24. Les galeries de part et d'autre de la voie remblayée formant un réseau bitube, le ventilateur peut être positionné sur l'une des galeries sans obstruer la circulation sur la galerie parallèle.

3.4 Gestion du risque lié à l'alimentation en air frais des personnes au front de déstockage

3.4.1 Désignation des zones ROUGE, BLEU et VERTE

Les opérations de déstockage se réalisent sous couvert de la mise en œuvre d'une ventilation principale et de ventilations secondaires nécessaires pour alimenter les fronts de déstockage / ateliers en air frais requis. Compte tenu des opérations et manipulations de colis dangereux engagées, des zones de sécurité sont définies : elles ont trait à la potentialité d'une atmosphère polluée par une émission depuis un colis de déchets.

La définition des zones proposées est la suivante :

- « Zone rouge » : front d'extraction exposé aux potentiels contaminants dans l'atmosphère ;
- « Zone bleue » : SAS de transfert entre zone rouge et zone verte ;
- « Zone verte » : le reste de la mine.

En **zone rouge**, les activités qui doivent être menées sont multiples et variées (changement outil AUSA, utilisation aspirateurs, installations d'étais hydrauliques, fixation des colis, sur-ensachage, nettoyage avec surfaceuse...). Ces activités sont menées de manière commune par les trois mineurs localisés dans la zone rouge qui travaillent en équipe avec une communication qui est primordiale à la réussite des opérations.

La **zone bleue** du SAS ne peut être, en tout état de cause, totalement étanche. En effet, l'irrégularité des parements ne permet pas d'assurer une parfaite étanchéité. Au regard de l'espace disponible, il est proposé la mise en place d'un double rideau de lamelle (contrairement au déstockage de 2015-2017 durant lequel un seul rideau de lamelle était mis en place). Ce SAS doit permettre au personnel localisé en zone verte de contrôler les colis sortants (seconde vérification) avant leur transfert vers la remorque. Il est également préconisé de déplacer ce SAS en même temps que le déstockage évolue.

Dans la **zone verte** sont situées l'ensemble des installations temporaires de chantier nécessaires au bon fonctionnement de l'atelier de déstockage.

3.4.2 Alimentation en air respirable en Zone ROUGE

Le rapport du BRGM propose 6 options de manutention des colis et 4 scénarios de déstockage [2].

L'option 6 est privilégiée à savoir une mécanisation adaptée dans une large "zone rouge" entièrement confinée. Cette option propose un confinement à l'échelle d'un bloc de stockage de déchets, où le personnel et les engins mécaniques interviennent directement. Les travailleurs sont reliés à une conduite d'air frais, permettant des conditions de travail supportables sous les équipements de protections intégrales. La présence humaine à proximité permet une grande flexibilité des situations et des tâches (changements d'outils, tâches en parallèle, etc. ...). Cette option est combinée avec l'option 1 «pour les zones sans contraintes» (applicables uniquement dans les fronts à faibles vitesses de déformation et colis considérés comme intacts et facilement manipulables sans intervention humaine directe).

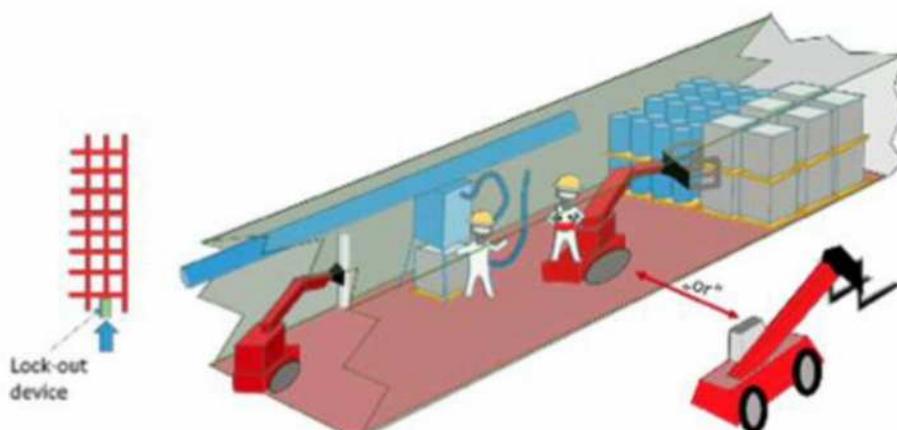


Figure 3 : Alimentation par adduction d'air

La solution de gestion nominale de l'alimentation en air respirable pour les opérateurs au front en Zone ROUGE proposée ici n'est pas basée sur une alimentation par adduction d'air par un appareil respiratoire isolant à raccorder à une canalisation en air frais.

Une évaluation du risque lié à l'utilisation d'appareil isolant avec adduction d'air dans le cadre des travaux de déstockage est proposée en annexe 1.

Cependant, cette évaluation ne prend pas en compte les risques liés à l'utilisation d'un appareil à adduction d'air de manière simultanée avec l'utilisation d'autres équipements spécifiques aux techniques de déstockage et de reconditionnement des déchets, comme :

- La conduite d'un chariot élévateur pour le déplacement des colis de déchets : la méthodologie de traitement des colis pour sortir d'une zone rouge nécessite de se déconnecter tous les 10 mètres du circuit d'air respirable et de se reconnecter avant de reprendre le véhicule. Ce mode opératoire très exigeant est un facteur d'augmentation de la probabilité d'incident.
- L'utilisation d'appareil à entraînement mécanique (surfaceuse et aspirateur).

De la même manière, des risques de coactivités existent avec les opérations de manutention effectuées à proximité des zones de travail, ce qui augmente également la probabilité d'incidents pour l'utilisation du système à adduction d'air (heurts, casses, perte d'étanchéité, ...).

Ainsi la préconisation d'une combinaison intégrale avec alimentation en air frais permettrait certes d'améliorer une partie de la pénibilité du travail mais elle engendrerait de nombreux risques au regard des activités à mener :

- Risque de rupture d'alimentation en air pour diverses raisons (machines tournantes, engins de manutention...);
- Risque de rupture de la combinaison pour les mêmes raisons indiquées ci-dessus ;
- Efficacité au travail moindre car nécessité de modifier son point d'alimentation régulièrement ;
- Risque très important pour la personne en cas de perte d'étanchéité de la combinaison. Le temps qu'il revienne au SAS, il sera totalement contaminé (inhalation).

Le choix retenu pour assurer l'alimentation en air respirable est basé sur la mise en œuvre :

- D'un système d'aéragé secondaire ;
- D'une aspiration-filtration au plus près du front de déstockage qui avance avec le déstockage ;
- D'un rejet en aval du front de déstockage, dans le retour d'air vicié, sans présence de personnel ;
- De l'instauration d'un SAS en entrée de front constitué de 2 rangées de lamelles plastiques ;
- De mesures de protection collective et individuelle pour les opérateurs.

Concernant les EPI mis en œuvre dans chaque zone, les analyses de sécurité et le retour d'expérience du déstockage de 2015-2017 conduisent à poser les règles suivantes, durant les phases d'extraction, pour la zone ROUGE :

- Bouchons de protection auditive ;
- Chaussures de sécurité ;
- Casques ;
- Coques de protection auditives adaptables sur les casques ;
- Lunettes de correction adaptables sous les masques ;
- Combinaison à capuche (catégorie 3, type 4B) ;
- Gants (contre risque chimique et mécanique) ;
- Masque complet ;
- Bloc moteur d'assistance ventilatoire connecté sur le masque et équipé de filtre P3 ou A1B1E1K1 Hg P3 (selon le déchet manipulé) ;
- L'ensemble combinaison-bottes-gants-masque est scotché pour être étanche aux poussières.

La procédure de gestion du SAS et des EPI ainsi que la procédure de gestion des entrées et sorties de la zone rouge, rédigées en 2015, ont été amendées et sont présentées en annexe VIII du volet 3 [16].

Nota : Il est cependant prescrit le recours à l'utilisation d'un système à adduction d'air lors du traitement de colis dégradés uniquement lorsque ceux-ci peuvent être reconditionnés de manière manuelle, et ce en l'absence d'autres tâches dans l'environnement direct de la zone, limitant ainsi tout risque lié à la coactivité.

3.5 Gestion de l'évacuation de l'air vicié

3.5.1 Désignation du risque associé

Le risque identifié repose sur le rejet d'un air potentiellement pollué dans une zone dans laquelle le personnel peut être présent.

De fait les conditions d'ambiance pourraient être altérées et faire l'objet d'une concentration en polluants potentiels.

3.5.2 Gestion du risque

La solution retenue pour s'affranchir de ce risque est la mise en œuvre du système d'aération secondaire (Figure 2 : Installation d'aspiration/filtration au niveau des fronts de déstockage).

1. L'air potentiellement pollué sur l'atelier de déstockage au front est aspiré hors zone par un canar,
2. L'air est filtré (H11, H13 et H14),
3. L'air filtré passe par 2 ventilateurs en série,
4. Le second ventilateur rejette l'air filtré via un ventube flexible dans une galerie en aval du front.

Les configurations de déstockage (1,2a, 2b, 3a et 3b) désignées pour intégrer la réalisation d'un déstockage simultané de 3 fronts, ont considéré l'exigence sécurité suivante : **interdiction de rejeter l'air aspiré et filtré de l'atelier de déstockage dans une zone sujette à la présence de personnel.**

Dans toutes les configurations, la solution retenue est telle que l'air filtré est rejeté en direction des galeries de retour d'air, qui cheminent toutes vers la recette fond du puits Else.

L'ensemble de ces galeries ne sera pas occupé durant le déroulement du chantier de déstockage hormis dans le cadre d'inspections nécessitant l'arrêt du déstockage.

Le risque d'exposition du personnel au front et hors front de déstockage, à des aérosols toxiques en situation nominale de déstockage voire en situation dégradée d'un dysfonctionnement de l'aération secondaire (inefficacité de la filtration) est donc fortement réduit.

3.6 Gestion de l'arrêt de la ventilation primaire ou secondaire

3.6.1 Désignation du risque associé

La perte de ventilation en souterrain peut occasionner la dégradation de la qualité de l'air au niveau des fronts de déstockage et des galeries. Les engins en fond sont des engins à moteur thermique et engendrent des dégagements de gaz d'échappement.

Le risque d'anoxie du personnel est identifié.

3.6.2 Gestion du risque

L'alimentation électrique permet le fonctionnement d'équipements nécessaires pour garantir la sécurité des installations, et notamment les systèmes de ventilation des installations souterraines et l'éclairage de secours.

Le réseau électrique existant doit être modifié pour assurer les besoins électriques des 3 chantiers [17]. Ceux-ci sont alimentés par 3 sous-stations électriques numérotées n°1, 2 et 3. Elles sont alimentées en 5kV. Leur alimentation est réalisée de la manière suivante : la sous-station n°1 est alimentée depuis le puits Joseph et les sous-stations n°2 et 3 sont alimentées depuis la station AJF.

Afin de prévenir le risque de défaillance électrique des équipements, les mesures de prévention suivantes seront mises en place :

- Conformité du matériel électrique utilisé en construction ;
- Protections électriques adaptées et calibrées, permettant d'éviter une propagation d'un éventuel défaut électrique local ;
- Maintenance préventive associée au contrôle périodique des équipements.

Les installations électriques actuelles du fond de mine sont alimentées par 3 câbles électriques Haute Tension qui descendent par le puits Joseph. Il s'agit notamment de l'éclairage, des engins électriques miniers, des moteurs de la ventilation principale (aéragé), des équipements assurant l'aéragé secondaire, des différents capteurs de détection (CO, CH₄), des compresseurs d'air...

Une alimentation de secours a été récemment mise en place, par le biais d'un groupe électrogène de secours. Celui-ci servira à alimenter le puits Joseph pour l'évacuation des personnes présentes au fond, ainsi que les équipements de sécurité (capteurs, ...), en cas de rupture de l'alimentation électrique.

Aucun dispositif n'est en place actuellement pour assurer le maintien de la ventilation du système d'aéragé principal, en cas de rupture de l'alimentation principale.

Etant donné la faible cinétique de développement de la séquence incidentelle « perte ventilation chantier principale ou secondaire/ dégradation de la qualité de l'air / condition d'ambiance non réglementaire / risque d'anoxie suite à maintien personnel sur zone en fonction de ventilation dégradée », la diminution de la qualité de l'air ne se fera pas de façon instantanée et la baisse progressive de la teneur en oxygène dans la zone considérée autorise un délai de décision / mise en sécurité.

En cas d'arrêt de la ventilation principale ou secondaire, il est prescrit l'arrêt des opérations de déstockage au front. Les colis en cours d'opérations de suremballage sont sureballés et laissés en Zone Rouge. Le personnel opère la décontamination pour valider la sortie de la Zone Rouge et l'entrée en Zone Verte.

Une temporisation est envisagée avant d'ordonner l'évacuation de la Mine pour examiner l'analyse du dysfonctionnement de la ventilation et si celle-ci peut être remise en route dans un délai immédiat. Le délai alloué à la temporisation est évalué en première approche à 30 minutes.

L'ordre d'évacuation est donné par le chef d'équipe, lui-même sur ordre du Directeur des Opérations Internes (DOI) présent au Poste de Commandement [6]. Celui-ci organise l'évacuation après s'être assuré que les chantiers, engins, machines et équipements ont été mis en sécurité.

La gestion de la mise en sécurité / évacuation du personnel est envisagée telle que :

- Sur signal d'alarme de perte de ventilation, le personnel au front se dirige vers les refuges de sécurité dédiés ; les personnels en déplacements dans la mine se dirigent vers le point de rassemblement en recette fond du puits Joseph ;
- Sur décision du PC d'évacuation de la Mine, le personnel du front s'équipe de son ARAE et évacue via les engins de service en direction du point de rassemblement en recette fond du puits Joseph.

3.7 Gestion de la température de travail au front de déstockage

3.7.1 Désignation du risque associé

Les conditions de température, d'humidité et de vent sont des facteurs qui garantissent le confort des travailleurs.

Dans les conditions extrêmes, leur maîtrise joue un rôle important pour la santé et la sécurité des travailleurs. En effet, les températures extrêmes peuvent incommoder les opérateurs et donc être sources de danger.

Lorsque l'ambiance thermique devient trop sévère, des risques apparaissent en raison d'accidents induits par l'altération rapide des performances mentales et physiques. Les ambiances thermiques peuvent être naturelles, lorsque l'agent travaille en extérieur et en surface, ou artificielles lorsqu'il exerce ses fonctions dans les ouvrages souterrains ou des locaux en surface.

L'ambiance thermique « subie » par les opérateurs en fond est une ambiance dit artificielle en ce sens où le travailleur œuvre en souterrain et non en surface : l'ambiance thermique est fonction de la ventilation apportée depuis la surface et distribuée en fond et échanges thermiques réalisés en fond.

Les évènements liés aux ambiances thermiques génèrent les potentiels de danger suivants :

- Baisse de la vigilance en cas d'exposition à des ambiances chaudes ou froides ;
- Augmentation des temps de réaction en cas d'exposition à des ambiances chaudes ou froides ;
- Mains glissantes ou gêne visuelle à cause de la transpiration ;
- Contact accidentel avec des surfaces chaudes (parties exothermiques des engins).

3.7.2 Gestion du risque

3.7.2.1 Etude de la réduction du risque à la source

Un bilan thermique sur l'année 2019 a été exploité [17], ainsi qu'un retour d'expérience relatif aux travaux de déstockage 2015-2017 au niveau du front de déstockage du bloc B12 sur l'année 2016 [16].

Les résultats rendent compte d'une température d'environ 28°C dans les galeries adjacentes aux blocs de stockage et d'une température moyenne maximale au front sur une semaine de 34,7°C.

Le document [16] démontre l'inefficacité du refroidissement pour une augmentation du débit d'extraction au niveau du front de déstockage allant de 1 à 2 m³/s. Une augmentation du débit au-delà de ces valeurs induirait des pertes de charges sur le réseau de filtration ne pouvant pas être compensées par les ventilateurs situés en aval des filtres.

La mise en œuvre des dispositions liées aux barrières de protection collectives et individuelles (EPI) ne permet pas d'équiper les opérateurs de vêtement de type gilet réfrigérant, sans contraindre trop fortement la réalisation des opérations au front.

La considération d'une limite technique sur la capacité de traitement de la filtration au front et donc sur le débit d'air contraint les actions envisageables pour réduire l'ambiance thermique au front.

Ainsi pour améliorer le confort thermique au niveau des différents chantiers, ne peuvent être envisagées a priori uniquement les solutions suivantes :

- Réduction de la puissance thermique dissipée par l'emploi d'engins fonctionnant grâce à des moteurs électriques ;
- Utilisation d'un raccord à un réseau d'air frais permettant des conditions de travail supportables sous des équipements de protection intégrale. Cette solution reste néanmoins très contraignante car elle réduit fortement la mobilité des travailleurs au front.

La réduction de l'agression thermique au front n'étant pas ici retenue, la gestion du risque proposée s'appuie alors sur la maîtrise de l'exposition des opérateurs à une ambiance thermique contraignante.

3.7.2.2 Mesures de maîtrise du risque

Le **Code du travail** ne prévoit aucune limite de température sur le lieu de travail. En revanche pour l'amiante, les durées de vacation ne peuvent excéder 2h30, et 6h sur une journée.

L'**arrêté du 14/11/89** relatif à la durée maximale du travail journalier dans les chantiers chauds prescrit également la durée maximale du travail journalier :

Température caractéristique (tc)	Atmosphère sèche	Atmosphère humide
26 < tc < et égal 28		6 h 30 mn
28 < tc < et égal 29	6 h 30 mn	6 heures
29 < tc < et égal 30	6 heures	5 heures
30 < tc < et égal 31	5 h 30 mn	4 heures
31 < tc < et égal 32	4 h 45 mn	3 heures
32 < tc < et égal 33	3 h 45 mn	Travail interdit
33 < tc < et égal 34	2 h 45 mn	Travail interdit
34 < tc	Travail interdit	Travail interdit

Tableau 1 : Arrêté du 14/11/1989

Le **RGIE** définit des chantiers chauds comme une zone de travail d'étendue restreinte, dans laquelle la température caractéristique dépasse 28° si l'atmosphère est sèche (soit l'humidité relative $\leq 0,5$) et 26° si l'atmosphère est humide (l'humidité relative $> 0,5$).

L'étude « **DMT 69TL21 Astreinte physiologique lors d'opérations de retrait d'amiante** » a pour objectif d'évaluer les risques cardiovasculaires liés au port de vêtements étanches et de masques de protection respiratoire lors d'opérations de retrait de flocage et de calorifugeage, afin de proposer des mesures de prévention, notamment en termes de durées limites d'exposition. Les durées de travail sont déterminées à partir de température ambiante et de dépense énergétique (en moyenne de 240 W et 360 W).

Les rythmes de travail suivants intègrent les conclusions de l'étude quant à la durée de présence des opérateurs :

- Pour une température supérieure à 25°C : le temps de vacation maximal autorisé est de 2h10. Le temps de vacation comprend toujours l'habillage et la décontamination (30 minutes au total) soit 1h40 effective en zone de travail. Pour chaque vacation effectuée, les intervenants doivent se reposer 30min avant de reprendre toute forme de travail ;
- Pour une température comprise entre 25°C et 28°C, le temps de vacation reste inchangé, mais le temps de pause post-vacation passe à 1 h ;
- Pour une température comprise entre 28°C et 30°C, le temps de vacation est réduit à 1h40, soit 1h10 effective en zone de travail et toujours 1h de pause après ;
- Pour une température supérieure à 30°C, le temps de vacation est réduit à 1h10, soit 40min effective en zone de travail et toujours 1h de pause après.

L'étude DMT est considérée car l'approche est sécuritaire par rapport au risque sur les opérateurs au front : l'étude considère une dépense énergétique supérieure à celle qui sera a priori envisagée lors des travaux de déstockage. Ainsi, « pour une température supérieure à 30°C, le temps de vacation est réduit à 1h10, soit 40min effectives en zone de travail et toujours 1h de pause après ».

La prise en compte des recommandations de cette étude en termes de durée d'exposition et vacation conduit à **corriger le nombre d'opérateurs estimé** sans contrainte d'exposition à une ambiance thermique contraignante. Il est ainsi formulé l'hypothèse que le travail en 2 postes avec 6 jours de travail effectif par semaine nécessite environ 3 ETP (équivalent temps plein) par personne nécessaire [16].

Ces rythmes de travail sont également encadrés par les dispositions suivantes :

- La durée maximale de vacation de 6h pour l'amiante ;
- Le suivi médical renforcé du personnel tout au long des travaux en « chantier chaud ».

3.8 Gestion du contexte mine « grisouteuse »

3.8.1 Désignation du risque

Le grisou est l'une des formes de carbone fossile. Il se distingue du gaz naturel par sa composition et sa formation. Il est composé à plus de 90 % de méthane. Ce gaz invisible et inodore se dégage des couches de marnes et des terrains encaissants lors de leur exploitation. Comme le radon, à très faible dose, il fait partie de l'atmosphère normale des mines profondes et il dégage d'autant plus que les marnes sont fracturées ou exploitées.

Le mélange air-grisou est explosible (inflammable) à des teneurs de 5 à 15 % de grisou.

3.8.2 Gestion du risque

3.8.2.1 Etude de la réduction du risque à la source

Les gaz qui composent le grisou ont été « piégés » (adsorbés) dans les micropores du terrain marneux. Une partie de ce gaz s'est retrouvée piégée dans les espaces capillaires et dans les réseaux de fissures naturelles des marnes ainsi qu'au niveau des épontes (paroi délimitant une couche ou un filon) apparues au cours des temps géologiques, à la suite d'événements sismiques, et plus récemment à cause de l'exploitation minière.

La libération du grisou se produit lors d'une intervention sur la roche par la dislocation des veines de charbon puis la fragmentation du charbon, puis et éventuellement durant des siècles ou millénaires avec la décompression (« détente ») causée par l'exploitation des veines, qui libèrent ces gaz.

Le RGIE encadre les exploitations souterraines dans laquelle la présence de grisou est constatée : *Les travaux d'exploitation et de recherche visés doivent être classés soit franchement grisouteux, soit épisodiquement grisouteux, soit faiblement grisouteux selon des critères définis. Le classement est prononcé par le préfet après consultation de l'exploitant, du délégué mineur et du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.*

Les installations souterraines des MDPAs sont classées en catégorie « épisodiquement grisouteuse », en application du règlement général des industries extractives (RGIE).

La présence de grisou dans le souterrain est avérée : le potentiel de dangers lié à ce gaz ne peut être supprimé.

La première mesure de prévention consiste à limiter la libération de grisou depuis la roche. Si la libération « naturelle » ne peut être combattue, la libération suite à une intervention sur le mur, parois et toit doit être encadrée par des dispositions de sécurité singulières.

La réalisation des opérations de déstockage requiert au préalable la sécurisation des galeries.

- Mesure par endoscopie pour estimer l'état de fracturation du toit ;
- Sécurisation du front par des étaçons hydrauliques directement après enlèvement des colis ;
- Réalisation d'un boulonnage provisoire en fibre de verre 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.

L'utilisation de boulonnage⁵ pour la sécurisation minière engendre un risque CH₄ qui peut être géré par des procédures adéquates. Le boulonnage est en revanche la seule solution à disposition afin de garantir un gabarit de passage nécessaire et suffisant pour les activités de déstockage.

Les procédures suivantes, rédigées en 2015, restent d'application et sont présentées en annexe IX du volet 3 [16] : Pose mécanisée des étais hydrauliques au front, Travaux de havage, Travaux de boulonnage, Purge et contrôle des arrières.

3.8.2.2 Etude de la réduction du risque d'inflammation d'un nuage grisou/air inflammable

La libération de grisou dans l'atmosphère des galeries peut conduire à un mélange inflammable avec l'air ambiant selon les concentrations du mélange (entre 5 et 15% de grisou dans l'air). Le comburant est toujours présent (oxygène). L'apport d'une source d'inflammation d'énergie suffisante peut alors conduire à l'ignition du nuage et à une explosion de gaz.

La première mesure de prévention d'un risque d'explosion est de limiter l'occurrence d'une concentration explosive suite à la libération de grisou.

⁵ Les opérations de havage engendrent également un risque CH₄, mais réduit du fait du boulonnage préalable.

Pour ce faire, l'instauration d'une ventilation secondaire, pour assurer l'apport en air frais vers les chantiers de déstockage est une disposition adaptée puisqu'elle assure un brassage de l'air, conférant alors une dilution des gaz émis dans l'environnement.

La seconde mesure de prévention d'un risque d'explosion est de limiter l'apport d'une source d'inflammation dans l'environnement dans lequel s'est produit la libération de grisou.

Il convient dans un premier temps de délimiter la zone souterraine dans laquelle les émissions de grisou sont envisagées. Cette délimitation est mise en œuvre dans la Mine via la désignation de la Zone Franche. La Zone Franche de la Mine correspond aux zones du souterrain dans lesquelles les matériels et installations électriques non de sécurité par rapport au risque grisou peuvent être utilisés. Au-delà des limites de cette Zone Franche, une protection singulière au risque de Grisou (ATEX, voir par ailleurs) doit être déployée.

Dans le cadre des potentielles futures activités de déstockage, il est prévu d'élargir la zone franche. L'emprise de la future zone franche englobera toutes les galeries nécessaires au déstockage [16] :



Figure 4 : Cartographie du projet d'élargissement de la zone franche

La Zone Franche est « protégée » par un réseau de télésurveillance de la teneur en méthane dont le calepinage d'implantation borne la Zone Franche.

La protection de la Zone Franche est alors réalisée via l'implantation de capteurs de CH₄ (seuil de détection à 0,5%, soit 1/10^{ème} de la Limite Inférieure d'Explosivité du méthane) en périphérie de la zone mais aussi au niveau des fronts de déstockage. Les capteurs sont essentiels pour encadrer / surveiller les opérations de boulonnage (foration).

La réalisation des activités de déstockage implique une plus vaste zone à surveiller et donc un élargissement des périmètres de sécurité et une augmentation du nombre de capteurs y afférant. La figure ci-dessous matérialise l'extension nécessaire de la zone franche et la position des capteurs additionnels CO et CH₄ nécessaires à la surveillance, en particulier l'implantation de détecteurs CH₄ au front et en entrée de bloc de déstockage.

-  Grisomètre de protection zone franche
-  Grisomètre de protection mine
-  Nouveau capteur CH4 (confinement)
-  Nouveau capteur CH4 (déstockage)
-  Nouveau capteur CO (déstockage)



Figure 5 : Plan de localisation des nouveaux capteurs de surveillance

Nota :

L'étude INERIS - Rapport n° DRA-13-142158-12510A du 27/11/13 apprécie la potentialité de l'émission de grisou dans le souterrain :

« la concentration en sortie de ventilation ne dépassait pas 0,5 à 1 % en méthane lors de la phase d'exploitation, qui incluait des opérations de dégrisoutage volontaire en forant des drains vers les couches d'insolubles susceptibles de contenir du méthane. Les concentrations en méthane pouvaient être alors localement plus élevées, mais toujours liées à des opérations directes ou indirectes d'exploitation. De telles concentrations ont été mesurées uniquement à proximité des anciens travaux. Actuellement, en phase de stockage, les explosimètres disposés en différents emplacements n'enregistrent aucune concentration significative de gaz combustible. Les concentrations en méthane dans des galeries condamnées et très faiblement ventilées sont en dessous de la LIE et montrent un dégagement latent de méthane très lent.»

Par ailleurs, le suivi des enregistrements de tous les grisoumètres de l'exploitant situés à la périphérie de la zone franche et dans le retour d'air principal sur plusieurs années complètes fait état, pour chacun des capteurs, de valeurs mesurées proches de zéro (moins de 0,5 %), en-dehors des pics d'étalonnage.

La Zone Franche définie, il est nécessaire de supprimer / réduire la possibilité d'une inflammation d'un nuage air/grisou explosible.

L'étude du risque incendie présente les éléments d'analyse relatifs à la mise en application du premier principe de défense en profondeur contre le risque d'incendie, à savoir, la limitation des sources de combustibles en fond mais aussi des sources d'inflammation. Ces éléments sont ici applicables et soulignent entre autres la mise en œuvre de dispositions de sécurité sur les engins en fond : protection du réservoir, carburant gasoil (PE > 55°C), fluides hydrauliques HDFU, DAI et EAI embarquées.

Ces éléments sont à compléter par les prescriptions relatives à la réglementation ATEX.

3.8.2.3 Intégration de la réglementation ATEX

La directive 94/9/CE du 23 mars 1994 a été transposée en droit français, principalement par le décret 2002-695 du 30/04/02 modifiant le décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996, relatif aux appareils et aux systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphère explosive (JO n° 103 du 3 mai 2002).

Équipements destinés à être utilisés dans les atmosphères explosives :

- Groupe I : Appareils destinés aux travaux souterrains des mines et aux parties de leurs installations susceptibles d'être mis danger par le grisou et/ou des poussières combustibles ;
- Groupe II : Appareils destinés à être utilisés dans d'autres lieux que des mines (industries de surface), susceptibles d'être mis en danger par des atmosphères explosives :
 - Catégorie 1 : Appareils conçus pour assurer un très haut niveau de protection et destinés à un environnement dans lequel des atmosphères explosives sont présentes constamment, ou pour une longue période ou fréquemment (zones 0 ou 20),
 - Catégorie 2 : Appareils conçus pour assurer un haut niveau de protection dans un environnement où des ATEX se manifestent de manière occasionnelle (zones 1 ou 21),

- Catégorie 3 : Appareils conçus pour assurer un niveau normal de protection avec une faible probabilité de formation d'atmosphère explosive et pour une courte période (zones 2 ou 22).

Le texte est abrogé par l'article 43 de la directive n° 2014/34/UE du Parlement Européen et du Conseil du 26 février 2014 avec effet au 20 avril 2016. La Directive n° 2014/34/UE du 26/02/14 a trait à l'harmonisation des législations des Etats membres concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles. Compte tenu des nombreuses évolutions/modifications qui ont été apportées à la directive 94/9/CE, une refonte de ladite directive a été jugée nécessaire.

La mise en œuvre des directives ATEX prend en compte les tâches suivantes :

- Définition des zones « potentiellement explosives » (établissement du Plan de Classement de Zones Dangereuses) et identification des sources d'inflammation ;
- Définition des exigences à considérer pour les matériels et équipements (électriques et non électriques) ;
- Définition des exigences de mise en conformité.

Les appareils destinés aux travaux souterrains des mines et aux parties de leurs installations susceptibles d'être mis danger par le grisou et/ou des poussières combustibles appartiennent aux appareils de Groupe I de la thématique ATEX.

L'ATEX est considérée en souterrain par la définition de la Zone Franche : zone dans laquelle les matériels et installations électriques non de sécurité par rapport au risque de Grisou peuvent être utilisés. Le corolaire est donc qu'en dehors de la Zone Franche, le seul matériel autorisé est celui sécurisé et conforme par rapport au risque de Grisou.

L'INERIS - Rapport n° DRA-13-142158-12510A du 27/11/13 - a précisé le classement ATEX au fond : les galeries du réseau de ventilation principale ne sont pas classées et les galeries du réseau de ventilation secondaire sont classées en zone 2.

La désignation de l'INERIS est à corriger car en Mines, seules 2 zones sont désignées : M1, dans laquelle il y a présence avérée de méthane et, M2, zone dans laquelle il y a un risque de présence de méthane. Le classement ATEX en fond devrait souligner une zone M2 dans les galeries de ventilation secondaire afférentes à une opération de déstockage d'un bloc⁶, et une zone non classée ailleurs (la Zone Franche).

⁶ Est désigné sous protection M1 tous les matériels qui peuvent rester actifs quelle que soit la teneur en grisou, à savoir la téléphonie et les capteurs. Le reste est classé M2 pour ce qui est en dehors de la Zone Franche.

Dans le cadre de la mise en œuvre d'opérations de déstockage de colis de déchets, les recommandations suivantes de protection ATEX des appareils sont formulées :

- Hors zone franche qui ne présente aucune protection CH4. : les engins doivent être conformes « Ex I M2 », niveau d'exigence imposé par le classement M2 de la zone ;
- Zone franche qui est une zone protégée d'un point de vue risque CH4 : les engins doivent être conformes « Ex II 2 G ». Le classement est dimensionnant car la zone est Non Classée ; il est néanmoins à décaler par rapport au classement hors Zone Franche : il n'y a pas de niveaux d'exigences de protection inférieur à G1M2 pour les mines donc il est ici fait référence aux dispositions de sécurité propres aux équipements / appareils de surface.

Dans une approche conservative, il pourra être envisagé que l'ensemble du matériel du fond spécifique aux opérations de déstockage soit protégé ATEX G1M2. De ce fait, la totalité de ce matériel pourra être utilisé en zone Franche comme en zone ATEX, ce qui apporte une souplesse et une sécurité supplémentaire en permettant de s'affranchir de tout risque majeur lié à cette problématique ATEX.

3.8.2.4 Gestion du risque d'émission de grisou

Le réseau de télémétrie Grisoumètre permet de détecter toute concentration en méthane supérieure à 0,5% de concentration, que ce soit sur la zone des chantiers de déstockage, dans la zone franche élargie et dans le retour d'air général. Sur détection, la procédure des MDPA reste applicable [6] :

- Grisoumètre retour air général⁷ : alarme sur supervision, alarme visuelle et sonore au périmètre de protection de la recette Else ; mise hors tension des installations fond y compris ES1 et ES2 ;
- Grisoumètre zone franche élargie : alarme à l'accueil, mise hors tension installations électriques de la zone franche, extinction éclairage alerte (évacuation) ;
- Grisoumètres chantiers mobiles : alarme à l'accueil, mise hors tension installations électriques de la zone chantier, extinction éclairage alerte (évacuation).

En complément, les dispositions suivantes sont engagées :

- Appareils électriques portatifs non de sécurité arrêté et déconnexion de la batterie, placée dans un coffret antidéflagrant ;
- Engins à moteur thermique coupés et circuit de batterie isolé par coupe-circuit ;
- Travaux par points chaud arrêtés ;
- Rassemblement au point de rassemblement chantiers / refuges de chaque atelier ;
- Le cas échéant regroupement au point de rassemblement recette fond Joseph.

⁷ Seuil d'alerte et de déclenchement à 2%. Le seuil peut être réglé à 0,5%, ponctuellement, dans le cas de travaux particuliers en retour d'air.

4 Etude des risques liés à la manipulation des colis

4.1 Identification des opérations de manipulation

Les opérations de manipulation sont désignées dans le Volet 3 –Etude des techniques à mettre en œuvre et de leur sécurisation – prise en compte des contraintes de la mine [16]. Sont définis :

- La prise de colis non coincés et non dégradés depuis le front de stockage ;
- La reprise de colis coincés ou dégradés au front de stockage ;
- Le suremballage des colis retirés du front de stockage ;
- Le déplacement de colis du front vers une autre zone en fond ;
- Le déplacement de colis du front vers les ateliers de reconditionnement en surface.

Le risque majeur est identique pour chacune des manipulations : la perte de capacité du contenant pouvant conduire à une émission de substances dangereuses dans l'environnement de l'atelier de déstockage ou des galeries hors blocs de déstockage.

4.2 Gestion du risque lié à la prise de colis au front

4.2.1 Cas d'un colis non coincé et non dégradé

La première disposition de sécurité repose sur la délimitation de la Zone Rouge au front du chantier de déstockage. La zone est ainsi préparée (bande caoutchouc, bâche polyane prédécoupée, aspiration 12 m³/s au front⁸, équipements pour les travaux fonctionnels et disponibles).

La procédure requiert l'utilisation d'un engin chariot élévateur (AUSA) équipé d'outil dédié à la préhension des colis (pince à big bag, pince à fûts...).

Le front de stockage est tel que les colis sont gerbés sur 2 niveaux, ce qui réduit la hauteur de chute potentielle, et donc le risque de dégradation du colis.

La procédure de déstockage impose de déstocker le big bag du dessus, puis celui du dessous avec les fourches inversées (si nécessaire) de l'AUSA et à l'aide d'un crochet pour prendre les anses des big bag. Ainsi, la situation dangereuse de prise d'un colis au sol, surmonté par un autre colis (poids exercé par le colis, difficulté de la prise du colis) est écartée.

⁸ L'étude technique de ventilation [17] a défini la plage fonctionnelle de débits compris entre 8 m³/s et 12 m³/s.

Les big bag de stockage de déchets dangereux sont constitués d'une double enveloppe, généralement fabriqués en polypropylène tissé, un textile technique présentant une haute résistance mécanique. Il peut supporter près de 1000 fois son propre poids, résiste aussi aux chocs, aux agressions chimiques et aux fortes températures (jusqu'à 100°C) [<http://recyclage.veolia.fr>].

Les fûts de déchets sont métalliques. Ces fûts sont attachés sur les palettes par 2, 3 ou 4. Ils sont également repris par un engin type chariot élévateur équipé d'un outil de préhension adapté. Le stockage du déchet dans ce contenant a intégré un bouchon de protection en plâtre (pour la très grande majorité de ces fûts). L'ensemble de ces dispositions réduisent le potentiel de dangers de chute de fût et de perte d'intégrité du fût.

Les dispositions précédentes soulignent la réduction du risque de chute et perte de confinement du colis à la source, puisque intrinsèques aux contenants, à l'agencement des colis et aux procédures de manutention.

Dans le cadre d'une approche déterministe, la chute et perte de confinement d'un colis de déchets constituerait une situation dangereuse pour les opérateurs.

Il est rappelé la mise en œuvre d'une Zone Rouge, délimitée physiquement par rapport à la Zone Verte : toute émission potentielle de substances dangereuses dans l'atmosphère serait confinée en Zone Rouge.

La Zone Rouge s'accompagne d'une aspiration au front : toute émission potentielle de substances dangereuses dans l'atmosphère serait alors collectée puis aspirée et filtrée avant rejet en galeries de retour d'air vierge de toute présence de personnels.

La Zone Rouge impose également des mesures de protection collective et individuelles (EPI) définies au chapitre 3.4.2. Les opérateurs disposent ainsi d'un haut niveau de protection par rapport au risque chimique que constituerait l'émission de substances dangereuses au front suite à une perte de confinement d'un colis.

Les dispositions précédentes soulignent que l'impact sur la cible opérateur serait limité du fait d'une faible vulnérabilité du personnel à un « nuage toxique » circonscrit à un volume réduit.

La **gestion de cet accident** est envisagée telle que :

- Identifier l'accident ;
- Arrêter le travail engagé au front ;
- Sécuriser l'engin contre le risque de sur-accident (frein à main, cale, stationnement sûr...);
- Poser le colis au sol si le colis est toujours pris par l'engin et qu'une fuite est observée ;
- Colmater l'ouverture sur le colis autant que possible ;
- Prévenir le chef de poste / le poste d'exploitation ;
- Réaliser la reprise du produit épandu (aspiration) et nettoyer la zone ;
- Réaliser des mesures de concentration en polluants sur la zone du sinistre ;
- Reprise des opérations de déstockage sur décision hiérarchique.

4.2.2 Cas d'un colis coincé ou dégradé

Dans cette configuration il est proposé de procéder à l'extraction par dégonflage du colis big bag.

Cette technique, mise en œuvre lors du déstockage 2014-2017, consiste à extraire le produit d'un big bag par aspiration lorsque celui-ci est bloqué par la convergence ou qu'il présente des risques de déchirement. Cette technique a montré son efficacité mais un problème majeur est la prise en masse des matériaux pulvérulents. En effet, afin d'avoir une aspiration efficace, il était nécessaire de mobiliser le matériau (au moyen d'une tige) et ce travail très lourd a engendré de nombreux accidents.

Afin de faciliter l'aspiration et d'améliorer la procédure, il est proposé l'utilisation d'un vibreur industriel suspendu à une potence mobile (et un palonnier pour équilibrer la charge). L'opérateur applique le vibreur sur l'enveloppe extérieure de telle manière à mobiliser le produit et faciliter l'aspiration.

La procédure de soutirage des big bag, rédigée en 2015, a été amendée et est présentée en annexe VIII [16].

Environ 12% des colis présents sur le site sont des palettes sur lesquelles des fûts de 220 litres contiennent les matières dangereuses. Ces fûts sont attachés sur les palettes par 2, 3 ou 4. Lorsque ces colis sont bloqués par la convergence, ils peuvent parfois être déformés et il est nécessaire de les extraire unité par unité.

Dans ce cadre, il est proposé l'utilisation d'une pince à fûts afin d'extraire ces fûts bloqués. L'outil proposé dispose d'une force de serrage importante et d'une pince avec grip adaptable. La forme de la pince est réalisée sur mesure pour s'adapter au mieux aux conditions.

Le cas d'un colis coincé augmente la probabilité de dégradation du contenant et de perte de confinement du fait de l'opération de dégonflage / aspiration complémentaire à l'opération nominale de déstockage d'un colis non coincé et non détérioré.

Néanmoins, le protocole de soutirage de colis coincé est encadré par des dispositions de sécurité adaptées parmi lesquelles : vérification du fonctionnement de l'aéragé secondaire, vérification de la disponibilité de l'aspirateur, contrôle visuel du déroulement de l'opération de vibration et aspiration par la buse, surveillance de la stabilité des colis voisins...

De plus il est rappelé que la mise en œuvre d'une Zone Rouge, délimitée physiquement par rapport à la Zone Verte : toute émission potentielle de substances dangereuses dans l'atmosphère serait confinée en Zone Rouge.

La Zone Rouge s'accompagne d'une aspiration au front : toute émission potentielle de substances dangereuses dans l'atmosphère serait alors collectée puis aspirée et filtrée avant rejet en galeries de retour d'air vierge de toute présence de personnels.

La Zone Rouge impose également des mesures de protection collective et individuelles (EPI) définies au chapitre 3.4.2. Les opérateurs disposent ainsi d'un haut niveau de protection par rapport au risque chimique que constituerait l'émission de substances dangereuses au front suite à une perte de confinement d'un colis.

Les dispositions précédentes soulignent que l'impact sur la cible opérateur serait limité du fait d'une faible vulnérabilité du personnel à un « nuage toxique » circonscrit à un volume réduit.

Le protocole de gestion d'un accident lors de l'opération d'extraction d'un colis coincé est similaire à celui proposé pour le cas d'un colis non coincé.

4.3 Gestion du risque lié à l'opération de suremballage

Après extraction du colis en zone rouge, il est prévu de réaliser un sur-ensachage de protection avant de réaliser le transport des colis en galeries. L'opération d'ensachage est une manipulation simple qui consiste à emballer le colis déstocké par une sachette en plastique dans le but de protéger toute émission potentielle de déchets au travers du contenant originel (big bag ou fût).

La maîtrise du risque et le protocole d'intervention en cas de perte de confinement sont similaires à ceux évoqués ci-avant.

4.4 Gestion du risque lié au transport de colis

Une fois le colis suremballé nettoyé dans la zone BLEUE (ce SAS doit permettre au personnel de contrôler les colis sortants (seconde vérification du front), il est prêt à être transporté dans les galeries à destination de la surface pour l'opération de reconditionnement de colis selon l'exutoire extérieur retenu ou du souterrain si le colis doit être déplacé pour accéder aux autres colis, cible du déstockage.

4.4.1 Cas d'un colis remonté vers la surface

Le colis prêt au transport est déposé dans un confinement de transport dédié : une caisse métallique.

Au regard de la diversité des contenants de déchets et surtout de la diversité des reconditionnements exigés par les différentes filières d'élimination, il est prévu de réaliser le reconditionnement définitif en surface. **Il est donc nécessaire de remonter les colis de manière sécuritaire.**

Il est prévu d'employer des caisses métalliques sur-mesure de dimensions internes 1300 x 1300 x 1500 mm.

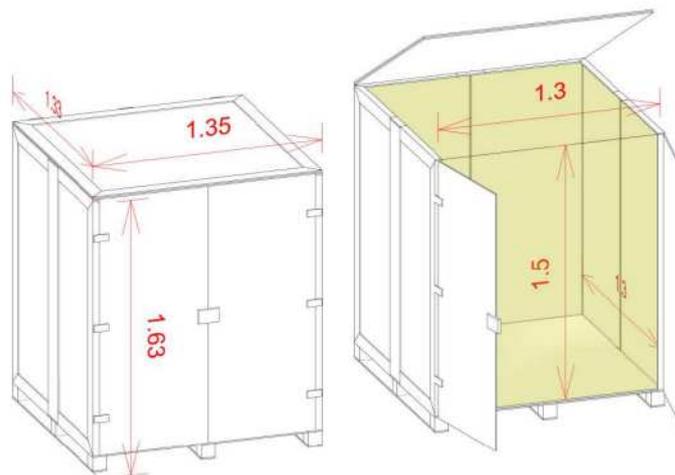


Figure 6 : Caisse métallique de transfert des colis

Cette caisse métallique dispose d'une ouverture frontale permettant d'y insérer le big bag dans les zones contraintes en hauteur. Les portes et le couvercle sont semblables aux portes de containers maritimes avec un joint de compression et un système de fermeture à levier robuste.

Afin de transporter les déchets vers la surface, et afin de pallier la vétusté des véhicules JPL, un transport par remorque a été défini dans le cadre de l'étude de la faisabilité du déstockage partiel complémentaire.

La remorque peut accueillir 2 caisses métalliques de transfert. Ces containers sont arrimés à la remorque par un système de fixation twistlock.

Dans le cadre des opérations de déstockage, il est prescrit l'utilisation de 2 types de tracteurs pour la remorque : l'un à moteur thermique pour le fond, et l'autre, à moteur électrique pour la surface. L'analyse est proposée en annexe II.

Le risque de perte de confinement du colis et d'épandage du déchet dans l'environnement de la galerie, en Zone VERTE, est écarté du fait de l'ensemble des dispositions de confinement, redondées : colis à double enveloppe, sur-sache plastique, container métallique arrimé à la remorque.

4.4.2 Cas d'un colis déplacé

Dans le cadre des scénarios S3 et S4 de déstockage, il est nécessaire de déplacer les colis afin d'atteindre les colis à déstocker. Afin de sécuriser les colis, il est prévu un sur-ensachage et un sur-big bag. Le colis est ensuite placé sur une nouvelle palette et déplacé, après décontamination hors de la zone rouge.

Lorsqu'il est en zone verte, le colis est placé dans le container de transfert afin de sécuriser le transfert.

L'objectif est de sortir un minimum de colis hors du bloc en cours de déstockage. Néanmoins, il sera nécessaire de prévoir une zone de stockage temporaire. Ces zones de stockage temporaire sont :

- Allée n°4 du bloc 26 pour l'atelier nord ;
- Allée n°4 du bloc 16 pour l'atelier central ;
- Allée n°6 du bloc 16 pour l'atelier sud.

Ces zones seront reconditionnées pour être utilisables en tant que stockage temporaire.

La procédure de restockage - déstockage, rédigée en 2015, a été amendée et est présentée en annexe VIII [16].

A l'instar d'un transfert de colis vers la surface, le risque de perte de confinement du colis et d'épandage du déchet dans l'environnement de la galerie, en Zone VERTE, est écarté du fait de l'ensemble des dispositions de confinement, redondées : colis à double enveloppe, sur-sache plastique, container métallique arrimé à la remorque.

4.5 Risque spécifique lié aux colis amiantés

4.5.1 Réglementation amiante [15]

Les risques liés à l'exposition à l'amiante sont considérés comme ceux nécessitant des mesures de prévention et de protection les plus exigeantes. Elles conditionnent de ce fait les mesures à prendre pour prévenir les expositions potentielles des autres éléments chimiques.

Pour mémoire, la partie "Amiante" du règlement général des industries extractives (RGIE) a été abrogée, en vertu d'un décret du 16 juillet 2014 : l'industrie extractive est désormais soumise au code du travail pour les risques liés à l'amiante.

Le texte "rend applicables dans les mines, les carrières et leurs dépendances les règles prévues par le code du travail en matière de protection contre l'amiante".

L'arrêté pris en application du décret du 16 juillet 2014 stipule que "les prescriptions de la quatrième partie du code du travail relatives à la santé et à la sécurité au travail sont ainsi directement applicables, sans complément ou adaptation".

Deux hypothèses sont prises en compte pour maîtriser le risque amiante :

- **Considération d'une situation nominale** qui est celle du déplacement d'un colis de déchets amiantés dans un environnement d'une qualité d'air a priori non polluée. Dans ce cas de figure, les seules fibres potentiellement à rencontrer seraient celles déposées par le temps sur les colis à la suite de perte d'étanchéité peu significative desdits colis. Cette configuration assure la désignation des mesures de prévention et surtout de protections nominales pour les opérateurs.
- **Considération d'une situation accidentelle** qui est celle du déplacement d'un colis de déchets amiantés dans un environnement d'une qualité d'air a priori non polluée et d'une perte d'étanchéité du colis déplacé (conditionnement dégradé, erreur de manipulation, etc.). L'éventration du colis occasionnerait l'émission de fibres d'amiante dans l'environnement, plus ou moins significative selon la nature du déchet amiante plaque ou déchets de flochage). Cette configuration singulière nécessitera la mise en œuvre de dispositions de protection spécifiques.

