

# Résultats de l'étude d'expertise sur les déchets sels cyanurés et REFIOM de StocaMine

Dans le cadre du projet de confinement du site de  
stockage souterrain StocaMine

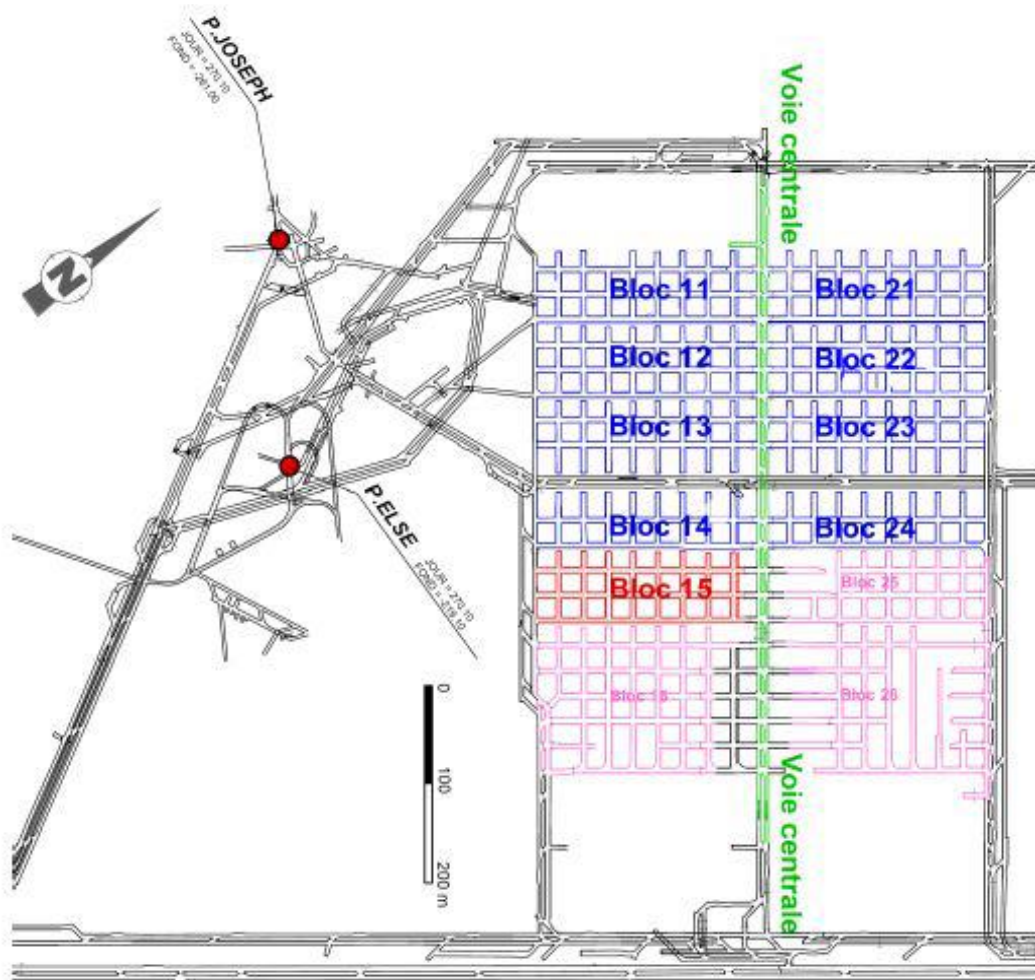


# Sommaire

1. Objectif du projet
2. Risques
3. Données d'entrée
4. Hypothèses
5. Méthodologie
6. Résultats et conclusions

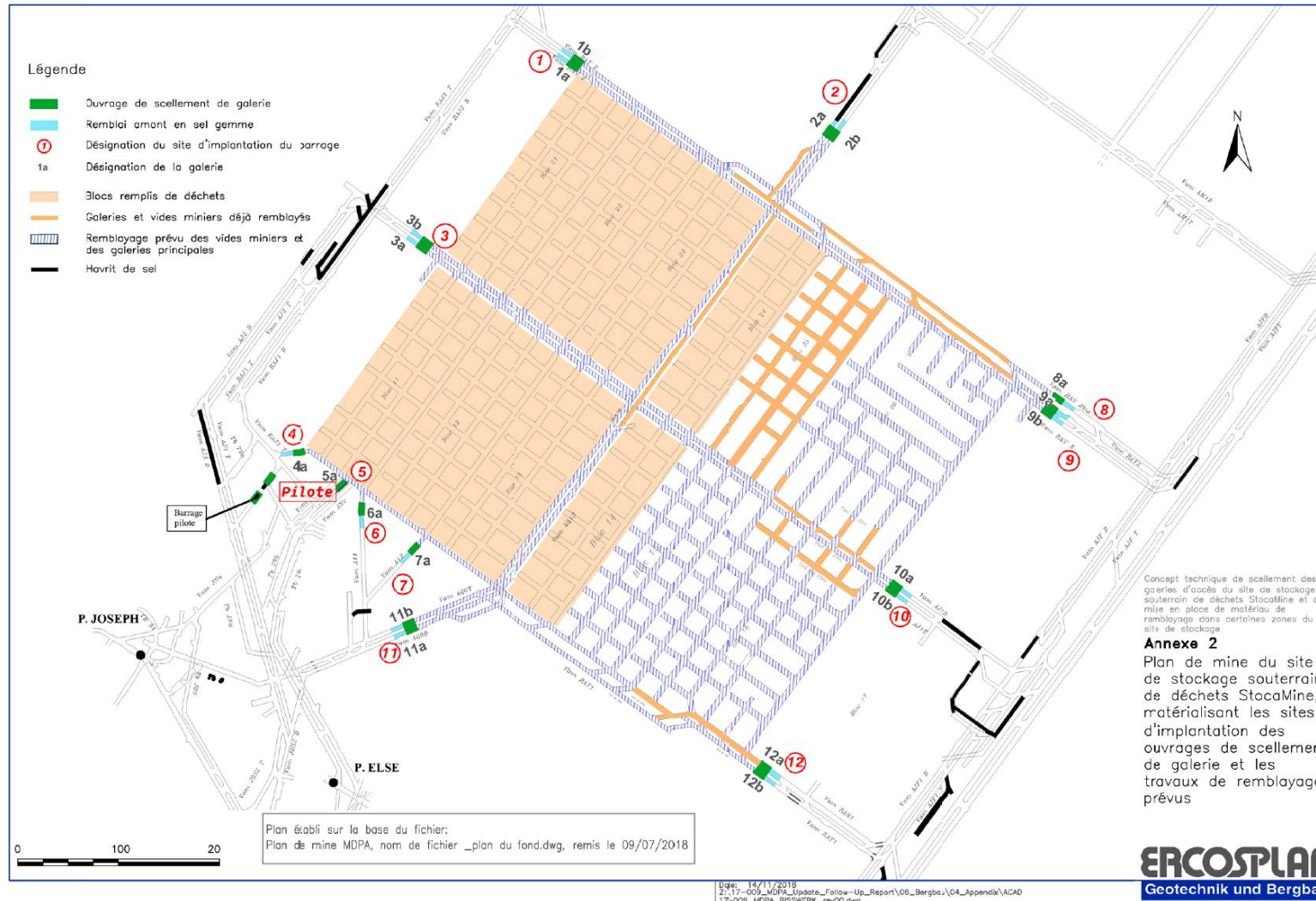