Compte tenu de la non-accessibilité au colis pour vérifier l'état avant intervention, il est proposé un point d'arrêt entre chaque déstockage de front de big bag amiante avec réalisation d'un PV d'inspection visuelle de l'état des colis avant de procéder à la manipulation desdits colis.

Les valeurs d'empoussièrement seront également à confirmer avant le début du chantier et définiront les mesures de protections individuelles et collectives mises en œuvre, dont certaines relèvent des travaux en sous-section 3 définies dans le code du Travail (voir tableau page suivante).

Ces considérations sont par ailleurs en accord avec l'avis CARSAT adressé à la DREAL en 2016 : L'opération de déplacement des déchets amiantés doit être réalisée selon le point 2 de l'article R4412-94 : « *L'entreprise en charge du déplacement des déchets devra intégrer [...] dans son analyse et présenter a minima les deux modes opératoires suivants :*

- Mode opératoire de déplacement des déchets amiante dont le contenant est en bon état de conservation ;
- Mode opératoire de reconditionnement et le déplacement de déchets amiante dont le contenant est abimé et/ou déchiré.

Ces modes opératoires préciseront dans le détail des neuf points prévus à l'article R4412-145 du Code du Travail, notamment en ce qui concerne les fréquences et les modalités de contrôle du niveau d'empoussièrement ainsi que le descriptif des méthodes de travail et moyens techniques mis en œuvre. »

4.5.2 Gestion du risque d'un colis d'amiante déchiré

Lorsqu'un colis amianté présente une enveloppe déchirée ou abimée due à une convergence excessive, une procédure spécifique est prévue. Tous les colis amiantés sont considérés conditionnés sous double ensachage.

La procédure spécifique aux déchets amiantés, rédigée en 2015, a été amendée et est également présentée en annexe VIII [16]. Toutes les mesures décrites dans la procédure colis amiantés sont applicables.

Il est prévu dans ce cas extrême, une extension provisoire du réseau d'air comprimé jusqu'en zone rouge. A partir du réseau d'air comprimé, il est prévu d'installer un système permettant de détendre l'air pour alimenter en air frais un masque spécifique voire une combinaison complète.

Dans ce cas précis, il est prévu un reconditionnement à la main avec un sur-ensachage de chaque élément individuel dans une sache globale et ensuite un sur-big bag. Préalablement à ce reconditionnement à la main, l'ensemble des surfaces seront recouvertes préventivement de surfactant. Le big bag résiduel, sera également ensaché et intégré au colis reconditionné.

Sur la base des mesures à mettre en œuvre pour l'amiante et de l'avis de la CARSAT, une procédure générale en neuf points est mise en œuvre pour maîtriser l'ensemble des expositions aux agents chimiques dangereux voire CMR contenus dans les déchets [15].

Dans le cas du colis amiante dégradé, les 9 points sont identiques que pour les colis en bon état avec rajout des points suivants pour les mesures de protection collective dans la zone sécurisée « zone écarlate » qui sera créée dans la zone rouge :

- Cloisonnement de la zone écarlate dans la zone rouge ;
- Port obligatoire d'un masque complet avec adduction d'air pour pénétrer dans la zone, sur le principe de dimensionnement suivant :



Figure 7 : Schéma d'alimentation d'un masque à partir du réseau Air Comprimé

- Mise en place d'un sas de décontamination ;
- Mesures d'atmosphères complémentaires conformes aux exigences CARSAT :
 - Contrôles journaliers de l'atmosphère ;
 - Contrôles journaliers amont et aval du dépoussiéreur ;
 - Contrôle des eaux de rejet ;
 - Réalisation de mesures libératoires d'atmosphère.

NOTA : L'utilisation d'une combinaison étanche alimentée par de l'air, proscrite pour les activités normales, est réalisable dans ces conditions car il s'agit d'un reconditionnement manuel pour lequel aucune coactivité machine – humain ne sera tolérée et durant laquelle il y a peu de déplacement.

5 Etudes du risque d'incendie

5.1 Analyse de l'accidentologie

La base de données ARIA (Analyse et Recherche d'Informations sur les Accidents), établie par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (www.aria.developpement-durable.gouv.fr) recense les accidents technologiques, survenus en France et à l'étranger.

5.1.1 Accidentologie interne

La recherche des accidents passés sur le site permet d'identifier un unique phénomène accidentel.

Celui-ci ayant eu lieu le 10/09/2002 concerne l'incendie du stockage souterrain de déchets ultimes.

Le feu se déclare vers 4h15 dans le bloc 15 du centre de stockage souterrain de déchets industriels toxiques (50 kt/an) exploité depuis février 1999 dans des galeries creusées à cette fin à - 535 m de profondeur. Les déchets autorisés sont conditionnés en big bag (1 m³) à double sache, conteneurs métalliques ou fûts métalliques de 220 litres.

Certaines galeries du centre communiquant avec des galeries de sel gemme en exploitation, les fumées incommodent des mineurs qui donnent l'alerte vers 5h. Un incendie ayant été jugé impensable, aucune détection incendie n'était en place ; 3 h seront nécessaires pour localiser le foyer qui s'étend alors sur 1 700 m² et implique 1 800 t de cendres d'incinération de déchets ménagers/industriels et de résidus de désamiantage. L'intervention est rendue difficile par le manque de moyens d'extinction et les conditions d'intervention ; 4 équipes de mineurs en ARI se relaient au fond, aidées par 25 pompiers en surface. Une conduite d'eau est installée dans la galerie.

L'obstruction des arrivées d'air limite la propagation des flammes. Des concentrations significatives de dioxyde de soufre sont mesurées en sortie du puits d'accès ; il n'est pas demandé à la population de se confiner, mais 3 écoles proches sont fermées par précaution. La combustion lente des déchets dure plusieurs jours, des points chauds persistant 2 mois durant.

Cet accident a mis un terme à la poursuite de l'exploitation, alors qu'environ 44 000 tonnes de déchets ultimes avaient été stockées.

5.1.2 Accidentologie externe

5.1.2.1 Périmètre France

L'activité objet de la présente étude étant très particulière (opérations de déstockage de déchets provenant d'un centre de stockage souterrain de déchets ultimes), les retours d'expérience sur des accidents survenus sur le même type d'activité ou sur des activités similaires sont rares, voire inexistantes.

En effet, StocaMine est le seul site de stockage souterrain de déchets ultimes en France.

Des recherches ont été menées dans la base ARIA à l'aide de mots-clés. Les combinaisons de mots suivants n'ont donné aucun résultat :

- « Stockage + souterrain + déchets",
- « Stockage + enterré + déchets",
- « Stockage + mine + déchets",
- « Stockage + déchets + ultimes".

5.1.2.2 Accidentologie mondiale sur les accidents dans les mines

Il est ici fait référence à un projet de rapport de 2008, visant à analyser les accidents survenus en mines et leurs conséquences sur les vies humaines : « *International Mining Fatality, Database, Project Report, Overview of the project undertaken at the NSW Department of Primary Industries as a vacation industrial work experience project, April 2008* » [PRODUCED BY: Patrick MacNeill Final Year Student Mechanical Engineer University of Wollongong].

La base de données ainsi compilée s'appuie sur la consultation des accidentologies de nombreux pays, pour certaines très renseignées (Australie, Nouvelle-Zélande, Royaume-Uni, USA) et pour d'autres moins approfondies (Canada, Chine, France, Allemagne, Inde, Japon, Pologne, Russie, Afrique du Sud, Ukraine, Zimbabwe).

La base de données englobe les incidents survenus au cours des 142 dernières années, avec une disponibilité des informations plus marquée sur la période 1980 à 2008.

Concernant les causes de décès dans les opérations minières, la principale est l'effondrement des parois et toit de la mine et représente environ 24% de tous les décès miniers. Le fonctionnement non intentionnel d'un équipement constitue la seconde cause avec le plus grand nombre de décès (13%), suivie par la chute de hauteur à 9%, sur un total de 2 808 décès.

Une attention particulière doit donc être portée à la sécurisation des galeries avant toute opération de déstockage de colis sur le site des MDPAs.

Concernant les équipements mis en jeu lors des accidents mortels, les camions (engins de transport, engins de service) constituent l'équipement le plus souvent identifié (9,2% des cas). Les chargeuses (engins de chantier) sont le deuxième équipement le plus souvent responsable d'accidents mortels (8,7%).

L'adaptation des équipements au milieu (gabarit, encombrement...), la maintenance des engins et la formation des conducteurs sont à mettre en œuvre pour prévenir ce risque.

Concernant la localisation des accidents mortels, la principale zone est la zone d'exploitation de la mine qui représente 41% des accidents et 82% des décès. Les transports sur zone et hors zone constituent la seconde zone d'accidents : 13% des accidents et 4% des décès.

Concernant les activités mises en jeu, la principale est l'exploitation de la mine (l'extraction) et plus généralement l'activité de production, au front. Elle représente 23% des accidents en mine et 70% des décès.

A l'évidence, la réalisation des activités au sein de la mine est la source principale des accidents, à opposer à une mine non exploitée. Le travail au front et le transport des colis doivent être encadrés par des dispositions de prévention et de protection pertinente pour assurer la sécurité des opérateurs.

5.1.2.3 Un accident illustratif d'incendie en mine : le WIPP

Incidents survenus au centre américain de stockage de déchets radioactifs WIPP en février 2014 (lettre IRSN du 14/03/2014, point sur la situation au 12 mars 2014).

Le WIPP est conçu pour accueillir, au sein de cavités creusées dans du sel à environ 660 mètres de profondeur, 176 000 m³ de déchets dits transuraniens (contenant notamment de l'américium et du plutonium), issus d'activités nucléaires de défense (recherches militaires et production d'armes nucléaires). Cette installation est en exploitation depuis mars 1999.

Un incendie s'est déclaré le 5 février 2014 dans la zone nord de l'installation, sur un camion utilisé pour évacuer du sel excavé. Selon le rapport de sûreté, la zone nord est dédiée à des expérimentations et des recherches, eu égard notamment à la possibilité de prendre en charge des déchets exothermiques dans le WIPP, ces déchets n'étant actuellement pas acceptés pour stockage dans cette installation. Le feu aurait pris à proximité du puits dédié à la gestion du sel excavé et aucun colis de déchets n'était à proximité de l'incendie. Il est à noter que la zone en cours d'exploitation (partie sud), qui contient les colis de déchets radioactifs stockés, se situe à une distance de plusieurs centaines de mètres de ce puits. De la fumée s'est échappée par au moins un puits. Le dispositif d'extinction d'incendie, dont était équipé le camion, s'est immédiatement déclenché. La ventilation des installations souterraines a été arrêtée. Il n'est toutefois pas précisé si cet arrêt a été ponctuel et si la ventilation a été remise en fonctionnement en mode réduit et/ou filtré.

Toutes les opérations de stockage ont été suspendues et les installations souterraines ont été évacuées avec succès. Six employés transférés à l'hôpital en raison d'une possible inhalation de fumées en sont ressortis quelques heures après. Une équipe de secours est descendue le jour même dans les installations souterraines et a confirmé l'extinction de l'incendie et l'absence de fumées résiduelles. De la mousse a été répandue afin d'empêcher une éventuelle reprise du feu.

Il s'agit de l'incendie le plus sérieux qui se soit produit dans les installations souterraines du WIPP.

5.2 Objectifs de sécurité génériques

La définition d'objectifs de sécurité est l'étape essentielle dans la démarche de perception des dangers et des risques afférents à l'exploitation des installations puisque la recherche de ces objectifs conditionnera la gestion des risques, dont la définition des mesures de prévention et de protection.

Il est ici question de risques dits « conventionnels », à opposer aux risques professionnels dont la cible est exclusivement l'opérateur de chantier. Les cibles des risques conventionnels sont les installations, le personnel, l'environnement ou encore la population.

Les objectifs de sécurité visent communément à minimiser l'occurrence et les conséquences des événements dangereux identifiés et à fournir les moyens idoines de détection, d'alerte, de secours et d'évacuation dans de telles circonstances.

Ces objectifs sont encadrés par la réglementation en particulier le Décret n°80-331 du 07/05/80 portant Règlement Général des Industries Extractives (RGIE), duquel relève l'exploitation des installations des MDPAs.

L'article 30.1, Chapitre VII : Situation de danger, Section 1 : Dispositions communes à tous les travaux et installations, Titre : Règles générales des annexes du RGIE fait état de la disposition suivante :

Article 30 : Incendie, explosion, atmosphères nocives

1. En présence du risque (i.e. incendie, explosion, atmosphère nocive), l'exploitant doit prendre les mesures appropriées et mettre en place les moyens correspondants pour :

- *Évaluer la présence de substances nocives pour la santé ou potentiellement inflammables ou explosives dans l'atmosphère et pour mesurer la concentration de ces substances ;*
- *Lutter contre la formation d'atmosphères nocives pour la santé et d'atmosphères inflammables ou explosives ;*
- *Éviter, détecter le déclenchement, maîtriser la propagation dès le début, d'un incendie ou d'une explosion ;*
- *Donner l'alerte en cas d'incidence sur la sécurité collective.*

L'article 34, Chapitre VIII : Alarme, évacuation, secours, sauvetage, Section 1 : Dispositions communes à tous les travaux et installations, Titre : Règles générales des annexes du RGIE complète l'article article 30 en précisant l'étape d'intervention qui succède au déclenchement de l'alerte :

Article 34 : Organisation des secours et du sauvetage

En matière de secours et de sauvetage, l'exploitant doit prendre toutes mesures utiles pour faire cesser les causes génératrices du risque, évacuer les personnes exposées, porter secours et assurer le sauvetage des victimes.

A cette fin il doit en particulier : Organiser les relations avec l'extérieur pour obtenir toute l'aide possible et, en particulier, une assistance médicale d'urgence ; Désigner en nombre suffisant des personnes dûment formées, disposant des moyens adéquats, chargées de mettre en pratique lesdites mesures.

5.3 Objectifs de sécurité incendie

La déclinaison des objectifs désignés aux articles 30 et 34 du RGIE au risque particulier d'incendie s'appuie sur le **principe de défense en profondeur**, en vue de proposer des dispositions de maîtrise des risques qui visent :

- La prévention pour limiter l'occurrence d'un départ de feu ;
- La détection d'un départ de feu et sa maîtrise (limitation de son développement ou de son extension, extinction) ;
- La limitation des effets de l'incendie (protection des intérêts, conséquences limitées à des volumes prédéfinis).

Ces dispositions sont proposées pour les différents niveaux successifs de défense qui doivent être aussi indépendants que possible.

Ces différents niveaux de défense en profondeur sont présentés dans le tableau ci-après :

Niveau de défense en profondeur	Dispositions / fonctions de sécurité
1	Prévenir les départs de feu
2	Détecter et éteindre rapidement les départs de feu afin de limiter leur développement et les dommages générés sur les intérêts à protéger (mentionnés à l'article L. 511-1 du Code de l'Environnement), ou de rétablir une situation de fonctionnement normal
3	Limiter et éviter la propagation des incendies qui n'ont pas été éteints afin de minimiser leur impact sur les intérêts à protéger (mentionnés à l'article L. 511-1 du Code de l'Environnement), et leurs conséquences
4	Gérer les situations d'incendie n'ayant pas pu être maîtrisées de façon à limiter les conséquences sur les intérêts à protéger (mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement)

Tableau 2 : Niveaux de défense en profondeur, application à la thématique incendie

La déclinaison des dispositifs de défense en profondeur vis-à-vis du risque d'incendie permet d'identifier les grands choix de conception pour les trois premiers niveaux de défense en profondeur :

- **1er niveau** de défense en profondeur : prévention des départs de feu ;
- **2ème niveau** de défense en profondeur : détection automatique d'incendie, extinction fixe d'incendie (automatique ou déclenchement manuel), moyens d'intervention de l'équipe locale de premier secours ;
- **3ème niveau** de défense en profondeur : compartimentage, sectorisation feu, gestion de la ventilation, lutte incendie (moyens d'intervention de l'équipe de seconde intervention).

Le 4ème niveau de défense en profondeur consistant principalement en la mise en œuvre d'actions externes à l'installation (mise à l'abri des populations, plan particulier d'intervention, etc...), n'a pas été décliné en termes de prescriptions / mesures de sécurité de prévention et de protection pour la maîtrise des risques d'incendie dans la suite de ce document.

Le concept général de gestion de l'incendie est schématisé ci-dessous.

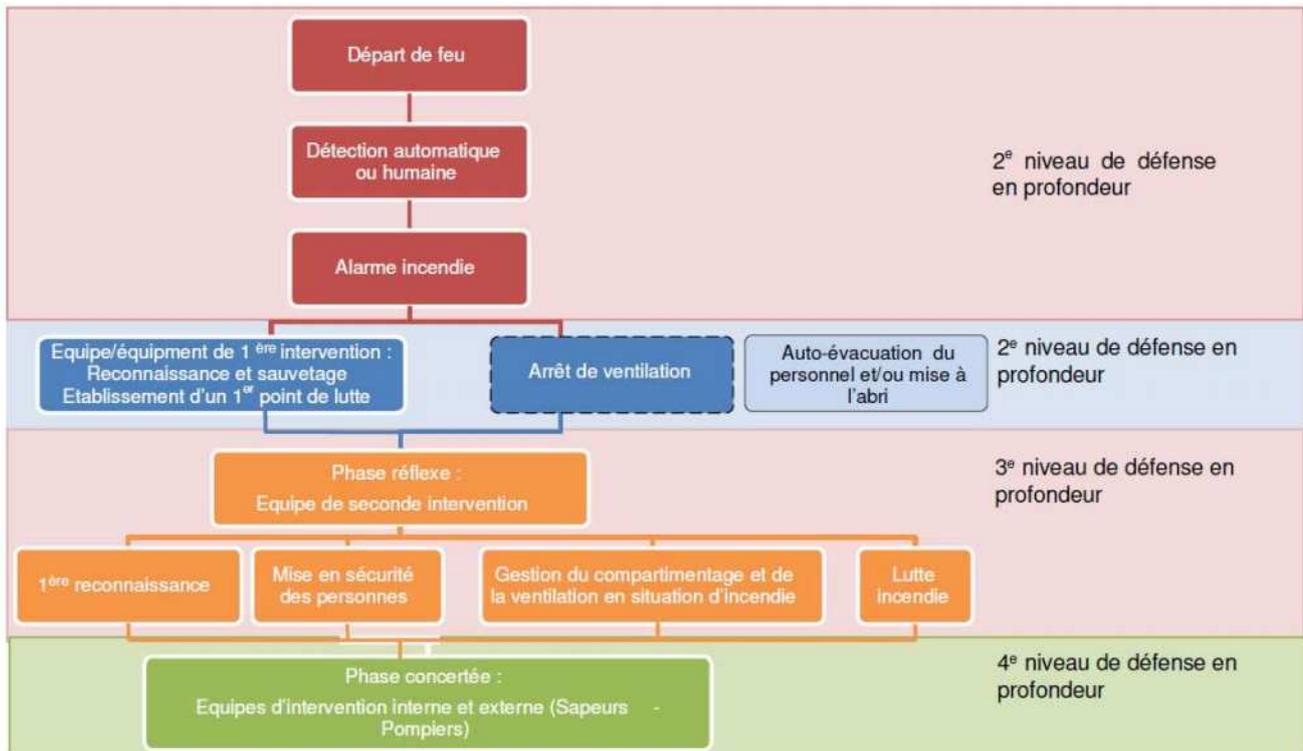


Figure 8 : Schéma général de gestion séquentielle de l'incendie

Les paragraphes ci-après proposeront la description des différentes tâches désignées dans le concept de gestion de l'incendie en détaillant les caractéristiques de chacun des 3 principes de défense en profondeur.

5.4 Choix de conception et application des principes de défense en profondeur

5.4.1 Application du 1er principe : prévention des départs de feu

Le premier niveau de défense en profondeur pour le risque d'incendie repose sur la mise en place de mesures évitant la survenue de conditions favorables à un départ de feu (combustible, comburant et source d'allumage).

Il est considéré que le comburant (oxygène) est présent en permanence dans l'installation et à des concentrations compatibles pour un départ de feu.

La maîtrise des risques d'occurrence des départs de feu se base alors sur :

- La prévention des risques liés aux produits inflammables et aux matériaux combustibles ;
- La réduction des sources d'allumage.

5.4.1.1 Identification des produits inflammables et matériaux combustibles

5.4.1.1.1 Produits inflammables

Ce sont des solides, liquides et gaz qui peuvent s'enflammer à l'air et continuer à brûler. Aux températures ambiantes normales, les liquides inflammables peuvent libérer assez de vapeur pour former des mélanges combustibles avec l'air, ce qui peut créer de graves risques d'incendie. Les feux de liquides inflammables brûlent très rapidement en dégageant beaucoup de chaleur et souvent, d'épais nuages de fumée noire toxique.

De plus, les liquides combustibles dont la température dépasse le point d'éclair libèrent assez de vapeur pour former des mélanges combustibles avec l'air. Les liquides combustibles chauds peuvent constituer un risque d'incendie aussi sérieux que les liquides inflammables.

Les brouillards fins de liquides inflammables et combustibles dans l'air peuvent brûler à toute température en présence d'une source d'inflammation. Habituellement, les vapeurs de ces liquides sont invisibles, et leur détection peut être difficile sans instruments spéciaux.

Concernant les solides, il faut préciser que certains produits inflammables de nature volatile sont susceptibles de générer un nuage inflammable et, en conséquence, engendrent des phénomènes d'explosion, tel VCE (e.g. poudres organiques inflammables).

La définition des procédés de déstockage envisagés suggère l'inventaire de produits inflammables :

- Carburant embarqué pour les engins à moteur thermique ;
- Huile hydraulique sur les engins de chantier ;
- Graisse ;
- Air comprimé ;
- Dihydrogène dégagé lors de la charge des batteries non étanches de véhicules électriques ;
- Acétylène et oxygène en cas d'opération de soudure ;
- Produits liquides de maintenance inflammables tels des huiles, solvants, bombes aérosols...

5.4.1.1.2 Les produits combustibles

Ce sont tous les produits qui peuvent brûler (palettes, emballages, matières plastiques, huiles minérales ou synthétiques, ...). Ce qui différencie les produits combustibles et les produits inflammables, c'est surtout l'énergie d'activation pour la combustion et le point éclair (pour les produits liquides). Les produits combustibles nécessitent une énergie d'activation plus importante qu'une source d'ignition, comme dans le cas des produits inflammables.

La définition des procédés de déstockage envisagés suggère l'inventaire de produits combustibles :

- Câbles embarqués sur les engins et matériels de chantier ;
- Matières combustibles sur les engins de chantier, dont les pneus ;
- Lames plastiques de délimitation de SAS / zone ;
- Canar (gaine de ventilation) mis en œuvre pour l'aspiration au front de déstockage ;
- Câbles d'alimentation CFO / CFI ;

- Colis de déchets ;
- Matériaux pour l'emballage au fond des colis avant transport : palettes bois, saches plastiques ;
- Matières combustibles parmi les produits de maintenance ;
- Matériaux pour les opérations de reconditionnement en surface : palettes bois, big bag PE... ;
- Déchets combustibles (big bag des colis, palettes...).

5.4.1.2 Prescriptions relatives à la prévention du risque incendie lié à la présence de produits inflammables et matériaux combustibles

Les prescriptions visent à réduire le potentiel de dangers d'inflammabilité et de combustion des produits et matériaux utilisés dans le cadre des opérations de déstockage.

L'étude de la réduction des potentiels de dangers vise à présenter les dispositions prises pour supprimer ou substituer aux procédés dangereux, à l'origine des dangers potentiels, des procédés ou produits présentant des risques moindres et pour réduire autant que possible les quantités de matières en cause : la réduction du risque à la source est recherchée.

La réduction des potentiels de dangers est discutée selon 4 principes :

- Principe de substitution/suppression : étudier des possibilités de supprimer ou remplacer des produits dangereux utilisés par des produits aux propriétés identiques mais moins dangereux ;
- Principe d'intensification : analyser la possibilité d'exploiter les activités en minimisant les quantités de substances dangereuses mises en œuvre ;
- Principe d'atténuation : définir des conditions opératoires ou de stockages moins dangereuses ;
- Principe de limitation des effets : concevoir des installations de telle façon à réduire les impacts d'une éventuelle perte de confinement ou d'un événement accidentel.

L'application de ces 4 principes suggère la désignation des prescriptions suivantes.

5.4.1.2.1 Principe de substitution / suppression

- Remplacer autant que possible les engins à moteur thermique par des engins à énergie électrique ;
- Si le remplacement n'est pas possible, retenir l'utilisation d'un moteur à explosion alimenté au gasoil et non à l'essence (point d'éclair plus élevé) ;
- Utiliser des matériaux dont la réaction au feu est classée M0 (incombustible), M1 (combustible ininflammable) ou M2 (combustible difficilement inflammable) : lamelles PVC souple ignifugées pour délimitation des zones, bâches ignifugées pour la fermeture d'accès aux allées des blocs... ;
- Utiliser des câbles électriques dont la réaction au feu est de catégorie C1 ;
- Mettre en œuvre des chemins de câbles de type non-propagateurs d'incendie.

Nota : l'annexe II présente l'analyse du choix de moteurs thermiques ou électriques pour les engins mis en œuvre lors des opérations de déstockage. Moteur électrique batterie étanche non génératrice de H2 lors de la charge pour la surface et moteur thermique avec protections pour les engins du fond.

5.4.1.2.2 Principe d'intensification

- Limiter la quantité de produits combustibles de suremballage et reconditionnement au strict nécessaire par rapport au besoin journalier, fonction des flux de déstockage : palettes bois, saches plastiques, big bag.

5.4.1.2.3 Principe d'atténuation

- Assurer le stockage des produits dans des contenants de capacité réduite : produits de maintenance, huiles... ;
- Assurer le stockage des produits inflammables dans des capacités adaptées et étanches : produits de maintenance, huiles... ;
- Assurer le stockage des produits inflammables conditionnés en armoire de stockage de sécurité dédiées : produits de maintenance, huiles... ;
- Assurer la vérification périodique des engins et leur maintenance ;
- Assurer le nettoyage de l'atelier et du dépôt hydrocarbures ;
- Réaliser le ravitaillement en carburant des engins thermiques au dépôt souterrain dédié ;
- Eloigner l'opération de charge de batterie de toute source de combustible.

5.4.1.2.4 Principe de limitation

- Sélectionner des engins présentant une charge calorifique la plus faible possible, par une limitation des capacités des réservoirs de gasoil ;
- Retenir des huiles hydrauliques du type HFDU difficilement inflammable ;
- Disposer les produits inflammables sur rétention ;
- Equiper les engins comportant des réservoirs importants de combustible (gasoil / huile) par des absorbants en cas d'épandage ;
- Implanter les équipements électriques dans des armoires et coffrets métalliques fermés ;
- Eloigner les zones de stockage de produits inflammables / matériaux combustibles (palettes, saches, big bag...) ;
- Désigner un secteur de feu pour les ateliers / locaux caractérisés par un potentiel de dangers d'inflammabilité /combustibilité : stockage des matériaux de conditionnement, stockage des colis avant expédition...

5.4.1.3 Prescriptions relatives à la prévention du risque incendie par maîtrise des sources d'ignition

5.4.1.3.1 Source d'allumage exothermique

L'énergie thermique peut être produite par une réaction chimique exothermique. Les produits chimiques incompatibles pouvant engendrer un échauffement en cas de mise en contact doivent être stockés sur des rétentions séparées, si possible dans des armoires de stockage de sécurité munies de rétention. Ces produits sont en général présents dans l'atelier de maintenance.

Le stockage des produits chimiques doit faire l'objet d'une procédure de gestion des incompatibilités entre produits selon les Fiches de Données de Sécurité des produits et les prescriptions associées.

L'utilisation des produits chimiques devra être réalisée par du personnel formé aux risques chimiques. Les fiches de données de sécurité des produits devront être accessibles à toute personne de l'installation.

Les mesures principales permettant de limiter le risque d'ignition d'un combustible par une source exothermique sont les suivantes :

- Interdire la présence de produits dangereux en souterrain ;
- Si non possible, limiter la quantité au strict nécessaire ;
- Réaliser le stockage de produits dangereux en contenants de capacité réduite (bidons) ;
- Ne pas stocker des produits incompatibles au même endroit ;
- Utiliser des armoires de sécurité pour le stockage de produits dangereux.

5.4.1.3.2 Source d'allumage électrique

Les sources d'allumage électrique sont potentiellement présentes partout dans les locaux des zones conventionnelles : petits équipements électriques, armoires électriques, ventilateurs, moteurs, compresseurs...

La définition d'une zone franche dans la mine répond à la gestion du risque de Grisou, mais également du risque incendie, car les dispositions associées aux équipements et opérations présents dans ou hors de cette zone, visent à se prémunir entre autres de tout apport d'une source d'inflammation, dont l'origine peut être en particulier électrique.

Les mesures principales permettant de limiter le risque d'ignition d'un combustible par une source électrique sont les suivantes :

- Implanter les équipements électriques en armoires / coffrets maintenus fermés ;
- N'utiliser que des appareils électriques conformes aux normes existantes de manière à se prémunir contre le risque d'une surtension ou d'un court-circuit lié à un dysfonctionnement ;
- Mettre à la terre toutes les masses métalliques ;
- Vérifier périodiquement les installations électriques par un organisme agréé ;
- Assurer l'intervention sur les installations électriques par du personnel habilité ;
- Interdire l'utilisation d'appareils électriques mettant en œuvre des liquides inflammables ;

- Si utilisation d'appareils électriques mettant en œuvre des liquides inflammables, limiter la température en dessous de la température d'auto-inflammation du produit liquide dans les conditions de température et de pression des installations ;
- N'utiliser que le matériel sécurisé et conforme au risque grisou en dehors de la Zone Franche ;
- Disposer de dispositifs d'arrêt d'urgence sur les installations électriques permettant de mettre hors tension les équipements électriques pouvant être à l'origine d'un départ de feu ;
- Implanter les armoires électriques en dehors de toute zone de stockage de combustible et si possible en zone sectorisée feu.

5.4.1.3.3 Travaux par points chauds

Les travaux par points chauds auront lieu a priori dans l'atelier de maintenance. Les opérations de déstockage envisagées n'appellent pas la réalisation de travaux par points chauds.

Ces travaux sont susceptibles d'initialiser un départ de feu et font obligatoirement l'objet d'un permis de feu, définissant les dispositions de protection (prévention, surveillance et limitation des conséquences) à prendre.

Ce permis doit prévoir en particulier :

- Le mode opératoire approprié à appliquer ;
- Les équipements à mettre en place (rideau d'eau, bâche anti-étincelles) ;
- La protection incendie de la zone de travaux à chaud (extincteurs) ;
- Les équipements de protection collective et individuelle adaptés aux risques pour les salariés ;
- Des relevés explosimétriques à effectuer (mesure du pourcentage de la limite inférieure d'explosivité) avant de commencer les travaux.

L'équipe de sécurité vérifie avant les travaux que les dispositions de prévention et de limitation des conséquences indiquées dans le permis de feu sont respectées. Une demande d'inhibition des détecteurs automatiques d'incendie de la zone concernée sera faite par le responsable de l'exécution des travaux, auprès de l'Ingénieur de Sécurité de l'Installation. Une ronde des équipes d'intervention quotidienne des centrales d'incendie s'assure que les inhibitions ont été levées.

Suivant les travaux, les principales mesures de protection peuvent être :

- Adapter les outils de découpe aux matériaux à découper ;
- Recouvrir le sol de dispositifs de protection adaptés tels que des bâches ignifuges (en cas d'utilisation de moyens de découpe par points chauds) ;
- Protéger les parois verticales des projections de particules incandescentes à l'aide de dispositifs de protection adaptés ;
- Nettoyer la zone d'utilisation d'un travail par point chaud ;
- Evacuer les matériels sans emploi ou les produits inflammables de façon à minimiser autant que possible la charge calorifique ;
- Former les opérateurs à la mise en œuvre des outils de travail par point chaud ;
- Limiter la charge calorifique au strict minimum ;

- Protéger les installations fixes équipées / contenant des matériaux combustibles (filtres...) par des dispositifs adaptés (pare-étincelles, chicane...).

Chaque fin de chantier est constituée d'une phase de repli permettant notamment le retrait des charges calorifiques transitoires. Pendant cette phase, un nettoyage de la zone de travail est effectué, suivi de l'évacuation de tous les matériaux et du matériel ayant servi à la réalisation du chantier.

Un suivi du chantier est assuré par les personnes présentes sur l'installation jusqu'à remise en service des détecteurs automatiques d'incendie. Une personne en front sera chargée de la sécurité incendie et sera équipée en permanence d'un extincteur adapté (type poudre, ou mousse). Durant cette phase de repli, les charges calorifiques importantes ne sont plus présentes et le risque reste donc minime.

5.4.1.3.4 Sources thermiques liées aux véhicules présents dans l'installation

Les opérations de déstockage requièrent l'utilisation d'engins de chantier singuliers, que ce soit pour réaliser la sécurisation des galeries, le retrait des colis de déchets et leur transport vers la surface.

Les galeries du souterrain sont traversées par ces engins de travaux mais aussi par les véhicules de service, voire les véhicules de secours qui peuvent présenter des sources d'ignition (surfaces chaudes) à proximité des sources combustibles (réservoir de combustible et d'huile des engins / véhicules).

Les dispositions suivantes seront appliquées dans la mesure du possible sur les engins / camions / véhicules pour éviter les contacts entre les sources chaudes et les sources combustibles :

- Utiliser des engins à moteur électrique ;
- Si impossible, limiter le parc des engins à moteur thermique au strict nécessaire ;
- Limiter la charge calorifique embarquée par les engins ;
- Protéger thermiquement le réservoir par application d'un revêtement ignifuge ;
- Eloigner les zones présentant des points chauds (moteurs, échappements) et des éléments combustibles (circuits ou réservoir de gasoil / huile) ;
- Dimensionner les réservoirs afin d'éviter toute fuite (application d'un coefficient de sécurité dans le dimensionnement du volume des réservoirs pour éviter les débordements) ;
- Mettre en place des bacs de rétention sous les réservoirs (gasoil / huile).

Un programme rigoureux de maintenance des engins (indicateurs température des huiles, niveau liquide de refroidissement, bon état des flexibles et des tuyauteries, etc...) sera établi afin d'éviter à la fois le risque d'élévation anormale de température des fluides / surfaces et la libération des sources combustibles (fuite d'huile).

5.4.2 Application du 2ème principe : détection et limitation du développement de l'incendie

Le 2^{ème} principe de défense en profondeur contre le risque incendie repose sur la détection et la capacité à éteindre rapidement les départs de feu afin de limiter leur développement et les dommages générés sur les intérêts à protéger (mentionnés à l'article L. 511-1 du Code de l'Environnement), ou de rétablir une situation de fonctionnement normal.

Il est donc supposé ici que les barrières de prévention d'ordre technique, humaine (consigne d'exploitation) et organisationnelle n'ont pas permis d'interdire un départ de feu.

Il convient donc de désigner les dispositifs de détection idoïne pour assurer la détection la plus précoce de ce départ de feu. Dans un second temps, il est nécessaire de définir les moyens d'extinction immédiat à mettre en œuvre pour interdire le développement d'un feu, en assurer sa maîtrise telle que sa propagation ne pourra pas survenir.

5.4.2.1 Désignation des dispositifs de détection incendie

La détection incendie constitue une barrière de sécurité de protection active, à opposer à une barrière de protection passive telle un mur coupe-feu.

5.4.2.1.1 Typologie des risques incendie

▪ **Sources d'incendie : produits inflammables et matériaux combustibles**

Les rares opérations de creusement de galeries complémentaires à la mise en œuvre des chantiers de déstockage mettent en jeu des engins de chantier (BRH, MAP...) certains pouvant présenter un potentiel calorifique significatif (matières combustibles liquides et / ou solides comme les carburants, huiles hydrauliques, et matières plastiques), mais aussi les convoyeurs de déblais avec les bandes transporteur en matière plastique (élastomères, caoutchouc), les utilités.... Ces opérations présentent des potentiels de départ de feu, que ce soit sur les engins ou sur des installations fixes.

Les opérations de déstockage et de confinement / barrages requièrent l'exploitation d'engins de chantier et de machines singulières, qui constituent autant de sources mobiles d'incendie compte tenu des substances inflammables (carburant, huiles...) embarquées et matériaux (plastiques, acier...) les composant.

L'opération de suremballage des colis de déchets au front de déstockage nécessite un stockage d'appoint dédié de palettes et de saches plastiques, désignant ainsi une source fixe d'incendie sur un chantier de déstockage.

Le transfert des colis de déchets suremballés du souterrain vers le fond est réalisé par des remorques tractées : ces engins véhiculent également un potentiel dangers d'incendie (carburant, matériaux combustibles).

Les ouvrages souterrains hébergent également des potentiels de dangers d'incendie, en plus des activités directes de déstockage et de déconfinement / barrage : les installations électriques déployées pour l'alimentation des chantiers constituent des sources fixes potentielles de départ incendie.

Les potentiels de dangers d'inflammabilité de produits et de combustion de matériaux portent sur des installations fixes et mobiles.

▪ **Principes de la détection retenus**

La détection d'incendie devra être dans l'ambiance et autant que de besoin complétée par la détection ponctuelle au plus près des sources de danger.

Il est donc opportun de définir deux types de détection complémentaires, l'un fixé sur les sources de danger mobiles (détection incendie embarquée sur engins), l'autre fixé dans les linéaires de galeries souterraines et rattaché au génie civil, permettant de détecter les départs de feu des équipements fixes (câbles, gaines, armoires électriques...) et mobiles.

Le type de détection mis en œuvre permet la détection plus ou moins rapide du départ de feu, en fonction de la phase du profil de feu qui peut être détectée.

Le profil de feu classique est structuré selon les étapes suivantes :

- Phase 1 : émission gaz de combustion (signe précurseur incendie), jusqu'à la fin de la combustion ;
- Phase 2 : émission de fumées visibles plus ou moins sombres ;
- Phase 3 : rayonnement de la flamme, avec émission de rayonnements infrarouge et ultraviolet ;
- Phase 4 : élévation de température due à la chaleur dégagée par le foyer.

Ainsi, les types de détecteur suivants sont associés aux phases de développement de l'incendie :

- Phase 1 : détecteur optique de fumée ;
- Phase 2 : détecteur de flammes ;
- Phase 4 : détecteur de chaleur.

Dans le but de réaliser une détection la plus rapide possible, il convient de privilégier la détection optique de fumée, puis la détection flamme et enfin la détection de chaleur, sauf condition d'ambiance singulière incompatible avec la typologie de détection.

Il est également souligné que les opérations de chantiers de déstockage sont par définition des zones à forte présence humaine, disposition qui constitue un moyen de détection supplémentaire.

En effet, la détection humaine, moyennant des dispositifs phoniques reliés au poste central de sécurité, peut compléter les Détections Automatiques d'Incendie sur les engins et dans les installations, et constitue d'ailleurs une redondance en termes de remontée d'information et une levée de doute rapide.

5.4.2.1.2 Détection incendie par la présence des équipes de chantiers

Les opérateurs de chantiers devront disposer au front d'un moyen de communications avec le poste de conduite des opérations pour alerter en cas de détection visuelle de tout départ de feu sur zone.

A ce jour, les consignes d'exploitation et de sécurité des MDPA imposent la mise en œuvre d'un téléphone de chantier et de son annuaire pour tout chantier en fond.

Ce téléphone de chantier devra être mis en œuvre pour chacun des 3 chantiers de déstockage qui seront menés en simultané. Ils devront être implantés au plus près des zones de travail dans le but de déclencher l'alerte / la détection dans les délais les plus courts.

Ce téléphone de chantier / de sécurité pourra être complété par un système de communication adapté au milieu⁹ pour une alerte immédiate entre conducteurs de véhicules / engins en circulation et pour alerter rapidement le poste de conduite depuis le véhicule.

⁹ Système radio testé par le SDIS : a priori efficace seulement en lignes droites.

La détection humaine d'un départ de feu et sa transmission rapide vers le poste de conduite des exploitations est primordiale pour éviter un cumul d'accidents (mauvaise visibilité, effet domino), éviter l'encombrement des galeries en cas d'incendie, qui peut entraver les actions d'évacuation et de secours, et permettre aux autres conducteurs de mettre en sécurité leur véhicule et de se mettre ensuite à l'abri dans des conditions acceptables.

5.4.2.1.3 Détection incendie sur les sources de dangers mobiles

Les engins de chantier mis en œuvre dans le cadre des opérations de sécurisation de chantier, de déstockage des colis de déchets, de transport des colis suremballés, et de reconditionnement des colis de déchets peuvent présenter un potentiel calorifique significatif compte tenu des matières combustibles liquides et / ou solides embarquées comme les carburants, huiles hydrauliques, et matières plastiques.

Les détecteurs embarqués (en redondance des détecteurs fixes) et proches des sources de feu permettent une détection rapide dès le départ de feu et facilitent / favorisent ainsi la maîtrise de l'évènement.

La nécessité d'un système de détection couplé à un système d'extinction automatique embarqué est avérée sur tous les engins thermiques en fond dans le but d'interdire tout développement d'un départ de feu sur un engin.

Les engins de chantier de déstockage manœuvrent en zone peu empoussiérée (en zone rouge, mise en œuvre d'une aspiration par un canar au plus près du front relié à l'unité d'aspiration / filtration du front). Seuls les gaz de combustion des engins thermiques constituent une source de pollution dans les galeries.

Une ventilation soufflante pleine section est dimensionnée pour assurer le respect des contraintes d'hygiène et sécurité des opérateurs (amenée d'air frais, débit d'extraction requis pour les travaux, renouvellement de l'air, vitesse de l'air...). Un débit d'air de l'ordre de 12 m³/s est retenu.

Il est préconisé l'emploi d'une détection optique de fumées positionnée sur les moteurs et les essieux des engins thermiques.

A noter cependant que lors des opérations de creusement de galeries complémentaires à la réalisation des opérations de déstockage, malgré la présence de dépoussiéreur, il y aura une présence potentielle de poussières pouvant rendre une détection optique non efficace.

Une détection de flamme sur les engins thermiques évoluant en zone de creusement est à privilégier.

5.4.2.1.4 Détection incendie sur les ouvrages de l'installation

Une détection fixe est nécessaire pour compléter la détection mobile embarquée sur les engins de chantier et considérer les sources fixes potentielles de départ de feu, telles les installations électriques, câbles, armoires électriques mais aussi zones réduites de stockage d'appoint de combustible pour le suremballage et le reconditionnement des colis de déchets.

▪ **Dispositions existantes**

A ce jour, les installations souterraines des MDPAs disposent d'une détection incendie, par détection de gaz (Monoxyde de carbone)¹⁰ :

- N°31 détecteur CO 0÷1 000 ppm, GARAGE, sur le circuit apport d'air frais
- N°32 détecteur CO 0÷1 000 ppm, Vam ELS-T (avant ES1/2), sur le circuit apport d'air frais
- N°33 détecteur CO 0÷1 000 ppm, Vam AM-1T, sur circuit retour d'air
- N°34 détecteur CO 0÷1 000 ppm, Vam RAT1 B16/A1, sur circuit retour d'air
- N°35 détecteur CO 0÷1 000 ppm, Vam RAS2, sur le circuit apport d'air frais
- N°36 détecteur CO 0÷1 000 ppm, Vam TB0 Compresseur, sur le circuit apport d'air frais
- N°37 détecteur CO 0÷1 000 ppm, Vam AJ1D, sur circuit retour d'air
- N°38 détecteur CO 0÷1 000 ppm, Vam Entrée Ex, sur le circuit apport d'air frais

▪ **Opérations de sécurisation de galeries et opérations requises en vue des opérations de déstockage**

Dans le cas des opérations de creusement de galeries supplémentaires nécessaires à la réalisation des opérations de déstockage ou des opérations de sécurisation de galeries, la nature des chantiers imposant des travaux sur les parois mêmes de la galerie, une détection fixe au plus près des activités ne peut être engagée¹¹.

La détection reposera donc sur la détection visuelle par les opérateurs, dont l'opérateur dédié à la sécurité du chantier, ainsi que par la détection automatique embarquée sur les engins.

▪ **Opérations de déstockage des colis de déchets**

Lors des travaux de déstockage envisagés pour les différents scénarios S2, S3 ou S4, les colis de déchets seront récupérés à partir de l'entrée des blocs qui donnent sur la voie médiane du stockage (Vam RAS 2 ou Vam AJ1) ; les autres accès aux blocs (qui donnent sur la voie d'accès latérale) devront être fermés. Cette disposition assure une meilleure maîtrise de la distribution d'air dans le souterrain.

Les opérations de déstockage des colis de déchets concentrent des potentiels calorifiques significatifs en la présence des engins de chantier, des équipements de chantiers et des matériaux nécessaires au suremballage...mais la zone, et plus particulièrement la Zone Rouge, concentre également la présence de personnel que constitue l'équipe chantier en charge du déstockage sur zone.

¹⁰ L'avantage de ce dispositif est qu'il est ATEX G1M1 et en cas de déclenchement de la zone franche, il est toujours possible de suivre l'évolution de l'atmosphère au fond. Les détecteurs incendie ne le sont pas et doivent être asservis en cas de déclenchement de la zone franche donc non opérationnels pendant la coupure à moins de protéger la batterie qui les alimente.

¹¹ Il reste possible de déplacer les capteurs de zone au fur et à mesure de l'avancement du chantier, comme c'est le cas pour les capteurs CH4.

La détection reposera ici aussi sur la détection visuelle par les opérateurs et sur la détection automatique embarquée sur les engins.

Néanmoins **elle sera complétée par une détection en entrée de blocs faisant l'objet de chantiers de déstockage.** Cette détection sera matérialisée par un système à demeure pour chacun des blocs ou déplaçable en fonction de l'avancée des déstockages blocs après blocs. Cette détection devra être reliée au poste d'exploitation de telle sorte que tout signal de détection y soit reporté.

L'objectif est de disposer d'une barrière passive en complément de la barrière humaine de détection. La présence des opérateurs sur le chantier de déstockage du bloc permettra ainsi de réaliser une levée de doute en cas d'activation de l'alarme liée à ce dispositif de détection matérielle.

Ce système de détection pourra être matérialisé par des balises de chantier. Ces balises de surveillance de zone ne sont pas des équipements de protection individuelle mais des dispositifs de protection de zone. Ces balises de zone assureront une détection de gaz précise sur un périmètre défini. Elles allient la philosophie de la détection gaz fixe (signalisation puissante et visible de loin, relayage, communication) dans un appareil transportable que l'on pourra déplacer aisément en fonction des besoins.

▪ **Opérations de transfert de colis de déchets**

Les opérations de transfert des colis de déchets suremballés en souterrain sont réalisées en déposant lesdits colis en caisses de transport qui seront arrimées sur une remorque tirée par un engin tracteur.

La détection incendie sera assurée en premier lieu par la détection automatique incendie prescrite sur l'engin.

▪ **Ouvrages souterrains (nouveaux)**

En vue des potentielles activités de déstockage, il est nécessaire de réaliser un certain nombre de modifications d'ouvrages mais aussi des réseaux [17].

Phases travaux :

Lors de la réalisation de ces ouvrages, la détection reposera ici aussi sur la détection visuelle par les opérateurs et sur la détection automatique embarquée sur les engins.

Galerie de carburant :

Cette galerie est indispensable pour le remplissage des engins de chantier (eau et carburant). La galerie Tb79a utilisée actuellement doit être libérée pour fournir un accès au chantier de déstockage sud.

La future galerie carburant dispose de la même géométrie que la galerie actuelle avec : une entrée pourvue d'une porte REI120 ; une partie plus large permettant d'intégrer les cuves aériennes sur rétention ainsi que la citerne de récupération des effluents ; le fond de la galerie est connecté, via un forage vertical, à la galerie TB79c menant au puits Else et donc localisé directement sur le retour d'air. Cela permet de mettre en œuvre le même système de sécurité de gestion de potentiels effluents atmosphériques

La future galerie de remplissage carburant a été positionnée à proximité des zones de maintenance et de parking afin de limiter les déplacements lors des entretiens des véhicules et surtout de simplifier fortement le réseau d'exhaure

La galerie de carburant sera équipée d'une détection fixe incendie.

Galerie entretien des véhicules

Cette galerie est nécessaire pour l'entretien des véhicules en appui à la zone d'entretien déjà existante.

La future galerie d'entretien dispose globalement de la même géométrie que la galerie actuelle avec : une entrée avec des dimensions de galerie standard ; une partie plus grande permettant d'intégrer une fosse d'entretien, une cuve de récupération des effluents et pont roulant posé sur une structure métallique posée au sol ; un raccordement à la galerie JOS2D (dimensions standard).

La future galerie d'entretien a été positionnée à proximité de la galerie d'entretien existante.

La galerie entretien des véhicules sera équipée d'une détection fixe incendie.

Stationnement des engins

Les engins utilisés en Zone ROUGE des fronts de déstockage restent en Zone ROUGE. Les engins de la Zone VERTE sont remisés sur une zone dédiée lors des périodes « d'arrêt » de la mine (week-end, vacances).

La zone de stationnement est positionnée à proximité de la nouvelle galerie carburant et de la galerie d'entretien, disposition permettant de concentrer les fonctionnalités « ENGINES ».

Il est formulé l'hypothèse d'un stationnement de 3 chariots élévateurs, 3 chariots tracteurs et présence de remorque de transport, ainsi qu'un agencement d'un groupe de chariots puis des remorques et un groupe de chariots tracteurs, pour limiter la propagation d'un feu entre véhicules.

Le parking sera pourvu d'une détection fixe incendie.

▪ **Ouvrages souterrains (galeries)**

Concernant les ouvrages souterrains que sont les galeries, celles-ci hébergent des sources fixes potentielles d'incendie (moteur des équipements d'aspiration / filtration, moteurs des ventilateurs secondaires, armoires électriques, câbles électriques, canar métallique d'aspiration au front...), complémentaires aux sources mobiles que sont les engins de chantier et de transport. Ces sources fixes doivent également faire l'objet d'une détection incendie singulière, en complément de celles instaurées sur les engins mobiles.

La mise en œuvre de locaux électriques (CFI / CFO) pour assurer la réalisation des travaux de sécurisation et de déstockage s'accompagnera d'une détection incendie. **Le local dédié et/ou les armoires électriques devront être équipés d'une détection** pour identifier tout départ de feu sur ces sources potentielles particulières.

L'objectif de la détection est toujours d'identifier tout départ de feu au plus vite dans l'optique d'alerter, d'intervenir et/ou de mettre en sécurité le personnel. Au contraire d'un départ de feu sur un engin mobile, pour lequel le personnel est par nature présent, **un départ de feu sur une installation fixe en linéaire de galeries ne peut être observé par une détection humaine « à demeure ».**

L'objectif premier est la sécurité des opérateurs : la détection dans ces linéaires devra être définie pour prévenir au plus tôt les opérateurs œuvrant en zone de déstockage.

Les opérations de déstockage envisagées pourront se conduire selon 5 configurations singulières (3.1. Description de la ventilation en souterrain).

L'air frais sera ainsi acheminé depuis les galeries Vam RAJ1 D, Vam AQ1D ou VAM AQ1T.

A ce jour les blocs sont couverts par une détection incendie localisée en aval aérage :

- Détecteur N°34 en Vam RAT1 B16/A1 ;
- N°35 sur Vam RAS2 ;
- N°37 sur Vam AJ1D ;
- N°38 sur Vam Entrée Ex.

Seule une zone en amont des blocs, la zone TBO, est couverte par une détection incendie N°31 au niveau du garage.

Un départ de feu sur une installation fixe localisée sur le circuit d'air frais de la configuration 1 précitée, entre le garage et l'entrée de bloc B11 Ouest pour le déstockage n'est aujourd'hui « couvert » que par le détecteur N°34, localisé à plus de 500 m de l'entrée de bloc B11 Ouest.

Un départ de feu sur une installation fixe localisée sur le circuit d'air frais des configurations 2 et 2bis précitées, entre le garage et les entrées de bloc B12 et B22 sur la Vam AJ1T Ouest n'est aujourd'hui « couvert » que par le détecteur N°37, localisé à plus de 500 m de l'entrée de bloc B11 Ouest et plus de 800 m du garage. Par ailleurs, la configuration 2 requiert l'obturation ou fermeture partielle des portes le long de la galerie Vam AJ1T qui achemine l'air vers les blocs 14, 24 et 25 : de fait le flux d'air dans la galerie Vam AJ1T Est dans laquelle est implanté le capteur N°37 serait réduit voire supprimé et le détecteur obsolète.

Un départ de feu sur une installation fixe localisée sur le circuit d'air frais de la configuration 3 précitée, entre le garage et l'entrée de bloc B23 n'est aujourd'hui « couvert » que par le détecteur N°38, localisé à plus de 500 m de l'entrée de bloc B11 Ouest et plus de 900 m du garage.

Pour protéger le personnel en opération sur les fronts de déstockage en les alertant au plus tôt d'un départ de feu en amont aérage des blocs, seront prescrites :

- **L'implantation d'une détection incendie dans la galerie Vam RAJ3T** qui fait la connexion avec le bloc depuis l'amenée d'air prévue de Vam RAJ1D pour détecter tout départ de feu en amont des blocs pour la configuration de déstockage n°1 ;
- **L'implantation d'une détection incendie dans la galerie Vam AQ1D** pour détecter tout départ de feu en amont des blocs pour les configurations de déstockage n°2a et 2b ;
- **L'implantation d'une détection incendie dans la galerie Vam AQ1T** pour détecter tout départ de feu en amont des blocs pour la configuration de déstockage n°3.

Ces détecteurs fixes et rattachés au génie civil seront connectés à un poste central de sécurité qui sera alerté de plus via un dispositif phonique. Le poste central de sécurité gèrera à distance l'alarme incendie selon la procédure définie (alarme sonore alertant toutes les personnes dans le secteur concerné, pilotage du système de ventilation, éventuel système d'extinction, appel au secours interne et externe...).

Le type de détecteurs est déterminé selon l'environnement dans lequel ils se trouvent (ventilation à forte dilution, poussières...) et selon la nature de l'incendie (feux à évolution lente et/ou feux vifs, feux vifs et chaleur intense, combustion avec production de fumées très importantes...).

Il est prescrit en première approche une technologie de type détecteur de fumées (dans le cas d'un incendie d'engin de transport non détecté par la DAI embarquée ou non renseignée au poste de conduite) couplée à un prélèvement d'air (capteur CO comme déjà implantés).

5.4.2.2 Désignation des dispositifs d'extinction immédiat incendie

Il est ici question des **dispositifs d'extinction permettant d'éteindre très rapidement tout départ de feu**. Ceux-ci sont donc principalement automatiques mais aussi manuels dans le cas d'une présence humaine certaine sur un départ de feu (ex. sur un engin de chantier en mouvement ou au front de déstockage).

5.4.2.2.1 Dispositifs d'extinction sur les sources mobiles d'incendie

▪ **Engins de chantier**

L'examen des potentiels calorifiques d'importance a mis en exergue le potentiel de dangers d'incendie des engins de chantier. Il a été souligné la nécessité d'équiper l'ensemble des engins de chantier d'une Détection Automatique Incendie. Il est ici prescrit de **coupler cette DAI à un dispositif d'Extinction Automatique Incendie embarqué sur l'engin**.

En première approche, la DAI préconisée sur les engins est une détection de flamme pour les engins de creusement pour la sécurisation du chantier (potentielle contrainte d'un ambiant empoussiéré) et une détection optique de fumées pour les engins associés au déstockage et reconditionnement. Le système d'EAI couplé à cette DAI pourrait être une extinction de type mousse sur les moteurs.

Cette disposition de mise en œuvre d'une EAI sur engins est prescrite à l'article 2 de l'arrêté du 5 août 1987 relatif aux moyens de lutte contre l'incendie associés à l'utilisation de matériels équipés de moteurs thermiques (MT-1-A, articles 9 et 13) :

« Outre les extincteurs prévus à l'article 1er, un système d'extinction fixé à demeure doit être installé sur tout matériel fixe et sur tout véhicule équipé d'un moteur thermique de puissance nominale supérieure à 200 kW, ainsi que sur tout véhicule équipé d'un moteur thermique et spécialement aménagé pour le transport d'explosifs ou de combustibles liquides contenus dans des citernes.

Ce système d'extinction doit : - être à fonctionnement automatique et pouvoir être commandé manuellement, d'une part, à partir d'un endroit aisément accessible, d'autre part, dans le cas d'un véhicule, à partir de la cabine du conducteur ; - permettre la projection du produit d'extinction sur les parties du moteur et de ses accessoires où un incendie peut se déclarer ; - disposer d'une charge d'extinction de 10 kg par tranche de puissance de 50 kW.

Ce système d'extinction n'est pas obligatoire sur les véhicules qui circulent dans des galeries équipées d'une canalisation d'eau sous pression munie, à intervalles ne dépassant pas 200 mètres, de prises avec les équipements nécessaires pour combattre en tout endroit un incendie à partir d'un point situé en amont aéra de celui-ci ».

A noter que l'article 3 contraint davantage l'EAI désignée à l'article 2 :

« Outre les extincteurs prévus à l'article 1er, lorsqu'un matériel fixe ou un véhicule non visé à l'article 2 comporte à la fois un moteur thermique et un circuit hydraulique de liquides non difficilement inflammables sous pression, autre que les circuits de freinage et d'assistance de la direction, il y a lieu :

- *D'équiper le moteur du système d'extinction décrit à l'article 2, mais dont la charge d'extinction doit être d'au moins :*
 - *15 kg, lorsque sa puissance n'excède pas 50 kW ;*
 - *25 kg, lorsque sa puissance est comprise entre 50 kW et 150 kW ;*
 - *40 kg, lorsque sa puissance est comprise entre 150 kW et 200 kW ;*

- Ou de prévoir sur le lieu d'utilisation :
 - *soit une canalisation d'eau sous pression munie, à intervalles ne dépassant pas 200 mètres, de prises avec les équipements nécessaires pour combattre en tout endroit un incendie à partir d'un point situé en amont aérage de celui-ci ;*
 - *soit, pour les exploitations autres que de charbon dans lesquelles la vitesse maximale de l'air est inférieure à 1 m/s un ou plusieurs extincteurs de charge d'extinction totale au moins égale à 48 kg en amont aérage à une distance maximale de 150 mètres ».*

Les engins de chantier envisagés pour réaliser les opérations de sécurisation et déstockage, mais également les engins de transport des colis suremballés sont caractérisés à ce jour par une puissance de l'ordre de 50 kW.

Dans le cadre de l'application du premier principe de défense en profondeur, basé sur la limitation des sources d'inflammation, il a été prescrit l'utilisation d'engins électriques, et le cas échéant, d'engins à moteurs thermiques mais n'utilisant pas d'essence mais du gasoil (point d'éclair supérieur à 55°C) et utilisant des huiles hydrauliques du type HDFU difficilement inflammables.

Dans une approche dimensionnante pour dimensionner l'EAI embarquée, l'attention se porte exclusivement sur les caractéristiques de l'engin et non sur les dispositions qui pourraient conduire à écarter la mise en œuvre de cet EAI (i.e. les galeries sont équipées d'un réseau fixe de lutte incendie, disposition non considérée à ce stade).

Le respect de la prescription première d'utilisation d'un moteur non thermique n'imposerait pas la mise en œuvre d'un système d'extinction automatique d'incendie sur l'engin.

Le recours à des engins à moteur thermique de puissance de l'ordre de 50 kW, ne requerrait pas l'imposition d'une EAI au titre de l'article 2 précité, compte tenu de la faible puissance nominale de l'engin.

L'utilisation potentielle d'engins à moteur thermique de puissance de l'ordre de 50 kW, fonctionnant au gasoil et n'utilisant pas des huiles difficilement inflammables requerrait la mise en œuvre d'un dispositif d'EAI sur l'engin dont la charge d'extinction sera au moins égale à 15 kg si la puissance de l'engin est inférieure à 50 kW et au moins égale à 25 kg si la puissance de l'engin est inférieure à 100 kW.

Bien que l'application des mesures de sécurité visant à prévenir et limiter les sources et potentiels calorifiques (puissance de l'engin réduite de l'ordre de 50 kW, privilégier les moteurs électriques, n'utiliser que du gasoil et des huiles HDFU le cas échéant) conduisent à ne pas retenir la disposition d'extinction automatique d'incendie sur engins de chantier, **il est ici prescrit la mise en œuvre d'une EAI couplée à une DAI sur tous les engins. La capacité d'extinction embarquée sera au minimum de 15 kg et au maximum de 25k kg d'équivalent poudre.** Une telle disposition vise à circonscrire tout départ et développement d'un feu sur un potentiel calorifique conséquent mise en œuvre lors des opérations de déstockage. L'approche sécuritaire est dimensionnante.

En sus du dispositif d'Extinction Automatique Incendie sur l'engin, il est prescrit **d'équiper chaque engin d'un extincteur de type poudre** (habitable de l'engin). L'engin étant manœuvré par le personnel, toute détection visuelle d'un départ de feu pourra ainsi être immédiatement combattue par une intervention de l'opérateur via l'utilisation de l'extincteur embarqué sur l'engin.

Cette disposition est à ce jour déjà prescrite dans les consignes de sécurité de prévention incendie des MDPA [2].

Le potentiel calorifique notable que constitue l'engin de chantier est ainsi « défendu » par un dispositif d'extinction automatique et manuel (opérateur / conducteur d'engin).

Cette disposition de mise en œuvre d'extincteurs sur engins est prescrite à l'article 1-1 de l'arrêté du 5 août 1987 relatif aux moyens de lutte contre l'incendie associés à l'utilisation de matériels équipés de moteurs thermiques (MT-1-A, articles 9 et 13) :

« A tout matériel fixe, ainsi qu'à tout véhicule équipé d'un moteur thermique, doit être associé un ou plusieurs extincteurs ayant une charge totale d'extinction d'au moins 2 kg par tranche de puissance de 25 kW dans la limite de 16 kg »

Les engins de chantier envisagés pour réaliser les opérations de sécurisation et déstockage, mais également les engins de transport des colis suremballés sont caractérisés à ce jour par une puissance de l'ordre de 50 kW. **La charge totale d'extinction disponible via le(s) extincteur(s) embarqué(s) prescrite est alors d'au moins 4 kg d'équivalent poudre.**

5.4.2.2.2 Dispositifs d'extinction sur les ouvrages et installations

▪ **Locaux électriques**

La mise en œuvre de locaux électriques (CFI / CFO) pour assurer la réalisation des travaux de sécurisation et de déstockage fait l'objet d'une prescription de détection automatique d'incendie.

Cette DAI sera à coupler à un dispositif d'Extinction Automatique Incendie. La présence de personnel dans ces locaux / au niveau des armoires n'étant pas permanente, la mise en œuvre d'un système d'extinction automatique au gaz (argon) asservie à la détection d'incendie est privilégiée afin de maîtriser un éventuel départ de feu et de prévenir la généralisation du feu à l'ensemble de ces locaux.

Ce système d'extinction automatique doit être implanté dans chaque armoire électrique afin de maîtriser un éventuel départ de feu sur cet équipement (principe de maîtrise du risque d'incendie au plus près de la source de danger).

Le gaz à utiliser de préférence est le gaz inerte (argon, azote, ou leur mélange) par rapport au CO₂ lorsque c'est possible (le gaz inerte stocké sous forme gazeuse à haute pression nécessite un volume de stockage plus important que le CO₂ qui est stocké liquéfié sous pression), qui présente un risque d'anoxie. Le gaz privilégié est le gaz argon.

▪ **Zone de travail : sécurisation de galerie**

Ces zones de travaux ne sont pas prédéfinies mais soumises aux résultats de l'inspection préalable à tout engagement d'un chantier de déstockage de colis.

Les potentiels de dangers d'incendie sur ces zones sont principalement les engins de chantier, qui font l'objet d'une prescription de mise en œuvre d'une Détection Automatique Incendie, couplée à un dispositif d'Extinction Automatique Incendie. Cette prescription se voit également complétée par la nécessité d'équiper chacun des engins d'un extincteur embarqué.

De fait, l'instauration d'un dispositif d'EAI à demeure dans des galeries amenées à faire l'objet d'opérations de sécurisation n'est pas prescrite.

Néanmoins, en complément des dispositifs engagés sur les engins de chantier, il est prescrit que chaque chantier engagé de sécurisation de galeries dispose d'extincteurs sur zone.

Le RGIE prescrit à l'article 31-1 de l'arrêté, lutte incendie : « *Les lieux de travail doivent être équipés de dispositifs appropriés pour combattre l'incendie et, en tant que de besoin, de détecteurs d'incendie et de systèmes d'alarme* »

Le Code du travail spécifie en son article R4227-29 que :

« Le premier secours contre l'incendie est assuré par des extincteurs en nombre suffisant et maintenus en bon état de fonctionnement. Il existe au moins un extincteur portatif à eau pulvérisée d'une capacité minimale de 6 litres pour 200 mètres carrés de plancher. Il existe au moins un appareil par niveau. Lorsque les locaux présentent des risques d'incendie particuliers, notamment des risques électriques, ils sont dotés d'extincteurs dont le nombre et le type sont appropriés aux risques »

La règle technique APSAD R4 préconise de considérer des zones / unités de base dans lesquelles « *est exercé le même type d'activité (industrielle, tertiaire), existe la même classe de feu (A, B ou C) prédominante, et que toutes les parties sont communicantes* ».

Dans le cas d'une unité de base hébergeant une activité industrielle, la dotation préconisée est à sélectionner parmi les 2 possibilités suivantes :

- 1 extincteur de 9 l eau,
- 1 extincteur de 9 l eau avec additif ou, 1 extincteur de 9 kg poudre ABC ou, 1 extincteur de 9 kg poudre BC ou, 1 extincteur de 9 l mousse ou, 3 extincteurs de 5 kg CO2.

La zone de travail de sécurisation de galeries est considérée comme une unité de base d'activité industrielle, et à ce titre, il est **prescrit de disposer sur cette zone de chantier, d'1 extincteur à eau de capacité 9 litres et d'1 extincteur à poudre ABC de 9 kg** (agent extincteur le plus rapide, très efficace sur un large spectre de feu et les feux électriques).

Ces extincteurs mobiles seront implantés de telle sorte qu'ils ne puissent être heurtés par des engins de chantier, soit donc en dehors des zones de déplacements des engins de chantier sur la zone de travail. **La zone autour de ces équipements de lutte incendie devra rester constamment libre de tout objet ou obstacle.**

▪ **Zone de travail : déstockage des colis de déchets**

Ces zones de travaux sont connues car elles correspondent aux différents blocs de stockage, en fonction des scénarios S2, S3 et S4 de déstockage des colis de déchets.

Les potentiels de dangers d'incendie sur ces zones sont principalement les engins de chantier, qui font l'objet d'une prescription de mise en œuvre d'une Détection Automatique Incendie, couplée à un dispositif d'Extinction Automatique Incendie. Cette prescription se voit également compléter par la nécessité d'équiper chacun des engins d'un extincteur embarqué.

La présence potentielle d'une armoire électrique pour assurer une alimentation CFI / CFO du chantier est également déjà prévenue et protégée contre le risque incendie : prescription d'une DAI couplée à une EAI gaz dans l'armoire.

La zone de travail, et plus particulièrement la zone rouge, abrite les colis de déchets, dont les supports (palettes bois) et certains contenants (big bag) sont combustibles. Le risque incendie est prévenu par la mise en œuvre de prescriptions relatives à l'interdiction / limitation d'apport de sources d'inflammation. De plus les sources d'inflammation notables identifiées que sont les engins font l'objet d'une DAI et EAI embarquées, et d'un extincteur mobile embarqué.

La zone de travail, en zone verte, héberge un stock réduit de palettes et saches à destination de l'opération de suremballage réalisée en zone rouge. Ces éléments sont combustibles.

A l'instar de la zone de travail de sécurisation de galeries, l'instauration d'un dispositif d'EAI à demeure dans les galeries d'accès aux blocs en vue d'opérations de déstockage de colis de déchets n'est pas prescrite : la zone de travail est « défendue » par les barrières de sécurité instaurées sur les sources d'inflammation potentielles.

Néanmoins, en complément des dispositifs engagés sur ces sources d'inflammation potentielles engins de chantier, il est prescrit que chaque chantier de déstockage dispose d'extincteurs sur zone.

La dotation prescrite pour la zone en chantier de sécurisation est ici reproduite : il est **prescrit de disposer sur cette zone de chantier, d'1 extincteur à eau de capacité 9 litres et d'1 extincteur à poudre ABC de 9 kg** (agent extincteur le plus rapide, très efficace sur un large spectre de feu et les feux électriques).

Ces extincteurs mobiles seront implantés de telle sorte qu'ils ne puissent être heurtés par des engins de chantier, soit donc en dehors des zones de déplacements des engins de chantier sur la zone de travail. **La zone autour de ces équipements de lutte incendie devra rester constamment libre de tout objet ou obstacle.** Il sera opportun de les implanter à proximité des stocks réduits de combustibles en attente des opérations de suremballage sur zone.

▪ ***Galerias utilisées pour le transport de colis de déchets suremballés***

L'examen des dispositions visant à détecter le départ de feu dans les galeries a souligné qu'au contraire d'un départ de feu sur un engin mobile, pour lequel le personnel est par nature présent, un départ de feu sur une installation fixe en linéaire de galeries ne peut être observé par une détection humaine « à demeure ».

Des détections ont été prescrites en amont d'aérage dans le cas des configurations de ventilation associées au déstockage des blocs, dans le but de prévenir le personnel en opération sur zone.

Les opérations de transfert des colis de déchets suremballés en souterrain sont réalisées en déposant lesdits colis en caisse de transport qui seront arrimées sur une remorque tirée par un engin tracteur. Les engins constituent le potentiel calorifique le plus notable et le plus conséquent présent dans les galeries parcourues pour assurer le transfert d'un bloc de stockage à la recette fond du puits Joseph.

Cet engin sera muni d'une Détection Automatique Incendie couplée à un dispositif d'Extinction Automatique Incendie. L'engin embarquera également un extincteur mobile. La source d'inflammation et de combustion la plus significative en galerie est ainsi « défendue ».

Néanmoins, en complément des dispositifs engagés sur ces sources d'inflammation potentielles engins, il est prescrit que les linéaires de galerie parcourus dans le cadre du transfert des colis depuis les blocs vers la recette fond du puits Joseph, dispose d'extincteurs mobiles, répartis en des endroits stratégiques.

Il serait contraignant d'engager une répartition telle que proposée dans le Code du travail, à savoir que le calepinage est tel que la distance maximale à parcourir pour atteindre un extincteur est de 15 m. Le linéaire de galeries parcourues est bien supérieur à 1 km soit une dotation en extincteur le long de ces galeries de plus de 60 appareils pour lesquels il serait nécessaire d'assurer la maintenance, la signalisation...

Il est alors prescrit de réaliser une répartition en fonction des zones parcourues.

La zone de chantier – de sécurisation ou de déstockage – dispose déjà de 2 extincteurs. Dans les grands linéaires servant uniquement au déplacement, les extincteurs seront plus espacés et seront situés aux intersections de galeries entre elles.

La zone immédiate autour de la recette fond du puits Joseph héberge des potentiels d'incendie marqués mais aussi le point de rassemblement avant évacuation de personnels par le puits Joseph, le garage du scout incendie, l'ambulance, soit autant de cibles singulières à protéger : indépendamment des dispositions de lutte incendie spécifiques à ces installations, des extincteurs seront implantés tous les 30 m.

5.4.3 Application du 3^{ème} principe : compartimentage, sectorisation feu, gestion de la ventilation, lutte incendie et mise en sécurité / évacuation

Le 3^{ème} principe de défense en profondeur contre le risque incendie vise à limiter et éviter la propagation des incendies qui n'ont pas été éteints afin de minimiser leur impact sur les intérêts à protéger (mentionnés à l'article L. 511-1 du Code de l'Environnement), et leurs conséquences.

Il est donc supposé ici que l'ensemble des prescriptions relatives à la mise en œuvre de 2^{ème} principe de défense en profondeur basé sur la détection et l'intervention immédiate n'a pas permis d'éteindre le départ de feu. Cette situation de dangers supposerait ainsi une défaillance en chaîne de barrières de sécurités techniques, humaines et organisationnelles.

Ci-contre une telle situation :

- Fuite sur réservoir d'un engin de chantier à moteur thermique ;
- Inflammation par une source d'origine électrique (défaillance des barrières de dimensionnement des réservoirs et de prévention des sources d'inflammation telle la maintenance des engins) ;
- Défaillance de la détection automatique incendie ;
- Défaillance de la détection humaine par l'opérateur en opération avec l'engin ;
- Défaillance du système d'extinction automatique d'incendie ;
- Défaillance de l'intervention de l'opérateur avec l'extincteur mobile embarqué sur l'engin ;
- Défaillance de l'intervention de l'opérateur avec l'extincteur mobile le plus proche disposé en galerie ou au début de l'atelier.

Le 3^{ème} principe de défense en profondeur vise à pallier ces défaillances qui ont abouti au développement d'un incendie tel que les opérateurs présents sur la zone de départ de feu ne sont plus en capacité d'éteindre l'incendie mais doivent assurer leur mise en sécurité / évacuation.

Ce 3^{ème} principe s'appuie sur la mise en œuvre de plusieurs barrières qui interagissent : éviter la propagation d'un incendie par une sectorisation feu de zones ou limiter la mitigation par la mise en œuvre de compartimentage.

Ces dispositions doivent également assurer la mise en sécurité et/ou l'évacuation des opérateurs sur zone, et intégrer de fait une gestion de ventilation adaptée à ce retrait. Une fois les personnels à l'abri, l'intervention sur le sinistre peut être engagée grâce à la mise en œuvre des équipements de lutte incendie de seconde intervention.

5.4.3.1 Sectorisation feu

5.4.3.1.1 Définition

La sectorisation contre l'incendie est l'ensemble des dispositions relatives aux parois d'un volume conçues pour qu'un incendie survenant à l'intérieur du volume ne puisse pas s'étendre à l'extérieur ou qu'un incendie survenant à l'extérieur à ce volume ne puisse pas se propager à l'intérieur.

Ces dispositions doivent permettre que la manifestation des effets de l'incendie au-delà des limites du volume ne soit pas de nature à porter atteinte aux cibles d'intérêts (L511-1 du Code de l'environnement).

5.4.3.1.2 Désignation des installations / locaux éligibles à la sectorisation feu et prescriptions

Les locaux ou groupes de locaux nécessitant la mise en place de secteurs ou zones de feu sont désignés parmi ceux pour lesquels un incendie peut se développer et se propager, et soit disperser des matières toxiques, soit endommager des équipements nécessaires à la mise et au maintien à l'état sûr de l'installation.

L'examen des potentiels calorifiques de sources inflammables ou combustibles a souligné que les potentiels les plus significatifs engagés lors des opérations de déstockage sont principalement les engins de chantier et la station de carburant hébergeant la cuve de 1000 litres utilisée pour le ravitaillement des engins, mais aussi les locaux techniques / électriques (CFO / CFI) et le stockage de colis de déchets reconditionnés en attente d'expédition.

▪ *Engins de chantier*

Les engins de chantier constituent des potentiels de dangers mobiles. Ils sont équipés d'une détection automatique incendie couplée à une extinction automatique incendie et disposent en sus d'un extincteur mobile embarqué. Seul leur stationnement en dehors des phases d'exploitation sur atelier peut constituer un potentiel de danger fixe.

Ce stationnement peut dans un premier temps correspondre à une opération de maintenance sur l'engin au sein de l'atelier de mécanique. Ledit atelier, existant, fait déjà l'objet de barrières de sécurité de prévention et de protection (extincteur sur roue et réseau de lutte incendie fixe via le réseau d'eau en charge). Ces dispositions de sécurité n'ont pas été complétées par la sectorisation de l'atelier.

Le stationnement des engins de chantier au fond, hors période de maintenance dans l'atelier mécanique devra être réalisé à l'écart de toute source de produits inflammables et combustibles¹².

Il est préconisé en priorité de concentrer le stationnement des engins pour ne pas disperser le potentiel de dangers incendie, et d'assurer la protection de cette zone de stationnement. Ainsi, les engins de chantier pourraient être remisés dans la galerie de stockage et matériels envisagée. Ladite galerie sera alors équipée d'une détection incendie et fera l'objet d'une sectorisation feu, en ces extrémités.

¹² La situation incidentelle d'un engin en panne à proximité de sources de combustibles sera gérée telle que : déplacement de l'engin vers l'atelier de maintenance, et en cas d'impossibilité de déplacement, maintenance sur place avec mise en œuvre d'une protection incendie locale (PIA et personnel de lutte) de la zone de travail et des sources de combustibles alentours.

En cas d'impossibilité de remiser l'ensemble des engins sur une seule et même zone de stationnement sectorisée, **les engins seraient à stationner le long d'une galerie, éloignés les uns des autres pour interdire tout effet domino en cas d'incendie.** La balise de surveillance de chantier devra pouvoir détecter tout départ de feu sur cette zone de stationnement en galerie non sectorisée.

▪ **Dépôt de carburant**

Le souterrain dispose d'une niche de stockage de gasoil pour les engins à moteurs thermiques. Le stockage est réalisé dans une cuve double-peau et propose un volume de 1 000 litres. Cette niche sera déplacée dans le cadre de l'aménagement nécessaire des installations pour réaliser les opérations de déstockage (ici justifiées pour l'aérage secondaire de l'atelier Sud).

Cette zone fait déjà l'objet de barrières de sécurité de prévention et de protection (extincteur sur roue et réseau de lutte incendie fixe via le réseau d'eau en charge). Ces dispositions de sécurité ont été complétées par la sectorisation du dépôt puisqu'une porte coupe-feu est prescrite.

▪ **Locaux techniques**

Les armoires électriques font déjà l'objet de prescriptions en relation avec l'application du 2^{ème} principe de défense en profondeur : détection dans les armoires couplée à une extinction gaz.

Le recours à des **locaux techniques** singuliers hébergeant d'autres sources électriques (onduleurs, transformateurs...) devra s'accompagner d'une **sectorisation feu** pour interdire toute agression du local depuis l'extérieur de l'installation mais aussi toute propagation d'un feu du local vers l'extérieur.

5.4.3.2 Compartimentage

5.4.3.2.1 Définition

Le compartimentage est l'ensemble des mesures constructives qu'il y a lieu de prendre pour lutter contre la propagation de l'incendie en créant des obstacles à cette propagation. Ces obstacles, verticaux ou horizontaux, en empêchant ou en ralentissant l'incendie, vont permettre :

- D'assurer ou au moins de faciliter l'évacuation rapide des personnes vers l'extérieur ou vers les lieux de recueil par des zones ou passages protégés ;
- De limiter le plus possible le volume des zones présentant des risques particuliers pour les personnes ou pour les biens ;
- De faciliter l'intervention des secours extérieurs en leur permettant d'accéder au sinistre ;
- De limiter l'ampleur des dégâts sur les biens.

Cet objectif s'applique d'un bâtiment/installation à l'autre et à l'intérieur d'un même bâtiment/installation. La sectorisation feu constitue une mesure de compartimentage singulière.

5.4.3.2.2 Désignation des compartimentages potentiels et prescriptions

La sectorisation feu définie précédemment visait à interdire la propagation d'incendie entre les potentiels calorifiques les plus significatifs mis en exergue dans le cadre des opérations de déstockage, en supprimant / limitant tout effet domino de l'intérieur de l'installation vers l'extérieur et inversement. De ce fait, l'intensité des effets d'un incendie sera limitée à la seule installation concernée par le départ de feu.

Le compartimentage ici étudié vise à limiter la propagation d'un incendie pour assurer, en priorité, la mise en sécurité / l'évacuation des personnels sur zone du départ incendie. La recherche de cet objectif pourrait permettre dans un second temps de circonscrire les effets d'un incendie dans un volume / compartiment singulier et de faciliter ainsi l'accès à la zone pour intervention et l'intervention (volume sinistré réduit).

Les engins de chantier, le dépôt de carburant, l'atelier mécanique / garage, les locaux techniques et la zone de stockage de colis de déchets reconditionnés ont déjà fait l'objet d'une analyse au regard du compartimentage / sectorisation (cf. ci-avant).

Il convient d'examiner les ouvrages / installations complémentaires dans lesquels les opérateurs pourraient être en manœuvre et les localisations hébergeant les cheminements de mise en sécurité et évacuation des opérateurs. Ces ouvrages sont les galeries d'accès aux blocs de stockage de colis de déchets visées par des opérations d'inspection et de sécurisation, les blocs de stockage et allées associées dans le cadre des opérations de déstockage, les galeries via lesquelles le transport de colis est assuré et les installations de surface non désignées en sectorisation.

Il est rappelé qu'il est ici considéré que l'intervention première sur le départ de feu n'ayant pas été efficace, la gestion de l'incendie repose sur la prescription de mise en sécurité du personnel. La mise en sécurité peut se matérialiser par une évacuation différée (mise à l'abri du personnel dans une zone dédiée) ou une évacuation immédiate (remontée vers la surface).

La mise en sécurité requiert donc un cheminement des personnels vers la cible de sécurité dédiée, qu'elle ait trait à l'évacuation différée ou à l'évacuation immédiate. Ce cheminement devra s'opérer dans des conditions d'évacuation saines et en particulier à l'abri des fumées d'incendie.

▪ ***Galeries en opération d'inspection et de sécurisation***

Ces opérations sont un prérequis aux opérations de déstockage. L'étude de la gestion de l'incendie et en particulier du compartimentage associé est hors scope de la présente étude de faisabilité de déstockage.

▪ ***Blocs de stockage de colis et allées associées dans le cadre des opérations de déstockage***

La zone héberge des potentiels de dangers combustibles et/ou inflammables, plus ou moins significatifs, fixes (les colis de déchets)¹³ et mobiles (les engins de chantier). Il est nécessaire d'assurer la protection des opérateurs sur zone en cas de départ de feu non maîtrisé via les dispositions associées au 2^{ème} principe de défense en profondeur (détection et extinction immédiate).

¹³ Les colis reconditionnés en attente d'expéditions, ne constituent pas une zone significative de départ de feu : seul l'emballage d'un colis est combustible puisque le contenu est inerte / incombustible, et de fait la fraction massique combustible d'un colis reconditionné est négligeable.

En cas de développement non maîtrisé d'un incendie en blocs de stockage de colis de déchets objet d'opérations de déstockage, et pour assurer le repli des opérateurs pour une évacuation différée ou immédiate du souterrain, **il est prescrit de compartimenter le bloc de stockage, de telle sorte qu'il puisse être isolé de la galerie d'accès.**

Ce compartimentage sera matérialisé par l'implantation d'une porte en entrée de bloc, sur l'allée d'accès au bloc¹⁴. La porte devra proposer les caractéristiques de tenue au feu minimales suivantes : REI60 ou RE60, pour assurer a minima l'étanchéité au fumée et donc le confinement de ces fumées au sein du bloc de stockage. Les degrés indiqués ont pour objectif premier d'assurer la sortie de bloc des opérateurs et leur mise à l'abri.

Des durées de tenue au feu supérieures permettraient d'envisager rapidement (mais une fois la mise en sécurité des personnes assurée) une intervention secondaire sur le bloc objet de l'incendie, plus favorable, puisque l'incendie y serait encore confiné.

La porte de type rideau métallique ou porte sectionnelle devra permettre le passage des gabarits des engins de chantier. Elle sera maintenue ouverte en situation nominale et ne sera fermée que sur détection incendie. La barrière sera couplée à la détection de l'incendie mais la détection automatique ne sera pas directement couplée au verrouillage de la porte car la fermeture de porte pourra être déclenchée manuellement suite à une remontée d'information par détection visuelle des opérateurs.

La porte de compartimentage se déroule progressivement afin d'isoler la zone. Une porte personnel 1 unité de passage, située à côté ou inscrite dans la porte permettra aux agents de changer de compartiment si besoin. Des registres s'activeront et se fermeront également afin d'isoler les gaines de ventilation et ne pas apporter d'air dans le compartiment (canar et gaine d'aspiration et filtration).

Cette disposition de compartimenter le bloc objet des opérations de déstockage a été désignée dans l'étude de dangers accompagnant le déstockage partiel 2015-2017 « *Le scénario de déstockage initialement envisagé par l'exploitant pour le bloc 12 correspond à un accès unique depuis l'allée centrale par l'allée 1 du bloc, pour récupérer l'ensemble des colis à déstocker. Les 2 extrémités des 2 autres allées (ainsi que l'extrémité de l'allée 1) seront préalablement obturées par des barrages en mousse polyuréthane très étanches et une porte coupe-feu (à fermeture manuelle) sera mise en place en entrée de l'allée 1* ».

¹⁴ Lors des opérations de déstockage partiel de 2015-2017, les portes étaient mises en place après environ 60 m de déstockage. Si les portes ne peuvent pas être instaurées dès le début de l'accès au bloc (contrainte d'encombrement, d'accès...), alors une lutte incendie locale (personnel et PIA) sera mise en œuvre pour interdire tout développement d'un incendie dans le bloc et à l'entrée de bloc puisque ledit incendie ne pourrait pas alors être compartimenté.



Figure 9 : Porte palière de compartimentage (en haut) – porte coulissante « type kiosque » (en bas)

Les blocs de stockage sont éloignés de l'exutoire de sortie permettant d'assurer l'évacuation vers la surface. De plus, la conception du souterrain ne s'appuie pas ou peu sur une conception de type bitubes qui permettrait d'isoler un tube impacté par des fumées d'incendie d'un tube sain via des recoupes sectorisées, et garantir ainsi un cheminement d'évacuation à l'abri des fumées¹⁵.

Ainsi, l'évacuation directe vers la surface du personnel dans des conditions d'ambiance saines pourrait être compromise : l'évacuation différée est alors à assurer.

Pour ce faire **il est prescrit la mise en œuvre de 3 refuges mobiles au niveau de chacune des 3 zones** (allée Nord Vam RAS 2, allée centrale Vam AJ1 T/D et allée Sud) d'accès aux blocs pour les opérations de déstockage.

¹⁵ Il est ici souligné qu'en l'absence de sectorisation entre les 2 voies il n'est pas possible de compartimenter l'installation en longitudinale telle que la galerie enfumée soit isolée de la galerie parallèle qui resterait alors saine ...

Ces 3 refuges permettront la mise à l'abri des opérateurs dans les configurations pour lesquelles l'évacuation directe vers la surface par un cheminement à l'abri des fumées n'est pas assurée. Ils présenteront les caractéristiques suivantes :

- Suppression du refuge par rapport à la zone sinistrée ;
- Limitation de la température ambiante à l'intérieur du refuge sous l'effet de l'incendie ;
- Mise en œuvre d'un renouvellement d'air ;
- Comportement au feu en adéquation avec la durée incendie / intervention sauveteurs ;
- Limitation du flux thermique rayonné subi.

Ils devront proposer une capacité d'accueil d'au moins 12 personnes, majorant le personnel d'une équipe d'un atelier de déstockage (10 personnes).

Le guide PPRT - Complément technique relatif à l'effet toxique, INERIS 2008, explicite les surfaces recommandées pour accueillir le repli des personnels : surface minimale de 1 m²/personne et maximale de 1,5 m²/personne et volume minimal de 2,5 m³/personne et maximal de 3,6 m³/personne. Soit pour un accueil de 12 personnes, la surface devra être comprise entre 12 m² et 18 m², et le volume, entre 30 m³ et 44 m³.

Les refuges devront pouvoir être adressés en fond par transport via la cage matériel du puits Joseph.

Ils disposeront d'une alimentation en eau potable par bouteille. Ils seront équipés de moyens de communication pour assurer les échanges avec le poste de commandement.

Ils seront implantés dans les galeries sous réserve de ne pas constituer un encombrement notable tel qu'il contraigne la circulation des engins de chantier et augmente de fait les risques de collision. Il est prescrit de les implanter sur la voie réservée à l'implantation des ITC dans le but de ne pas empiéter sur la voie réservée à la circulation des engins. Le cas échéant ils pourront être implantés dans des niches creusées à cet effet.

▪ **Galeries en souterrain**

A ce jour, les galeries disposent déjà d'éléments de compartimentage puisque 3 portes coupe-feu métalliques ont été implantées dans le souterrain : une sur la galerie Vam AQ0T avant le croisement avec la galerie Vam A11, une sur la galerie Vam AQ0D, après le croisement avec la galerie Vam A11 et une au niveau de du prolongement de la galerie TB0 vers les galeries Vam AQO T/D, sur la contre-allée (vers la galerie AJ3M).

Ces portes permettent de couper l'arrivée d'air frais aux blocs de stockage de colis de déchets en cas de feu, ou de ralentir la progression des fumées, suivant que le feu se situe en amont ou en aval aérage de ces 3 portes.

D'autres portes d'aérage installées régulièrement tout au long des galeries du fond permettent d'isoler des tronçons d'un point de vue de l'aérage seulement car ces portes d'aérage, réalisées en bois, ne présentent aucune caractéristique singulière de tenue au feu (Résistante, Etanchéité, Isolation).

Dans l'optique d'assurer en priorité la mise en sécurité des opérateurs en cas d'incendie au fond, il est nécessaire d'interdire que les opérateurs soient impactés par les effets de l'incendie et en particulier par la propagation des fumées.

La prescription d'instauration d'une porte REI au niveau de l'allée d'accès au bloc de stockage en cours d'opération de déstockage a eu pour but d'interdire la propagation de fumées en cas d'incendie dans le bloc.

En cas d'incendie en amont d'aéragage des blocs de stockage, il est nécessaire d'isoler au maximum l'incendie et d'interdire la propagation des fumées vers les blocs de stockage ou de ralentir cette propagation des fumées, qui se produirait depuis les galeries Vam AQO T et Vam AQO D. Cette disposition est déjà instaurée du fait de la présence des 2 portes coupe-feu implantées sur la galerie Vam AQOT avant le croisement avec la galerie Vam A11, une sur la galerie Vam AQOD, après le croisement avec la galerie Vam A11.

Dans le but d'assurer la mise à l'abri des personnels en cas de développement d'un incendie en amont d'aéragage, il n'est pas prescrit de compartimentage complémentaire à celui déjà proposé et rappelé ci-avant. Une fois la mise à l'abri / l'évacuation des opérateurs assurée, l'intervention par le personnel de seconde intervention pourrait être facilitée par la mise en œuvre d'un compartimentage complémentaire par tronçon en galeries pour confiner le feu et ses effets dans un volume réduit.

En cas d'incendie en aval d'aéragage des blocs de stockage, aucune prescription de compartimentage n'est formulée puisque l'incendie se développerait alors dans les galeries de retour d'air du souterrain. Le personnel n'est pas autorisé dans cette zone, à l'exception des opérations de visite / maintenance.

Il est néanmoins prescrit que ces opérations soient réalisées à l'aide d'un engin de service qui assurera un déplacement plus rapide en cas d'évacuation de la zone. En cas d'incendie en aval aéragage par rapport aux opérateurs en visite, ceux-ci utiliseront leur véhicule pour remonter dans l'air frais à destination de la recette fond du puits Joseph. En cas d'incendie en amont d'aéragage, les opérateurs utiliseront leur véhicule de service pour se diriger dans la galerie en air frais la plus proche.

5.4.3.3 Gestion des fumées d'incendie

5.4.3.3.1 Désenfumage

La ventilation mise en œuvre dans le souterrain des MDPAs répond aux contraintes de conditions sanitaires saines pour le travail des opérateurs, et assure en particulier la maîtrise des niveaux de pollution (gaz échappement...) via la dilution des polluants. L'aéragage secondaire met lui en œuvre une aspiration au front, une filtration puis un rejet sur retour d'air en pleine section.

La ventilation est de type longitudinal puisque des ventilateurs principaux (ES1 et ES2) poussent la masse d'air dans le souterrain, sans apport d'air frais ni sortie d'air vicié autrement que par la tête du puits Joseph.

Les installations souterraines des MDPAs ne sont pas équipées d'un système de désenfumage permettant de capter les fumées d'un incendie et de les collecter dans une gaine dédiée telle que le dispositif interdise la propagation de fumées au sein des galeries.

Il est davantage question d'une gestion de fumées adaptée que de la mise en œuvre d'un désenfumage.

En cas d'incendie, le but de la ventilation est dans un premier temps de protéger les usagers des fumées pour qu'ils puissent évacuer le souterrain, et dans un second temps de permettre aux services de secours et de lutte contre l'incendie d'intervenir.

Pour ce faire, la stratégie originelle peut être basée sur les actions suivantes :

- Pousser les fumées vers une zone où il n'y a pas d'usagers ;
- Maintenir autant que faire se peut la stratification des fumées et d'extraire celles-ci en plafond ; il est nécessaire dans ce cas que la vitesse longitudinale de l'air soit faible au droit de l'incendie (on parle de contrôle du courant d'air).

Dans le cas d'un incendie en souterrain lors des opérations de déstockage des colis de déchets, ces deux actions sont à envisager selon que l'on se place dans le cadre d'une gestion des fumées en phase réflexe et en phase intervention.

5.4.3.3.2 Gestion des fumées en mode réflexe

En cas d'incendie, l'objectif premier est la mise à l'abri des personnels et en l'absence de désenfumage, la gestion des fumées doit permettre de proposer les conditions acceptables pour assurer l'évacuation des personnels (recherche plutôt à conserver la stratification des fumées).

Le départ de feu et son développement en cas de défaillances des dispositions de prévention et de protection désignées dans le cadre du deuxième principe de défense en profondeur, peut survenir sur des potentiels de dangers incendie fixes mais aussi mobiles. De fait, des opérateurs peuvent être localisés en amont ou en aval d'aéragage de la zone en feu.

Il est alors pertinent, dans cette phase d'évacuation différée / mise à l'abri, pendant laquelle il peut y avoir des opérateurs de deux côtés de l'incendie, de rechercher la stratification des fumées. Pour ce faire, **il est préconisé en première approche de réduire ou arrêter la ventilation ce qui conduira à ne pas alimenter le feu et évitera de pousser des fumées en direction de personnels présents en aval d'aéragage et non mis à l'abri.**

Cette disposition interviendra en complément de l'activation des portes coupe-feu et des portes d'aéragage, dispositions permettant d'assurer des conditions de compartimentage. Néanmoins l'activation de ces portes n'est pas automatisée et requiert l'intervention humaine, ce qui limite la robustesse de la barrière.

Néanmoins, au regard des pentes des galeries supérieures à 10% pour certaines, le phénomène de stratification des fumées serait annihilé et au mieux très limité. Par ailleurs, durant cette phase, l'objectif recherché est celui de la mise à l'abri, devant s'opérer en quelques minutes : l'inertie associée à l'arrêt de la ventilation limite l'influence de l'arrêt de la ventilation pour cette phase.

5.4.3.3.3 Gestion des fumées en mode intervention

Ce « désenfumage » concerne la phase de lutte contre l'incendie (intervention), pendant laquelle il peut être avantageux de repousser les fumées d'un côté de l'incendie seulement pour permettre un accès dégagé de fumées de l'autre côté de l'incendie, ou tout simplement d'évacuer rapidement les fumées de manière à ce que l'accès plus près du foyer (pour l'atteindre complètement) soit possible.

La gestion des fumées en mode intervention ne pourra être engagée qu'une fois le personnel au fond mis en sécurité, soit via la réalisation de l'évacuation directe vers la surface, soit via l'évacuation différée et le confinement dans un refuge mobile. Elle relève des autorités externes aux MDPAs en charge de la gestion de l'intervention.

Dans le cas d'un feu dans le bloc de colis qui faisait l'objet des opérations de déstockage, la sectorisation prescrite aura permis de circonscrire le feu au seul bloc de stockage. La ventilation pourra être remise en route (si elle avait été coupée en phase réflexe) pour assurer des conditions d'ambiance satisfaisante pour l'accès de l'équipe d'intervention au plus près du bloc.

L'intervention pour extinction de la zone en feu ainsi délimitée pourra être engagée. En fonction de la source de départ de feu et de la propagation dans les allées du bloc, la première étape pourra être d'attendre une extinction du feu de lui-même par consommation du comburant disponible.

L'appauvrissement en comburant pourra être accéléré / complété par l'inertage du compartiment à l'azote : les installations souterraines disposent d'un réseau sec à demeure. Enfin une intervention via le réseau humide en charge de lutte eau incendie pourra être conduite.

Dans le cas d'un départ de feu dans le circuit de retour d'air en aval aérage des blocs de stockage, la ventilation sera remise en fonctionnement (si elle avait été coupée en phase réflexe) dans le but de pousser les fumées d'incendie à destination de l'exutoire dédié, à savoir le puits Else.

Cette disposition permettra également à l'équipe de seconde intervention d'accéder au plus près de l'incendie en se déployant dans les galeries du circuit d'apport d'air frais. Il conviendra que la ventilation mise en œuvre assure la poussée des fumées dans la direction désirée. Pour ce faire, la vitesse de l'air devra être suffisante pour dé-stratifier les fumées et interdire une remontée vers le circuit d'air frais.