# 1. Objectif du projet

## Demande MDPA



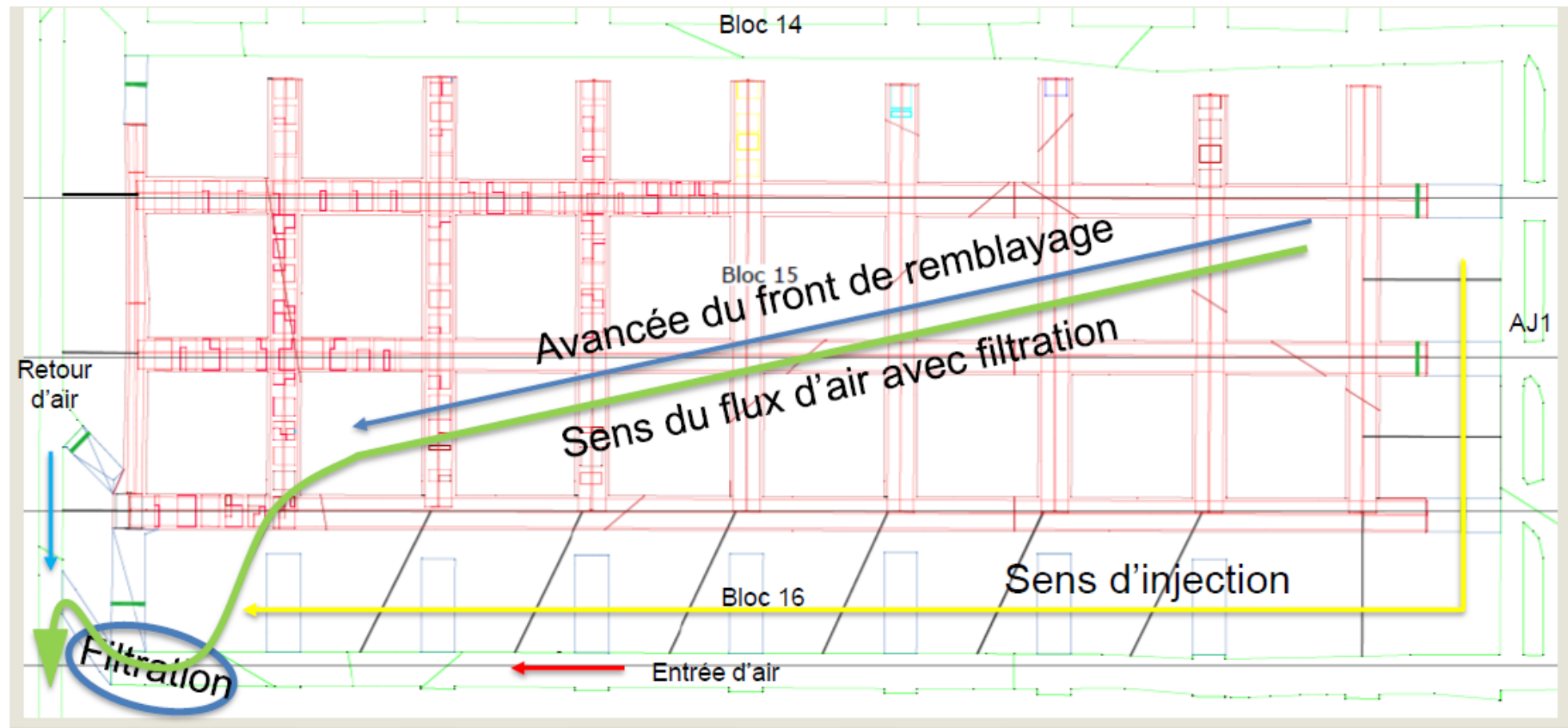
# 1. Objectif du projet

## Phasage



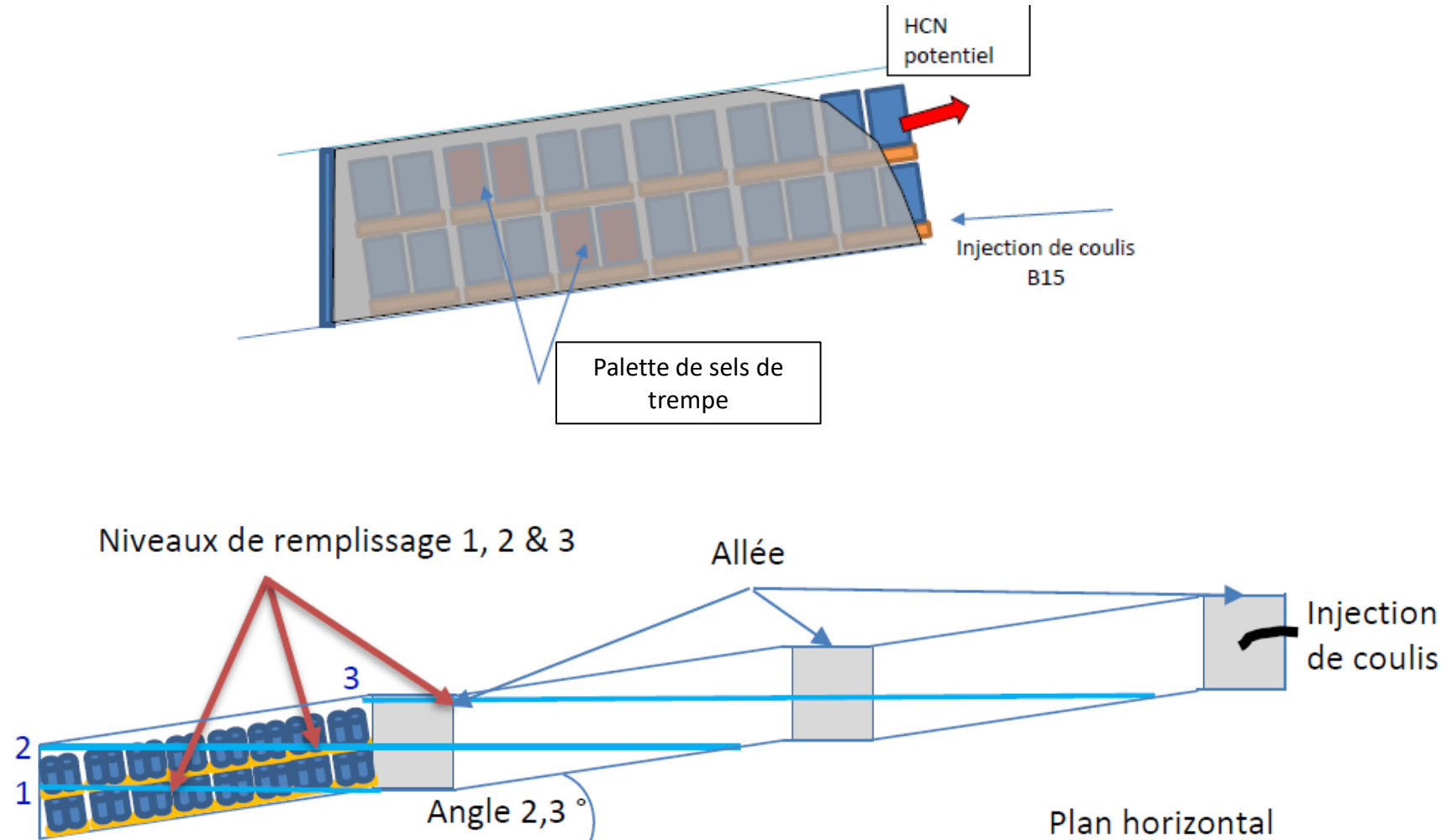