Le CETU précise dans l'ouvrage « les dossiers pilote du CETU, la ventilation, novembre 2003 » qu'en « l'absence de courant d'air longitudinal, les fumées se maintiennent en partie haute du tunnel sur d'assez longues distances. Si le tunnel n'est pas en pente, les fumées se propagent de façon symétrique dans les deux directions à une vitesse de l'ordre de 1 à 2 m/s pour un incendie de véhicule léger, et vraisemblablement à plus de 4 m/s pour une citerne d'essence. Au fur et à mesure de sa progression, la couche de fumées se refroidit et sa vitesse diminue. Une couche d'air frais se maintient sous la couche de fumée sur plusieurs centaines de mètres ; elle est entraînée en direction de l'incendie ». Le cas d'un incendie d'un véhicule léger est compatible avec les opérations de déstockage : compte tenu d'une section droite de galerie de l'ordre de 14 m², le débit (ventilation longitudinal) devra être de l'ordre de 30 m³/s. Il pourra être nécessaire de moduler les ouvertures / fermetures des portes d'aérage pour obtenir le débit minimum.

Dans le cas d'un départ de feu en amont des blocs de stockage, la fermeture des 3 portes coupe-feu aura permis de limiter la propagation éventuelle du feu à un périmètre de l'ordre de 100 m autour de la recette fond du puits Joseph, et surtout d'interdire une mitigation vers les blocs de stockage. L'inertage pourra être mis en œuvre pour assurer l'extinction de l'incendie.

L'évacuation des fumées serait alors conduite dans un second temps, via l'ouverture d'une porte de sectorisation (maintien des portes sur AQO T/D pour interdire l'envoi de fumées dans la zone de stockage) et la remise en route de la ventilation : les fumées seraient à adresser à l'exutoire du puits Joseph via le circuit de retour d'air périphérique.

5.4.3.4 Mise en sécurité du personnel et évacuation

5.4.3.4.1 Organisation de l'évacuation et dispositifs associés

Les opérations de déstockage seront menées via l'exploitation simultanée de 3 ateliers de déstockage. Chaque atelier sera réalisé sur 2 postes de travail par une équipe de l'ordre de 12 opérateurs par poste. Ainsi, l'effectif maximal au fond nécessaires aux opérations de déstockage est évalué à près de 50 personnes (2 postes en exploitation, 1 équipe en fin de poste et l'équipe de relève de poste).

Compte-tenu des situations complexes en termes d'évacuation où pourrait se trouver le personnel (incendie en milieu confiné souterrain, concept bitubes avec recoupes sectorisées non mis en œuvre...) la possibilité de pouvoir s'auto-évacuer très rapidement sans même attendre l'arrivée de l'équipe de 1^{ère} intervention ou d'autres interventions à distance est le facteur clé de réussite de leur propre sauvegarde.

L'auto-évacuation du personnel consistera à se mettre à l'abri dans les refuges mobiles prescrits pour chacun des 3 ateliers ou à se mettre hors zone de dangers selon l'origine et l'ampleur du sinistre.

Tout personnel en fond devra être doté d'un appareil respiratoire lui permettant d'évacuer en cas d'environnement enfumé. Cette disposition est effective puisque chaque personnel dispose d'un ARAE récupéré dans la lampisterie avant chaque descente. L'autonomie annoncée est de 60 minutes pour le modèle utilisé Faser KA6, pour une consommation en évacuation de 35 L/min.

Sur signal d'alarme d'incendie, le personnel s'équipe de l'appareil et s'auto-évacue vers la surface si les conditions d'évacuation sont sécurisées (fonction de l'emplacement du personnel par rapport à l'incendie) ou plus sûrement vers un refuge mobile. Le personnel se met donc immédiatement à l'abri, dans l'attente des consignes ultérieures ou de l'intervention des équipes de secours pour une évacuation organisée et accompagnée vers la surface.

5.4.3.4.2 Systèmes d'alarme incendie

En complément des DAI, il convient de mettre en œuvre des dispositifs d'alerte incendie. Les alertes sont à la fois sonores et visuelles compte tenu de l'environnement de travail en zones travaux.

▪ **Alerte sonore**

Des dispositifs phoniques reliés au poste de sécurité doivent être mis en œuvre, permettant d'une part de compléter les DAI et d'autre part d'assurer une levée de doute rapide. Cette disposition est déjà instaurée via l'implantation des téléphones de chantier.

Cette disposition sera complétée par la mise en œuvre d'un système de communication depuis les refuges mobiles et entre conducteurs de véhicules / engins en circulation et pour alerter rapidement le poste de sécurité depuis le véhicule.

Cette rapidité de transmission est primordiale pour éviter un cumul d'accidents (mauvaise visibilité, effet domino), éviter l'encombrement des galeries en cas d'incendie, qui peut entraver les actions d'évacuation et de secours et permettre aux autres conducteurs de mettre en sécurité leur véhicule et de se mettre ensuite à l'abri dans des conditions acceptables.

▪ **Alerte visuelle**

L'alerte visuelle pourra être matérialisée sur les ateliers de déstockage par une signalisation optique adaptée pour les chantiers (avec flash puissant) combinée à un système sonore puissant.

5.4.3.4.3 Auto-évacuation

L'évacuation du personnel en cas de départ de feu dans les installations souterraines doit être réalisée dès que possible pour assurer une mise en sécurité du personnel.

Ainsi, en cas de départ de feu, les consignes doivent contraindre le personnel qui serait à proximité immédiate du départ de feu et non nécessaire à la première intervention (maîtrise immédiate du départ de feu par utilisation d'extincteurs) à évacuer immédiatement en s'équipant obligatoirement d'un appareil d'évacuation autonome (masque auto-sauveteur), après la mise en sécurité des équipements de travail / véhicule si nécessaire, sans attendre l'ordre d'évacuer, de la zone sinistrée vers une zone mise à l'abri des fumées.

Les actions de mise en sécurité du poste de travail devront être simples et en nombre réduit afin de réduire le temps nécessaire à ces opérations et ainsi favoriser les conditions d'auto-évacuation.

Si les conducteurs en circulation ont reçu l'ordre de se garer, les consignes leur rappelleront qu'il ne faut pas se garer dans des intersections et leur environnement immédiat (assurer les rayons de braquages des engins), ni en double file avec le véhicule en face (gêne pour le passage des véhicules dans la galerie).

5.4.3.4.4 Ordre d'évacuation et autres consignes

L'ordre d'évacuer pour le personnel des autres secteurs (personnel non présent à proximité directe du départ de feu) sera diffusé par des dispositifs sonores et visuels sur déclenchement réalisé au niveau du poste de commande / sécurité, après confirmation de la non-maîtrise de l'incendie par le témoin intervenant (1ère intervention), ou par une levée de doute en cas d'alerte par un DAI.

Des consignes d'arrêt d'activité et de regroupement en refuges mobiles dans l'attente des nouvelles consignes seront données. Cette évacuation sera encadrée : elle consiste en la mise à l'abri des dangers du personnel, en attendant un ordre et des moyens d'évacuation vers la surface dans un second temps. Cet encadrement est aujourd'hui réalisé, puisque de la responsabilité du chef d'équipe de chantier.

5.4.3.4.5 Equipement de protection individuelle

Le personnel intervenant sur les installations sera pourvu d'EPI adaptés, a minima :

- Casque, chaussures et gants de sécurité ;
- Protections oculaires et auditives ;
- Combinaison adaptée aux opérations engagées sur les colis ;
- Masque auto-sauveteur (ARAE).

Tout personnel en fond devra être doté d'un appareil respiratoire lui permettant d'évacuer en cas d'environnement enfumé. Cette disposition est effective (5.4.3.4.1.)

Cet appareil est un élément clé pour réussir l'auto-évacuation. Sa présence sur chaque personnel et son bon état doivent être contrôlés avant chaque début de poste par le responsable d'équipe.

5.4.3.4.6 Vitesses d'évacuation

La vitesse d'évacuation est un paramètre important à considérer dans la gestion en cas d'incendie. Il est donc proposé de présenter ci-dessous la manière dont la vitesse d'auto-évacuation est prise en compte dans les différents cas de figure, en s'inspirant de différentes références.

L'évacuation peut se faire dans certains cas avec un véhicule :

- Le conducteur en circulation qui peut continuer son trajet pour se mettre à l'abri en s'éloignant du foyer de l'incendie ;
- Le personnel motorisé et en stationnement pour une intervention ponctuelle dans la galerie : la personne peut s'évacuer rapidement en reprenant son véhicule si les conditions le permettent, en s'éloignant du foyer d'incendie ;
- Le personnel au sol sans véhicule est limité aux opérateurs au front de déstockage en Zone Rouge. 3 personnes sont envisagées en Zone Verte et peuvent disposer du chariot tracteur et de la remorque. L'ensemble des opérateurs aux postes (12 personnes) disposent de l'engin de service qui assure leur transport sur le chantier, stationné dans l'allée d'accès au bloc. Ils pourraient s'évacuer en reprenant son véhicule si les conditions le permettent (incendie non sur leur zone).

Ainsi, en dehors de la Zone Rouge, où il y aura un personnel à pied réduit (3 par poste pour 3 ateliers), le personnel se déplace en voiture de service / engins de chantier. Les personnes susceptibles d'être à pieds sont celles pour lesquelles le véhicule prend feu ou celles se déplaçant pour les opérations de maintenance.

Le CETU (fascicule 4 du CETU « Les études spécifiques des dangers (ESD) ») propose des vitesses en cas d'évacuation de tunnel routier :

- 1 m/s pour des conditions de visibilité claire ;
- 0,5 m/s si la visibilité est fortement gênée ;
- 0,3 m/s en l'absence de visibilité.

Ces faibles vitesses de déplacement dépendent uniquement de la visibilité sont dites conservatives, car elles considèrent tous les types de personnes non entraînées à l'évacuation se déplaçant en milieu encombré (les tunnels concernés étant des tunnels ouverts à la circulation). Dans le cadre du déstockage, les opérateurs se trouvant en fond seront des personnes connaissant les lieux, formées et entraînées pour une auto-évacuation.

Ainsi, pour une évacuation à pied d'un opérateur depuis le bloc 24 en cas d'incendie dans la galerie Vam AQ1D, le cheminement à destination du point de rassemblement en recette fond du puits Joseph pourrait être d'environ 1 km. Ce chemin est parcouru à pied en près d'1 heure en l'absence de visibilité.

5.4.3.5 Lutte incendie

La lutte incendie ici désignée correspond aux moyens à engager sur un feu qui s'est développé, malgré l'ensemble des mesures de prévention et protection mises en œuvre dans le cadre de l'application du premier et du deuxième principe de défense en profondeur : le départ de feu s'est produit et l'extinction rapide n'a pu être réalisée.

La mise en œuvre de la lutte incendie est réalisée par les équipes de seconde intervention.

Les installations des MDPA disposent de différents types de moyens de lutte incendie en seconde intervention :

- Les RIA pour les installations de surface (moyens interne) ;
- Les moyens de lutte externe pour les installations de surface ;
- Un véhicule d'intervention incendie en fond ;
- Un réseau d'eau d'extinction incendie en fond ;
- Un réseau dédié à la mise en œuvre d'un inertage d'une opération d'inertage sur un feu par apport d'azote.

5.4.3.5.1 Lutte incendie en fond par exploitation du réseau d'eau

▪ **Caractéristiques du réseau existant**

Le réseau incendie déployé au fond est un réseau en charge, alimenté depuis la surface : 1 conduite passe par le puits Joseph et 1 conduite par le puits Else. Le réseau incendie en fond est redondé. La conduite du puits Else est toujours en charge. La conduite puits Joseph est purgée chaque hiver.

Le réseau en fond se ségrège en 1 réseau haute pression et en 1 réseau basse pression. Les tableaux de distribution sont implantés en recette fond du puits Joseph et du puits Else.

Le réseau dit classique est un réseau basse pression caractérisé tel que :

- Réalisé en conduite PEHD de diamètre 1 ou 2'' ;
- Débit de 350 L/min (pour la 2'') et pression entre 8 et 10 bar ;
- Peut être utilisé par tout conducteur d'engin en mettant en œuvre un kit incendie muni d'un piquage et d'une lance si l'engin en dispose ;
- 1 platine incendie mobile basse pression est installée sur le réseau 2'' pour les chantiers déterminés : à la base de la platine, sont rangés tuyaux pompiers $\phi 45$ mm avec lance incendie débit variable 500 l/min ; Mis en œuvre par personnel formé en aval aérage si la situation le permet sans prise de risque incontrôlée.

Le réseau dit « renforcé » est un réseau haute pression caractérisé tel que :

- Disponible dans les vois principales ;
- Réalisé par flexible haute pression de diamètre 2'' et pression 50 bar ;
- Raccords de branchement pompier et vannes d'arrêt tous les 100 à 150 m ;
- Débit de 450 L/min à chaque raccord avec pression de 6 bar ;
- Réseau destiné aux pompiers équipés d'EPI appropriés pour combattre le feu ; Utilisable par personnel sauveteur des MDPA si la situation le permet sans prise de risque incontrôlée.

Le réseau incendie propose les circuits de distribution suivants :

- Une boucle de déstockage : PI n°1 à n°16 ;
- L'antenne AJ1 Est : PI n°17 et n°18 ;
- L'antenne garage par la galerie TB JOS : PI n°19 à n°21 ;
- La liaison entre les puits Joseph et Else : PI n°22 à n°24.

La platine hydraulique est constituée d'une gaine PVC de 2 pouces, connectée à l'aplomb de la conduite principale. Elle comporte successivement les éléments suivants :

- Une vanne d'isolement ;
- Un manomètre connecté en amont du limiteur de pression ;
- Le limiteur de pression ;
- Un manomètre en aval du limiteur de pression ;
- Une vanne d'isolement ;
- Une connectique pompier.

▪ **Adéquation du réseau existant et prescriptions complémentaires**

- Déploiement géographique du réseau incendie :

Les opérations de déstockage envisagées portent sur les blocs 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24 et 25. Le bloc 15, objet de l'incendie de 2002 est inaccessible. Les blocs 16 et 26 sont vides et inaccessibles car partiellement effondrés.

Le rapport d'étude du réseau incendie de septembre 2015 caractérise, entre autres, le déploiement du réseau 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 bar.

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 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 incendie dit « boucle de déstockage ».

Le Projet d'implantation du réseaux incendie (haute pression / basse pression) complète également les données présentées dans le rapport d'étude du réseau incendie de septembre 2015 en soulignant le déploiement du réseau incendie basse-pression en galerie Vam AQ1 puis en galerie Vam RAT2.

Il est prescrit de disposer d'un déploiement du réseau incendie tel qu'il desserve l'ensemble des galeries et allées d'accès aux blocs devant faire l'objet de déstockage :

- Accès nord (atelier nord) aux blocs 21, 22 et 23 : réseau incendie basse pression à confirmer ;
- Accès nord (atelier nord) au bloc 24 : réseau incendie à créer ;
- Accès sud (atelier centre) aux blocs 21, 22 et 23 et accès nord (atelier centre) aux blocs 11, 12 et 13 : réseau incendie basse pression à confirmer ;
- Accès sud (atelier centre) au bloc 24 et accès nord au bloc 14 : réseau incendie à créer ;
- Accès sud (atelier sud) aux blocs 11, 12 et 13 : réseau incendie à créer ;
- Accès sud (atelier sud) au bloc 14 : réseau incendie à créer.

Les galeries d'accès aux blocs de stockage et de transfert des colis suremballés – TB0 JOS, AQ0 et AQ1 – sont déjà protégées par le réseau incendie : en haute pression depuis le tableau de distribution dans la niche dédiée à proximité de la recette fond du puits Joseph, puis en basse pression à partir de l'intersection AQ1 / AJ1. Aucune prescription liée à un déploiement de réseau incendie sur ces zones n'est formulée.

La création de lignes complémentaires du réseau d'eau de lutte incendie pourra s'appuyer sur les conduites du réseau existant.

La création de conduites depuis le réseau haute pression obligera à disposer de platines incendie avec limiteur de pression pour assurer que les lances incendie pourront être utilisées dans leur plage de fonctionnement en pression.

La création de conduites depuis le réseau haute pression requerra également la mise en œuvre d'un calepinage de vannes d'isolement adapté pour limiter tout volume d'eau épandu en cas de perte de confinement sur la ligne (heurt engin...) puisque le débit de fuite serait alors plus important que dans le cas d'une fuite sur un réseau basse pression.

La création de conduites depuis le réseau basse pression (environ 10 bar) ne requerra pas l'utilisation de platines avec limiteur de pression puisque la pression délivrée est compatible avec les pressions de fonctionnement des lances (pression max. de l'ordre de 16 bar) utilisées sur site (lance à débit variable 500 l/min).

Le calepinage des vannes d'isolement sera moins dense dans le cas d'une ligne sur le réseau basse pression. Il conviendra alors de prolonger le réseau basse pression déjà existant ou de créer un nouveau réseau (des nouvelles lignes / antennes) basse pression depuis le réseau haute pression et l'implantation d'un détendeur.

L'utilisation du réseau basse pression déjà implanté demanderait alors de tirer une ligne supplémentaire depuis le réseau au niveau de l'intersection AQ0 / AQ1 / l'allée sud des blocs n°11, 12 et 13. Il sera nécessaire que les conditions en débit et pression requises (Cf chapitre prises suivant) en la prise la plus éloignée sur cette antenne soient vérifiées.

A priori cette disposition serait assurée puisque la prise installée dans la galerie RAT1 en entrée de voie exutoire répond favorablement à ces exigences en pression et débit.

La création d'un réseau basse pression à partir du réseau haute pression nécessiterait la mise en œuvre d'un nouveau poste de détente. Ce dernier serait à implanter en un point haut du souterrain (partie Est, allée centrale) de sorte que la distribution du réseau puisse bénéficier de la variation d'altimétrie vers les blocs pour assurer un niveau de pression jusqu'à la prise d'eau la plus éloignée satisfaisant, en compensant alors les pertes de charge linéiques.

Le Projet d'implantation du réseaux incendie (haute pression / basse pression), envisagé dans le cadre de la mise en œuvre des opérations de fermeture, suggère la pose d'un réseau incendie basse pression sur la partie Est de l'installation souterraine avec implantation d'un détendeur dans la galerie AJE D au droit de l'allée centrale Vam AJ1D.

Le déploiement de ce réseau pourra être optimisé en déplaçant le détendeur envisagé dans le circuit de retour d'air dans la galerie Vam AJ1D, au droit des allées les plus à l'est des blocs 16 et 26. Des conduites basse pression seraient alors déployées en Vam AJ1D, mais aussi dans les allées Est des blocs 16 et 26 pour être par suite prolongées dans les galeries transverses Est-ouest au nord (RAT1) et au Sud.

Dans le but de limiter le nombre de platines incendie avec limiteur de pression, une nouvelle architecture du réseau est envisagée, comme présenté sur la figure suivante[17] :



Figure 10 : Plan d'extension du réseau incendie pour les futures potentielles activités de déstockage

- Prises incendie :

Le réseau « renforcé », réseau haute pression, dispose de raccords de branchement pompier et de vannes tous les 100 à 150 m.

Le RGIE n'impose pas d'inter-distance entre 2 prises incendie.

La définition d'une faible inter-distance conduirait à une multiplication des prises d'incendie, et donc à une augmentation des pertes de charges singulières sur la ligne, à une augmentation des opérations de maintenance préventive (test). La définition d'une distance importante requerrait la mise en œuvre d'une longueur conséquente de tuyaux à raccorder à la lance.

Les règles de l'art des établissements de lances incendie préconisent l'utilisation de 2 ou 3 tuyaux (tuyaux de 20 m) soit 40 m d'établissement et 20 m de réserve afin de manœuvrer librement et de progresser si besoin (encombrement galeries).

L'instruction IT n°98-300 relative à la protection incendie dans les tunnels fixe une inter-distance de 100 m.

Pour une attaque possible des 2 côtés du foyer (dans les fumées sous réserve d'une accessibilité et entre autres d'une stratification des fumées, ou dans l'air frais), cette disposition requerrait alors la mise en œuvre d'équipements (tuyau et lance) tels qu'ils permettent d'attaquer un feu éloigné d'au plus 50 m de toute prise incendie. La prise en compte de la distance atteinte par le jet d'eau depuis la lance (de l'ordre de 30 m) conduirait à dérouler 1 seul tuyau de 40 m, ou raccorder 2 tuyaux de 20 m, soit une disposition conforme aux règles de l'art.

Pour une attaque unilatérale, il serait nécessaire de disposer d'équipements tels qu'ils assurent l'intervention sur un feu éloigné d'au plus 100 m : la mise en œuvre des moyens d'extinction pourrait être plus longue et plus pénible dans un milieu hostile pour les intervenants.

A l'instar des dispositions actuelles, il est prescrit une inter-distance entre les prises de 100 m. Cette disposition sera proposée aux services de lutte incendie en seconde intervention, responsable des moyens à engager en cas de feu.

- Débit d'attaque du feu :

Les caractéristiques du réseau incendie sont actualisées via la prise en compte des conclusions du rapport d'étude du réseau incendie de septembre 2015 :

- Débit d'eau et pression nécessaires pour alimenter les lances à incendie à débit variable utilisées aux MDPA par les pompiers en sortie platine et pour des conditions de feu en milieu clos : 500 l/min et 13,0 bar (100 m d'établissement de 45) ;
- Lorsque la pression du réseau d'eau en surface est égale à 2 bar et qu'une lance à incendie de $\Phi 45$ et longue de 100 m est connectée successivement en sortie des PI01 à PI24, il est possible d'obtenir en sortie de la lance à incendie un débit d'eau égal à 500 l/min, si on affiche une pression de 13 bar en sortie du limiteur de pression, à l'exception de PI18 (AJ1, côté Bloc 25) et PI21 (amont garage) où il ne sera pas possible d'obtenir ce débit d'eau ;
- Ces platines sont situées à l'extrémité de « branches pendantes » c'est-à-dire qui n'appartiennent pas à une boucle. Compte tenu des pertes de charge occasionnées dans cette branche, la pression disponible en amont du limiteur est inférieure à 13 bar. Il est néanmoins possible de fonctionner à 250 l/min lorsqu'on règle la pression en sortie de ces platines à 8,8 bar.

Les Lances à Débit Variable mises en œuvre sur le site proposeraient une pression de référence en sortie de lance de 6 bar. L'utilisation d'un linéaire de 100 m de tuyau de diamètre 45 mm pour cette pression de refoulement à la lance de 6 bar et pour un débit à assurer de 500 l/min occasionne une perte de charge de l'ordre de 6 bar, ce qui justifie le niveau de pression en sortie de platine de 13 bar.

La « Note d'Information Opérationnelle du 22 octobre 2009 - Mise en place de lance 500 l/min dans le cadre de l'attaque de feu en volumes clos et semi-ouverts » clarifie le principe d'attaque incendie par une lance en volume clos ou semi-ouvert : toute attaque de feux en espace clos impose l'utilisation d'une lance permettant de délivrer un débit de 500 l/min qui devra bien évidemment être en eau avant l'ouverture de l'ouvrant.

Il est prescrit de disposer d'un débit d'attaque depuis la lance incendie de 500 l/min, pour les consommateurs existants (lance raccordée à une platine) ainsi que pour les déploiements du réseau incendie à venir pour intégrer les opérations de déstockage et de fermeture.

Le rapport d'étude incendie de 2015 souligne que cette disposition n'est pas tenue pour les PI18 et PI21, pour lesquels un débit réduit de 250 l/min pourra être obtenu.

Dans le cadre de l'étude des aménagements nécessaires aux opérations de déstockage, la prolongation du réseau incendie a été examinée [17]. Des calculs des fluides ont été conduits pour vérifier le respect des critères pression / débit définis ci-avant, pour les tronçons : entre le pied de puits et le détendeur HP/BP en haut des blocs (tuyauterie HP), entre le détendeur et la fin de la galerie centrale (tuyauterie BP 1), entre le détendeur et la fin de la galerie nord (tuyauterie BP2) et entre la recoupe fluide et la fin de la galerie sud (tuyauterie BP3).

Il est établi qu'avec un DN100, une perte de charge de 2,7 bar est obtenue pour la ligne HP. La pression au niveau de la platine est bien supérieure à 12 bar. Un DN65 pourrait même suffire (perte de charge de 35,0 bar dans ce cas).

De même pour les lignes BP, la perte de charge obtenue est bien inférieure à la perte de charge maximale admissible (12 bar en sortie de platine – 6 bar requis pour la prise = 6 bar max), et ce sans prise en compte des hauteurs d'eau disponibles. En affinant les calculs, un DN80 pourrait même suffire.

- Besoin en eau pour l'extinction

Le document technique D9 « Défense extérieure contre l'incendie – guide pratique pour le dimensionnement des besoins en eau » n'est pas applicable.

Les besoins en eau en cas d'incendie dans l'installation souterraine présentant des linéaires importants sont basés sur des résultats d'un programme de recherche mené par SP Swedish National Testing and Research Institute et présentés lors de l'International Symposium on Catastrophic Tunnel Fires (novembre 2003).

Les données présentées dans ce document sont :

Scénarios d'incendie	Ordre de grandeur de la puissance du feu	Débit maximal d'eau d'extinction requis	Nombre de lances conventionnelles basse pression (500 l/min) à engager
Incendie sur véhicule léger	5 MW	226 l/min	1
Incendie sur camionnette	15 MW	462 l/min	1
Incendie sur poids lourds	100 MW	1 250 l/min	3

Tableau 3 : Débits minimaux d'extinction pour des incendies de véhicules

Les engins envisagés dans le cadre des opérations de déstockage seront des chariots élévateurs (1 en Zone Rouge et 1 en Zone verte) et des tracteurs de remorquage avec remorque pour le transport des colis de déchets suremballés à destination de la recette fond du puits Joseph.

Le CETU propose l'étude de scénarios d'incendie sur différentes classes d'engin. Les engins engagés dans le cadre des opérations de déstockage s'inscriront dans la famille des engins dits « véhicules de tourisme isolés » dont le potentiel calorifique est estimé entre 6 000 et 12 000 MJ, et la puissance totale évaluée entre 4 MW et 8 MW. Il a été prescrit de limiter le potentiel calorifique de ces engins : la fourchette basse (puissance de l'ordre de 4 MW) est attendue.

Il est observé que la tenue de la prescription d'un débit d'extinction d'eau de 500 l/min répond au besoin nécessaire pour l'extinction d'un incendie sur engin de puissance 5 MW mais aussi de puissance 15 MW. Par ailleurs, il est également noté que la mise en œuvre d'un débit limité à 250 l/min pour 2 PI du réseau incendie HP actuel, permet l'extinction d'un feu d'engin de 4MW.

Compte tenu du niveau de puissance incendie des engins engagés lors des opérations de déstockage, et selon les résultats présentés en tableau 2, le débit maximal d'extinction requis peut être estimé à 226 l/min.

Il est nécessaire de corréliser ce débit à une durée d'intervention pour disposer de la quantité d'eau nécessaire à l'extinction de l'incendie sur l'engin. Il est formulé l'hypothèse d'une durée d'engagement de 45 minutes, justifiée telle que : 15 minutes nécessaires pour la phase d'approche ; 10 minutes nécessaires pour rabattre les flammes et éteindre le feu ; 20 minutes nécessaires pour le refroidissement et l'extinction totale du feu.

La considération d'un débit de 226 l/min et d'une durée de 45 minutes renvoie un volume d'eau d'extinction incendie de 10,2 m³.

L'eau sera fournie par le réseau en charge.

Compte tenu de la configuration particulière des installations de fond, aucun dispositif spécifique de récupération des eaux d'extinction en cas d'incendie n'est en place actuellement. Toutefois, les eaux d'extinction ruisselant sur le mur des galeries pourraient impacter la roche (dissolution du sel) et rejoindre le point bas de la zone de stockage, à savoir le carrefour entre les voies AJ1 et AJ2 (extrémité Nord-Ouest de la voie centrale).

Ces effluents, saturés en sel, n'auraient pas tendance à s'infiltrer dans la roche et pourraient être récupérés par pompage. Ces eaux seront collectées dans des cuves dédiées puis adressées dans les filières de traitement adaptées.

Les opérations de déstockage ne pourront reprendre qu'une fois la zone impactée par le fond nettoyée et inspectée.

5.4.3.5.2 Lutte incendie en fond par engin d'intervention dédié

▪ **Caractéristiques de l'engin**

Les MDPA disposent déjà de deux véhicules d'intervention (SJ06 et SJ13).

La dotation de l'ambulance s'appuie en particulier sur : matelas coquille, brancard barquette rigide, appareil d'oxygénothérapie + bouteille O2 2 litres, coussin de levage à air comprimé, défibrillateur, couverture, kit membre sectionné, couverture de survie...

Le Dossier Santé et Sécurité définit l'ensemble de l'équipement embarqué sur l'engin d'intervention incendie. Il est entre autres souligné la présence d'une cuve de 1 100 litres, 1 pompe à eau 500 litres à 10 bar, 1 bidon de 20 l d'émulseur, 8 tuyaux DN45, 1 lance à débit variable de 22 mm, 1 lance à débit variable de 45 mm, 2 extincteurs à poudre 6 kg, 1 kit incendie MDPA ou encore 2 lignes de vie de 400 m.

Le scout peut intervenir en tout point du souterrain et proposer une attaque de feu à un débit de 450 l/min à 7 bar.

Etant donné le choix de trois fronts de déstockage simultanés pour les potentielles futures activités de déstockage, il semble opportun de compléter par l'achat de véhicules en cas d'intervention multisite. L'objectif est d'avoir des véhicules en surface qui peuvent descendre par la cage en cas d'urgence.¹⁶

Sur base du châssis de taille réduite, des modifications peuvent être apportées pour y installer les options nécessaires aux spécificités des véhicules :

- Véhicule ambulance qui devra contenir le même matériel : matelas coquille, brancard barquette rigide, trousse premiers secours (antiseptique, compresses, pansement, solution lavage oculaire bandes, gants, ciseaux...) ;
- Véhicule pompier qui devra contenir a minima : 1 bidon de 20 l d'émulseur, 8 tuyaux DN45, 1 lance à débit variable de 22 mm, 1 lance à débit variable de 45 mm, Les raccords, 2 extincteurs à poudre 6 kg...



Figure 11 : Exemple de véhicule ambulance sur base d'un châssis Alké [16]

▪ Adéquation de l'engin et prescriptions complémentaires

L'engin scout incendie permet d'intervenir sur un feu avec un débit de 450 l/min, soit une valeur du même ordre que la valeur préconisée de 500 l/min pour des feux en milieux clos et confinés, et une valeur bien supérieure à celle estimée nécessaire pour éteindre un incendie sur un engin de puissance de feu 4 MW (226 l/min).

Néanmoins, la capacité embarquée en eau restreinte (1 100 litres) n'autorisera une intervention que pendant une durée de moins de 3 minutes pour un débit de 450 l/min et de moins de 5 minutes pour un débit de 226 l/min.

¹⁶ Ces véhicules pourront être remisés au fond sous réserve de faire l'objet d'une zone de stationnement dédiée et sécurisée par rapport aux risques d'incendie, en tant que cible et source (détection et moyens de lutte contre le feu). Il est rappelé qu'en cas d'incident sur un atelier, l'ensemble des chantiers est arrêté avant décision de relancer l'activité. La configuration d'un besoin d'intervention lutte incendie ou secours sur 2 chantiers à la fois est donc limitée.

L'intervention via le scout incendie ne permettrait pas d'éteindre un feu développé sur un engin de puissance de feu 4 MW, puisque la durée d'intervention a été estimée à 45 minutes.

L'intervention de l'engin est alors à privilégier pour des départs de feu de faibles potentiels calorifiques, et/ou en premier soutien d'une intervention via le réseau de lutte fixe que constitue le réseau incendie en charge, le temps de la mise en œuvre des raccords, tuyau et lance sur la platine incendie par le personnel de secours.

L'engin scout incendie ne pourra pas ainsi intervenir en atmosphère enfumée de manière significative puisque la cabine n'est pas pressurisée, et qu'il ne dispose pas d'un système de guidage dans les galeries.

Le scout incendie dispose d'un moteur thermique avec alimentation gasoil. L'engin fait l'objet d'un contrôle périodique et roule 1 fois par semaine. Malgré ces mesures de prévention (maintenance préventive), l'engin constitue un potentiel incendie notable puisqu'il embarque un réservoir de liquides inflammables -gasoil (point d'éclair > 55°C) et des fluides hydrauliques (huiles). Il est préconisé d'équiper l'engin scout incendie d'une Détection Automatique Incendie et d'une Extinction Automatique Incendie.

Il est également prescrit que lors d'une intervention par l'engin celui-ci embarque des ARAE stockés en recette Joseph.

5.4.3.5.3 Lutte incendie en fond par exploitation d'azote en vue de l'inertage des installations

▪ **Caractéristiques du réseau existant**

Les installations souterraines des MDPA disposent également d'un réseau dédié à la mise en œuvre d'opérations d'inertage d'un feu à l'intérieur d'une zone confinée.

Un réseau de flexibles Haute Pression de diamètre 2" relie la recette jour du puits Joseph jusqu'à la voie AJ1 en passant par les voies TB0 / AQ0 / AQ1 / AJ1. En recette jour du puits Joseph, le départ du réseau est identifié comme tel et équipé d'un raccord d'alimentation pour y raccorder une citerne.

Le réseau dessert la voie centrale AJ1 d'accès aux blocs nord 21, 22, 23, 24 et 26 et aux blocs Sud 11, 12, 13, 14 et 16. En face de chaque allée des blocs 21, 22 et 23 est installée une descente de tuyau équipé d'une vanne.



Figure 12 : Installation d'inertage à l'azote en allée de bloc

Une vanne en bout de ligne est implantée pour accueillir un tuyau souple, sur lequel se branche un tuyau rigide en inox introduit dans un tuyau PVC existant qui traverse le barrage présent en entrée d'allée de bloc.

L'azote n'est pas produit sur le site. Un fournisseur est chargé d'acheminer une citerne sur sollicitation des MDPA dans le cas d'un plan d'urgence visant à intervenir sur un feu à l'intérieur d'une zone confinée dans le souterrain.

Le rapport d'étude sur le réseau d'azote suggère l'étude de faisabilité de l'implantation d'une installation temporaire de compression et de vaporisation d'azote liquide pour injecter l'azote gazeux sous pression dans le réseau de canalisation dédié du souterrain.

Le rapport d'étude sur le réseau d'azote suggère que la pression de distribution de l'azote gazeux au sortir de l'unité de compression et de vaporisation varie entre 2 valeurs : 2 bar et 9 bar.

Les débits d'azote gazeux calculés en fond au niveau des piquages des blocs 21, 22 et 23 sont de l'ordre de 800 m³/h sous une pression après le réchauffeur de surface de 9 bar et de 220 m³/h pour une pression de 2 bar. Les temps de remplissage d'un bloc de 17 000 m³ sont alors de 22 heures sous une pression de 9 bar et de 77 heures sous une pression de 2 bar.

▪ **Adéquation du réseau et prescriptions complémentaires**

- Déploiement géographique du réseau incendie :

Les opérations de déstockage envisagées portent sur les blocs 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24 et 25. Le bloc 15, objet de l'incendie de 2002 est inaccessible. Les blocs 16 et 26 sont vides et inaccessibles car partiellement effondrés (rappel : aucun déchet n'est stocké dans ces blocs).

Le rapport d'étude du réseau azote d'octobre 2015 précise le déploiement actuel du réseau : alimentation depuis la surface via le puits Joseph, puis conduite dans la voie principe TB0 / AQ0 et AQ1, puis le réseau dessert la voie centrale AJ1 d'accès aux blocs nord 21, 22, 23, 24 et 26 et aux blocs Sud 11, 12, 13, 14 et 16.

Il est prescrit de disposer d'un déploiement du réseau azote tel qu'il dessert l'ensemble des galeries et allées d'accès aux blocs devant faire l'objet de déstockage :

- Accès nord (atelier nord) aux blocs 21, 22, 23 et 24 : réseau à créer nécessitant une ligne dans la suite de la voie AQ1 puis dans la voie Vam RAS2 ;
- Accès sud (atelier centre) aux blocs 21, 22, 23 et 24 et accès nord (atelier centre) aux blocs 11, 12, 13 et 14 : confirmer le réseau d'azote désigné comme présent, avec vanne sur chacune des entrées d'allées qui permettent l'accès aux blocs suscités ;
- Accès sud (atelier sud) aux blocs 11, 12, 13 et 14 : réseau à créer nécessitant une ligne dans l'allée perpendiculaire à AQ0 T en entrée de la zone des stockages.

Les galeries d'accès aux blocs et de transfert des colis – TB0 JOS, AQ0 et AQ1 – hébergent la canalisation d'azote. Néanmoins l'utilisation d'azote dans cette zone n'est pas conseillée sauf à assurer un compartimentage (tronçons) des galeries précitées dans le but de réduire la zone nécessitant un inertage.

La création de lignes complémentaires du réseau d'azote pourra s'appuyer sur les conduites du réseau existant. Il sera nécessaire alors de vérifier les niveaux de pression et débit obtenus au niveau des vannes / piquages en entrée d'allée des blocs pour actualiser le temps de remplissage d'un bloc.

- Inertage de la zone confinée

Il est prescrit que toute opération d'inertage ne pourra être engagée qu'une fois l'ensemble des opérateurs en fond évacués en surface. La perte de confinement sur une canalisation d'azote gazeux ou dans le cadre d'un inertage d'une zone compartimentée non étanche peut occasionner un risque d'anoxie pour le personnel qui serait présent alentour.

Il est prescrit de limiter la réalisation des opérations d'inertage aux seules zones qui peuvent être délimitées et définir ainsi un volume compartimenté. Seuls les blocs de stockage sont ainsi aujourd'hui envisagés, puisque la prescription d'une sectorisation feu des blocs via l'implantation d'une porte REI en entrée d'allée assure le compartimentage du bloc.

L'inertage est aujourd'hui réalisable tel que : une vanne en bout de ligne est implantée pour accueillir un tuyau souple, sur lequel se branche un tuyau rigide en inox introduit dans un tuyau PVC existant qui traverse le barrage présent en entrée d'allée de bloc.

Il est ainsi supposé que le branchement du tuyau rigide est réalisé manuellement. **Il est préconisé d'automatiser les manœuvres de distribution d'azote dans les blocs** telles qu'elles ne nécessitent pas la présence en fond ou au moins à proximité immédiate de la zone en feu à inertiser. Si les manœuvres ne peuvent être engagées sans présence de personnels d'intervention en fond, ces derniers devront être équipés d'une détection de gaz portative et de leur appareil respiratoire autonome.

- Besoin en inertage

L'inertage consiste à influencer sur le critère « comburant » du triangle du feu « combustible / comburant / source inflammation » en abaissant la valeur du comburant (l'oxygène) à une concentration telle qu'elle ne puisse plus assurer la combustion du combustible et donc ne puisse plus entretenir le feu.

Le test dit de l'indice limite d'oxygène permet de classer les matières combustibles selon la concentration minimale d'oxygène qui permet tout juste d'entretenir une flamme dans un mélange oxygène-azote.

La concentration minimale en-dessous de laquelle l'inflammation d'un mélange n'est plus possible est de l'ordre de 15% en volume pour les plastiques, papiers et cartons. Néanmoins, un feu couvant peut perdurer pour des concentrations en oxygène plus faibles que 15% en volume (de l'ordre de 5%).

Dans le but de réduire le volume d'azote à utiliser en cas d'inertage, il convient de limiter le compartiment dans lequel le feu se développe et de définir la concentration en oxygène en-deçà de laquelle la combustion ne pourra plus être entretenue.

Les blocs sont isolés des galeries d'accès : porte coupe-feu sur l'allée d'entrée et autres allées d'accès au bloc obturé par des barrages en mousse polyuréthane étanches. Un compartimentage supplémentaire au sein même du bloc demanderait davantage de moyens matériels de sectorisation, un réseau d'inertage au sein des allées du bloc, une gestion de la fermeture des allées des blocs...

Le compartimentage n'apparaît pas comme une solution technico-économique viable au regard du nombre de blocs à protéger et de la solution d'un inertage du bloc entier. Le nombre d'équipements très significatifs à installer occasionnerait également une maintenance préventive lourde compte tenu d'un réseau n'étant appelé à fonctionner que pour un incendie en bloc de déstockage, événement de probabilité d'occurrence faible.

Le volume est donc à moduler en fonction de la concentration en comburant à atteindre dans le bloc. La concentration en oxygène dans le bloc suite à l'injection continue d'azote est fonction de l'étanchéité totale ou non du bloc.

Dans le cadre d'une isolation totale d'un bloc de 17 000 m³, le volume d'azote à injecter pour obtenir une concentration de 15% en oxygène serait de l'ordre de 6 800 m³, et de 54 400 m³ pour abaisser la concentration en oxygène dans le bloc à moins de 5%. Compte tenu des pressions de distribution actuellement relevées sur le réseau, la durée d'injection serait comprise entre 9 h (15% O₂ à 9 bar) et 10 jours (5% O₂ à 2 bar)[10]. A noter que l'ajout d'un tel volume de gaz dans le volume géométrique fini du bloc conduira à une augmentation en pression dont l'impact sur le terrain devra être apprécié avant toute reprise d'opérations dans le bloc.

Dans le cadre d'une étanchéité partielle, le phénomène de montée en pression dans le bloc sera limité (en fonction des débits et surface de fuite). Il conviendra tout d'abord d'assurer la maîtrise du rejet par la « soupape » ainsi créée. Un capteur de mesure de gaz devra être placé en cet exutoire pour suivre l'évolution de la concentration en oxygène dans le bloc.

La concentration mesurée ne constituera qu'une estimation puisque l'injection d'azote réalisée depuis l'entrée de l'allée d'accès audit bloc ne réalisera pas un balayage immédiat et total de toutes les zones du bloc. Des zones « mortes », mal couvertes par l'inertage, pourraient subvenir.

Il est prescrit que toute opération d'inertage sur un bloc de stockage isolé ne pourra être engagée qu'une fois la ventilation rétablie. De fait le rejet du volume d'air du bloc depuis l'exutoire en cas de non-étanchéité ou sur ouverture de la porte de sectorisation, sera adressé dans le circuit de retour d'air, et l'azote et le cas échéant, les fumées résiduelles, seront diluées puis envoyées dans l'exutoire que constituera le puits Else.

Dans le cadre de l'étude des aménagements nécessaires aux opérations de déstockage, la prolongation du réseau azote a été examinée [17].

Des calculs des fluides ont été conduits pour apprécier les durées de remplissage des différents blocs. La règle APSAD R13 Extinction automatique à gaz a été considérée. Sur la base des hypothèses formulées, les volumes à injecter varient entre 4 400 Nm³ et 7 375 Nm³ d'azote et le temps requis varie alors entre 4,6 heures et 8,6 heures.

Ces temps sont très fortement supérieurs à celui requis par la norme APSAD R13, qui est de seulement 1 min. Néanmoins, sans une augmentation conséquente du diamètre de la tuyauterie, il sera difficile de réduire la durée nécessaire à l'injection du volume d'azote requis.

Pour atteindre le temps requis par l'APSAD, il faudrait un DN550 dans la configuration actuelle. Cette solution a bien entendu ses limites, puisque la place disponible dans les galeries est limitée. De plus, l'azote n'est pas disponible immédiatement après le début de l'incendie car acheminé par un camion, ce qui allonge d'autant le temps avant que l'azote ne soit présent dans le bloc requis.

Enfin, l'azote étant injecté depuis un point d'entrée unique (entrée du bloc), un coefficient de sécurité compris entre 2 et 5 pourrait être considéré afin de prendre en compte la diffusion du gaz dans l'ensemble des galeries d'un bloc dans une géométrie plus ou moins complexe. Cela multiplierait d'autant les temps calculés.

- Approvisionnement en azote

L'azote n'est pas produit sur le site. Un fournisseur est chargé d'acheminer une citerne sur sollicitation des MDPAs dans le cas d'un plan d'urgence visant à intervenir sur un feu à l'intérieur d'une zone confinée dans le souterrain.

Il pourrait être envisagé un stockage d'azote liquide réfrigéré à demeure sur site. Néanmoins, cette solution conduirait à l'ajout d'un potentiel de dangers notable d'une capacité sous pression et d'un fluide pouvant occasionner un risque d'anoxie. Par ailleurs, l'installation requerrait une maintenance préventive périodique, non réalisée dans le cas d'un approvisionnement d'une citerne par un fournisseur.

Il pourrait également être envisagé de produire l'azote sur site. Néanmoins, à l'instar d'une citerne à demeure sur site, cette solution conduirait à l'ajout d'un potentiel de dangers « produit » puisque toute perte de confinement sur la capacité tampon de stockage d'azote pourrait occasionner un risque d'anoxie. Par ailleurs, les débits de production d'azote sont certes fonction de la pureté recherchée, mais malgré tout bien inférieurs (de l'ordre de 50 m³/h) à ceux aujourd'hui obtenus en fond (220 à 800 m³/h selon l'étude du réseau d'azote). Le temps de remplissage d'un bloc serait alors fortement augmenté (de 4 à 16 fois plus long), sauf à implanter plusieurs unités génératrices d'azote, multipliant de fait les contraintes d'implantation, les potentiels de dangers et les opérations de maintenance préventive.

L'occurrence d'un recours à un inertage à l'azote d'un bloc est très faible puisqu'elle serait motivée par un feu non maîtrisé en bloc de stockage. Les contraintes technico-économiques liées à l'implantation d'une citerne à demeure ou à la mise en œuvre d'unités génératrices d'azote sont fortes. La mise en œuvre immédiate de l'inertage sur détection incendie (durée de la première intervention, de l'évacuation et de la prise de décision d'un inertage) n'est pas requise.

La solution actuelle d'un approvisionnement externe d'une citerne sur sollicitation est à maintenir dans le cadre de la gestion sécurité incendie des opérations de déstockage complémentaires envisagées dans le cadre de la présente étude de faisabilité.

5.5 Modélisations incendie 3D

5.5.1 Désignation du terme source

5.5.1.1 Identification des produits inflammables et combustibles

Seuls les potentiels de dangers afférents aux opérations de déstockage complémentaire sont éligibles.

L'examen des équipements, installations et activités mises en œuvre dans le cas des opérations de déstockage a conduit à l'identification des produits inflammables suivants :

- Carburant embarqué pour les engins à moteur thermique ;
- Huile hydraulique sur les engins de chantier ;
- Produits liquides de maintenance inflammables tels des huiles, solvants...

Les matières combustibles ci-après ont été identifiées :

- Matières combustibles sur les engins de chantier, dont les pneus, les câbles ;
- Lames plastiques de délimitation de SAS / zone ;
- Canar (gaine de ventilation) mis en œuvre pour l'aspiration au front de déstockage ;
- Câbles d'alimentation CFO / CFI ;
- Colis de déchets ;
- Matériaux pour les opérations de suremballage et de reconditionnement des déchets ;
- Déchets combustibles (big bag des colis, palettes...).

Les potentiels de dangers INCENDIE ont été désignés et appréciés dans le but de sélectionner le terme SOURCE incendie à retenir dans le cadre des modélisations 3D.

5.5.1.2 Etude des colis de déchets

- Pas de potentiel de dangers incendie sur les fûts métalliques ;
- Potentiel de dangers sur les déchets en BB mais seul le conditionnement est combustible et il ne représente qu'un % très faible du colis ;
- Présence majoritaire d'inertes en masse.

Ce potentiel de dangers n'est pas sélectionné.

5.5.1.3 Matériaux pour emballage et reconditionnement des colis

- Stockages principaux en surface à destination des ateliers de reconditionnement ;
- Combustibles principaux : les palettes bois ; autres conditionnements métalliques ;
- Stockages réduits en fond aux niveaux des ateliers de déstockage (BB et saches plastiques) ;
- Suremballage au fond ne requiert pas de palettes (transport par caisses métalliques).

Ce potentiel de dangers n'est pas sélectionné.

5.5.1.4 Déchets liés aux opérations de déstockage

- Palettes bois sur lesquelles sont disposés les colis ;
- REX 2015-2017 : palettes souillées non ré-exploitable ; palettes non décontaminables : déchets ;
- Gestion des palettes : déplacées et remisées dans un bloc vierge de colis de déchets ;
- Stockages en fond ajoutent un potentiel de dangers combustible en fond...mais qui restera dans le bloc, qui fait l'objet de prévention et de protection et en particulier la sectorisation feu du bloc.

Ce potentiel de dangers n'est pas sélectionné.

5.5.1.5 Installations électriques

- Installations fixes (armoires) et dans les linéaires de galerie ;
- Potentiel de dangers avec effets réduits : REX IRSN (Etude expérimentale du rayonnement thermique induit par un feu d'armoire électrique –IRSN 2007) les feux d'armoire électrique (porte ouverte) génèrent des distances de l'ordre de 2 m pour le flux de 8 kW/m².

Ce potentiel de dangers n'est pas sélectionné.

5.5.1.6 Engins de chantier

- Concentrent des liquides inflammables (carburant, fluides hydrauliques, graisses...) et des matières combustibles (plastiques, pneus...);
- Sont en nombre significatif : 2 chariots manutention et 1 tracteur remorque par atelier de déstockage ;
- Constituent des sources « fixes » en atelier de déstockage et parking, et des sources mobiles lors du transfert des colis de déchets suremballés ;
- Incendie d'engins : majorité des incendies dans les mines ;
- Propagation du feu entre les éléments de l'engin (huile, carburant, pneumatiques, etc.) assez rapide et dépend assez directement de la section de passage des galeries : plus la galerie est petite et plus la propagation est rapide du fait de gaz chaud en champ proche : la cinétique devrait être assez rapide.

Ce potentiel de dangers est sélectionné et dimensionnant.

5.5.2 Objectifs recherchés par la modélisation incendie

Les modélisations incendie 3D peuvent être menées pour répondre à 2 objectifs distincts : l'évacuation du personnel et la gestion des fumées dans le cadre de la lutte incendie à venir.

5.5.2.1 Objectif « évacuation du personnel »

Dans ce cas, la modélisation devra conclure quant à la possibilité ou non pour le personnel de se mettre à l'abri (refuge, compartimentage air frais) en cheminant dans un environnement pouvant être enfumé plus ou moins rapidement.

La cinétique de l'incendie gouverne la caractérisation des effets de l'incendie : les premiers instants de l'incendie sont déterminants pour la mise à l'abri du personnel.

Les vitesses de déplacement à pied des personnels constituent des critères d'analyse déterminants.

La distance à parcourir pour se mettre à l'abri est également à considérer (position des refuges).

La question d'un maintien / arrêt de la ventilation se pose : l'arrêt de la ventilation autorise-t-il une stratification des fumées ? La géométrie du terrain et les pentes prononcées ne sont pas propices à une stratification des fumées.

5.5.2.2 Objectif « gestion des fumées post mise à l'abri des personnels »

En première approche, il peut être supposé que l'arrêt de la ventilation en fond aurait un impact à plus long terme sur la propagation des fumées (intervention des équipes de secours, évacuation différée du personnel).

Néanmoins, il est nécessaire de garder à l'esprit les différents types de ventilation naturelle observée en fond selon les saisons.

L'objectif étant d'apprécier les conditions d'une intervention, la possibilité d'un enfumage de la recette fond du puits Joseph est à considérer puisqu'elle constitue un endroit stratégique pour le déploiement des secours / intervention en fond. L'absence de ventilation pourrait conduire à un enfumage de la zone¹⁷. Le maintien d'une ventilation serait ici nécessaire pour apprécier la possibilité d'un secours.

La quantité de fumées produites et leur propagation sont caractéristiques, et à ce titre, la définition de la source d'incendie (1 engin, 2 engins, propagation d'un engin à des colis, à des palettes...) a une incidence particulière

5.5.3 Sélection des modélisations incendie

5.5.3.1 Désignation des critères de sélection des scénarios d'incendie

Après échange avec les MDPAs, le Groupement Antea Group / Tractebel retient de sélectionner une modélisation pour répondre à chacun des 2 objectifs précités.

Par ailleurs, le critère de sélection des modélisations intègre également la spécificité des opérations de déstockage : certains scénarios envisagés pourraient être rencontrés en dehors de la mise en œuvre des opérations de déstockage et ne seraient pas alors représentatifs du risque incendie induit par les seules opérations de déstockage, objet de l'étude de faisabilité.

¹⁷ Existence d'une ventilation naturelle entre le puits Joseph et le puits Else. Cependant le risque existe.

5.5.3.2 Sélection du scénario d'incendie : objectif de mise en sécurité du personnel

5.5.3.2.1 Incendie d'un engin en fond de bloc en cours de déstockage

- Les fumées seront poussées vers le front ;
- Les personnels remontent dans l'air frais ;
- Présence de personnel et détection rapide de l'incendie ;
- Compétition entre production des fumées du fait de l'incendie et aspiration au niveau du front.

Scénario non retenu car dans cette configuration d'incendie, le personnel au front se dirige vers le refuge assigné au bloc de déstockage situé à moins de 200 m. Pour un déplacement à 0,5 m/s le refuge est atteint en moins de 7 minutes.

5.5.3.2.2 Incendie d'un engin en entrée de bloc en cours de déstockage

- Possibilité de lutte première intervention par le personnel en ITC à proximité immédiate mais...quid du personnel qui serait bloqué en fond car les fumées pourraient être poussées vers eux ;
- Un arrêt de la ventilation pourrait être pertinent (modalité d'arrêt depuis le fond ?)¹⁸.

Scénario majoré par le scénario suivant.

5.5.3.2.3 Incendie d'un engin lors d'un transfert de colis au niveau d'un refuge mobile

- Contraint un exutoire d'évacuation / mise en sécurité ;
- Peut augmenter la distance à parcourir (> 400 m) pour rejoindre un autre refuge ;
- Renseigne quant au flux thermique reçu par le refuge.

Scénario retenu car il contraint le déplacement du personnel soit vers le refuge d'un autre atelier soit en remontant vers la recette fond du puits Joseph dans l'air frais.

5.5.3.2.4 Incendie d'un engin en transfert de colis au niveau de la porte coupe-feu sur la voie Vam AQ0D

- Contraint la gestion des portes en cas d'incendie ;
- Peut intégrer les pentes et apprécier l'effet de stratification ou pas ;
- Renseigne quant aux flux thermiques rayonnés (effets dominos sur parking d'engins) ;
- Non spécifique aux opérations de déstockage.

Scénario non retenu car non spécifique aux opérations de déstockage puisqu'il peut être rencontré lors de l'exploitation classique de la mine pour un engin de service.

¹⁸ Possibilité d'asservir l'alimentation des ventilateurs sur capteurs de CO.

5.5.3.2.5 Incendie d'un engin lors d'un transfert de colis au niveau d'une intersection des allées principales des stockages : Vam AQ1 / Vam RA ; Vam AQ1 / Vam AJ1 ; Vam AQ0 / VamRAT

- Contraint la gestion des portes en cas d'incendie ;
- Peut contraindre l'accessibilité à des refuges ;
- Peut intégrer les pentes et apprécier l'effet de stratification ou pas ;
- Non spécifique aux opérations de déstockage.

Scénario non retenu car non spécifique aux opérations de déstockage puisqu'il peut être rencontré lors de l'exploitation classique de la mine pour un engin de service.

5.5.3.2.6 Incendie d'un engin lors d'un transfert de colis au niveau de la recette fond du puits

- Vérifier que le personnel en recette fond peut évacuer par puits ou vers refuge atelier Sud ;
- Nécessité d'instaurer un refuge ;
- Renseigne quant aux flux thermiques rayonnés (effets dominos sur cibles de la recette) ;
- Non spécifique aux opérations de déstockage.

Scénario non retenu car non spécifique aux opérations de déstockage puisqu'il peut être rencontré lors de l'exploitation classique de la mine pour un engin de service.

5.5.3.3 Sélection du scénario d'incendie : objectif de gestion post mise en sécurité du personnel

5.5.3.3.1 Incendie d'un engin lors d'un transfert de colis au niveau de la recette fond du puits

- Vérifier l'incidence sur les cibles singulières que peuvent être la station électrique, le réseau incendie, le réseau azote, le réseau air comprimé, le garage... ;
- Non spécifique aux opérations de déstockage.

Scénario non retenu car non spécifique aux opérations de déstockage puisqu'il peut être rencontré lors de l'exploitation classique de la mine pour un engin de service.

5.5.3.3.2 Incendie d'un engin dans un bloc devant un stock de palettes bois souillées

- Etude d'une propagation incendie, à un front de palettes ou plusieurs front de palettes puis de colis...mais prescription d'une sectorisation feu du bloc.

Scénario non retenu car instauration d'une disposition de sécurité passive qui limite la propagation du sinistre vers une cible de combustibles.

5.5.3.3.3 Incendie d'un engin lors d'un transfert de colis et propagation à un autre engin, au niveau de la porte coupe-feu sur la voie Vam AQ0D :

- Contraint la gestion des portes en cas d'incendie ;
- Peut intégrer les pentes et apprécier l'effet de stratification ou pas ;
- Peut considérer un feu de puissance et profil différent (plusieurs engins) ;
- S'accorde avec le parking de stationnement engins.

Scénario retenu.

5.5.4 Résultats des modélisations incendie

Le rapport d'analyse est proposé en annexe III.

5.5.4.1 Scénario 1 : départ de feu sur un engin de manutention lors des opérations de déstockage

5.5.4.1.1 Objectif

L'objectif de ce scénario est d'évaluer, pour une configuration pénalisante dans laquelle l'incendie bloquerait l'accès au refuge le plus proche, les conditions et le temps d'évacuation du personnel depuis l'un des fronts de déstockage vers un second refuge ou bien vers une zone d'air frais permettant une évacuation sans risque.

Du fait de l'inclinaison de certaines galeries dans la zone de stockage, la configuration retenue porte sur un départ de feu bloquant l'accès au refuge n°2 (située à l'extrémité ouest des voies Vam AJ1D et AJ1T). Ce choix est retenu du fait de la configuration des potentiels chemins d'évacuation et du flux d'air dans les galeries lié à la ventilation nominale. De ce fait, l'évacuation dans le premier tronçon s'effectue dans le sens montant avant l'atteinte du centre de la zone de stockage. A partir de cet emplacement, 2 solutions pour l'évacuation sont envisageables :

- Rejoindre la recette du puits Joseph avec une circulation dans l'air frais et avec une pente favorable (légèrement descendante dans les premières dizaines de mètres) ;
- Rejoindre le refuge 1 situé dans la partie nord des blocs de stockage en empruntant la voie Vam AQ2T. La pente ascendante est donc défavorable pour l'évacuation car celle-ci entraîne une réduction de la vitesse de déplacement ainsi qu'une direction privilégiée pour la propagation des fumées (d'autant plus que le flux d'air issu de la ventilation nominale a également tendance à « pousser » les fumées dans cette direction).

5.5.4.1.2 Résultats

La modélisation du scénario permet de retenir les principaux points suivants :

- Les effets de flottabilité des fumées, combinés à la forte pente de la galerie sinistrée, entraînent une propagation des fumées dans la direction opposée au flux d'air frais ;
- La couche de fumée (critère d'extinction lumineuse de $0,4 \text{ m}^{-1}$) atteint l'intersection avec la Vam AQ1T au bout d'environ 7 min (pour la Vam AJ1D). Cette durée est à mettre en relation avec le temps minimal d'atteinte de l'intersection évalué à 7,5 min. Le personnel est donc susceptible d'évacuer dans des conditions dégradées ;
- Le côté de la double galerie à privilégier pour l'évacuation dans le sens montant est celui dans lequel l'incendie n'a pas lieu (conditions d'évacuation meilleures). Une fois la jonction avec les galeries Vam AQ1T et Vam AQ2T atteinte, il convient de privilégier un retour vers le puits Joseph (Vam AQ1T) pour l'évacuation ;
- La ventilation nominale permet de conserver une visibilité optimale une fois le centre de la zone de stockage atteint. En effet, les fumées sont « poussées » dans la galerie AQ2T et la Vam AQ1T en direction du puits Joseph conserve des conditions satisfaisantes d'évacuation ;
- La température des gaz n'est pas un critère dimensionnant pour l'évacuation du personnel.

Lors de l'évacuation :

- Le personnel présent au front de travail (modélisé avec une longueur forfaitaire de 50 m) est impacté par les fumées de l'incendie et circule dans un environnement enfumé dès lors qu'il quitte le bloc de stockage. La durée du cheminement pour rejoindre la jonction avec la galerie AQ1T et l'air frais est de 12 minutes ;
- Le personnel présent dans la galerie sinistrée, proche du foyer de l'incendie, circule en amont du front de fumée pendant 2 minutes (3 minutes de feu). Ensuite, les conditions d'évacuation sont dégradées du fait d'une baisse notable de la visibilité. La durée du cheminement pour rejoindre la jonction avec la galerie AQ1T et l'air frais est de 10 minutes.

Du fait des résultats de modélisation et des considérations précédentes, il convient en cas d'impossibilité de rejoindre le refuge prévu à cet effet, de progresser le plus rapidement possible jusqu'à une galerie alimentée en air frais avant de cheminer vers la recette du puits Joseph pour l'évacuation.

Pour le cas pénalisant modélisé, les occupants sont susceptibles de devoir progresser sur les chemins d'évacuation dans un environnement défavorable.

Dans cette situation, l'utilisation de l'ARAE est primordiale et permet ce cheminement.

Tout dispositif permettant de favoriser l'orientation du personnel ainsi que les délais d'évacuation serait pertinent à mettre en place (ligne de vie et bornage lumineux / réfléchissant par exemple).

5.5.4.2 Scénario 2 : départ de feu sur un engin de manutention dans la zone de parking dédiée

5.5.4.2.1 Objectif

L'objectif de ce scénario est d'évaluer, lors de l'absence de personnel au fond, les conditions ambiantes associées à un incendie dans la zone de parking afin d'évaluer à la fois une éventuelle propagation de l'incendie aux autres engins stationnés ainsi que les conditions d'intervention des équipes de lutte incendie.

Un critère de propagation basé sur la température d'ignition d'éléments combustibles des engins est utilisé.

Du fait de l'inclinaison de certaines galeries et notamment celles reliant de manière directe la recette du puits Joseph et la zone de parking, la configuration retenue porte sur un départ de feu au sein de la galerie Vam AQ0D.

En effet, un départ de feu au niveau de cette zone est susceptible de produire des fumées pouvant potentiellement se propager à contre-courant du flux d'air de ventilation du fait de l'inclinaison ascendante des galeries de la zone de parking vers la recette du puits Joseph (pente jusqu'à environ 12,5% pour la voie Tb 0).

5.5.4.2.2 Résultats

La modélisation du scénario permet de retenir les principaux points suivants :

- La ventilation nominale permet de conserver une visibilité optimale au niveau de la galerie Tb0 faisant le lien entre la zone sinistrée et le puits d'accès (puits Joseph). Cela permet de favoriser l'arrivée des secours et leur établissement pour engager la lutte incendie ;
- Les conditions d'intervention sont fortement dégradées après environ 10 minutes de feu sur une distance maximale en amont du feu d'environ 150 m (galeries AQ0T et AQ0D totalement enfumées) ;
- La température des gaz atteinte au niveau des voies Vam AQ0T et AQ0D est localement importante mais le critère retenu de 100 °C n'est pas pénalisant vis-à-vis du critère de visibilité retenu ;
- Une distance d'environ 15 m entre les engins de chantier / remorques permet d'éviter la propagation du feu entre eux ;
- Il est recommandé de séparer en 3 zones le parking des engins avec dans chacune d'entre elles 2 engins de chantier séparés par une remorque.

6 Conclusion

L'analyse des **Risques Accidentels en fond** a permis d'identifier les risques prépondérants liés aux opérations de déstockage :

- Gestion du risque lié à la **ventilation** :
 - Gestion du risque lié à l'apport d'air frais au front de déstockage
 - Gestion du risque lié à l'alimentation en air frais des opérateurs au front
 - Gestion de l'évacuation de l'air vicié
 - Gestion de l'arrêt de la ventilation primaire ou secondaire
 - Gestion de la température au poste de travail à front
 - Gestion du contexte de la mine « grisouteuse »
- Gestion du risque lié à la **manipulation des colis** :
 - Gestion du risque lié à la prise des colis au front
 - Gestion du risque lié à l'opération de suremballage
 - Gestion du risque lié au transport de colis
 - Gestion du risque spécifique lié au colis de déchets amiantés
- Gestion du risque **incendie**.

Pour chacun de ces risques, des mesures de gestion ont été proposées.

Elles sont synthétisées dans les tableaux suivants :

Risque	Déclinaison	Gestion
Ventilation	Apport d'air frais au front de déstockage	Dimensionnement de la ventilation pour assurer la qualité de l'air, l'aération et l'assainissement nécessaires à la réalisation de travaux au front d'opérateurs dans un environnement potentiellement empoussiéré et potentiellement dégradé par l'utilisation de machines / engins à moteur thermique
	Alimentation en air frais des opérateurs	Mise en œuvre d'un système d'aérage secondaire pour chaque front visant à assurer l'apport d'air frais en pleine section au front, l'aspiration de l'air dans la zone rouge et sa filtration, avant rejet via un ventube vers une zone sécurisée en aval de tout poste de travail (pas de personnel sur ce retour d'air vicié)
	Évacuation de l'air vicié	Les configurations de déstockage (1,2a, 2b, 3a et 3b) désignées pour intégrer la réalisation d'un déstockage simultané de 3 fronts, ont considéré l'exigence sécurité suivante : interdiction de rejeter l'air aspiré et filtré de l'atelier de déstockage dans une zone sujette à la présence de personnel
	Arrêt de la ventilation primaire ou secondaire	Repli et mise en sécurité sur arrêt de la ventilation principale ou secondaire (évacuation différée via mise en sécurité en refuge ou évacuation directe vers la recette fond du Joseph avec port de l'ARAE)
	Température au poste de travail à front	Limitation de l'exposition potentielle des opérateurs au front par application des durées maximales de vacation pour des opérations relatives à l'amiante pour tout colis, déchets d'amiante ou non
	Mine « grisouteuse »	Définition d'une Zone Franche correspondant à un classement Hors Zone ATEX, et de protections sur engins et appareils en dehors de la Zone Franche (Ex I M2), et même pour la Zone Franche bien que non requis réglementairement (protection Ex II 2 G)
Manipulation des colis	Prise des colis au front	Réduction du risque de chute et perte de confinement du colis à la source, puisque intrinsèque aux contenants, à l'agencement des colis et aux procédures de manutention, et aux équipements de préhension adaptés au colis
		Procédure particulière en cas de colis coincé ou dégradé (extraction par dégonflage du colis et conditionnement)
		Désignation d'un SAS et d'une zone rouge au front
	Gestion du risque lié à l'opération de suremballage	Mesures de protections collective et individuelle des opérateurs (haut niveau de protection par rapport au risque chimique que constituerait l'émission de substances dangereuses au front suite à une perte de confinement d'un colis)
Gestion du risque lié au transport de colis	Réalisé en zone rouge : même dispositions que précédemment pour une opération simple qui consiste à emballer le colis déstocké par une sache en plastique dans le but de protéger toute émission potentielle de déchets au travers du contenant originel (big bag ou fût)	
		Risque de perte de confinement du colis et d'épandage du déchet dans l'environnement de la galerie, en Zone VERTE, est écarté du fait de l'ensemble des dispositions de confinement, redondées : colis à double enveloppe, sur-sache plastique, container métallique arrimé à la remorque

Risque	Déclinaison	Gestion
Manipulation des colis	Gestion du risque spécifique lié au colis de déchets amiantés	Définition de protocoles d'intervention pour une situation nominale et une situation accidentelle
		En situation accidentelle, extension provisoire du réseau d'air comprimé jusqu'en zone rouge et installation d'un système permettant de détendre l'air pour alimenter en air frais un masque spécifique voire une combinaison complète
		En situation accidentelle : ensemble des surfaces recouvertes préventivement de surfactant, reconditionnement à la main avec un sur-ensachage de chaque élément individuel dans une sache globale et ensuite un sur-big bag ensaché et intégré au colis reconditionné
		Procédure générale en neuf points instaurée pour maîtriser l'ensemble des expositions aux agents chimiques dangereux voire CMR contenus dans les déchets
		Pour le colis amiante, ajout des points suivants pour les mesures de protection collective dans la zone sécurisée « zone écarlate » qui sera créée dans la zone rouge : cloisonnement de la zone écarlate dans la zone rouge, port obligatoire d'un masque complet avec adduction d'air pour pénétrer dans la zone, mise en place d'un sas de décontamination et mesures d'atmosphères complémentaires conformes aux exigences CARSAT (contrôles jour de l'atmosphère, en amont et aval du dépoussiéreur, eaux de rejet et mesures libératoires)
Incendie	1^{er} niveau	Réduction et limitation des produits inflammables et combustibles
		Réduction et limitation des sources d'inflammation
	2^{ème} niveau	Détection et limitation du développement d'un départ de feu, s'appuyant en particulier par l'instauration d'une Détection Automatique d'Incendie sur l'ensemble des engins en souterrain
		Mise en œuvre de compartimentage / sectorisation visant à limiter toute propagation d'un incendie d'une zone source vers une zone cible, et en particulier l'instauration d'une porte REI60 sur chaque entrée de bloc faisant l'objet de déstockage et sur l'accès à la niche hébergeant la cuve de gasoil d'alimentation des engins
	3^{ème} niveau	La lutte incendie basée en priorité sur la rapidité d'intervention et matérialisée par la mise en œuvre d'une Extinction Automatique Incendie couplée à la DAI sur tous les engins
		La lutte incendie complétée par le déploiement d'un réseau d'eau en charge, et d'un réseau d'azote, jusqu'à chaque entrée de bloc faisant l'objet d'un déstockage
		La mise en sécurité des opérateurs par la mise en œuvre de refuges mobiles pour chacun des 3 chantiers de déstockage pouvant être conduits simultanément (Ateliers Sud, Centre et Nord)

Tableau 4 : Mesures de gestion des risques liés à la ventilation, la manipulation des colis et l'incendie

Afin de comparer les scénarios entre eux, une cotation des risques est proposée et argumentée de la façon suivante :

Risque	Cotation finale				Commentaire
	S1	S2	S3	S4	
Gestion du risque lié à la ventilation					
Gestion du risque lié à l'apport d'air frais au front de déstockage					<i>Situation S1 : pas de déstockage donc pas de gestion d'air au front de déstockage ; décote des autres scénarios d'un niveau pour montrer que les opérations de déstockage apportent un risque mais maîtrisé</i>
Gestion du risque lié à l'alimentation en air frais des opérateurs au front de déstockage					<i>Situation S1 : pas de déstockage donc pas de gestion d'air au front de déstockage ; décote des autres scénarios d'un niveau pour montrer que les opérations de déstockage apportent un risque mais maîtrisé</i>
Gestion de l'évacuation de l'air vicié issu du front de déstockage					<i>Situation S1 : pas de déstockage donc pas de gestion d'air au front de déstockage ; décote des autres scénarios d'un niveau pour montrer que les opérations de déstockage apportent un risque mais maîtrisé</i>
Gestion de l'arrêt de la ventilation primaire ou secondaire					<i>Situation S1 : pas de déstockage mais le risque de perte de ventilation est avéré : donc niveau de 1 pour le souligner ; pas de décote d'un niveau inférieur pour les autres scénarios qui aurait pu être justifiée par plus de monde au fond et donc plus de personnel à gérer : la mesure de sécurité est la même dans chaque cas (ARAE et évacuation)</i>
Gestion de la température au poste de travail à front					<i>Situation S1 : pas de déstockage donc pas de gestion d'air au front de déstockage ; décote des autres scénarios d'un niveau pour montrer que les opérations de déstockage apportent un risque mais maîtrisé</i>
Gestion du contexte de la mine « grisouteuse »					<i>Situation S1 : pas de déstockage mais le risque grisou est avéré : donc niveau de 1 pour le souligner ; pas de décote d'un niveau inférieur pour les autres scénarios qui aurait pu être justifiée par plus de matériels : la mesure de sécurité est la même dans chaque cas (capteurs CH4, Zone Franche et protection des matériels)</i>
Gestion du risque lié à la manipulation des colis					
Gestion du risque lié à la prise des colis au front					<i>Situation S1 : pas de déstockage donc pas de manutention de colis, donc niveau 0 ; les S2, S3 et S4 diffèrent entre autres par le nombre de manipulations de colis ; il est choisi de souligner ce critère en apposant un niveau le plus fort pour S2, puis une décote pour S3 et enfin S4 pour lequel il y a moins de manipulations</i>
Gestion du risque lié à l'opération de suremballage					<i>Situation S1 : pas de déstockage donc pas de manutention de colis, donc niveau 0 ; l'opération de suremballage se réalise sur un colis sain, étanche et sécurisé : l'opération est simple ; pas de distinction de niveau entre S2, S3 et S4 : risque maîtrisé</i>
Gestion du risque lié au transport de colis					<i>Situation S1 : pas de déstockage donc pas de manutention de colis ni transport ; décote des autres scénarios d'un niveau pour montrer que les opérations de déstockage apportent un risque mais maîtrisé</i>
Gestion du risque spécifique lié au colis de déchets amiantés					<i>Situation S1 : pas de déstockage donc pas de manutention de colis, donc niveau 0 ; les S2, S3 et S4 diffèrent entre autres par le nombre de manipulation de colis d'amiante ; S2 tous les déchets amiantés sortent ; S3 les déchets amiantés ne sortent pas mais sont manipulés ; S4 certains déchets amiantés sont manipulés et/ou sortent</i>

Risque	Cotation finale				Commentaire
	S1	S2	S3	S4	
Gestion du risque incendie					
Gestion du risque incendie					<i>Situation S1 : le risque incendie est présent, moins de véhicules et pas de chantier au front mais pas de solution de repli pour les personnels (refuges) ; pour S2 à S4, plus d'opérations, plus de potentiels de dangers mais défense en profondeur et mise en place de refuge</i>
COTATION GLOBALE					

Tableau 5 : Cotation globale des risques liés à la ventilation, la manipulation des colis et l'incendie

Légende :

Risque fort	
Risque moyen	
Risque faible	
Risque négligeable	



ANNEXES

Annexe I : Analyse comparative de la gestion du risque alimentation en air frais en Zone ROUGE : adduction air ou air frais pleine section

Annexe II : Analyse comparative de la motorisation thermique Vs électrique des engins nécessaires aux opérations de déstockage

Annexe III : Modélisation de 2 scénarios d'incendie – Projet de déstockage partiel en parallèle de la poursuite du confinement

Annexe I : Analyse comparative de la gestion du risque alimentation en air frais en Zone ROUGE : adduction air ou air frais pleine section

Identification des risques

Tâche de travail analysée	Cas d'exposition	Risques professionnels	Evénements redoutés
Utilisation d'un appareil isolant à adduction d'air comprimé (à la demande ou à débit continu)	Situation accidentelle : intervention sur un colis dégradé	Risques liés aux produits, aux émissions et aux déchets	Intoxication due à la présence de gaz ou d'aérosols dans l'air respiré à effets toxiques immédiats ou différés
		Risques liés aux équipements de travail	Casse du matériel : pièce faciale, tuyau respiratoire, tube d'alimentation en air comprimé, détendeur, séparateur, filtre, manomètre, ... Perte d'étanchéité
		Risques liés aux ambiances thermiques	Utilisation de l'équipement en « chantier chaud » > 25°C
		Risques liés à la coactivité	Mise en œuvre de réseau d'air comprimé dans une zone de travail où circulent des engins
		Risques de malaise	Asphyxie liée à l'insuffisance d'oxygène dans l'air respiré ou son remplacement par un gaz inerte
Utilisation d'un appareil isolant à adduction d'air libre avec ou sans assistance motorisée	Situation accidentelle : intervention sur un colis dégradé	Risques liés aux produits, aux émissions et aux déchets	Intoxication due à la présence de gaz ou d'aérosols dans l'air respiré à effets toxiques immédiats ou différés
		Risques liés aux équipements de travail	Casse du matériel : pièce faciale, tuyau soupape inspiratoire et expiratoire, raccord, tuyau basse pression, sac respiratoire, ancrage, crépine ou ventilateur motorisé à injecteur d'air comprimé Perte d'étanchéité
		Risques liés aux ambiances thermiques	Utilisation de l'équipement en « chantier chaud » > 25°C
		Risques liés à la coactivité	Mise en œuvre du circuit d'air dans une zone de travail où circulent des engins
		Risques de malaise	Asphyxie liée à l'insuffisance d'oxygène dans l'air respiré ou son remplacement par un gaz inerte

Mesures de prévention / protection à mettre en œuvre pour maîtriser les risques

- > Le recours à une réserve d'air comprimé indépendante doit être préféré le plus souvent pour les interventions ponctuelles ou temporaires.
- > L'air alimentation la protection respiratoire doit être de qualité respirable, c'est-à-dire sain, exempt de polluant et à température et hygrométrie adaptées
- > Le maintien constant de l'alimentation en air est à vérifier : Maintien constant l'arrivée d'air à l'opérateur en garantissant une capacité de production en air comprimé et la continuité du réseau.
- > La fiabilité des connexions est à vérifier : Fiabiliser toutes les connexions accessibles par les opérateurs et les autres intervenants pour éviter toute possibilité de confusion avec une autre source de fluide (azote, eau...).
- > L'ensemble des opérateurs destinés à utiliser des appareils de protection respiratoire isolant ne peut travailler qu'avec une aptitude médicale délivrée par le médecin du travail.
- > Les appareils de protection respiratoire utilisés doivent avoir reçu une attestation de conformité CE et faire l'objet d'un marquage de la part du fabricant.
- > L'ensemble des opérateurs destinés à utiliser des appareils de protection respiratoire isolant à adduction d'air doit avoir un savoir-faire et des compétences visant à la maîtrise des risques liés à cet équipement de travail.
- > A chaque utilisation, l'étanchéité doit être vérifiée.
- > Délivrance par l'employeur aux opérateurs compétents les autorisations d'utilisation de protections respiratoires à adduction d'air, sur la base de l'avis d'aptitude donné par le médecin du travail et en fonction de la délivrance d'une formation à la sécurité adaptée et effective.
- > Vérifier régulièrement la qualité de l'air avec des appareils de métrologie adaptés
- > Mise en œuvre d'un programme d'entretien et de stockage lorsque les appareils ne sont pas utilisés.
- > Procéder dans le cadre de la maintenance préventive à des vérifications régulières d'étanchéité du réseau et aux actions préventives et correctives nécessaires (notamment la prévention des colmatages, déchirements et éclatement des filtres).
- > Vérifier périodiquement le bon fonctionnement et l'étanchéité de l'appareil (soupape à la demande, débit...) selon les instructions du fabricant.
- > Nettoyer les protections respiratoires pour les désinfecter conformément aux instructions du fabricant.
- > Définition d'une durée du travail adaptée à l'opération sur la base d'une évaluation des risques réalisée au préalable (temps maximal de vacation de 2h10 dans le contexte des MDPA)
- > Organisation par l'employeur organise d'une surveillance lors de l'utilisation d'appareils de protections respiratoires à adduction d'air
- > Un plan de secours en cas d'urgence doit être prévu et écrit, incluant les premiers secours et l'assistance médicale.
- > Un plan de secours en cas d'urgence doit être prévu et écrit, comprenant l'assistance aux personnes sous appareil isolant
- > Les engins doivent être stoppés en cas d'utilisation de l'appareil isolant avec adduction d'air, afin de supprimer tout risque de coactivité.

Evaluation du risque dans le contexte des MDPA

Utilisation d'un appareil isolant avec adduction d'air	Evaluation de la probabilité	Evaluation de la gravité	Facteur	Cotation brute	Cotations scénario			Facteur de division	Cotations résiduelles		
	P	G	REX		S2	S3	S4		S2	S3	S4
Risques liés aux produits, aux émissions et aux déchets	1	2	1.67	3.34	6.68	5.77	5.31	2	3.34	2.88	2.65
Risques liés aux équipements de travail	1	1	1.42	1.42	2.84	2.45	2.26	2	1.42	1.23	1.13
Risques liés aux ambiances thermiques	1	1	1	1	2.00	1.73	1.59	2	1.00	0.86	0.79
Risques de malaise	2	1	1.38	2.76	5.52	4.77	4.39	1.5	3.68	3.18	2.92

Conclusion – Evaluation des risques liés à l'utilisation d'un réseau appareil isolant avec adduction d'air

En application de la méthodologie d'évaluation des risques, il ne ressort pas de risques jugés comme inacceptables.

Cependant, cette évaluation ne prend pas en compte les risques liés à l'utilisation d'un appareil à adduction d'air de manière simultanée avec l'utilisation d'autres équipements spécifiques aux techniques de déstockage et de reconditionnement des déchets, comme :

- La conduite d'un chariot élévateur pour le déplacement des colis de déchets : la méthodologie de traitement des colis pour sortir d'une zone rouge nécessite de se déconnecter tous les 10 mètres du circuit d'air respirable et de se reconnecter avant de reprendre le véhicule. Ce mode opératoire très exigeant est un facteur d'augmentation de la probabilité d'incident.
- L'utilisation d'appareil à entraînement mécanique (surfaceuse et aspirateur).

De la même manière, des risques de coactivités existent avec les opérations de manutention effectuées à proximité des zones de travail, ce qui augmente également la probabilité d'incidents pour l'utilisation du système à adduction d'air (heurt, casse, perte d'étanchéité, ...).

Pour ces raisons, il convient de préconiser l'utilisation d'un système à adduction d'air lors du traitement de colis dégradés uniquement lorsque ceux-ci peuvent être reconditionnés de manière manuelle, et ce en l'absence d'autres tâches dans l'environnement direct de la zone, limitant ainsi tout risque lié à la coactivité.

Annexe II : Analyse comparative de la motorisation thermique Vs électrique des engins nécessaires aux opérations de déstockage

Contexte :

- Les installations souterraines des MDPAs sont classées en catégorie « épisodiquement grisouteuse », en application du règlement général des industries extractives (RGIE).
- Les appareils destinés aux travaux souterrains des mines et aux parties de leurs installations susceptibles d'être mis danger par le grisou et/ou des poussières combustibles appartiennent aux appareils de Groupe I de la thématique ATEX.
- L'ATEX est en partie considérée en souterrain par la définition de la Zone Franche : zone dans laquelle les matériels et installations électriques non de sécurité par rapport au risque de grisou peuvent être utilisés.
- Le corolaire est donc qu'en dehors de la Zone Franche, le seul matériel autorisé est celui sécurisé et conforme par rapport au risque de grisou.
- L'INERIS - Rapport n° DRA-13-142158-12510A du 27/11/13 - a précisé le classement ATEX au fond : les galeries du réseau de ventilation principale ne sont pas classées et les galeries du réseau de ventilation secondaire sont classées en zone 2.
- La désignation de l'INERIS est à corriger car en Mines, seules 2 zones sont désignées : M1, dans laquelle il y a présence avérée de méthane et, M2, zone dans laquelle il y a un risque de présence de méthane.
- Donc sans préjuger du classement ATEX en fond établi par les MDPAs, ce dernier doit être une zone M2 dans les galeries de ventilation secondaire afférentes à une opération de déstockage d'un bloc, et une zone non classée ailleurs (la Zone Franche). Cette disposition est confirmée dans le mémo de réponse de l'intervenant pour les opérations de déconfinement « *L'ensemble du matériel que nous avons prévu de descendre au fond est prévu ATEX G1M2. De ce fait, la totalité de notre matériel pourra être utilisé en zone Franche comme en zone ATEX, ce qui apporte une souplesse et une sécurité supplémentaire en permettant de s'affranchir de tout risque majeur lié à cette problématique ATEX* »
- Le choix d'engin à moteur thermique ou électrique doit intégrer les contraintes ATEX, mais d'autres critères tels l'homogénéité du parc d'engins, un classement ICPE potentiel et ses contraintes, l'introduction de nouveaux potentiels de dangers dans le cas de moteurs électriques (charge des batteries), ...
- Le parc d'engins nouveaux est estimé à 2 chariots tracteurs et 2 chariots élévateurs en surface, et 3 chariots tracteurs et 3 chariots élévateurs en fond.

Caractérisation d'engins à moteur thermique :

- C'est le choix le plus simple : les engins en fond sont à moteur thermique (dont les 3 AUSA et le DP50 que nous conserverions) et leur utilisation est encadrée par des consignes d'exploitation et de sécurité, pour toutes les zones du fond.
- Une station d'alimentation en carburant est déjà disponible : pas de nouveau potentiel de dangers.
- Potentielle consommation plus importante de carburant et des opérations de ravitaillement de la cuve de 1000 litres entre la surface et le fond plus nombreuses : potentiel de dangers déjà apprécié par les MDPAs.
- Quantité de liquides inflammables embarqués notable : les nouveaux engins à moteur thermique devront disposer de sécurités pour pallier tout risque de fuite de carburant et de liquides hydrauliques (rétention, résistance des réservoirs, liquides HDFU) et fonctionner au gasoil qui propose un point d'éclair supérieur à 55°C. Les engins devront être équipés de dispositifs de Détection Automatique d'Incendie couplée à une Extinction Automatique Incendie : spécification technique à stipuler dans le cahier des charges.

- Les engins à moteur thermique devraient répondre aux contraintes ATEX d'une Zone M2... comme c'est déjà le cas pour les engins à demeure à ce jour.
- Inconvénients :
 - Emission de gaz de combustion ... mais dispositions sur les engins et ventilation dimensionnée pour assurer une ambiance saine pour les opérateurs
 - Apport de source de combustibles... mais spécification de besoin à formuler sur le choix de l'engin : gasoil, protection réservoir, liquides HDFU, DAI, EAI et protection ATEX pour zone M2
- Avantages :
 - Complète à l'identique le parc actuel des 3 AUSA
 - Le fond dispose déjà d'une aire de ravitaillement en carburant
 - Le plein de l'engin assure une durée de fonctionnement longue avant un ravitaillement

Caractérisation d'engins à moteur électrique :

- Il a été estimé que les engins doivent fonctionner sur 2 postes successifs avant d'être rechargés, soit une durée de fonctionnement continue de 16h. Le temps de charge max est alors de 8 heures, retenu à 6 heures (marge).
- L'activité de charge de batterie s'inscrit en rubrique ICPE2925 : seuil de classement (prescription pour aménagement et sécurité) fixé à 50 kW de puissance pour une batterie classique et à 600 kW pour des batteries LI-ion.
- Sur la base de 10 engins électriques homogènes, la puissance maximale par engin avec batterie classique pour rester sous le seuil serait de 5 kW et serait de 60 kW pour des engins avec batterie Li-ion.
- Un chariot électrique « moyen » YALE RP25UX peut porter 2,5 T. Le voltage est de 80V et la capacité de charge de 600 Ah. Un tracteur électrique YALE peut être caractérisé par un voltage de 48V et une capacité de charge de 375 Ah.
- Pour un temps de charge de 6 heures d'un chariot, le courant de charge serait alors de 100A et la puissance maximale en continue de charge de 8,0 kW.
- Pour un temps de charge de 6 heures d'un chariot, le courant de charge serait alors de 62,5A et la puissance maximale en continue de charge de 3,0 kW.
- La charge de 5 chariots et 5 tracteurs est caractérisée selon cette approche par une PMC de 55 kW, supérieure au seuil de 50 kW pour des batteries classiques.
- L'activité de charge serait alors classée et son implantation devrait répondre aux prescriptions de l'arrêté du 29 mai 2000 parmi lesquelles la sectorisation feu du local, l'asservissement de la charge à la ventilation...
- Des dispositions envisageables en surface mais compliquées à mettre en œuvre en fond.
- Par ailleurs il est rappelé que la charge de batterie classique plomb libre du H2 et que l'on crée alors une ATEX au point de charge, ce qui constitue un nouveau potentiel de dangers.
- Avantages :
 - Supprime le potentiel de dangers de carburant embarqué
 - Supprime l'émission de gaz de combustion
- Inconvénients :
 - Local de charge dédié
 - Ajout d'un nouveau potentiel de dangers ATEX au point de charge
 - Nécessité de charges régulières pendant les 2x8h et au minimum d'une charge journalière en dehors des heures d'utilisation pendant les 2 postes successifs
 - Disponibilité sur le marché d'engin répondant au besoin de fonctionnement requis pendant 16 heures de fonctionnement ?

Conclusion :

- Le 100% électrique en batterie plomb classique apporte a priori plus de contraintes que d'avantages car l'activité de charge serait inscrite à Déclaration selon la rubrique ICPE 2925 et devrait répondre à des contraintes singulières telles l'implantation des postes de charges dans un/des local(aux) dédiés, sectorisés feu, avec une charge asservie à la ventilation... Par ailleurs la charge de ces batteries libère du dihydrogène et constitue ainsi un nouveau potentiel de dangers et la nécessité nouvelle de maîtriser ce risque (localisation de l'implantation sûrement en zone franche en recette fond du puits Joseph mais avec des cibles à proximité)
- Le 100% électrique en batterie ne dégageant pas de H₂ lors de la charge pourrait permettre de ne pas dépasser le seuil ICPE 2925 des 600 kW de puissance maximale continue (pas de données constructeurs explicites). Cependant, les temps d'utilisation en fond, en particulier pour les chariots sont notables (linéaires de transport) et la disponibilité de la batterie nécessite des charges rapides mais régulières, potentiellement incompatibles avec l'activité en 2x8h au fond.
- **Il est proposé de retenir une solution électrique en surface et de conserver une motorisation thermique en fond :**
 - Le seuil ICPE 2925 ne serait pas dépassé : régime non classé et pas de nécessité de disposer d'un local spécifique de charge, mais envisager plutôt des postes de charge « ouvert »
 - Pas de gaz de combustion même si les engins thermiques actuels disposent de mesures (pot, ...) pour pallier l'émission de particules polluantes
 - Spécification de batteries étanches (pas de dégagement de H₂) pour supprimer le risque ATEX : des charges régulières de courtes durées peuvent facilement être réalisées en surface
 - Dispositions de sécurité sur engins en fond : protection du réservoir, carburant gazoil (PE > 55°C), fluides hydrauliques HDFU, DAI et EAI embarquées, protection ATEX pour une zone M1
 - Pas de nouveaux risques apportés par des engins thermiques en fond : thématique déjà encadrée par les MDPA



Annexe III : Modélisation de 2 scénarios d'incendie – Projet de déstockage partiel en parallèle de la poursuite du confinement

Antea Group / MDPA

Modélisation de 2 scénarios d'incendie – Projet de déstockage partiel en parallèle de la poursuite du confinement

Date : 31/08/2020

Destinataire : Christophe Scharff
christophe.scharff@anteagroup.com

Contact APSYS : Alban MAHON Tél. : +33 (0)5 61 30 94 14
alban.mahon@apsys-airbus.com

Référence : FTED190506/BUTED/NT/20-00790

Ce document est la propriété d'APSYS. Son contenu ne peut être reproduit ou divulgué sans autorisation écrite préalable.

BUSINESS UNIT TRANSPORT / ENERGIE / DEFENSE		ORGANISME EMETTEUR 		Siège social ZAC du Grand Noble Avenue Normandie Niémen 31700 BLAGNAC	
CLASSIFICATION			Marché ou contrat		
Secret militaire	Secret industriel		Numéro du marché ou du contrat	Organisme client	
-	-		N° 22522	Antea Group	
Contractuel	Lot	Poste	Programme		
OUI	-	-	-		
TITRE : Modélisation de 2 scénarios d'incendie – Projet de déstockage partiel en parallèle de la poursuite du confinement					
Identification du document			Nombre de pages		
APSYS :	FTED190506/BUTED/NT/20-00790		Texte	Planche	Annexe
(client) :	Antea Group		51	0	1
Date :	Réf. du fichier :		Notion d'indexage :		
31/08/2020	FTED190506-ANTEA-MDPA- Modélisation incendie FDS en souterrain - VF31082020.docx		MDPA – Antea Group – incendie – 3D FDS		
Résumé d'auteur : Ce document présente les modélisations 3D de scénarios d'incendie réalisées dans le cadre de l'étude de la faisabilité d'un déstockage partiel en parallèle de la poursuite du confinement des MDPAs (Mines de potasse d'Alsace). Ce projet est mené par la société Antea Group, qui s'appuie sur APSYS pour la réalisation des modélisations incendies prenant part au volet « risque incendie » de l'étude globale.					
Auteur(s)  Signature numérique de Alban MAHON Date : 2020.08.31 15:10:42 +02'00'		Vérificateur  Claire Jaulhac 2020.08.31 15:14:22 +02'00'		Approbateur  Claire Jaulhac 2020.08.31 15:14:43 +02'00'	
Alban MAHON		Claire JAULHAC		Claire JAULHAC	

Diffusion

SOCIETE	DESTINATAIRES	NB EXEMPLAIRES
Antea Group	Christophe Scharff	1

Page de modifications

EDITION	RÉVISION	DATE	PAGES MODIFIÉES	VISA
0.1	0.1	18/08/2020	Tout le document	A. MAHON
1.0	1.0	31/08/2020	Prises en compte commentaires internes et Antea Group	A. MAHON

Sommaire

1.	DOCUMENTS DE REFERENCE	7
2.	OBJET DE L'ETUDE.....	8
3.	PRESENTATION SUCCINTE DU LOGICIEL UTILISE	9
4.	SCENARIO 1 : DEPART DE FEU SUR UN ENGIN DE MANUTENTION LORS DES OPERATIONS DE DESTOCKAGE.....	10
4.1.	Description du scénario et des objectifs.....	10
4.2.	Description de la maquette de calcul	11
4.2.1.	Vue d'ensemble de la maquette de calcul	12
4.2.2.	Détails des éléments de la maquette de calcul	13
4.2.3.	Justification de la résolution du maillage retenue.....	15
4.3.	Objectifs de sécurité et critères de performance associés pour l'évacuation des personnes.....	16
4.3.1.	Critères de performance pour l'évacuation.....	16
4.3.2.	Données relatives à la réactivité et au déplacement des personnes.....	16
4.4.	Terme source de l'incendie.....	19
4.5.	Analyse des résultats obtenus	22
4.5.1.	Développement de l'incendie et profil de feu	22
4.5.2.	Distance maximale à parcourir pour l'évacuation et temps de parcours.....	23
4.5.3.	Evolution du coefficient d'extinction lumineuse dans les galeries au cours du temps	24
4.5.4.	Evolution des critères de température dans les galeries au cours du temps	29
4.6.	Synthèse générale – scénario 1	31
5.	SCENARIO 2 : DEPART DE FEU SUR UN ENGIN DE MANUTENTION DANS LA ZONE DE PARKING DEDIE	34
5.1.	Description du scénario et des objectifs.....	34
5.2.	Description de la maquette de calcul	35
5.2.1.	Vue d'ensemble de la maquette de calcul	36
5.2.2.	Détails des éléments de la maquette de calcul	36
5.2.3.	Justification de la résolution du maillage retenue.....	38
5.3.	Objectifs de non-propagation du feu et critères de performance associés à l'intervention.....	38
5.3.1.	Critères de performance pour l'intervention.....	38
5.3.2.	Critère relatif à la propagation de l'incendie	39
5.4.	Terme source de l'incendie.....	39
5.4.1.	Terme source du primo-foyer.....	39
5.4.2.	Foyers secondaires et propagation.....	39
5.5.	Analyse des résultats obtenus	40
5.5.1.	Développement de l'incendie et profil de feu	41
5.5.2.	Evolution du coefficient d'extinction lumineuse dans la galerie au cours du temps.....	43
5.5.1.	Evolution du critère de température dans les galeries au cours du temps	47

5.5.2. Etude la propagation de l'incendie	48
5.6. Synthèse générale – scénario 2	49
ANNEXE 1 : ETUDE DE SENSIBILITE AU MAILLAGE.....	50

1. DOCUMENTS DE REFERENCE

- [R1]. Amandine Lecocq, Marie Bertana, Benjamin Truchot, Guy Marlair. Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle. 2. International Conference on Fires In Vehicles - FIVE 2012, Sep 2012, Chicago, United States. SP Technical Research Institute of Sweden. Boras, pp.183-194, 2012.<ineris-00973680>
- [R2]. Experimental characterization of a forklift fire - L. Audouin, M. Coutin – IRSN
- [R3]. Haukur Ingason, Anders Lönnermark, Håkan Frantzich, LTH, Maria Kumm, MDH - SP Technical Research Institute of Sweden - SP Report 2010:83 - Fire incidents during construction work of tunnels.
- [R4]. Study of heat release rates of mining véhicules in underground hard rock mines - R. Hansen - 2015 - Mälardalen university Sweden
- [R5]. EDD MDPA - Operations de déstockage de l'ancien site Stocamine
- [R6]. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering – 5th Edition
- [R7]. CETU – Comportement au feu des tunnels routiers
- [R8]. Ministère de l'écologie et du développement durable – Guide technique relatif aux valeurs de référence de seuils d'effets des phénomènes accidentels des installations classées – octobre 2004)
- [R9]. SINTEF NBL, Norwegian Fire Research Laboratory – Fire in tyres – Heat release rate and response of vehicles – Avril 1995
- [R10]. Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-2 : Actions générales – Actions sur les structures exposées au feu
- [R11]. CETU – Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers – Fascicule 4 – Les études spécifiques des dangers – Septembre 2003
- [R12]. AIPCR – Maitrise des incendies et des fumées dans les tunnels routiers – (05.05B – 1999)

2. OBJET DE L'ETUDE

L'objet de cette note est de présenter les modélisations d'incendie retenues et réalisées (2 scénarios 3D d'incendie) dans le cadre du projet d'étude technique et financière de la faisabilité de la poursuite d'un déstockage partiel, en parallèle de la poursuite du confinement dans les installations souterraines du site MDPa (Mines de Potasse d'Alsace).

Ce projet est conduit par la société Antea Group qui s'appuie sur APSYS pour la réalisation des modélisations incendies retenues (2 configurations).

Ce document présente les calculs réalisés en s'appuyant sur la présentation des hypothèses retenues, des objectifs de modélisation, de la démarche mise en œuvre et des résultats obtenus. Les modélisations se basent sur la mise en œuvre du logiciel FDS (Fire Dynamics Simulator), version 6.4.0.

Suite à différents échanges entre les sociétés APSYS et Antea Group d'une part et Antea Group et MDPa d'autre part, les scénarios d'incendie retenus sont les suivants :

- **Scénario 1 : Départ de feu sur un engin de manutention associé au projet précédemment cité dans la zone de déstockage et menant à l'inaccessibilité de l'un des refuges ;**
- **Scénario 2 : Départ de feu sur un engin de manutention dans la zone de parking dédié ;**

Dans chacun des paragraphes dédiés respectivement aux 2 configurations d'études, les enjeux de la modélisation en termes d'évacuation, d'intervention ou de propagation de l'incendie seront explicités.

Afin de localiser de manière globale les scénarios d'incendie envisagés dans le réseau souterrain MDPa, la figure suivante présente les zones d'étude.

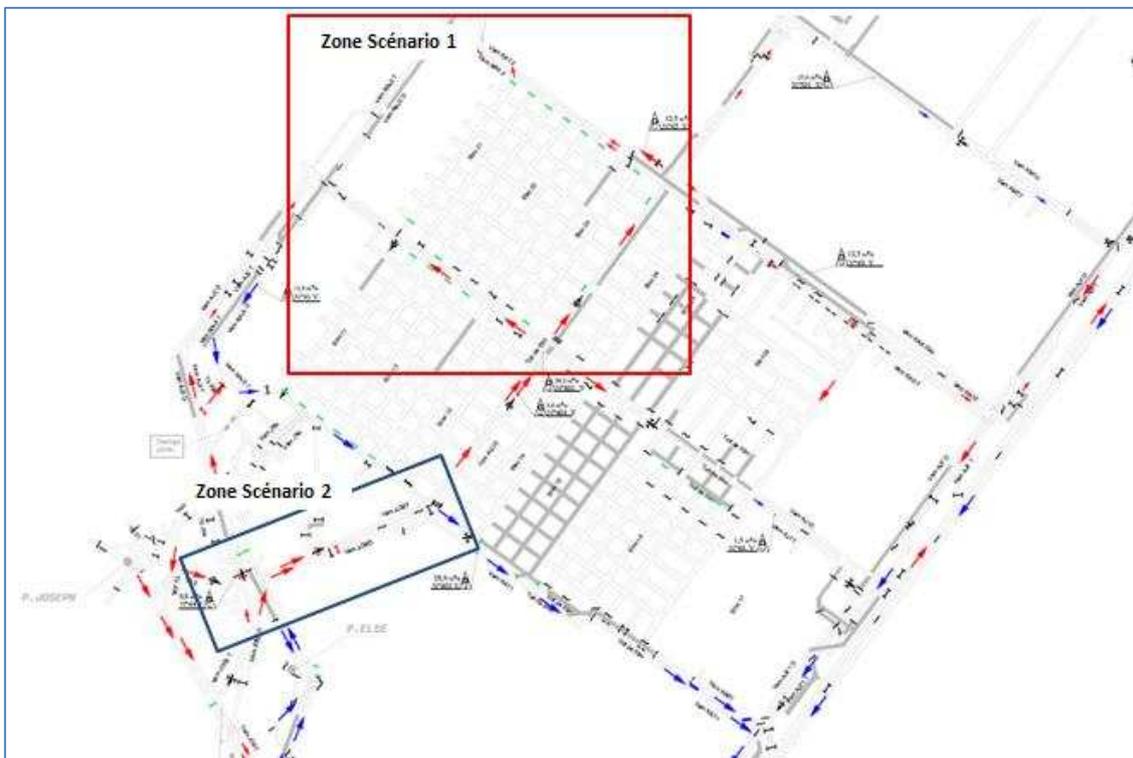


Figure 1: Vue macroscopique des zones d'études pour les 2 scénarios d'incendie

3. PRESENTATION SUCCINTE DU LOGICIEL UTILISE

Les modélisations réalisées dans le cadre de cette étude reposent sur la mise en œuvre du logiciel FDS (Fire Dynamics Simulator). Il s'agit d'un code de calcul CFD dédié à l'étude des incendies et des écoulements de fluides par la méthode des volumes finis.

Le logiciel FDS est aujourd'hui le logiciel le plus fréquemment utilisé dans les modélisations 3D des phénomènes d'incendie. Cet outil a fait l'objet de nombreuses vérifications et validations par les organismes qui le développent, à savoir :

- Le NIST (National Institute of Standards and Technology), rattaché au département du commerce des Etats-Unis ;
- Le VTT Technical Research Center de Finlande.

Le principe de cet outil est de diviser le domaine de calcul en mailles (volumes élémentaires). Le code de calcul résout numériquement les équations de Navier-Stokes pour les écoulements à faible vitesse et pilotés principalement par les effets thermiques, avec une prise en compte des fumées et du transport de la chaleur.

Dans le cadre de cette étude, la turbulence, particulièrement intense au sein des flammes, a été prise en compte par la méthode LES (Large Eddy Simulation). Celle-ci permet, à partir d'un maillage « grossier » de restituer, de la manière la plus fidèle possible, les phénomènes physiques grâce à des temps de calcul généralement raisonnables. L'expression LES (« eddy » = « turbulent ») se réfère à la description d'un mélange turbulent de gaz. Ce processus, qui détermine le taux de combustion dans la plupart des feux et contrôle l'expansion des fumées et des gaz chauds, est extrêmement difficile à prédire précisément. L'idée de base de la méthode LES est que les turbulences qui entrent en compte sont suffisamment grandes pour être calculées avec une précision suffisante grâce aux équations de la mécanique des fluides. L'hypothèse majeure réside dans le fait que les mouvements de turbulence de petites échelles peuvent être modélisés et non calculés. **La version utilisée est la version 6.4.0 du code de calcul.**

Plusieurs types d'informations sont nécessaires pour mettre en œuvre des modélisations 3D d'incendie. Les principales données à renseigner sont relatives :

- à la maquette du domaine de calcul ;
- au terme source qui initie l'incendie ;
- aux paramètres de calcul ;
- aux propriétés thermiques des matériaux présents, etc.

4. SCENARIO 1 : DEPART DE FEU SUR UN ENGIN DE MANUTENTION LORS DES OPERATIONS DE DESTOCKAGE

4.1. Description du scénario et des objectifs

D'après l'analyse des événements redoutés et des potentiels départs de feu, il est retenu un incendie sur un engin de manutention au niveau d'une voie d'accès menant au front de déstockage.

L'objectif de ce scénario est d'évaluer, pour une configuration pénalisante dans laquelle l'incendie bloquerait l'accès au refuge le plus proche, **les conditions et le temps d'évacuation du personnel depuis l'un des fronts de déstockage vers un second refuge ou bien vers une zone d'air frais permettant une évacuation sans risque.**

Du fait de l'inclinaison de certaines galeries dans la zone de stockage, la configuration retenue porte sur un départ de feu bloquant l'accès au refuge n°2 (située à l'extrémité ouest des voies Vam AJ1D et AJ1T). Ce choix est retenu du fait de la configuration des potentiels chemins d'évacuation et du flux d'air dans les galeries lié à la ventilation nominale. De ce fait, l'évacuation dans le premier tronçon s'effectue dans le sens montant avant l'atteinte du centre de la zone de stockage. A partir de cet emplacement, 2 solutions pour l'évacuation sont envisageables :

- Rejoindre la recette du puits Joseph avec une circulation dans l'air frais et avec une pente favorable (légèrement descendante dans les premières dizaines de mètres) ;
- Rejoindre le refuge 1 situé dans la partie nord des blocs de stockage en empruntant la voie Vam AQ2T. La pente ascendante est donc défavorable pour l'évacuation car celle-ci entraîne une réduction de la vitesse de déplacement ainsi qu'une direction privilégiée pour la propagation des fumées (d'autant plus que le flux d'air issu de la ventilation nominale a également tendance à « pousser » les fumées dans cette direction).

La figure suivante présente un plan schématique de la zone d'étude permettant la visualisation des éléments présentés ci-avant.

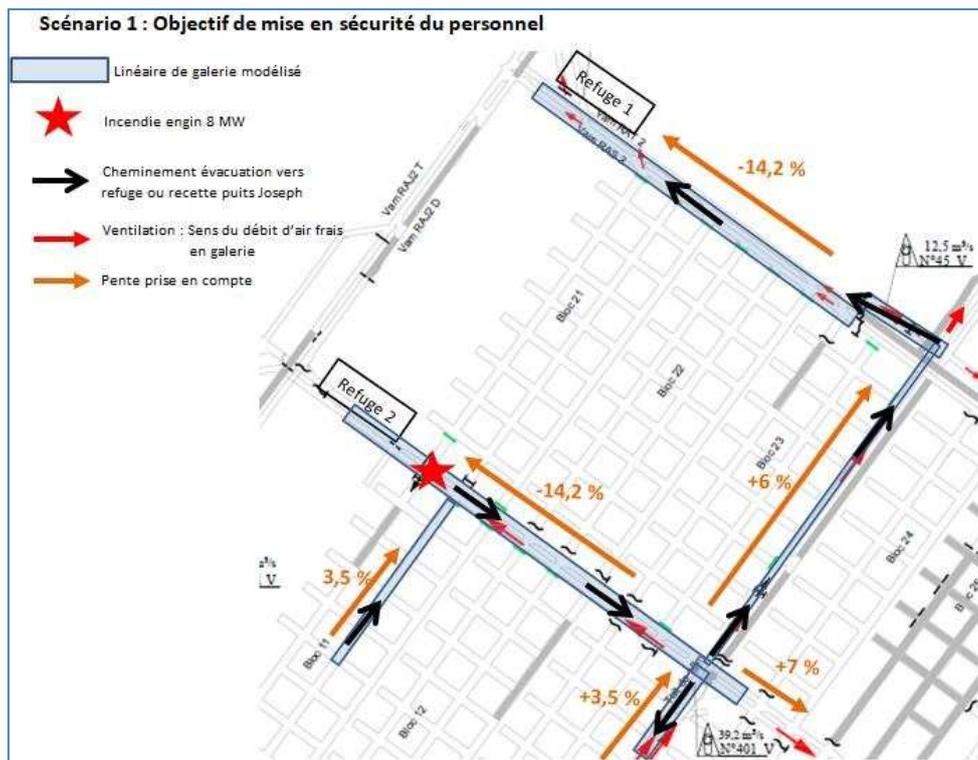


Figure 2: Plan schématique de la zone d'étude - Scénario 1

Remarque : Les pourcentages de pentes retenus et présentés précédemment proviennent des données d'entrée fournies à APSYS, exploitées à partir des inputs MDP (des valeurs maximales par tronçon / galerie ont été établies). En l'absence d'information, des hypothèses ont été formulées pour la zone de travail dans le bloc 11 et pour la galerie Vam RAT2 (impact mineur du fait de son éloignement avec le foyer de l'incendie).

4.2. Description de la maquette de calcul

Du fait des objectifs de modélisation présentés au paragraphe 4.1, le domaine de calcul modélisé prend en compte les voies d'accès présentées en Figure 2, à savoir les galeries Vam AJ1D et AJ1T, Vam AQ2T, Vam RAT2 ainsi qu'un linéaire du bloc 11 représentant un hypothétique front de travail.

Du fait du linéaire important à modéliser et des pentes présentes, certaines fonctionnalités spécifiques du logiciel FDS ont été utilisées pour simplifier le domaine de calcul, à savoir :

- L'utilisation d'un vecteur gravité modifié et évolutif spatialement dans une direction de l'espace pour représenter les pentes dans la direction longitudinale des galeries Vam AJ1D, Vam AJ1T et RAT2 ;
- L'utilisation d'une répétition d'obstacle pour la représentation de la galerie associée au front de travail et pour la voie Vam AQ2T afin de modéliser explicitement la pente de l'incendie.

Lors de la réalisation de la maquette de calcul 3D, la méthodologie a été de faire coïncider les géométries des différents éléments pris en compte avec la grille de calcul considérée. Différents blocs, de type structurés, construits à partir de mailles cubiques de résolution 25 cm constituent le domaine de calcul pour permettre une représentation la plus fidèle possible des galeries modélisées, à savoir :

- Un bloc, en accord avec les dimensions de la voie d'accès ouest Vam AJ1D et AJ1T, de dimensions 265 m x 11 m x 2,75 m respectivement selon les axes X, Y et Z d'un repère cartésien ;

- Une répétition de blocs de dimensions respectives 5,5 m x 7 m x 2,75 m pour représenter la zone de travail dans le bloc 11 (longueur modélisée d'environ 50 m) ;
- Une répétition de blocs de dimensions respectives 3,75 m x 4 m x 2,75 m pour représenter la voie Vam AQ2T (longueur d'environ 245 m) ;
- Un bloc de dimension 265 m x 3,75 m x 2,75 m pour représenter la voie Vam RAT2 ;
- Des blocs supplémentaires de dimensions 3,75 m x 5 m x 2,75 m pour représenter une portion de la voie Vam AQ1T permettant l'arrivée d'air dans le domaine de calcul ;
- Un bloc de dimension 11 m x 11 m x 2,75 m pour représenter une portion de la partie est des voies AJ1D et AJ1T.

A titre d'information, le nombre total d'éléments du maillage (mailles) s'élèvent à environ 950 000.

Remarque : Les dimensions réelles des galeries sont de 3,8 m de large sur 2,8 m de haut (mono-galerie). Les dimensions retenues en accord avec le maillage utilisé sont pénalisantes d'un point de vue de l'élévation de température et de la propagation des fumées.

4.2.1. Vue d'ensemble de la maquette de calcul

Les figures suivantes présentent respectivement une vue d'ensemble de la maquette de calcul réalisée et un zoom au niveau de la galerie ouest Vam AJ1D et AJ1T siège de l'incendie.

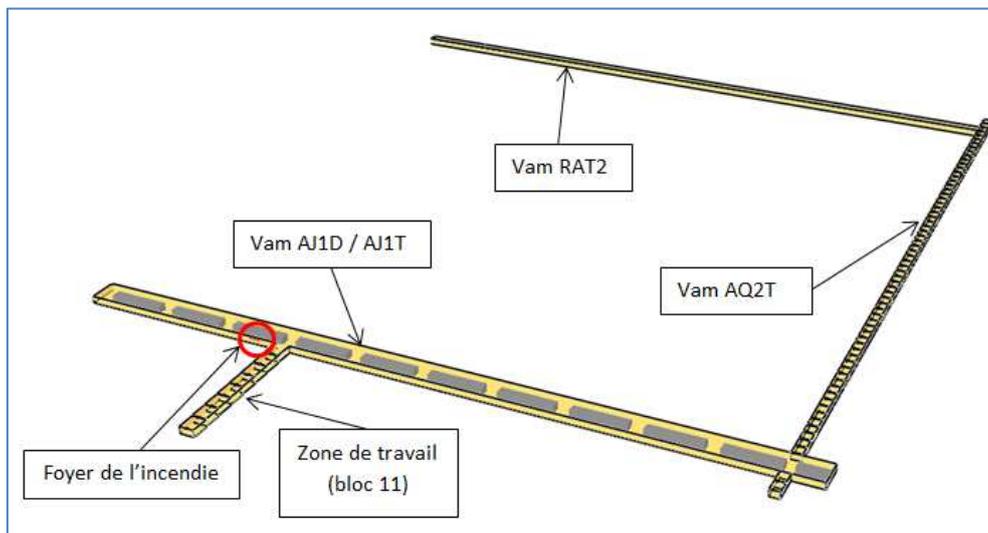


Figure 3: Maquette de calcul réalisée – scénario 1

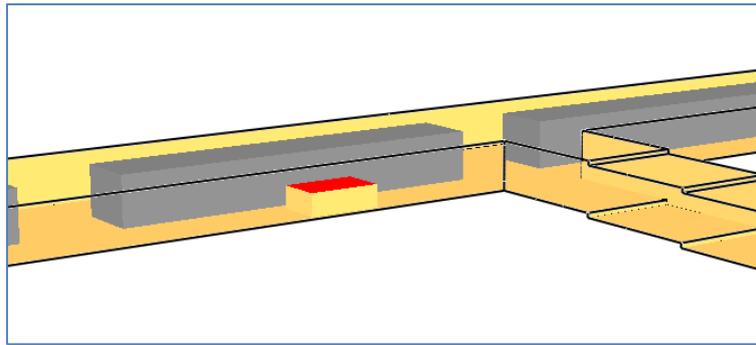


Figure 4: Zoom au niveau de l'incendie – scénario 1

4.2.2. Détails des éléments de la maquette de calcul

4.2.2.1. Eléments relatifs à la géométrie

Les différents éléments pris en compte lors de la construction de la maquette sont les suivants :

- Les différentes galeries d'intérêt constituant les chemins d'évacuation potentiels ;
- Les « obstacles » au centre de la « double galerie » Vam AJ1T et AJ1D permettant une meilleure représentation de la réalité (2 galeries distinctes avec présence de « recoupes ») ;
- Le gabarit approché de l'engin de chantier siège de l'incendie.

Les Figure 3 et Figure 4 présentées précédemment permettent de visualiser les principaux éléments.

Du fait des objectifs inhérents à la modélisation du scénario 1, à savoir la problématique d'évacuation et de mise en sécurité du personnel (dépendant de l'étude de la propagation des fumées), ainsi que de la constitution des parois des galeries, ces dernières ont été représentées telles des matériaux inertes.

Cette considération n'a que très peu d'impact sur les résultats de modélisation (propagation des fumées, visibilité) et a tendance à maximiser la température au sein des galeries car les échanges thermiques entre le domaine fluide et les parois ne sont pas pris en compte.

Les éléments potentiellement présents dans les galeries modélisées et non considérés dans la maquette de calcul sont les suivants :

- Les potentiels éléments inhérents au projet de déstockage (autres engins de chantier, ventilateur secondaire, entreposage de matériaux divers) car la connaissance de ceux-ci et leur position éventuelle ne sont pas précises à ce stade du projet. Par ailleurs, la position des éventuels véhicules ou autres éléments sont susceptibles d'évoluer au cours du temps ;
- Les refuges situées dans les galeries Vam AJ1T / AJ1D et Vam RAT 2 car l'analyse de l'évacuation se focalise sur la cinétique de déplacement du personnel. Seule la zone d'implantation du refuge n°1 est considérée pour estimer la distance à parcourir jusqu'à celui-ci ;
- Les portes d'aérage ou coupe-feu présentes réellement au sein des MDPA car leur étanchéité n'est pas avérée, leur fermeture nécessite une action manuelle et celles identifiées dans la zone modélisée sont des portes ouvertes. Il n'est ainsi pas tenu compte de la mise en œuvre d'une barrière de protection active (intervention humaine) en amont d'un incendie, telle que la dite barrière limite / retarde la propagation des fumées (approche pénalisante).

Ces éléments ne sont donc pas pertinents dans ce scénario d'incendie dont l'objectif est de considérer une situation pénalisante d'un point de vue de l'évacuation.

Remarque : La galerie accueillant le refuge n°1 (Vam RAT2) est théoriquement une double galerie. Dans un objectif de simplification du modèle et en conservant une approche conservatoire, cette galerie a été modélisée en considérant une simple galerie du fait de son éloignement (environ 450 m) avec le foyer primaire ce qui n'impacte pas l'analyse concernant l'évacuation des personnes.

4.2.2.2. Eléments relatifs à la ventilation

Dans le cadre de cette étude, la ventilation au sein des galeries a été considérée comme restant « nominale » pendant toute la durée de l'incendie (ou a minima pendant la durée d'étude correspondant au temps de mise en sécurité du personnel).

Cette hypothèse repose sur les observations / considérations suivantes :

- En cas de gestion spécifique de la ventilation en situation d'incendie, la chronologie des actions (de la détection à l'arrêt éventuel de la ventilation, en passant par l'isolement éventuel du foyer) doit être précise et bien documentée. Dans le cas des MDPA, cette chronologie dépend de nombreux paramètres ne pouvant pas tous être pris en compte ;
- En cas d'arrêt total des ventilateurs, il est possible que le flux d'air frais (entrant par le puits Joseph et sortant par le puits Else) s'inverse selon les conditions climatiques extérieures. De manière similaire, les débits résiduels dépendent des conditions climatiques extérieures. De ce fait, les conditions aérauliques sans ventilation forcée sont méconnues. Ces informations proviennent du document [R5]. ;
- L'objectif de la modélisation du scénario 1 étant la mise en sécurité du personnel, le focus est principalement fait sur les premières minutes de feu (du début de l'incendie à environ 15 min de feu). L'hypothèse a donc été faite qu'une potentielle action sur la ventilation se produisant sur une chronologie plus grande n'aurait pas d'impact immédiat sur les premières minutes du feu et la gestion de l'évacuation.

Dans la modélisation FDS, le flux d'air est piloté en extrémité de chacune des galeries en considérant deux types de condition limite (cf. Figure 5), à savoir :

- Une condition de débit volumique d'extraction imposé à l'extrémité des galeries ;
- Une condition limite de type « OPEN » permettant l'admission d'air dans le domaine de calcul.

Remarque : Un cas de sensibilité a été réalisé en considérant un débit volumique en soufflage au niveau de « l'entrée » dans le domaine de calcul et des conditions de type « OPEN » en sortie. L'analyse des résultats montre que la propagation de la couche de fumée dans ce cas et celui présenté dans les paragraphes ci-après est similaire.

De manière quantitative, les débits de soufflage et d'extraction considérés ont été fournis par Antea Group et sont les débits ciblés dans le cadre du projet de déstockage. **La principale valeur cible est un débit de 12 m³/h au niveau des fronts de travail.**

Des bilans sur les débits ont également été réalisés afin d'obtenir la meilleure cohérence possible. Dans la modélisation, cela se traduit par l'implémentation suivante.

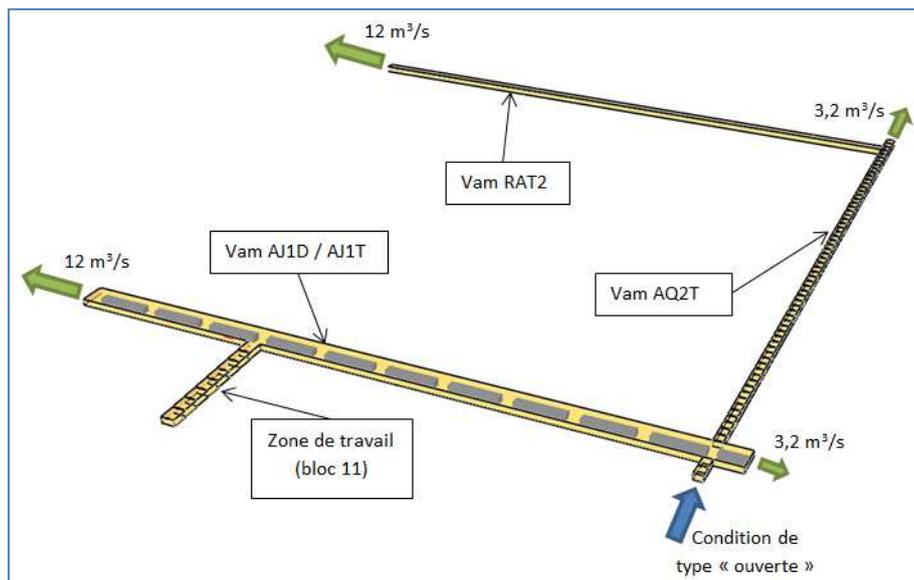


Figure 5: Représentation schématique des conditions de ventilation implémentées - scénario 1

Remarque : Les résultats de calcul présentés au paragraphe 0 sont dépendants des conditions de ventilation retenues. Si celles-ci étaient amenées à évoluer de manière substantielle, les résultats devraient être mis à jour en conséquence.

4.2.3. Justification de la résolution du maillage retenue

Selon les bonnes pratiques issues de la documentation du logiciel FDS, la sensibilité au maillage se vérifie notamment via la vérification du paramètre D^*/dx afin de s'assurer que la taille des mailles choisie est bien cohérente avec le débit calorifique développé par le scénario étudié (cf. Technical Reference Guide du NIST - livre 3).

Le paramètre D^* est défini de la manière suivante :

$$D^* = \left(\frac{Q}{\rho c T \sqrt{g}} \right)^{2/5}$$

Avec :

Q : Puissance de feu dégagée (kW)

ρ : Densité de l'air ($1,2 \text{ kg/m}^3$)

c : Capacité thermique de l'air (1 kJ/kg.K)

T : Température ambiante de l'air (293 K)

g : Accélération gravitationnelle ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Et dx étant la taille de la maille cubique retenue.

La valeur du paramètre D^*/dx pour notre scénario d'incendie d'un engin de chantier susceptible de dégager une puissance de feu de 8 MW (cf. paragraphe 4.4) est donc de 8,8.

L'US Nuclear Regulatory Commission précise dans son guide de vérification et validation de modèles incendie (NUREG 1824 – Volume 7) que des valeurs de D^*/dx comprises entre 4 et 16 permettent d'obtenir des résultats de calcul satisfaisants pour un coût de temps de calcul acceptable (les tests réalisés par le NUREG concernent des feux de puissances comprises entre 100 à 3 600 kW).

Remarque : La résolution de maillage retenue est également adaptée à la représentation des différents éléments de la maquette de calcul ainsi qu'aux objectifs du calcul (évacuation du personnel).

4.3. Objectifs de sécurité et critères de performance associés pour l'évacuation des personnes

4.3.1. Critères de performance pour l'évacuation

Dans le cadre de ce scénario d'incendie, le principal intérêt consiste à évaluer la mise en sécurité du personnel présent au niveau de la zone sinistrée. De manière générale, les principaux critères de performances dans de telles situations sont les suivants :

- Critères relatifs à la température sur les chemins d'évacuation :
 - Température ambiante maximale de 50°C ;
 - Température des gaz à hauteur des personnes (2 m) acceptable pendant 15 min de 80 °C ;
- Critère relatif à la concentration en oxygène :
 - Concentration en oxygène supérieure à 16% volumique sur les chemins d'évacuation ;
- Critère relatif à la toxicité des gaz présents dans les fumées de l'incendie (monoxyde de carbone et autres gaz toxiques) :
 - Dose acceptable pour quitter la zone correspondant au seuil des effets irréversibles équivalents ;
- Critères relatifs aux flux thermiques rayonnés subis pendant l'évacuation :
 - Flux thermique maximal de 3 kW/m² pendant 2 min pour quitter la zone sinistrée ;
 - Flux thermique maximal de 2 kW/m² pour des expositions supérieures à la dizaine de minutes.
- Critère de visibilité ou d'extinction lumineuse sur les chemins d'évacuation :
 - Coefficient d'extinction maximal de 0,4 m⁻¹ correspondant à une visibilité de 20 m pour un balisage lumineux ou présence de sources d'éclairages.

Ces critères sont issus de ceux généralement utilisés dans les études d'ingénierie du désenfumage pour vérifier notamment si les conditions de tenabilité restent acceptables pour l'évacuation. Les valeurs retenues sont des valeurs prudentes telles que présentées dans plusieurs documents de référence ([R6], chapitre 64 / [R11] / [R12] notamment).

Remarque : Les critères relatifs à la toxicité des fumées et à la concentration en oxygène ne seront ici pas étudiés. En effet, le personnel étant porteur d'ARI, celui-ci est systématiquement utilisé en situation d'incendie sur les chemins d'évacuation.

4.3.2. Données relatives à la réactivité et au déplacement des personnes

L'approche retenue pour l'étude de l'évacuation, en complément des critères présentés au paragraphe 4.3.1, est une approche simple dite « de mouvement » (par opposition aux modèles comportementaux). C'est une approche qui fait se déplacer des personnes matérielles et non réactives d'un point à un autre, le but final étant la sortie ou une zone de sécurité. Il est simplement considéré une vitesse de déplacement directement vers la sortie.

5 notions temporelles sont à dissocier :

- Temps de mise en sécurité entre le départ du feu et la mise en sécurité ;
- Temps d'évacuation entre l'alarme et la mise en sécurité ;
- Temps de détection entre le début du feu et l'alarme ;
- Temps de réaction entre le début de l'alarme et la décision de quitter la zone ;
- Temps de cheminement entre la décision de quitter la zone et la mise en sécurité.

Le délai de mise en sécurité peut donc se décliner suivant la chronologie ci-dessous :

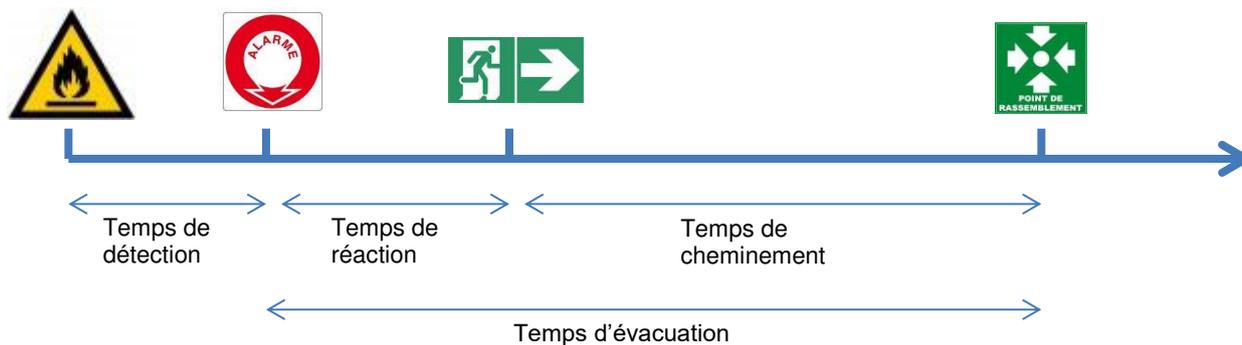


Figure 6 : Processus d'évacuation en cas d'incendie

Pour des personnes entraînées et connaissant les lieux, comme c'est le cas pour les MDPA, trois paramètres clés ont une influence sur le temps d'évacuation des personnes :

- La localisation des personnes au moment du départ du feu ;
- Le temps de réaction ;
- La vitesse de déplacement des personnes.

La vitesse de déplacement des personnes est intrinsèquement propre à chaque personne, mais elle est également liée au comportement des personnes face à événement inhabituel, surtout si elles sont confrontées à de mauvaises conditions de visibilité. De plus, étant données les distances à parcourir, cette vitesse est également fortement liée à la pente des galeries.

L'analyse des informations fournies dans [R6] sur cette thématique permet de retenir les valeurs prudentes suivantes :

- 1 m/s pour des conditions de visibilité claire ;
- 0,5 m/s si la visibilité est fortement gênée ;
- en l'absence de visibilité, 0,3 m/s (à ne considérer que pour les usagers qui cheminent dans le sens favorable vis-à-vis de l'évacuation ; en effet, en l'absence de visibilité, certains d'entre eux peuvent cheminer vers le danger sans en prendre conscience).

Ces valeurs prennent en compte le fait que les personnes potentiellement présentes sont de tout âge, de toute condition physique, sans connaissance de l'environnement dans lequel elles se retrouvent confrontées face à l'incendie (ce qui n'est pas le cas de la situation étudiée et rend compte d'une approche prudente).

Dans le cas des galeries ascendantes, les vitesses retenues dans le sens montant sont de 0,5 m/s pour des conditions de visibilité claire et 0,3 m/s en l'absence de visibilité. En cas de portion descendante, la vitesse retenue de 1 m/s est conservée en conditions de visibilité claire et 0,3 m/s en l'absence de visibilité.

Pour les occupants présents dans la galerie sinistrée à proximité du foyer, un temps de réaction de 1 minute est pris en compte : les occupants n'attendent pas l'ordre d'évacuer pour quitter les lieux (auto-évacuation). Ce temps court d'une minute est à mettre en relation avec le taux de production de fumées important considéré dans la modélisation. En effet, au bout d'une minute de feu, la modélisation montre qu'une quantité suffisante de fumées est déjà présente au niveau du foyer de l'incendie.

4.4. Terme source de l'incendie

Le terme source considéré pour l'incendie est un départ de feu sur un engin de chantier bloquant l'accès au refuge le plus proche (refuge n°2). Afin d'être en mesure de caractériser et de retenir un terme source représentatif des opérations de déstockage, une analyse de plusieurs documents de la littérature et de l'étude des dangers du site (contenant les scénarios d'incendie précédemment modélisés) a été réalisée.

Cette analyse, présentée sommairement dans le tableau suivant, permet la détermination d'un terme source d'incendie prudent et représentatif de la configuration d'étude.

Etude bibliographique	Nom	Exemple	Photo	Caractéristiques / Description synthétique	Dimensions majorantes véhicule (LxHxl)	Poids sans chargement (kg)	Evaluation du terme source du scénario d'incendie							Consolidation de l'approche bibliographique par évaluation de la puissance maximale de feu selon Surface de feu et débit massique surfacique de combustion				Conclusions
							Charge calorifique totale (MJ) selon [R1] ou [R4]	% Masse consommée durant un incendie	Masse consommée durant l'incendie (kg)	Chaleur de combustion / unité de masse consommée (MJ/kg)	Puissance maximale de feu	Durée de l'incendie	Commentaire	Surface de feu projetée au sol (m²)	Débit massique surfacique de combustion (kg/m².s) d'un solide combustible (SFPE)	Chaleur de combustion (MJ/kg) moyenne de plastiques	Pmax de feu (MW)	
Prospection de véhicule	Véhicule Lourd électrique	Metalliance (développé en collaboration avec CEA Tech)		4 roues motrices CMU : 25 t PTC : 40 t Architecture brevetée - Technologie Lithium Ion avec chargeur rapide intégré	Surface au sol max : 25 m²	15000	90000	20% (base selon [R1])	3000	30 MJ/kg (base selon [R1])	-	-	-	25	0.025	30 - 35	21.875	Véhicule d'une envergure capacité très supérieure au besoin des opérations de déstockage MDPA
Prospection de véhicule	Chargeuse	Aramine L130E		Véhicule électrique Capacité : 1 200 kg Puissance : 50 kW Godet : 0,6 m³	Largeur : 1050 mm	Données inconnues					Selon [R3] de l'ordre de 11 MW	Selon [R3] de l'ordre de 210 min	Figure 12 - [R3] Estimation de puissance de feu pour une pelleteuse	10	0.025	30 - 35	7.5 à 8.75	Type de véhicule pouvant être utilisé dans les MDPA mais non adapté au projet de déstockage (chariot type AUSA au front + tracteur / remorque pour transport)
Prospection de véhicule	Equipement représentatif en CC de ce type d'activité : Chariot à mât ou	Chariot élévateur électrique Toyota		Energie : Batterie 24V - 875 Ah Pneumatiques : PPS Capacité : 1500 kg	3,43 m x 2,22 m x 1,20 m	Données [R1] difficilement applicables à ce type d'équipements.					environ 1 MW	< 60 min	Document [R2] - essai feu chariot type FENWICK	4.2	0.025	30 - 35	3.675	Non adapté
Mining vehicles [R4]	Chargeur	Toro 501 DL Wheel loader		-	-	env. 12000 (calculé en considérant la masse de combustible comme étant 20% de la masse totale)	80000 [R4]	20% (base selon [R1])	env. 2500	35 MJ/kg (base selon [R1])	16 MW [R4]	-	-	env. 15	0.025	35	13.25	Dimensions non conformes réellement + chargeur adapté
Mining vehicles [R4]	Foreuse	-		-	-	-	46000	20% (base selon [R1])	-	35 MJ/kg (base selon [R1])	25 MW [R4]	-	-	env. 20	0.025	35	17.5	Dimensions non conformes réellement + véhicule adapté
EDD MDPA (scénario référence) - [R5] + étude incendie	Chariot navette	Chariot navette JPL		Inventaire combustible: 4 pneumatiques (caoutchouc) Diesel - 260 litres GNR 300 litres fluide hydraulique 120 kg divers	Estimation à env. 10 m²	env. 4500 (calculé en considérant la masse de combustible comme étant 20% de la masse totale)	31500 (calculé en considérant la masse de combustible et une chaleur de combustion de 35 MJ/kg)	20% (base selon [R1])	env. 900 kg	35 MJ/kg (base selon [R1])	-	-	-	env. 10	0.025	30 - 35	7.5 à 8.75	Puissance de feu maximale estimée de l'ordre de 8 MW
Chariot AUSA	Chariot	T204H		Dimension: 3,5 m x 1,6 m x 2 m	5.6	4050	28 000 (calculé en considérant la masse de combustible et une chaleur de combustion de 35 MJ/kg)	20% (base selon [R1])	env. 810 kg	35 MJ/kg (base selon [R1])	-	-	-	5.6	0.025	30 - 35	4.2 à 4.9	Puissance de feu maximale estimée de l'ordre de 5 MW

Figure 7: Synthèse de l'analyse réalisée sur les engins miniers pour la détermination du profil de feu

Hypothèse considérée : D'après le document [R1], il ressort que le poids à vide du véhicule peut être corrélé à la charge calorifique mobilisée par l'incendie et à la puissance de feu maximale développée. De ce fait, il est considéré une approche classique visant à construire un profil de feu en trapèze avec une montée en puissance de type $\alpha \cdot t^2$. Il ressort également que la chaleur de combustion associée à l'incendie de véhicule thermique et électrique est respectivement de l'ordre de 35 et 30 MJ/kg.

L'analyse du tableau précédent montre que les engins issus du document [R4] et de la prospection ne sont pas adaptés à la réalisation des travaux de déstockage considérés dans le cadre de cette étude. De ce fait, il convient de se concentrer sur le chariot navette JPL (véhicule déjà présent sur le site MDP) et le chariot de type AUSA, adapté aux opérations de déstockage envisagées.

En utilisant une approche basée sur les informations issues du document [R1], une vitesse de combustion classique d'un solide combustible (source : SFPE Handbook) et une surface projetée au sol, les résultats obtenus montrent :

- Que l'incendie du chariot navette JPL est susceptible de produire une puissance maximale de feu de l'ordre de 8 MW. Cette puissance de feu est par ailleurs cohérente avec les scénarios incendie modélisés dans le cadre de l'étude des dangers [R5] ;
- Que l'incendie du chariot de type AUSA est susceptible de produire une puissance de feu de l'ordre de 5 MW.

De ce fait et de manière pénalisante, il est retenu une puissance de feu maximale de 8 MW.

Les caractéristiques du terme source retenu pour ce départ de feu sur un engin de chantier sont les suivantes :

- Masse de combustible : environ 900 kg ;
- Nature du combustible : Assimilé à du polyuréthane ($C_{6,3}H_{7,1}O_{2,1}N_1$) – pénalisant en terme de taux de production de fumées ;
- Chaleur de combustion : 35 MJ/kg (retenue selon analyse du document [R1]) ;
- Charge calorifique totale : 31 500 MJ (estimé selon la masse de combustible et la chaleur de combustion retenue) ;
- Profil de feu trapèze avec pente de montée en $\alpha \cdot t^2$ et décroissance linéaire dès que 70% du combustible est consommé - [R10] ;
- Cinétique de développement du feu : rapide ($\alpha = 0,0469 \text{ kW/s}^2$) / la cinétique de ce type d'incendie est dépendante de l'espace disponible dans les galeries. Dans les galeries de section limitée, ce qui s'apparente au cas d'étude, la cinétique de l'incendie est rapide selon [R4] ;
- Puissance de feu maximale P_{max} : 8 000 kW ;
- Taux de production respectifs du CO et des suies : 0,05 kg/kg et 0,15 kg/kg (source : SFPE Handbook).

Le profil de feu implémenté dans le logiciel FDS est donc le suivant :

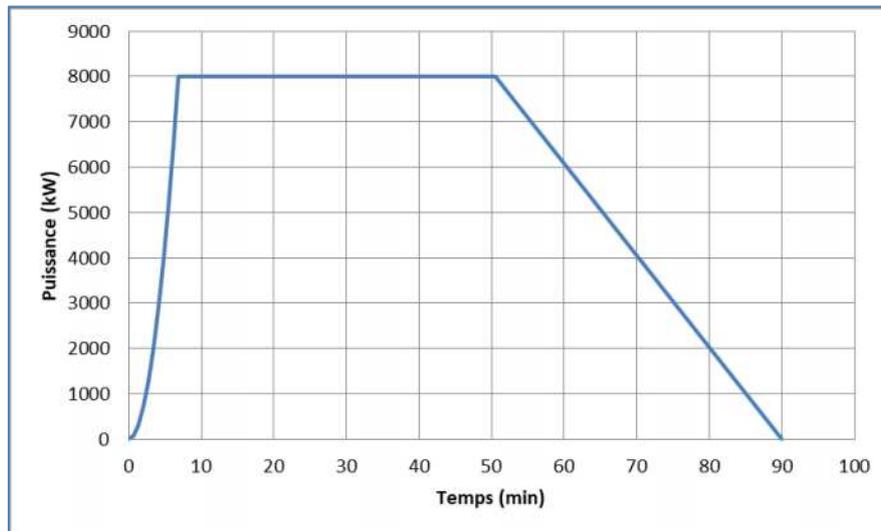


Figure 8: Profil de feu implémenté dans le logiciel FDS - scénario 1

Remarque 1 : Dans le cadre du scénario 1, aucun phénomène de propagation du feu n'est pris en compte.

Remarque 2 : Pour rappel, l'incendie est localisé de telle sorte que la distance à parcourir par le personnel lors de l'évacuation soit maximale. De ce fait, l'incendie est localisé au plus proche du front de travail théorique du bloc 11 le plus éloigné du centre de la zone de stockage (cf. Figure 2).

4.5. Analyse des résultats obtenus

Les principales sorties produites lors de la simulation réalisée à l'aide du logiciel FDS sont les suivantes :

- Des grandeurs de types « BDNF¹ » (toutes les 30 secondes) correspondant à la représentation d'une grandeur physique au niveau des parois solides et notamment :
 - La grandeur « ADIABATIC SURFACE TEMPERATURE » représentative de l'agression thermique « vue » directement par la paroi ;
 - La grandeur « GAUGE HEAT FLUX » représentative du flux net sur paroi froide (valeur conservatoire du flux thermique) ;
- Des iso-surfaces de température et du coefficient d'extinction, de type « ISOF » (toutes les 30 secondes), pour les valeurs remarquables associées aux critères de performance soit respectivement 50 et 80 °C pour la température et 0,4 pour le coefficient d'extinction lumineuse ;
- Des coupes dans l'espace, de type « SLCF² » pour certaines grandeurs physiques (toutes les 5 secondes) et notamment (liste non-exhaustive) :
 - La vitesse de l'écoulement dans le but d'être en mesure de contrôler les flux de ventilation appliqués ;
 - La température des gaz ;
 - Le coefficient d'extinction lumineuse.

Remarque 1 : Du fait des objectifs de la modélisation, le calcul a été réalisé sur environ 40 minutes. Cette durée ne permet pas l'atteinte de la fin du profil de feu théorique mais est suffisante pour statuer sur les conditions d'évacuation du personnel.

Remarque 2 : Seules les sorties produites ayant un intérêt vis-à-vis de la problématique étudiée sont présentées par la suite

4.5.1. Développement de l'incendie et profil de feu

La figure suivante présente une comparaison entre les profils de feu théorique et résolu par FDS. Les résultats montrent que l'incendie est correctement ventilé (le profil de feu résolu suit parfaitement le profil de feu théorique).

¹ BDNF : BouNDary File

² SLCF : SLiCe File.

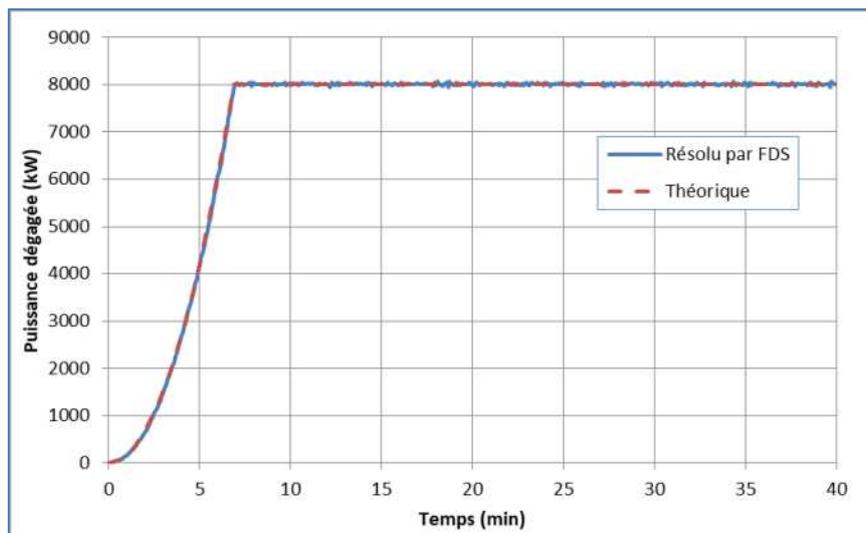


Figure 9: Comparaison des profils de feu résolu et théorique - scénario 1

4.5.2. Distance maximale à parcourir pour l'évacuation et temps de parcours

Dans l'hypothèse où le refuge le plus proche est inaccessible, et dans la configuration pénalisante retenue, la distance à parcourir lors de l'évacuation est au maximum de :

- L'ordre de 200 m avant la possibilité de rejoindre la Vam AQ1T pouvant mener, dans l'air frais, vers la recette du puits Joseph (250 m pour le personnel au niveau du front de déstockage) ;
- L'ordre de 700 m pour rejoindre le refuge n°1.

En prenant en compte les hypothèses sur les vitesses de déplacement (suivant les conditions de visibilité et de pente des galeries) formulées au paragraphe 4.3.1 et 4.3.2, la durée de cheminement maximal est :

- Comprise entre 6,5 et 11 min (6,5 min en atmosphère dégagée et 11 min en atmosphère enfumée) pour rejoindre la Vam AQ1T (pente montante) ;
- Comprise entre 19 et 39 min (19 min en atmosphère dégagée et 39 min en atmosphère enfumée) pour rejoindre le refuge n°1.

En considérant un temps d'auto-évacuation de 1 min après le début de l'incendie (cf. remarque du paragraphe 4.3.2), ces délais sont :

- Comprise entre 7,5 et 12 min (7,5 min en atmosphère dégagée et 12 min en atmosphère enfumée) pour rejoindre la Vam AQ1T (pente montante) ;
- Comprise entre 20 et 40 min (20 min en atmosphère dégagée et 40 min en atmosphère enfumée) pour rejoindre le refuge n°1.

Remarque : Les vitesses de déplacement retenues sont volontairement pénalisantes. En effet, pour des personnes connaissant les lieux et ayant été formées au risque d'incendie en fond (exercices d'évacuation), comme c'est le cas pour les MDPA, les vitesses de déplacement en environnement « enfumé » peuvent être supérieures.

4.5.3. Evolution du coefficient d’extinction lumineuse dans les galeries au cours du temps

Du fait du domaine de calcul considéré, le schéma ci-dessous présente la nomenclature des portions de galeries dans lesquelles les coupes d’évolution du coefficient d’extinction lumineuse sont présentées. Ce formalisme est respecté pour chaque temps d’incendie.

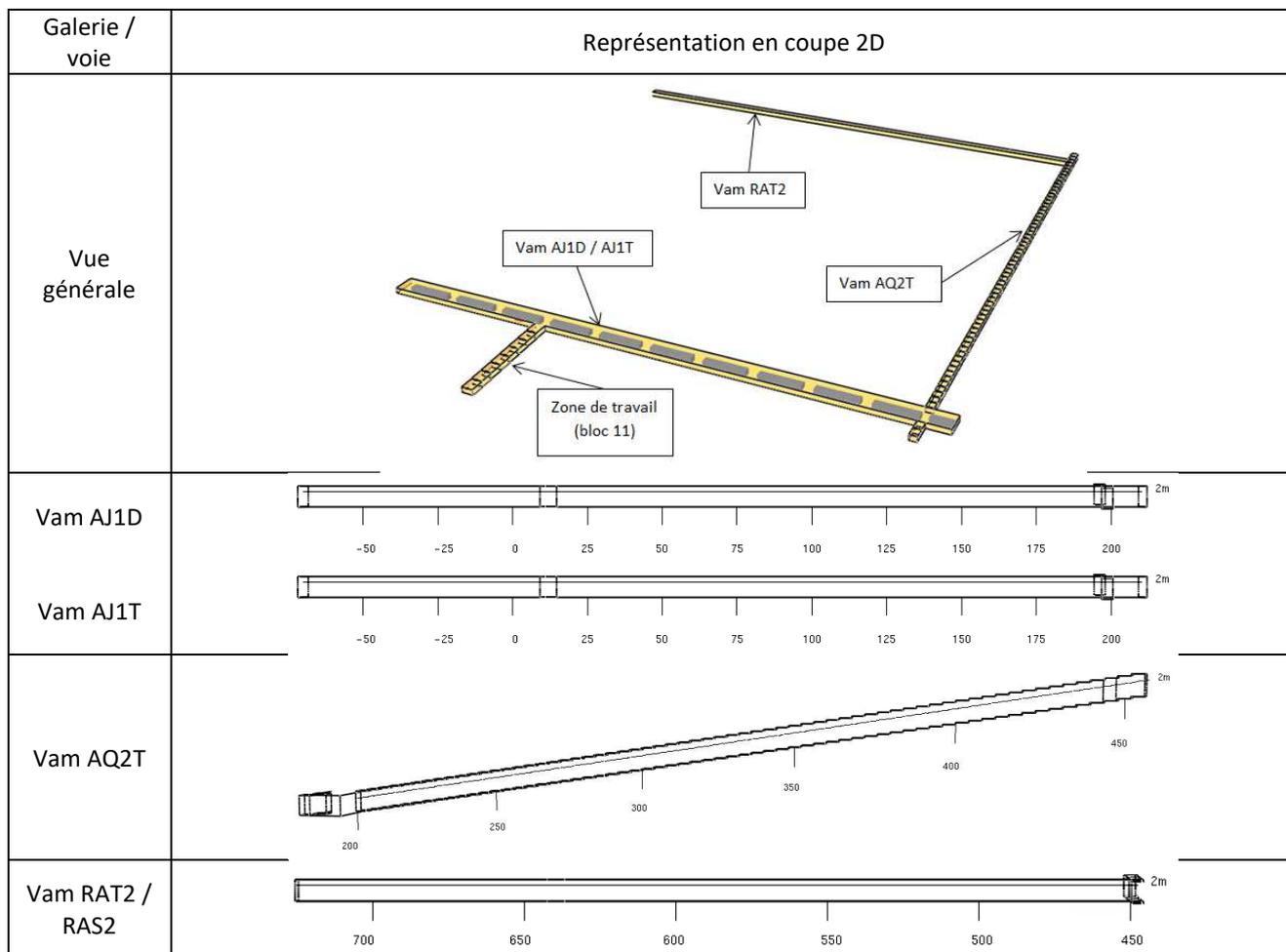
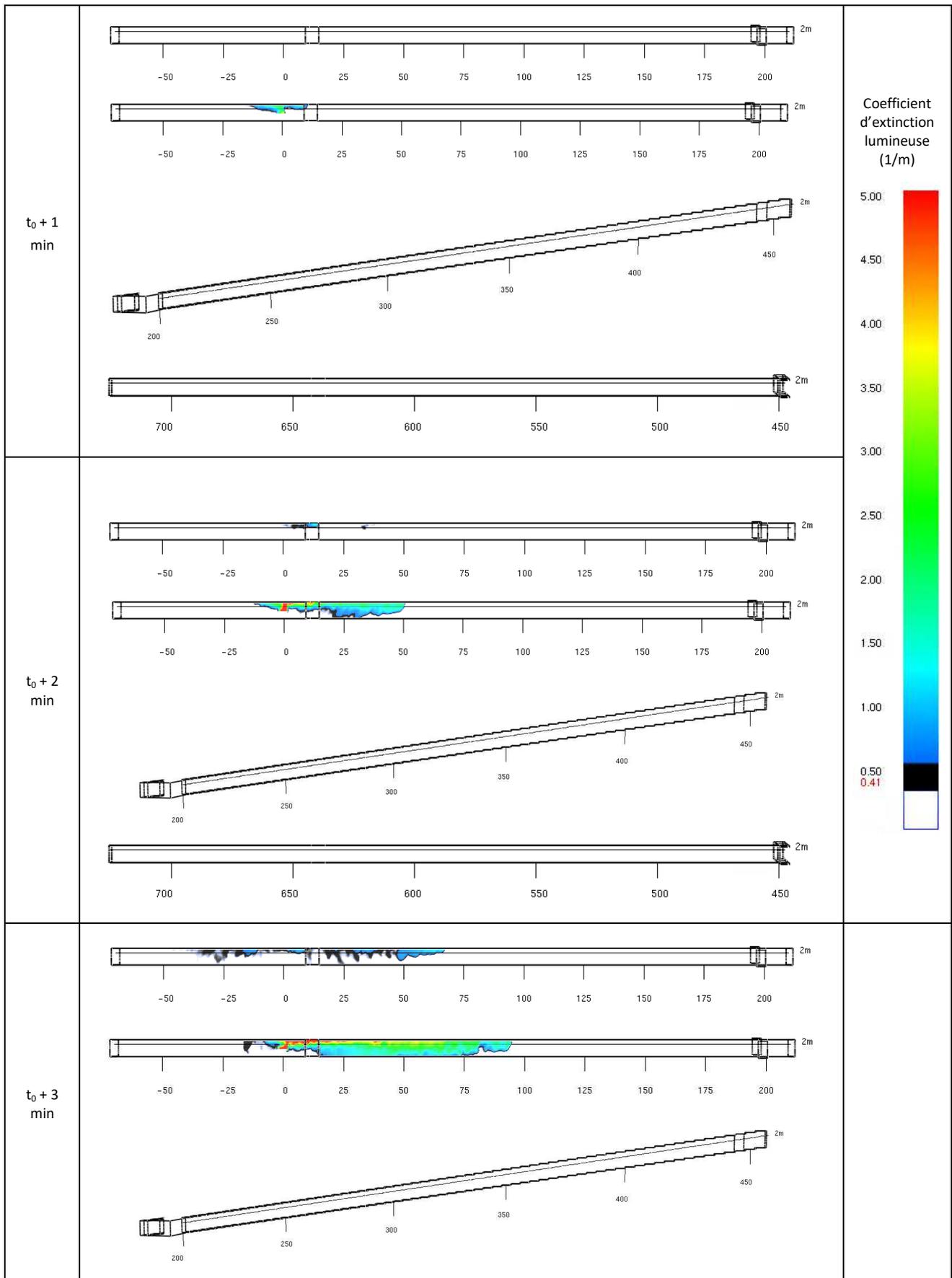
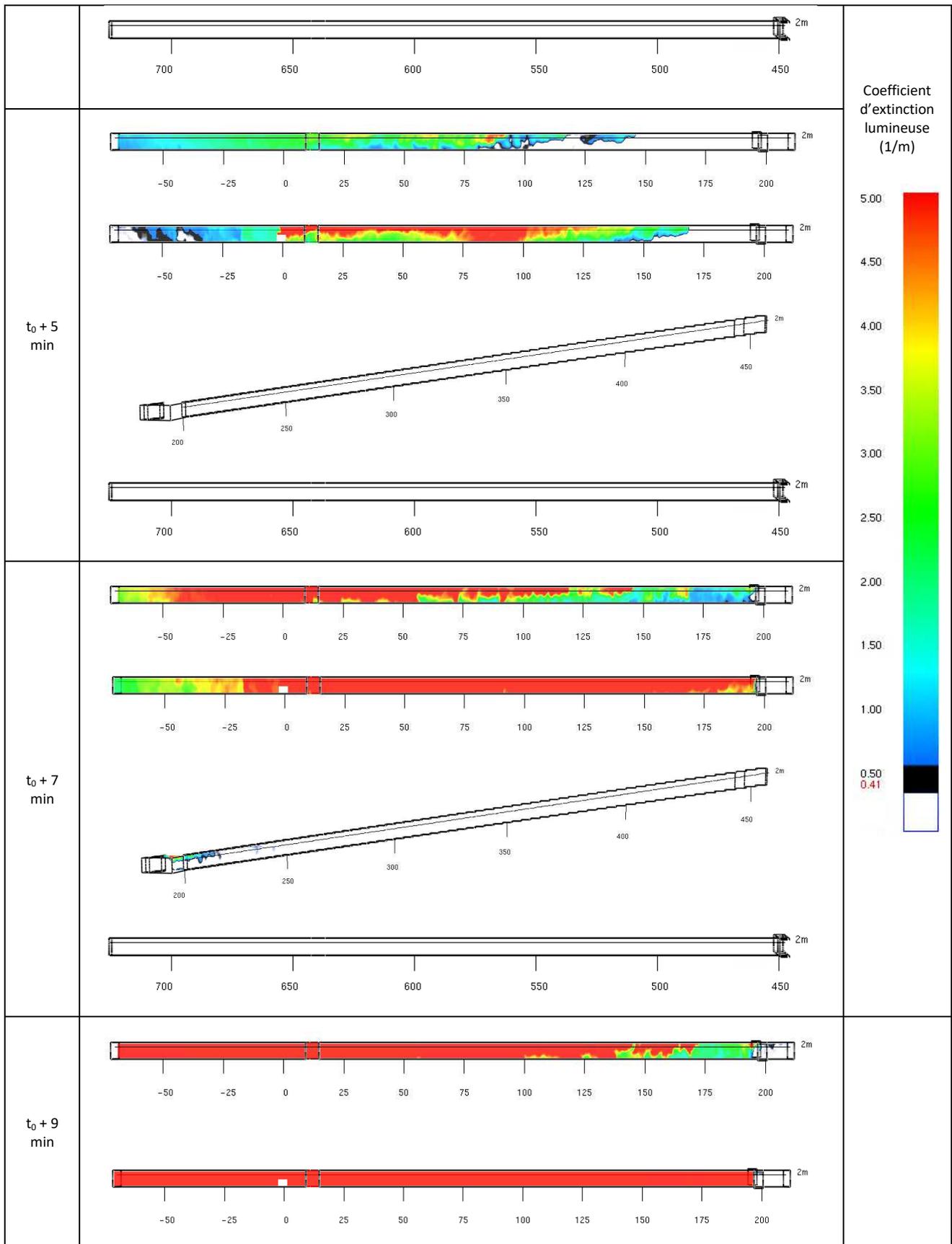


Figure 10: Représentation schématique du formalisme utilisé pour la présentation des résultats

La figure suivante présente donc l’évolution du coefficient d’extinction lumineuse au cours du temps dans les galeries avec un focus particulier sur la valeur cible de $0,4 \text{ m}^{-1}$ (t_0 correspond au début de l’incendie).





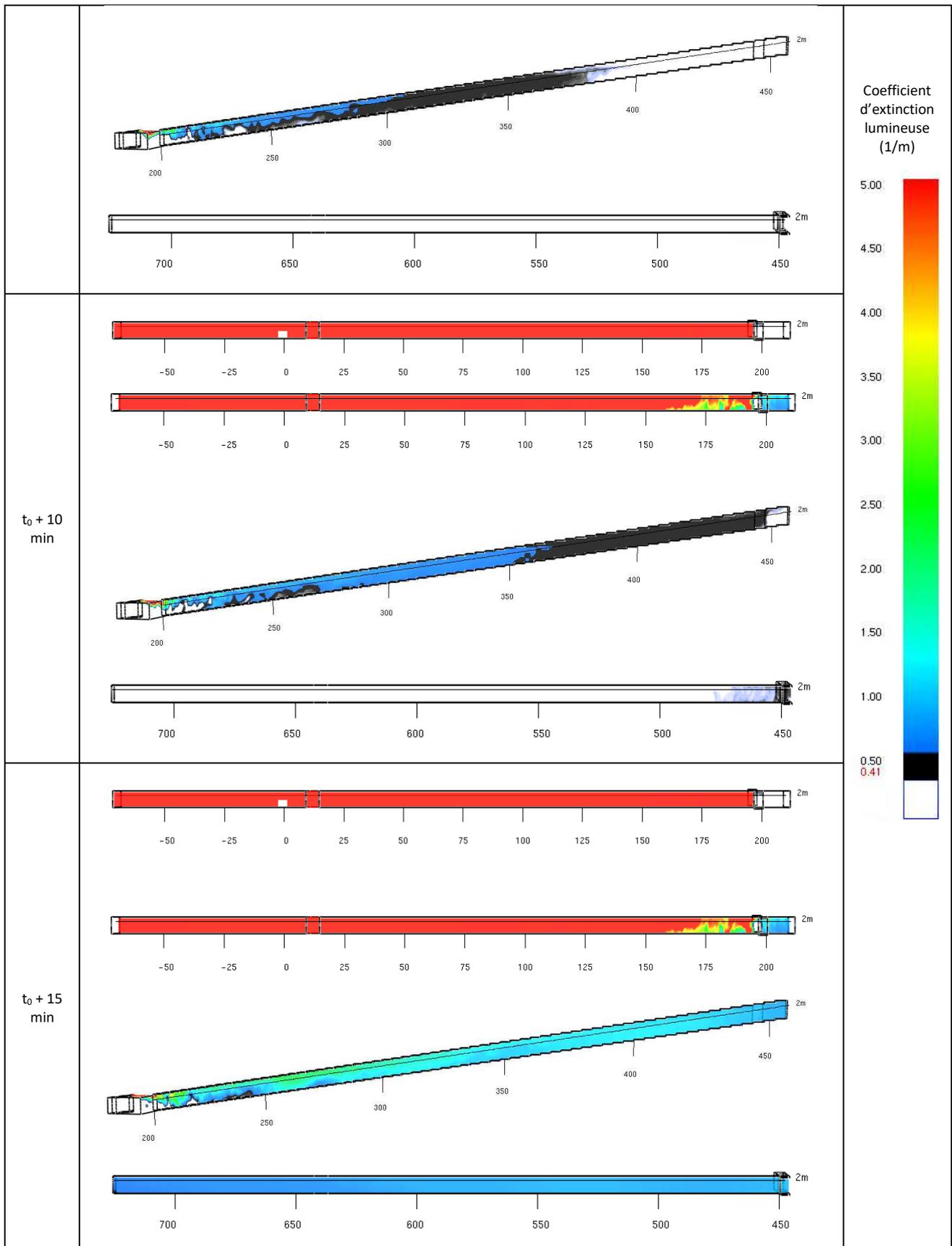


Figure 11: Evolution du coefficient d'extinction lumineuse de $0,4 m^{-1}$ – scénario 1

La Figure 11 montre que le tronçon sinistré est rapidement enfumé du fait des effets de flottabilité des fumées. En effet celles-ci se propagent de manière préférentielle dans le sens de la pente montante. **La couche de fumée (critère d'extinction lumineuse de $0,4 \text{ m}^{-1}$) atteint l'intersection avec la Vam AQ1T au bout d'environ 7 min (pour la Vam AJ1D). Cette durée est à mettre en relation avec le temps minimal d'atteinte de l'intersection évalué à 7,5 min pour une évacuation de personnels.**

Dans la galerie Vam AJ1T siège de l'incendie, le temps d'atteinte des fumées au niveau de l'intersection avec la Vam AQ1T est de l'ordre de 6 min.

De ce fait, l'évacuation du personnel à pied dans le sens montant des galeries, en cas d'impossibilité de rejoindre le refuge n°2, est à privilégier dans le tronçon non impacté par l'incendie (double galerie). Le personnel est également susceptible de progresser à une vitesse similaire à celle du front de fumée et peut donc être atteint par le front de fumée.

Au niveau de l'intersection, il convient de rejoindre directement la recette du puits Joseph. En effet, les galeries menant au refuge n°1 sont également rapidement enfumées (fumées « poussées » par le flux d'air « frais ») et les conditions d'évacuation sont dégradées.

Les conditions d'évacuation du tronçon Vam AJ1T / AJ1D sont donc dégradées. Pour appréhender au mieux la position éventuelle du personnel en cours d'évacuation à pied, des visualisations supplémentaires sont proposées en synthèse, paragraphe 4.6 (mise en relation du front de fumée et de la position du personnel).

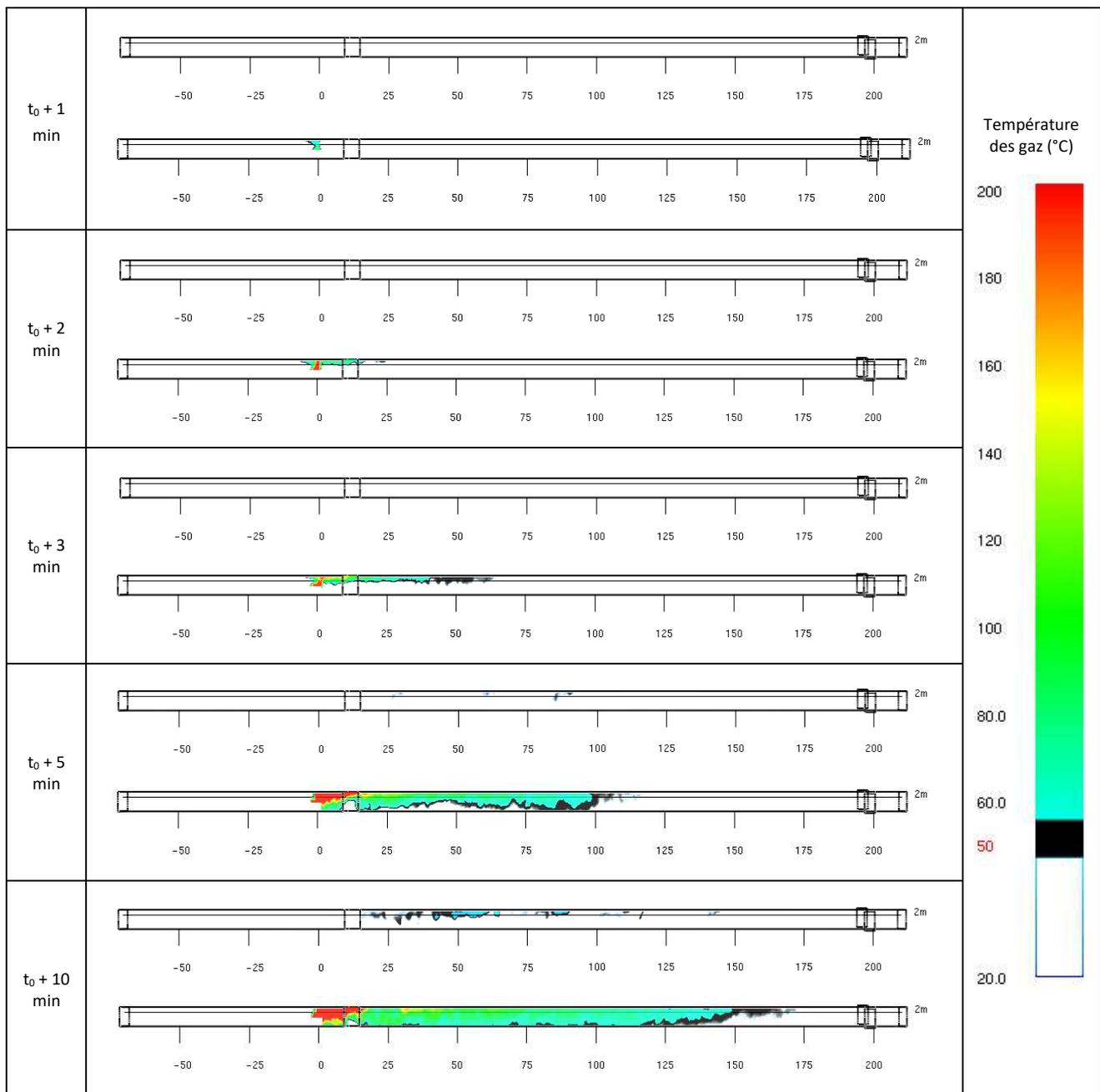
Remarque : La galerie du « bloc » représentant le front de travail (quel que soit la longueur de celui-ci est rapidement enfumée). De ce fait, dès que le personnel présent au front de travail aura atteint la galerie principale, il circulera dans une atmosphère dégradée.

4.5.4. Evolution des critères de température dans les galeries au cours du temps

Les figures suivantes présentent respectivement l'évolution des critères de 50 et 80 °C pour la température des gaz sur les chemins d'évacuation possibles (t_0 correspond au début de l'incendie). Le focus est uniquement fait sur la double galerie AJ1D / AJ1T car les critères de température ne sont pas atteints au-delà d'une distance d'environ 160 m du foyer de l'incendie.

Les représentations des 2 tronçons de la double galerie AJ1D / AJ1T sont identiques à la nomenclature présentée au paragraphe 0.

Critère de 50 °C :



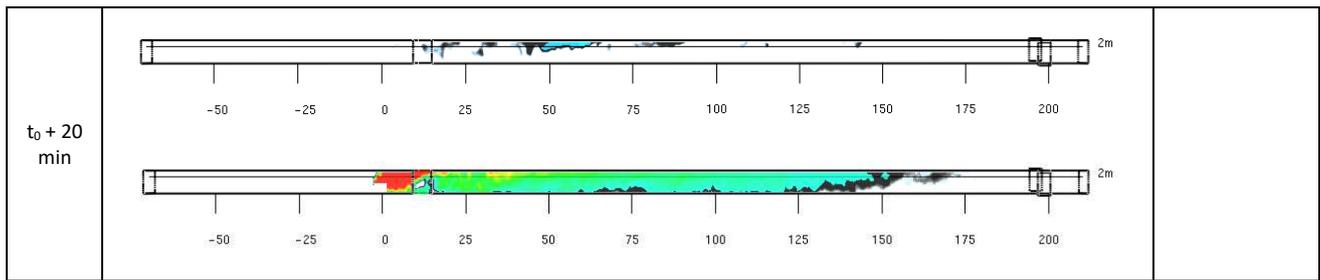
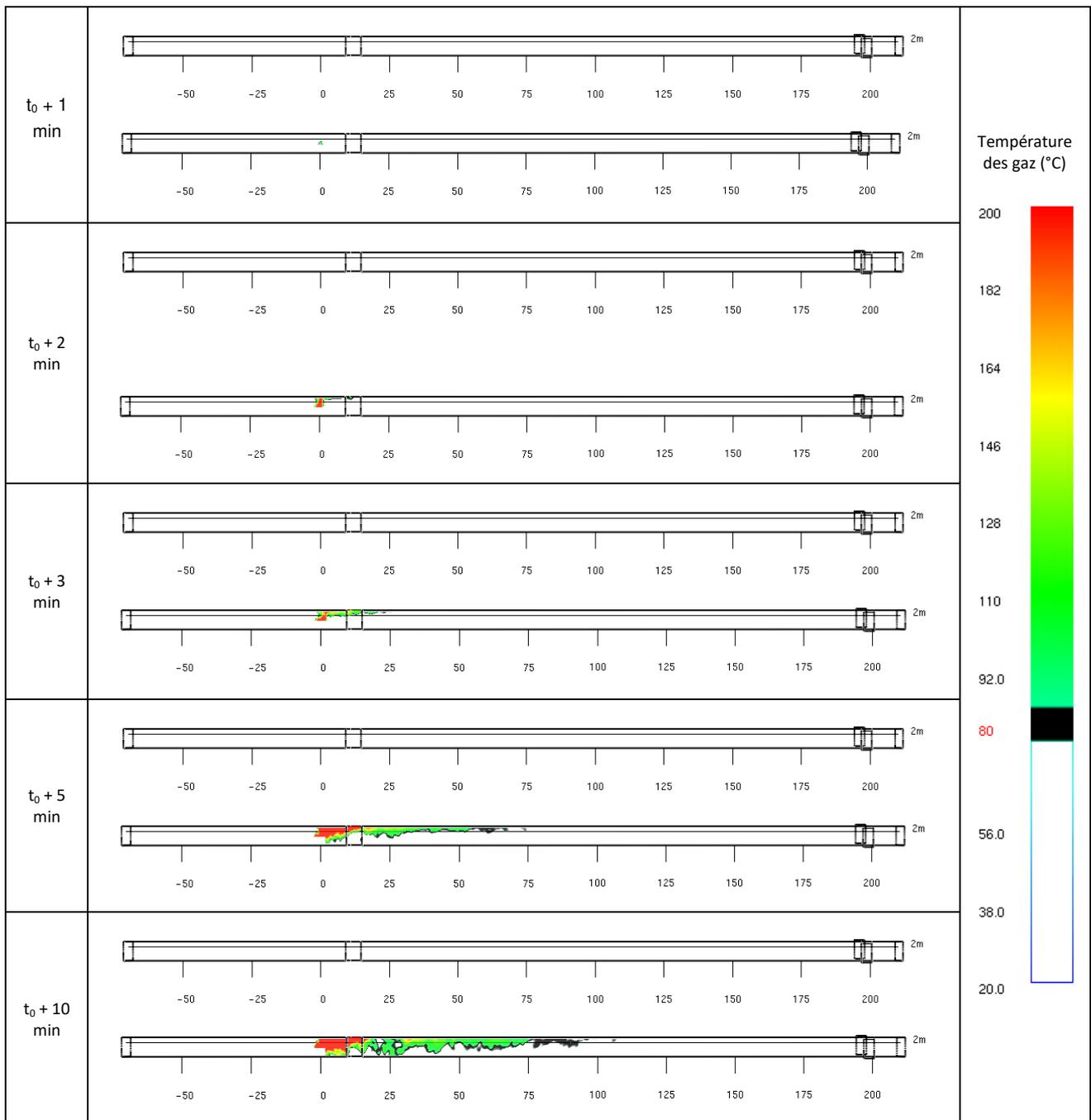


Figure 12: Evolution de la température de 50 °C dans les galeries - scénario 1

Critère de 80 °C :



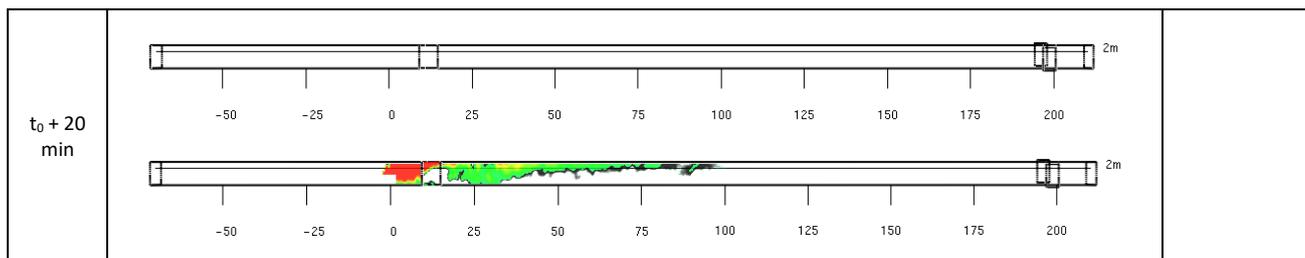


Figure 13: Evolution de la température de 80 °C dans les galeries - scénario 1

Les critères de température des gaz de 50 et 80 °C sont respectivement atteints, à 2 m de hauteur, sur des distances maximales de 160 m et 100 m depuis le foyer de l'incendie. Ces distances, atteintes au bout d'environ 10 min n'évoluent plus dès lors que l'incendie atteint sa puissance maximale.

Le personnel étant déjà en cours d'évacuation lors de l'atteinte de ces critères de température, ces critères ne sont pas les plus pénalisants vis-à-vis des conditions d'évacuation. Il en est de même pour les critères de flux thermiques présentés au paragraphe 4.3.1 qui ne sont pas pénalisant vis-à-vis du critère de visibilité.

4.6. Synthèse générale – scénario 1

Ce scénario qui consiste en l'incendie d'un engin de chantier, localisé au niveau d'une allée de la zone stockage, et bloquant l'accès au refuge le plus proche du front de travail permet l'étude des conditions d'évacuation pour le personnel. La modélisation du scénario permet de retenir les principaux points suivants :

- Les effets de flottabilité des fumées, combinés à la forte pente de la galerie sinistrée, entraînent une propagation des fumées dans la direction opposée au flux d'air frais ;
- La couche de fumée (critère d'extinction lumineuse de $0,4 \text{ m}^{-1}$) atteint l'intersection avec la Vam AQ1T au bout d'environ 7 min (pour la Vam AJ1D). Cette durée est à mettre en relation avec le temps minimal d'atteinte de l'intersection évalué à 7,5 min. Le personnel est donc susceptible d'évacuer dans des conditions dégradées ;
- Le côté de la double galerie à privilégier pour l'évacuation dans le sens montant est celui dans lequel l'incendie n'a pas lieu (conditions d'évacuation meilleures). Une fois la jonction avec les galeries Vam AQ1T et Vam AQ2T atteinte, il convient de privilégier un retour vers le puits Joseph (Vam AQ1T) pour l'évacuation ;
- La ventilation nominale permet de conserver une visibilité optimale une fois le centre de la zone de stockage atteinte. En effet, les fumées sont « poussées » dans la galerie AQ2T et la Vam AQ1T en direction du puits Joseph conserve des conditions satisfaisantes d'évacuation ;
- La température des gaz n'est pas un critère dimensionnant pour l'évacuation du personnel.

Du fait de la potentialité pour le personnel d'évacuer dans des conditions défavorables (visibilité fortement réduite au bout d'un certain temps), la figure suivante présente, en fonction du temps et des conditions de visibilité à 2 m de hauteur, l'évolution de la position du personnel en cours d'évacuation (côté de la galerie double à utiliser pour l'évacuation). A ce titre, les symboles bleu et orange représentent respectivement le personnel :

- Déjà présent dans la double galerie et pouvant accéder rapidement au côté « favorable » pour l'évacuation – symbole bleu ;
- Présent au niveau du front de travail – symbole orange.

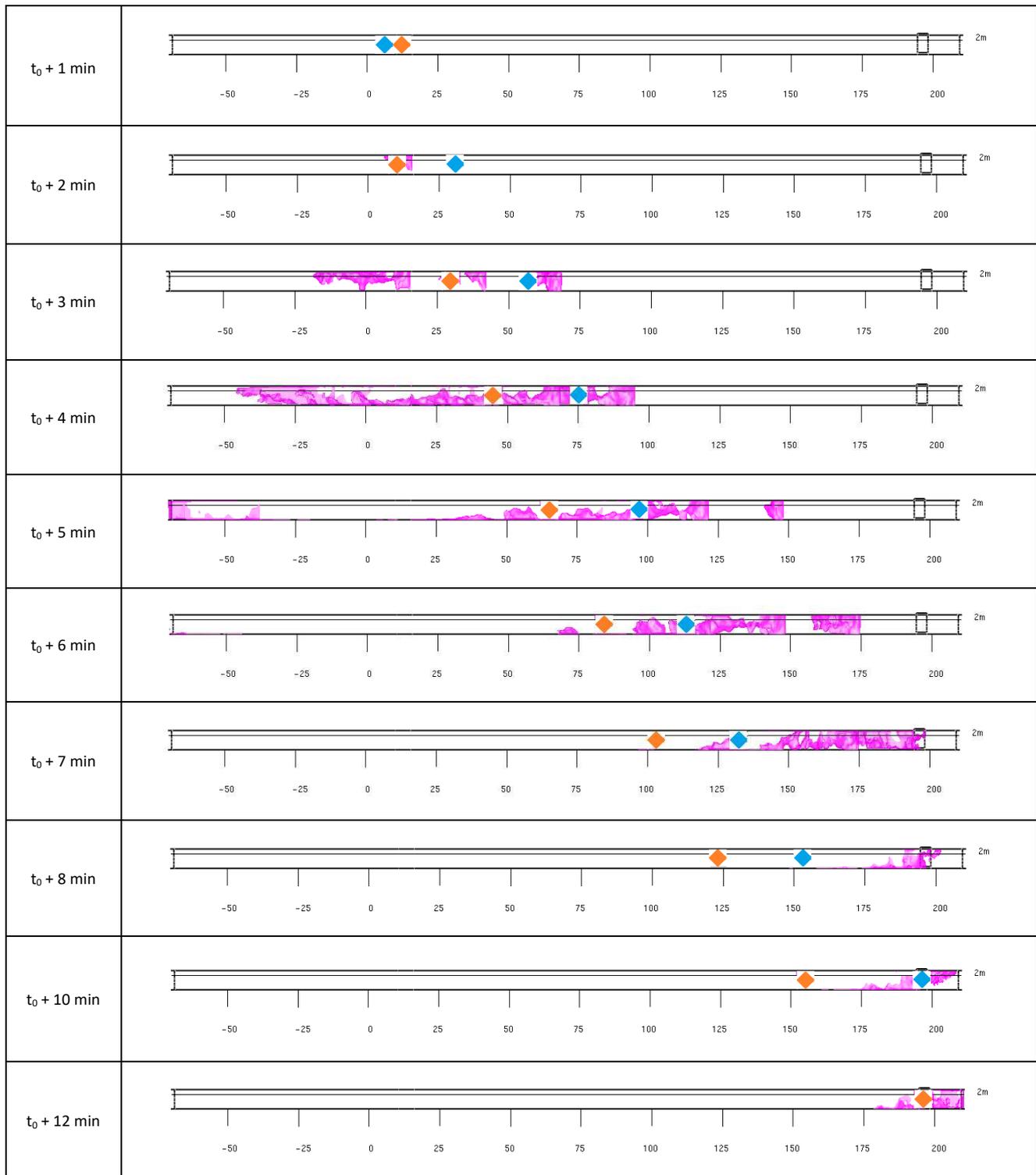


Figure 14: Position du personnel en cours d'évacuation - iso-surface du coefficient d'extinction lumineuse à $0,4 \text{ m}^{-1}$ (front violet)-
scénario 1

Lors de l'évacuation :

- le personnel présent au front de travail (modélisé avec une longueur forfaitaire de 50 m) est impacté par les fumées de l'incendie et circule dans un environnement enfumé dès lors qu'il quitte le bloc de

stockage. La durée du cheminement pour rejoindre la jonction avec la galerie AQ1T et l'air frais est de 12 minutes ;

- le personnel présent dans la galerie sinistré, proche du foyer de l'incendie, circule en amont du front de fumée pendant 2 minutes (3 minutes de feu). Ensuite, les conditions d'évacuation sont dégradées du fait d'une baisse notable de la visibilité. La durée du cheminement pour rejoindre la jonction avec la galerie AQ1T et l'air frais est de 10 minutes.

Du fait des résultats de modélisation et des considérations précédentes, il convient en cas d'impossibilité de rejoindre le refuge prévu à cet effet, de progresser le plus rapidement possible jusqu'à une galerie alimentée en air frais avant de cheminer vers la recette du puits Joseph pour l'évacuation. Pour le cas pénalisant modélisé, les occupants sont susceptibles de devoir progresser sur les chemins d'évacuation dans un environnement défavorable.

Dans cette situation, l'utilisation de l'ARI est primordiale et permet ce cheminement. Tout dispositif permettant de favoriser l'orientation du personnel ainsi que les délais d'évacuation serait pertinent à mettre en place (ligne de vie et bornage lumineux / réfléchissant par exemple).

5. SCENARIO 2 : DEPART DE FEU SUR UN ENGIN DE MANUTENTION DANS LA ZONE DE PARKING DEDIEE

5.1. Description du scénario et des objectifs

D'après l'analyse des événements redoutés et des potentiels départs de feu, il est retenu un incendie sur un engin de manutention au niveau de la zone de parking dédiée. La zone de parking envisagée pour les engins de chantier utilisés dans le cadre du projet de déstockage est localisée au niveau de la Vam AQOD.

L'objectif de ce scénario est d'évaluer, lors de l'absence de personnel au fond, **les conditions ambiantes associés à un incendie dans la zone de parking afin d'évaluer à la fois une éventuelle propagation de l'incendie aux autres engins stationnés ainsi que les conditions d'intervention des équipes de lutte incendie. Un critère de propagation basé sur la température d'ignition d'éléments combustibles des engins est utilisé.**

Du fait de l'inclinaison de certaines galeries et notamment celles reliant de manière directe la recette du puits Joseph et la zone de parking, la configuration retenue porte sur un départ de feu au sein de la galerie Vam AQOD. En effet, un départ de feu au niveau de cette zone est susceptible de produire des fumées pouvant potentiellement se propager à contre-courant du flux d'air de ventilation du fait de l'inclinaison ascendante des galeries de la zone de parking vers la recette du puits Joseph (pente jusqu'à environ 12,5% pour la voie Tb 0).

Remarque : A ce stade du projet, cette zone de parking d'environ 90 m linéaire est susceptible de contenir 3 chariots élévateurs, 3 chariots tracteurs et 3 remorques de transport.

La figure suivante présente un plan schématique de la zone d'étude permettant la visualisation des éléments présentés ci-avant.

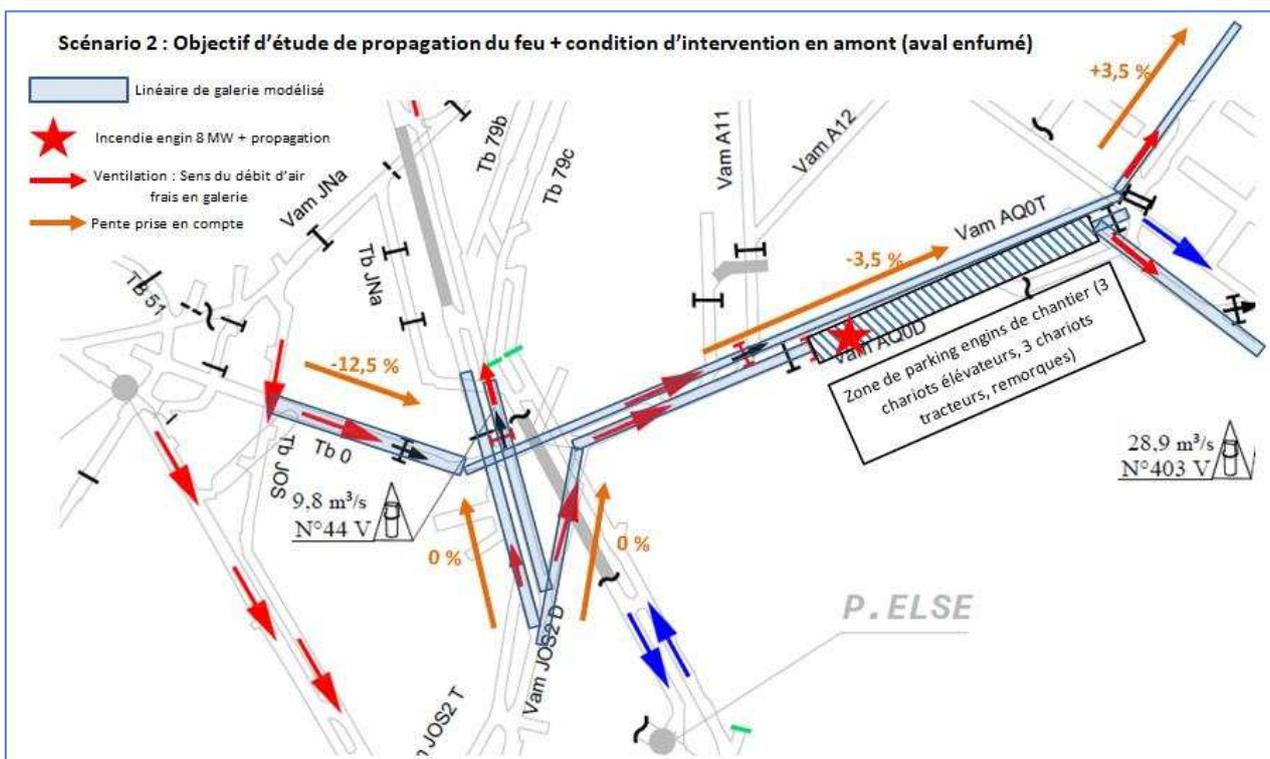


Figure 15: Plan schématique de la zone d'étude - Scénario 2

En synthèse, cette configuration est retenue du fait :

- De la position de l'incendie pouvant entraîner une propagation des fumées à « contre-courant » vers les accès du puits Joseph ;
- Des pourcentages de pente défavorables vis-à-vis du flux d'air frais quant à la propagation des fumées (compétition entre effets de flottabilité et entraînement par la ventilation nominale).

Remarque : Les pourcentages de pentes retenus et présentés précédemment proviennent des données d'entrée fournies à APSYS. En l'absence d'information, des hypothèses ont été formulées, notamment pour les voies Vam JOS2D, JOS2T, AJ3D et AJ3T.

5.2. Description de la maquette de calcul

Du fait des objectifs de modélisation présentés au paragraphe 5.1, le domaine de calcul modélisé prend en compte les voies d'accès présentées en Figure 2, à savoir les galeries Vam AQ0D et AQ0T, Vam JOS2D et JOS2T, Tb 0, Vam AJ3D et AJ3T ainsi qu'une portion des Vam RAT1 et AQ1T.

Du fait du linéaire important à modéliser et des pentes présentes, certaines fonctionnalités spécifiques du logiciel FDS ont été utilisées pour simplifier le domaine de calcul, à savoir :

- L'utilisation d'un vecteur gravité modifié et évolutif spatialement dans une direction de l'espace pour représenter les pentes dans la direction longitudinale des galeries Tb 0, Vam AQ0D et AQ0T ainsi que la portion de Vam AQ1T ;
- L'utilisation d'une répétition d'obstacles pour la représentation de la galerie Vam JOS2 D rejoignant la Vam AQ0D.

Lors de la réalisation de la maquette de calcul 3D, la méthodologie a été de faire coïncider les géométries des différents éléments pris en compte avec la grille de calcul considérée. Différents blocs, de type structurés, construits à partir de mailles cubiques de résolution 25 cm constituent le domaine de calcul pour permettre une représentation la plus fidèle possible des galeries modélisées, à savoir :

- Un bloc, en accord avec les dimensions des voies d'accès Vam AQ0D et AQ0T, de dimensions 200 m x 11 m x 2,75 m respectivement selon les axes X, Y et Z d'un repère cartésien ;
- Un bloc de dimensions 50 m x 3,75 m x 2,75 m pour représenter la galerie Tb 0 (longueur modélisée de 50 m) ;
- Des blocs de dimensions 3,75 m x 50 m x 2,75 m pour représenter les galeries AJ3D et AJ3T ;
- Des blocs de dimensions respectives 3,75 m x 40 m x 2,75 m et 30 m x 3,75 m x 2,75 m pour représenter les portions de galerie RAT 1 et AQ1T ;
- Un bloc de dimensions 22 m x 3,75 m x 2,75 m pour représenter la jonction entre les Vam AJ3D, AJ3T et les galeries Tb 0 et AQ0T ;
- Une répétition de blocs de dimensions respectives 3,75 m x 1 m x 2,75 m pour représenter la galerie JOS2D.

A titre d'information, le nombre total d'éléments du maillage (mailles) s'élève à environ 750 000.

Remarque : Les dimensions réelles des galeries sont de 3,8 m de large sur 2,8 m de haut (mono-galerie). Les dimensions retenues en accord avec le maillage utilisé sont pénalisantes d'un point de vue de l'élévation de température et de la propagation des fumées.

5.2.1. Vue d'ensemble de la maquette de calcul

Les figures suivantes présentent respectivement une vue d'ensemble de la maquette de calcul utilisée et un zoom au niveau de la galerie Vam AQ0D (zone de parking et siège de l'incendie primaire).

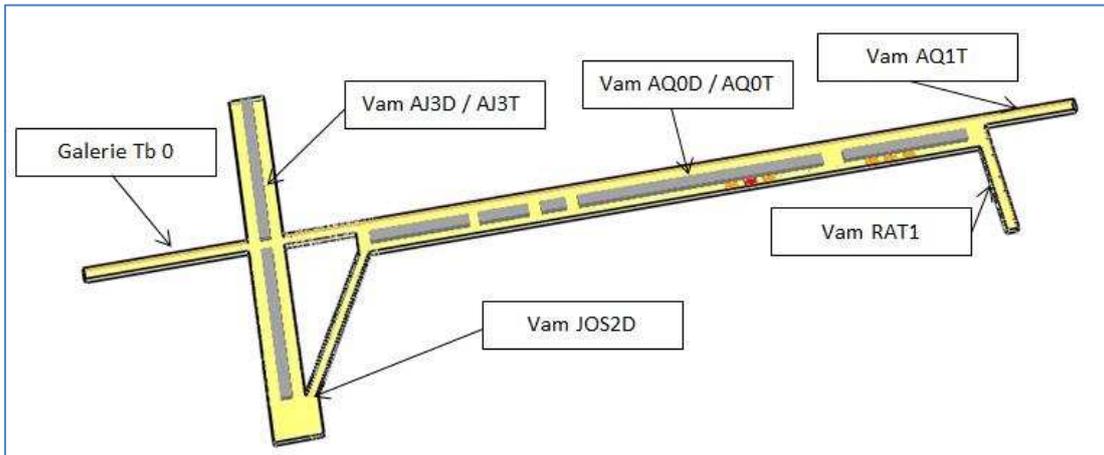


Figure 16: Maquette de calcul réalisée – scénario 2

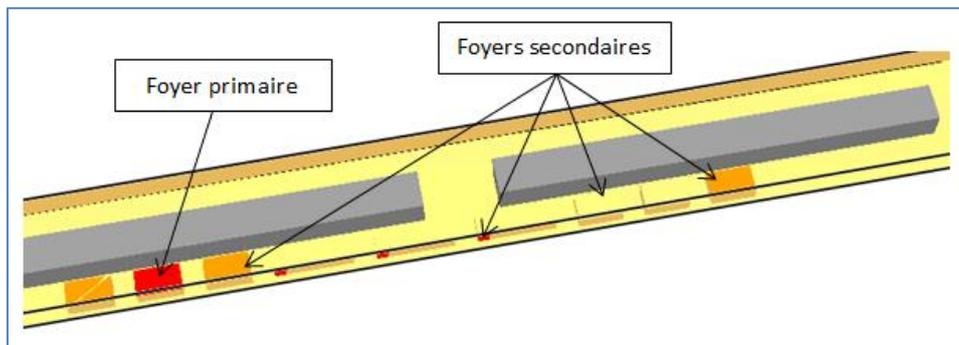


Figure 17: Zoom au niveau de l'incendie - scénario 2

Remarque : Pour la modélisation, les différents engins de chantier et remorques associées ont été espacés d'une distance forfaitaire de 2 m. Cela permet d'apprécier une éventuelle propagation de l'incendie ainsi que d'estimer une distance de séparation minimale pour éviter la propagation du feu.

5.2.2. Détails des éléments de la maquette de calcul

5.2.2.1. Eléments relatifs à la géométrie

Les différents éléments pris en compte lors de la construction de la maquette sont les suivants :

- Les différentes galeries d'intérêt constituant les arrivées d'air frais, l'évacuation de l'air vicié et une portion du cheminement le plus court vers la recette du puit Joseph ;

- Les « obstacles » au centre des « double galeries » Vam AQ0T / AQ0D et AJ3T / AJ3D permettant une meilleure représentation de la réalité (2 galeries distinctes avec présence de « recoupes ») ;
- Le gabarit approché de l'engin de chantier siège de l'incendie ainsi que pour les autres engins et remorques.

Les Figure 16 et Figure 17 présentées précédemment permettent de visualiser les principaux éléments.

Du fait des objectifs inhérents à la modélisation du scénario 2, à savoir la problématique d'intervention des équipes de lutte incendie et la propagation des fumées, ainsi que de la constitution des parois des galeries, ces dernières ont été représentées telles des matériaux inertes.

Cette considération n'a que très peu d'impact sur les résultats de modélisation (propagation des fumées, visibilité) et a tendance à maximiser la température au sein des galeries car les échanges thermiques entre le domaine fluide et les parois ne sont pas pris en compte.

Les éléments potentiellement présents dans les galeries modélisées et non considérés dans la maquette de calcul sont les suivants :

- Les potentiels éléments inhérents aux activités des MDPA et au projet de déstockage (entreposage de matériaux divers par exemple) car la connaissance de ceux-ci et leur position éventuelle ne sont pas précises. Par ailleurs, leur position est également susceptible d'évoluer au cours du temps ;
- Les portes d'aérage ou coupe-feu présentes réellement au sein des MDPA car leur étanchéité n'est pas avérée, leur fermeture nécessite une action manuelle et celles identifiées dans la zone modélisée sont des portes ouvertes.

Ces éléments ne présentent donc pas d'intérêt spécifique dans ce scénario d'incendie.

5.2.2.2.Éléments relatifs à la ventilation

Dans le cadre de cette étude, la ventilation au sein des galeries a été considérée comme restant « nominale » pendant toute la durée de l'incendie (ou a minima pendant la durée d'étude correspondant à une durée suffisante pour permettre l'intervention des équipes de secours).

Cette hypothèse repose sur les observations / considérations suivantes :

- En cas de gestion spécifique de la ventilation en situation d'incendie, la chronologie des actions (de la détection à l'arrêt éventuelle de la ventilation en passant par l'isolement éventuel du foyer) doit être précise et bien documentée. Dans le cas des MDPA, cette chronologie dépend de nombreux paramètres ne pouvant pas tous être pris en compte ;
- En cas d'arrêt total des ventilateurs, il est possible que le flux d'air frais (entrant par le puits Joseph et sortant par le puits Else) s'inverse selon les conditions climatiques extérieures. De manière similaire, les débits résiduels dépendent des conditions climatiques extérieures. De ce fait, les conditions aérauliques sans ventilation forcée sont méconnues. Ces informations proviennent du document [R5]. ;
- La conservation d'un débit de soufflage nominal va permettre, dans la configuration d'étude du scénario 2, de favoriser l'expulsion des fumées dans les galeries situées en « aval » de la zone de parking (direction opposée à celle de la recette du puits Joseph) et aider à conserver des conditions d'intervention plus optimales depuis le puits Joseph.

Dans la modélisation FDS, le flux d'air est piloté en extrémité de chacune des galeries en considérant deux types de condition limite (cf. Figure 18), à savoir :

- Une condition de débit volumique de soufflage imposé en entrée des galeries Tb0 et JOS2T / JOS2D ;
- Une condition limite de type « OPEN » permettant l'évacuation d'air du domaine de calcul.

Remarque : Un cas de sensibilité a été réalisé en considérant un débit volumique en extraction au niveau des « sorties » du domaine de calcul et des conditions de type « OPEN » en entrée. Du fait des hypothèses sur les débits réels et les débits cibles, le choix d'imposer le soufflage est pénalisant en termes de remontée des fumées vers les galeries proches de la recette du puits Joseph.

De manière quantitative, les débits de soufflage et d'extraction considérés ont été fournis par Antea Group et sont les débits ciblés dans le cadre du projet de déstockage. Des bilans sur les débits ont également été réalisés afin d'obtenir la meilleure cohérence possible. Dans la modélisation, cela se traduit par l'implémentation suivante pour conserver un débit minimal dans la galerie la plus proche de la recette du puits Joseph ($3,2 \text{ m}^3/\text{s}$) et un débit représentatif dans les Vam AQ0T et AQ0D.

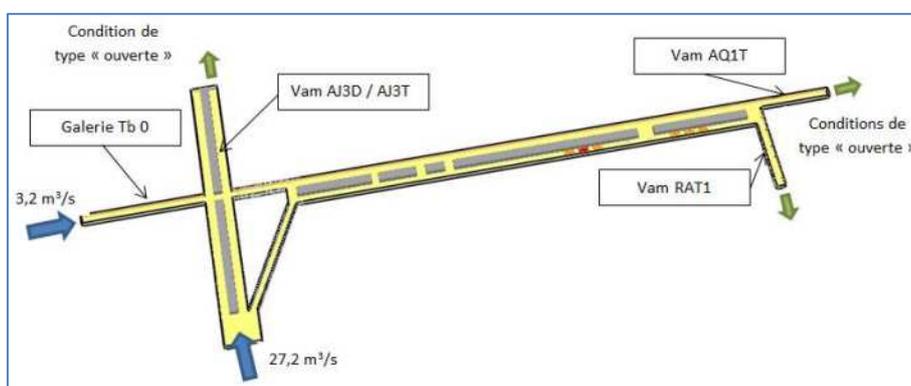


Figure 18: Représentation schématique des conditions de ventilation implémentées - scénario 2

Remarque : Les résultats de calcul présentés au paragraphe 5.5 sont dépendants des conditions de ventilation retenues. Si celles-ci étaient amenées à évoluer de manière substantielle, les résultats devraient être mis à jour.

5.2.3. Justification de la résolution du maillage retenue

La résolution de maillage utilisée (25 cm) ainsi que la justification de ce choix sont identiques à celles présentées pour le scénario 1 (cf. paragraphe 4.2.3).

Remarque : Ce scénario a fait l'objet d'une étude de sensibilité au maillage. Celle-ci est présentée en Annexe 1.

5.3. Objectifs de non-propagation du feu et critères de performance associés à l'intervention

5.3.1. Critères de performance pour l'intervention

Dans le cadre de ce scénario d'incendie, le principal intérêt consiste à évaluer les conditions d'intervention des équipes de secours pouvant être amenées à lutter contre l'incendie. De manière générale, les principaux critères de performances dans de telles situations sont les suivants :

- Critère relatif à la température:
 - Température ambiante maximale de 100°C (limite classiquement retenue par les pompiers pour effectuer une évacuation en intervention) ;
- Critère relatif à la concentration en oxygène et à la toxicité des gaz présents dans les fumées :
 - Aucun critère retenu du fait du port d'ARI par les équipes de secours ;
- Critère relatif aux flux thermiques rayonnés subis pendant l'intervention:
 - Flux thermique maximal de 5 kW/m² pendant une durée de 15 à 30 min (selon [R7]) ;
- Critère de visibilité ou d'extinction lumineuse dans les galeries :
 - Coefficient d'extinction maximal de 1,6 m⁻¹ correspondant à une visibilité de 5 m (les services de secours sont en effet entraînés à circuler dans des lieux enfumés).

5.3.2. Critère relatif à la propagation de l'incendie

Le critère relatif retenu pour l'étude de la propagation de l'incendie est une température adiabatique de surface au niveau des potentiels foyers secondaires de 330 °C.

Ce critère est retenu du fait des principales informations suivantes :

- Les flux thermiques critiques minimaux des matières plastiques et caoutchouc (pneumatiques) sont de l'ordre de 10 kW/m² (8 kW/m² pour le polypropylène) selon [R6] ;
- Les températures d'inflammation des pneumatiques sont comprises entre 330 et 400 °C toujours selon [R6] ;
- La température d'inflammation des matières plastiques de type polyuréthane est de l'ordre de 350 °C selon [R6] ;
- La température équivalente de corps noir d'un flux thermique de 8 kW/m² est d'environ 340 °C.

5.4. Terme source de l'incendie

5.4.1. Terme source du primo-foyer

Le terme source considéré pour l'incendie est un départ de feu sur un engin de chantier au niveau de la zone de parking dédié dans la Vam AQOD. De ce fait, le terme source associé à l'incendie primaire est identique à celui utilisé dans le scénario 1. Celui-ci est détaillé au paragraphe 4.4.

5.4.2. Foyers secondaires et propagation

Comme indiqué dans le paragraphe 5.3.2, le critère de propagation retenu est l'atteinte d'une température adiabatique de surface de 330 °C au niveau de l'élément considéré en tant que foyer secondaire. De manière pratique dans la modélisation, dès l'atteinte de ce critère, la surface en feu dédiée au foyer secondaire débute sa combustion.

Lorsque le foyer secondaire est un engin de manutention, le profil de feu associé est identique à celui du primo-foyer.

Pour le cas des remorques, il a été considéré que seuls les pneumatiques de celles-ci (2 pneumatiques par remorque) sont susceptibles d'être combustibles. Le profil de feu associé au pneumatique provient de [R9] et est présenté ci-dessous (pour 1 pneumatique).

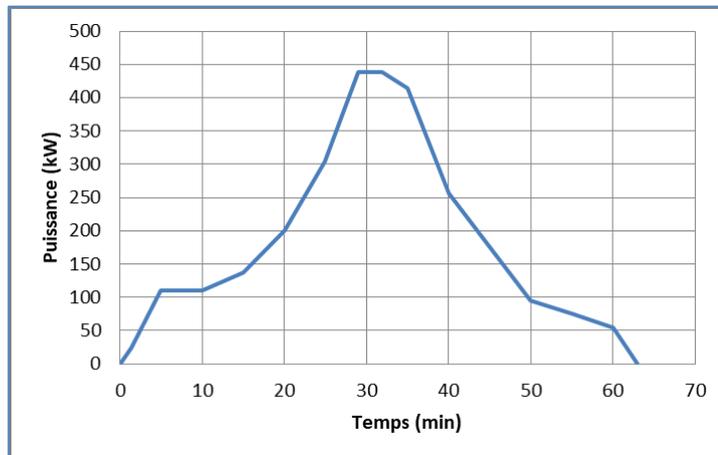


Figure 19: Profil de feu foyer secondaire -1 pneumatique

5.5. Analyse des résultats obtenus

Les principales sorties produites lors de la simulation réalisée à l'aide du logiciel FDS sont les suivantes :

- Des grandeurs de types « BDNF » (toutes les 30 secondes) correspondant à la représentation d'une grandeur physique au niveau des parois solides et notamment :
 - La grandeur « ADIABATIC SURFACE TEMPERATURE » représentative de l'agression thermique « vue » directement par la paroi ;
 - La grandeur « GAUGE HEAT FLUX » représentative du flux net sur paroi froide (valeur conservatoire du flux thermique) ;
- Des iso-surfaces de température et du coefficient d'extinction, de type « ISOF » (toutes les 30 secondes) notamment pour la valeur remarquable associée aux critères de performance de $1,6 \text{ m}^{-1}$ pour le coefficient d'extinction lumineuse ;
- Des coupes dans l'espace, de type « SLCF » pour certaines grandeurs physiques (toutes les 5 secondes) et notamment (liste non-exhaustive) :
 - La vitesse de l'écoulement dans le but d'être en mesure de contrôler les flux de ventilation appliqués ;
 - La température des gaz ;
 - Le coefficient d'extinction lumineuse.

Remarque 1 : Du fait des objectifs de la modélisation, le calcul a été réalisé sur environ 60 minutes. Cette durée ne permet pas l'atteinte de la fin du profil de feu théorique mais est suffisante pour statuer sur les conditions d'intervention ainsi que sur la propagation du feu (atteinte du plateau du profil de feu).

Remarque 2 : Seules les sorties produites ayant un intérêt vis-à-vis de la problématique étudiée sont présentées par la suite.

5.5.1. Développement de l'incendie et profil de feu

La figure suivante présente une comparaison entre les profils de feu théorique et résolu par FDS. Les résultats montrent que l'incendie est correctement ventilé, avant propagation du feu à un second véhicule de chantier (le profil de feu résolu suit parfaitement le profil de feu théorique avant augmentation jusqu'à atteinte d'une puissance maximale de 2 fois la puissance de feu théorique d'un seul engin).

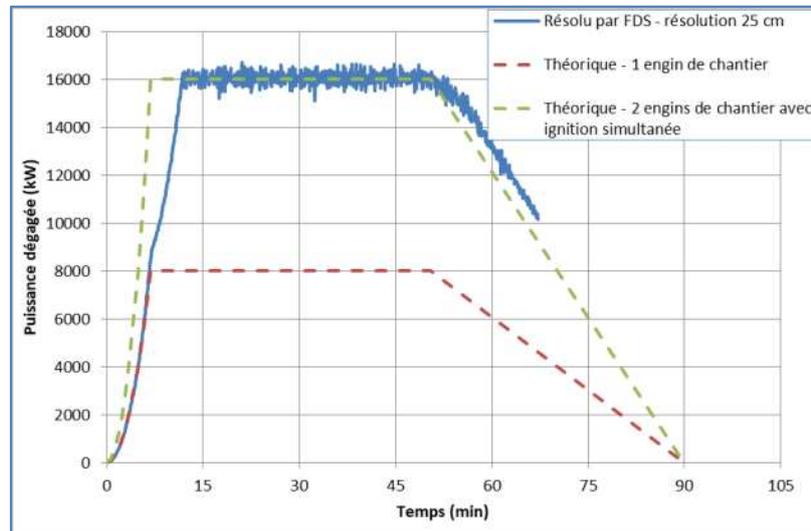


Figure 20: Comparaison des profils de feu résolu et théorique - scénario 2

La Figure 21 représente les flammes de l'incendie pour différentes durée afin de visualiser la propagation de l'incendie au cours du temps.

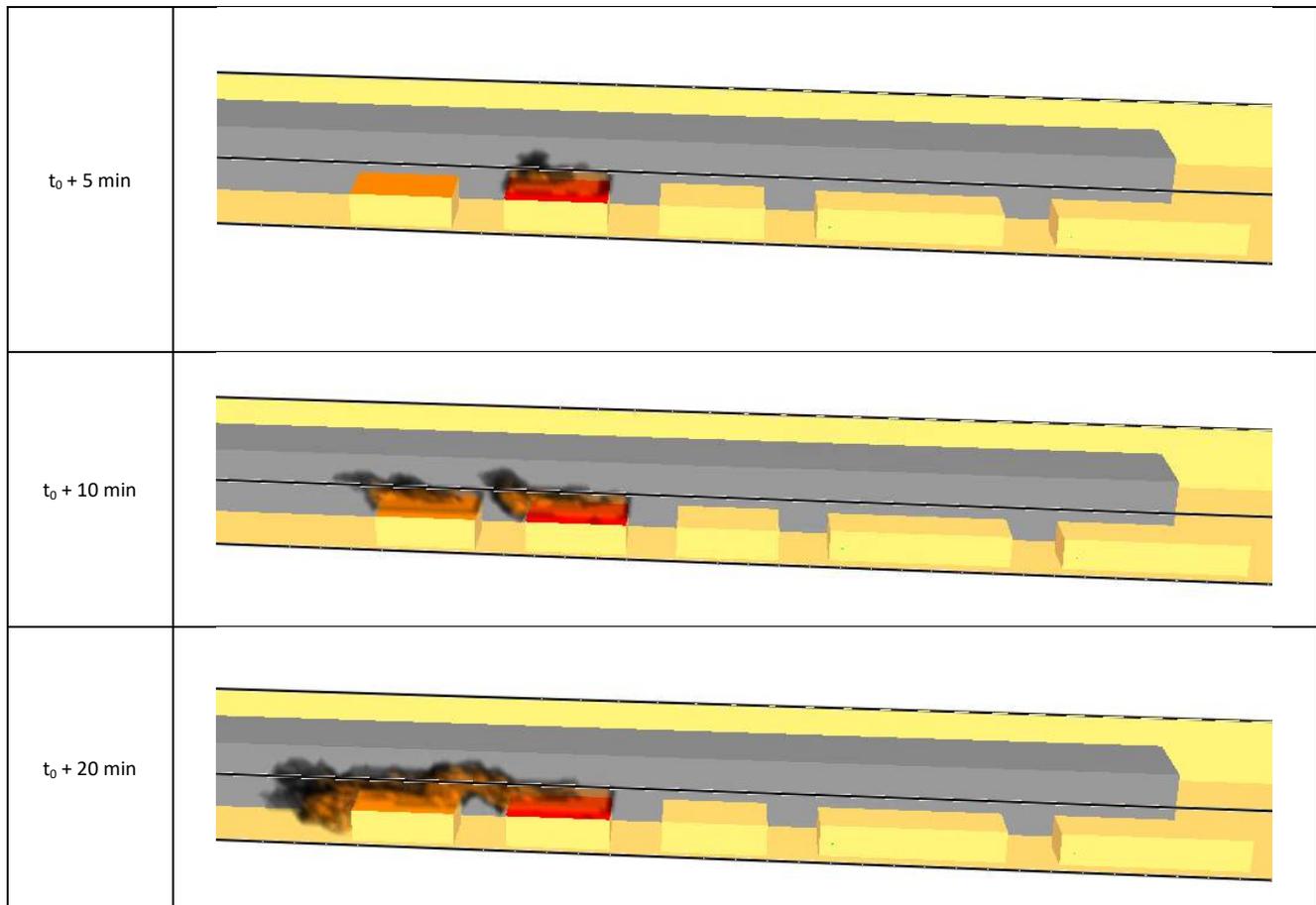


Figure 21: Représentation des flammes de l'incendie pour différents temps - scénario 2

Du fait de l'inclinaison de la galerie et du déplacement des fumées les plus chaudes principalement en amont du tronçon étudié (vers le sens montant), la propagation du feu est observée vers le sens montant. Afin d'être en mesure d'étudier une distance de séparation, un champ 3D de température est observé au paragraphe 5.5.2.

5.5.2. Evolution du coefficient d'extinction lumineuse dans la galerie au cours du temps

Du fait du domaine de calcul considéré, le schéma ci-dessous présente la nomenclature des portions de galeries dans lesquelles les coupes d'évolution du coefficient d'extinction lumineuse sont présentées. Ce formalisme est respecté pour chaque temps d'incendie. Seules des coupes dans les galeries Vam AQ0D et l'ensemble Tb0, Vam AQ0T et Vam AQ1T sont présentées (les autres galeries ne présentent pas d'intérêt spécifique par rapport à la problématique d'intervention des secours).

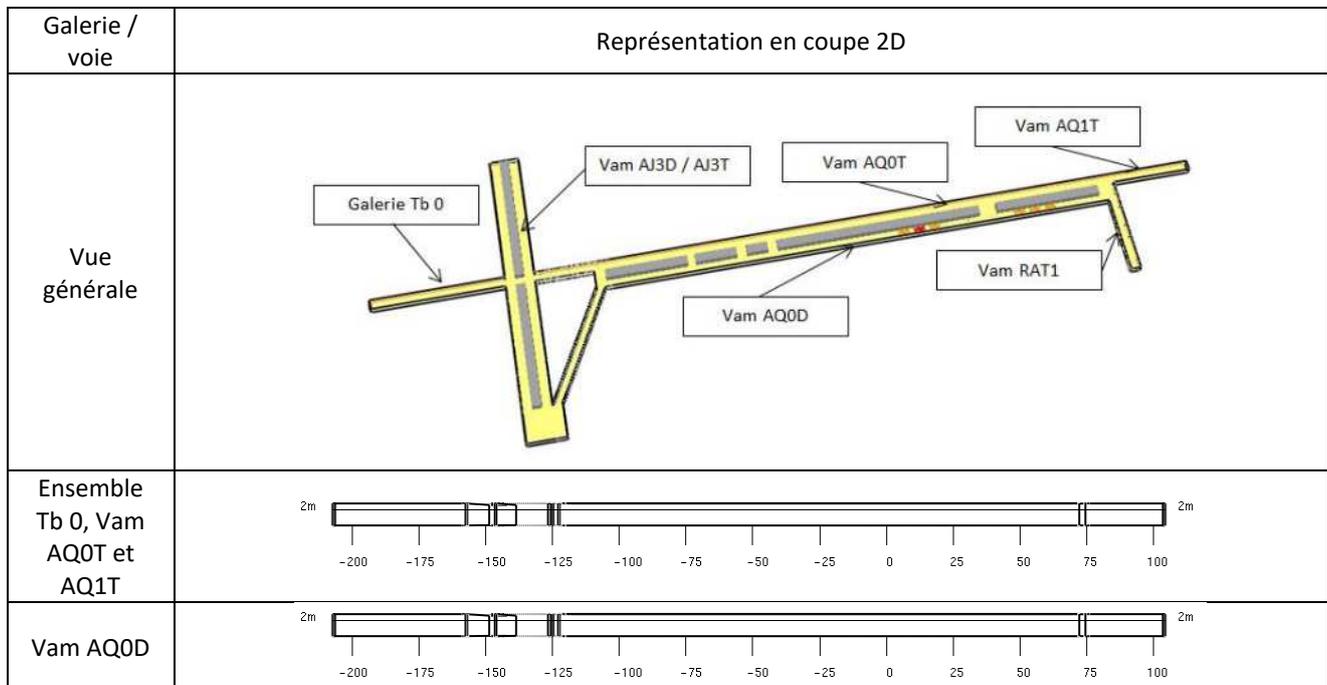


Figure 22: Représentation schématique du formalisme utilisé pour la présentation des résultats – scénario 2

La figure suivante présente donc l'évolution du coefficient d'extinction lumineuse au cours du temps dans les galeries avec un focus particulier sur la valeur cible de $1,6 \text{ m}^{-1}$ (t_0 correspond au début de l'incendie).

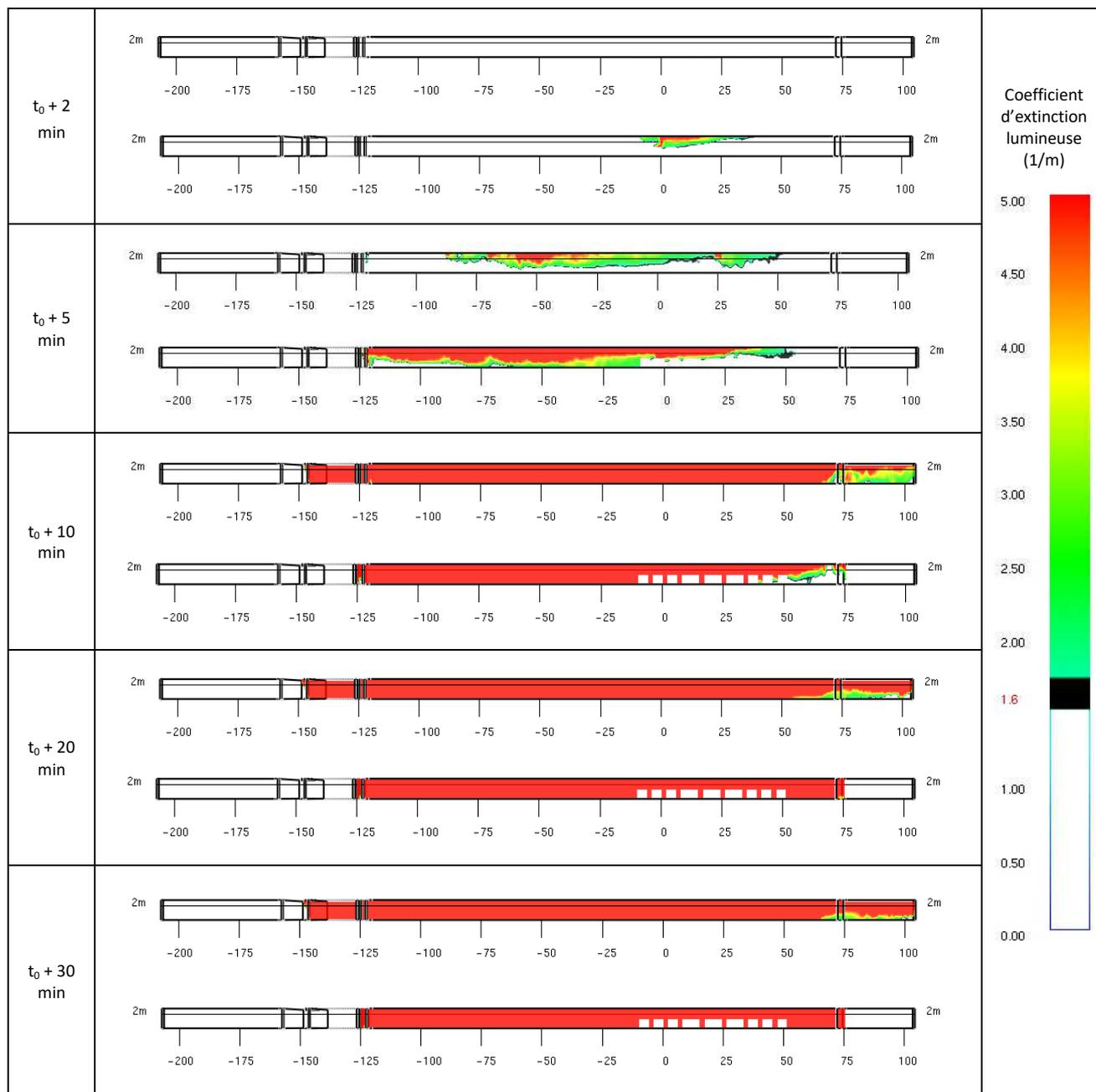
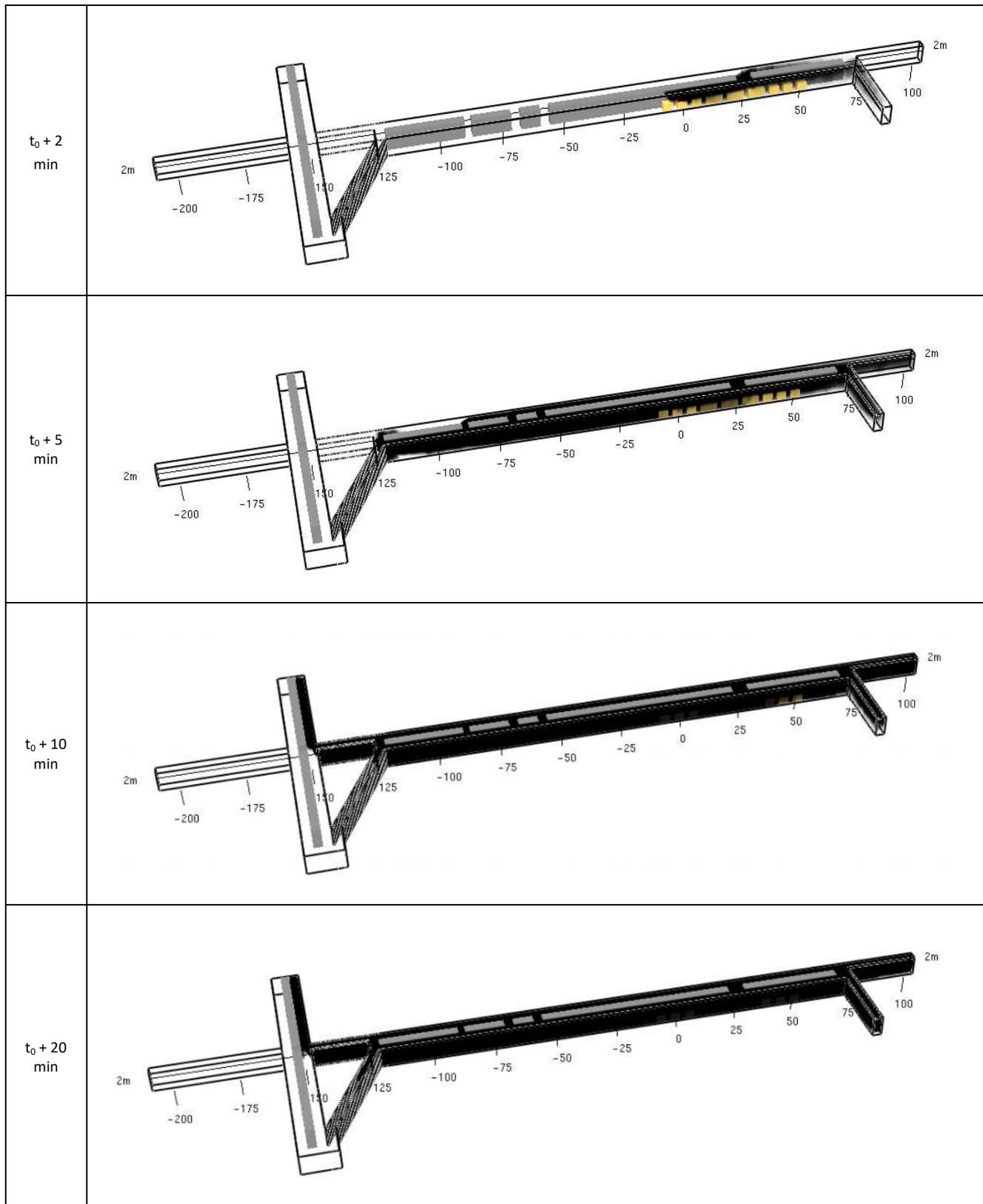


Figure 23: Evolution du coefficient d'extinction lumineuse de $1,6 \text{ m}^{-1}$ – scénario 2

La Figure 23 montre que le tronçon sinistré est rapidement enfumé aussi bien en amont qu'en aval de l'incendie. En effet, après une durée comprise entre 5 et 10 minutes, la couche de fumée (critère d'extinction lumineuse de $1,6 \text{ m}^{-1}$) atteint l'ensemble des galeries Vam AQ0T, AQ0D et AQ1T.

La ventilation nominale engendrant un flux d'air provenant des galeries Tb 0 et JOS2D permet de conserver une visibilité optimale dans la galerie Tb0 (galerie pressentie pour l'arrivée des équipes d'intervention). De manière qualitative, il est possible d'extrapoler le fait que l'ensemble du réseau souterrain situé en aval de l'incendie (depuis la zone parking jusqu'au puits Else en passant par la zone de stockage) est rapidement enfumé.

A titre d'illustration des propos précédents, notamment la conservation d'une visibilité optimale en galerie Tb 0, la figure suivante présente une vue 3D de la propagation des fumées de l'incendie au cours du temps.



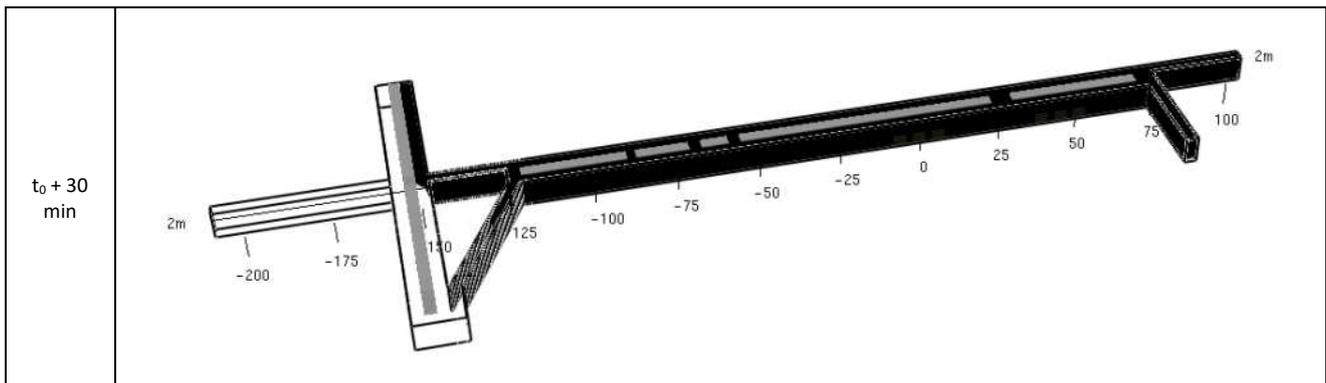


Figure 24: Représentation de la propagation de la fumée en 3D - scénario 2

Au bout d'environ 20 min, un régime établi est observé concernant la propagation des fumées en amont de l'incendie (vers la galerie Tb 0 notamment). **Les équipes d'intervention pourront donc accéder au tronçon sinistré par le puits Joseph et la galerie Tb 0. La visibilité sera ensuite fortement réduite et les conditions d'intervention seront défavorables sur environ 150 m.**

5.5.1. Evolution du critère de température dans les galeries au cours du temps

La figure suivante présente l'évolution du critère de 100 °C pour la température des gaz (t_0 correspond au début de l'incendie). De manière analogue au paragraphe précédent, les coupes de températures présentées se focalisent sur les galeries AQOD et l'ensemble Tb 0 / AQ0T / AQ1T.

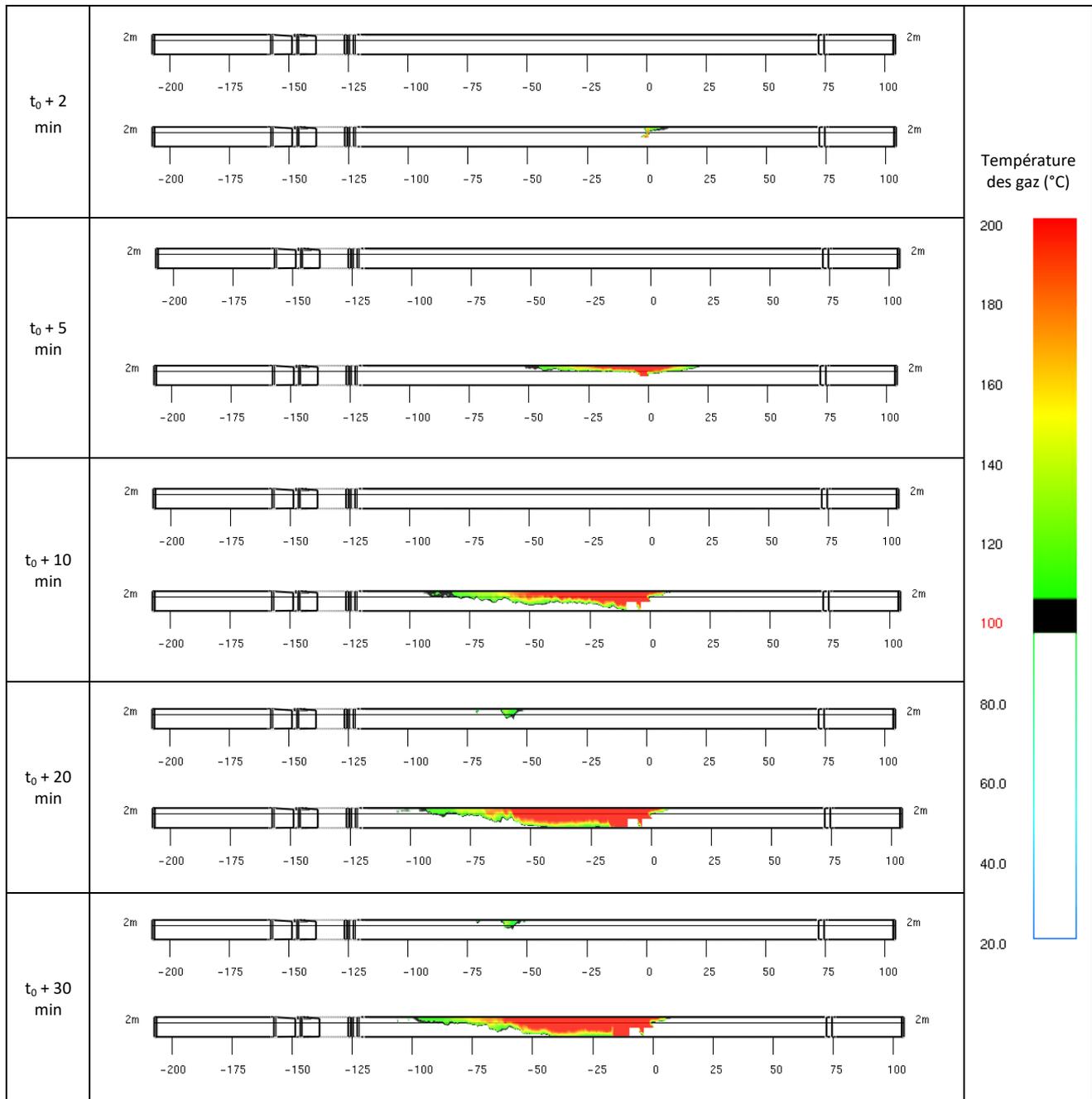


Figure 25: Evolution de la température de 100 °C dans les galeries - scénario 2

Le critère de température des gaz de 100 °C est atteint, à 2 m de hauteur, sur une distance maximale d'environ 100 m depuis le foyer de l'incendie. Cette distance, atteinte au bout d'environ 10 min n'évolue plus dès lors que l'incendie atteint sa puissance maximale.

Le critère de température de 100 °C n'est pas le plus pénalisant vis-à-vis de l'intervention.

5.5.2. Etude la propagation de l'incendie

L'objectif de ce paragraphe est de présenter les résultats de modélisation pouvant être utilisés dans le but d'étudier la propagation de l'incendie entre les différents engins de chantier et / ou remorques présents sur la zone de parking. Pour rappel, les résultats de modélisation montrent une propagation à un second engin de chantier, situé en amont de l'incendie et à une distance de 2 m.

Remarque : Ces résultats sont dépendants de la configuration étudiée et notamment de la localisation du primo-foyer ainsi que de la pente de la galerie.

Afin d'être en mesure d'extrapoler les observations à l'ensemble de la zone de parking, le critère prudent retenu pour la propagation de l'incendie (température adiabatique de surface de 330 °C) est étudié. A ce titre, la figure suivante présente une vue de la température adiabatique de surface au niveau des parois solides du domaine de calcul. Un focus est fait sur la valeur cible de 330 °C dans la galerie comprenant la zone de parking avec une attention particulière pour les temps supérieurs à 15 min (plateau de puissance de feu).

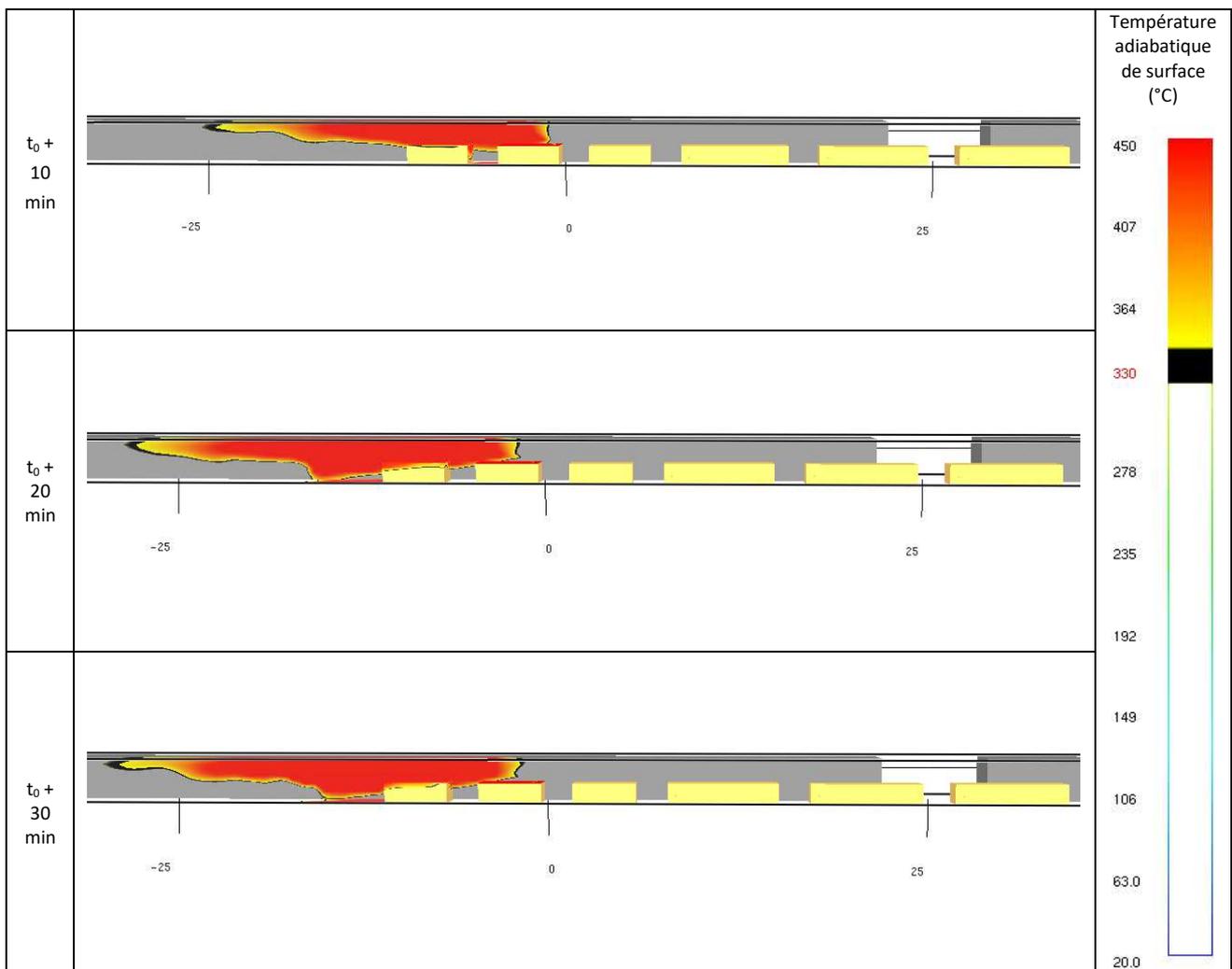


Figure 26: Température adiabatique de surface au cours du temps - scénario 2

L'étude de la Figure 26 montre qu'une fois la puissance maximale de feu atteinte (mobilisation de 2 engins de chantier), la température adiabatique de surface atteint une valeur supérieure à 330 °C (critère de propagation retenu) à une distance d'environ 15 m des flammes de l'incendie. **De ce fait, une distance de 15 m entre les potentiels foyers d'incendie est nécessaire pour éviter la propagation du feu d'un engin de chantier à un autre.**

La dimension de la zone de parking étant d'environ 90 m linéaire, il n'est physiquement pas possible de respecter cette distance entre tous les engins / remorques. Il est donc proposé une répartition du stationnement des engins de chantier / remorques permettant de limiter au maximum la propagation du feu en cas d'incendie.

Le stationnement proposé est donc le suivant :

- **3 zones de stationnement séparées de 15 m chacune et comprenant respectivement le stationnement d'une remorque au centre et de deux engins de chantier en périphérie.**

Cela permet d'éviter la propagation de l'incendie à plus de 2 engins et d'une remorque tout en limitant la propagation du feu au sein d'une zone de stationnement du fait du pouvoir calorifique bien plus faible de la remorque (uniquement des pneumatiques combustibles) vis-à-vis des engins de chantier.

5.6. Synthèse générale – scénario 2

Ce scénario qui consiste en l'incendie d'un engin de chantier, localisé au niveau de la zone de parking, avec propagation du feu a pour objectif l'étude d'une éventuelle intervention des équipes de lutte incendie. La modélisation du scénario permet de retenir les principaux points suivants :

- La ventilation nominale permet de conserver une visibilité optimale au niveau de la galerie Tb 0 faisant le lien entre la zone sinistrée et le puits d'accès (puits Joseph) . Cela permet de favoriser l'arrivée des secours et leur établissement pour engager la lutte incendie ;
- Les conditions d'intervention sont fortement dégradées après environ 10 minutes de feu sur une distance maximale en amont du feu d'environ 150 m (galerie AQ0T et AQ0D totalement enfumé) ;
- La température des gaz atteinte au niveau des voies Vam AQ0T et AQ0D est localement importante mais le critère retenu de 100 °C n'est pas pénalisant vis-à-vis du critère de visibilité retenu ;
- Une distance d'environ 15 m entre les engins de chantiers / remorques permet d'éviter la propagation du feu entre eux ;
- Il est recommandé de séparer en 3 zones le parking des engins avec dans chacune d'entre elles 2 engins de chantier séparés par une remorque.

ANNEXE 1 : ETUDE DE SENSIBILITE AU MAILLAGE

La modélisation FDS réalisée dans le corps de l'étude se base sur un maillage structuré orthogonal contenant des mailles cubiques de résolution 25 cm. Ce choix en terme de résolution se base principalement sur les contraintes liées aux temps de calculs, au volume important des ouvrages modélisés, à la puissance des machines de calcul utilisées et à la puissance de feu dégagée (vérification du paramètre D^*/dx).

Afin de valider la résolution du maillage choisie, une étude de sensibilité a été réalisée et permet de comparer les résultats obtenus avec une résolution plus fine (12,5 cm). Pour des raisons de temps de calcul machine, le calcul mettant en œuvre un maillage de résolution 12,5 cm a été réalisé sur environ 20 min d'incendie. Cette durée permet l'atteinte du plateau de l'incendie et donc une comparaison pertinente de certaines grandeurs clés (puissance dégagée, évolution de flux thermique ou de température adiabatique de surface, etc.).

La figure ci-dessous présente une comparaison des profils de feu calculés par le logiciel pour les deux résolutions de maillage considérées :

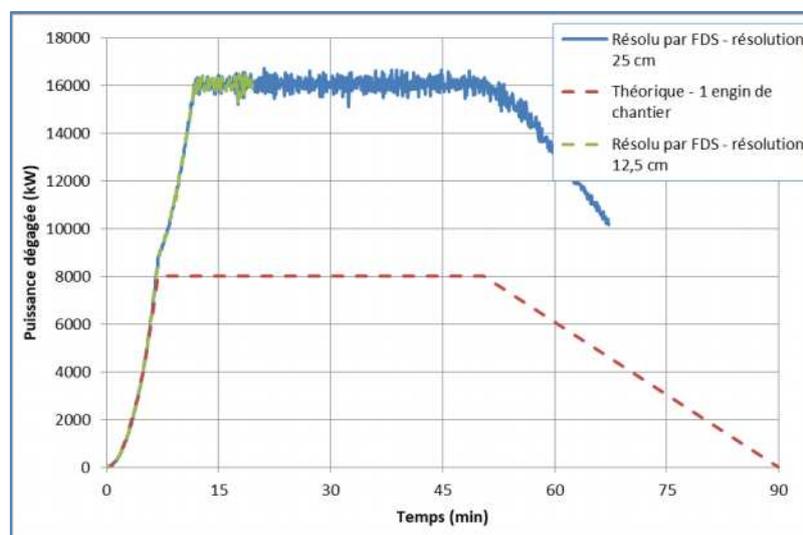


Figure 27: Etude de sensibilité au maillage - Profil de feu résolu et théorique

L'analyse des résultats précédents montrent que les deux maillages présentent des puissances thermiques dégagées totalement similaires. Pour compléter cette comparaison la figure suivante s'intéresse aux coupes dans la galerie sinistrée du coefficient d'extinction lumineuse (résolution de 25 cm en haut / résolution de 12,5 cm en bas).

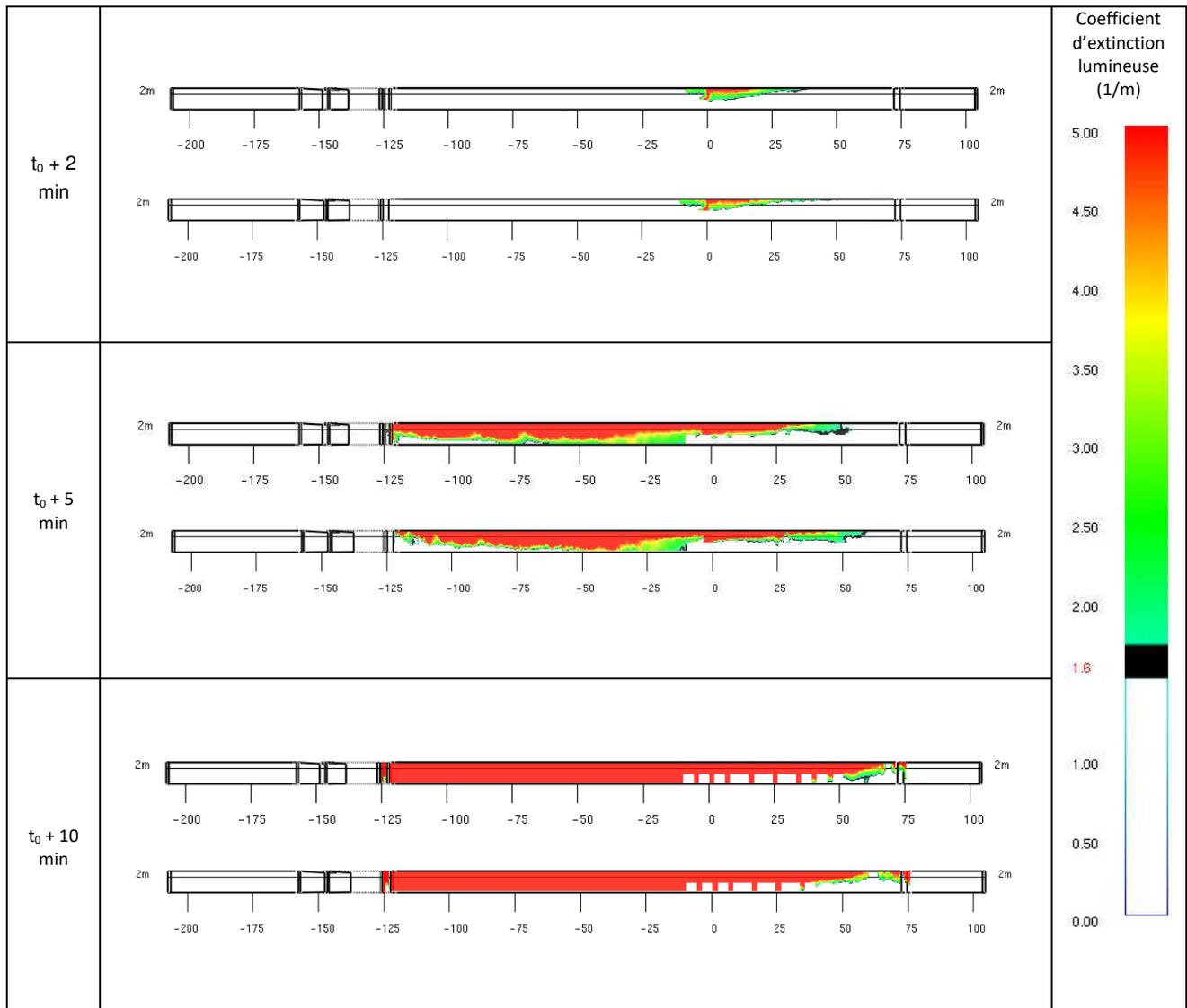


Figure 28: Etude de sensibilité au maillage – Evolution du coefficient d'extinction lumineuse

De manière analogue à la comparaison précédente, l'évolution du coefficient d'extinction lumineuse est très similaire pour des résolutions de maillage de 12,5 et 25 cm. Ces observations montrent donc que les phénomènes physiques influents sont correctement « captés » quelle que soit la résolution utilisée (12,5 cm ou 25 cm).

Le choix d'utiliser un maillage de résolution 25 cm est donc pertinent et n'a pas été remis en cause par cette étude de sensibilité dans le cadre de cette étude.