# 1. Objectif du projet

## Remblaiement du bloc 15



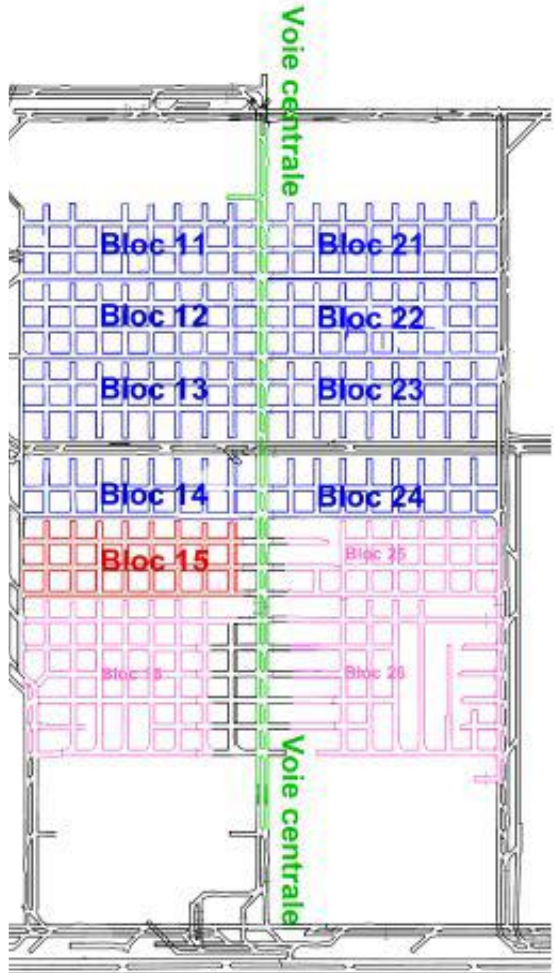
# 1. Objectif du projet

## Remblaiement du bloc 15

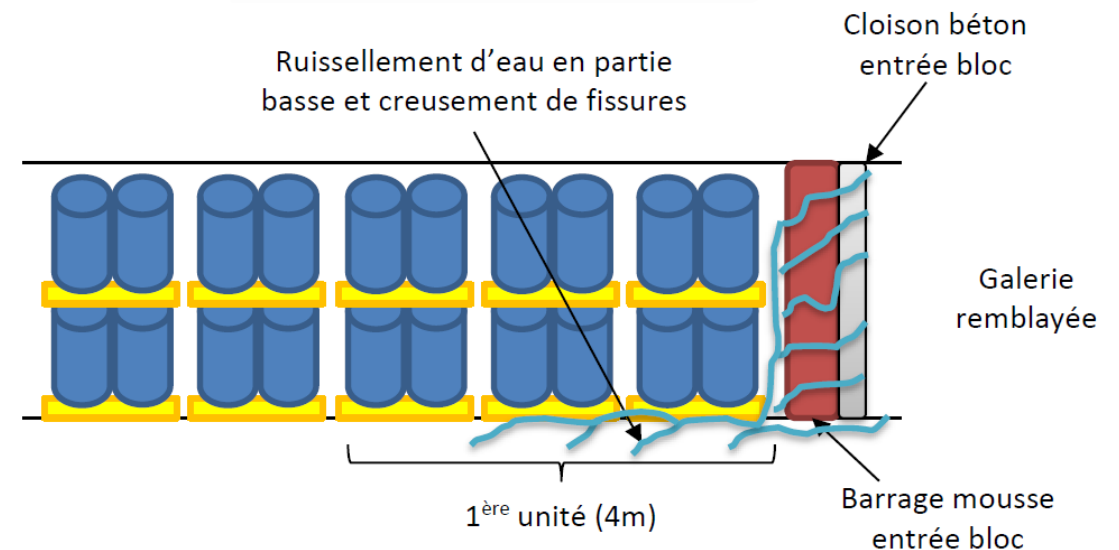
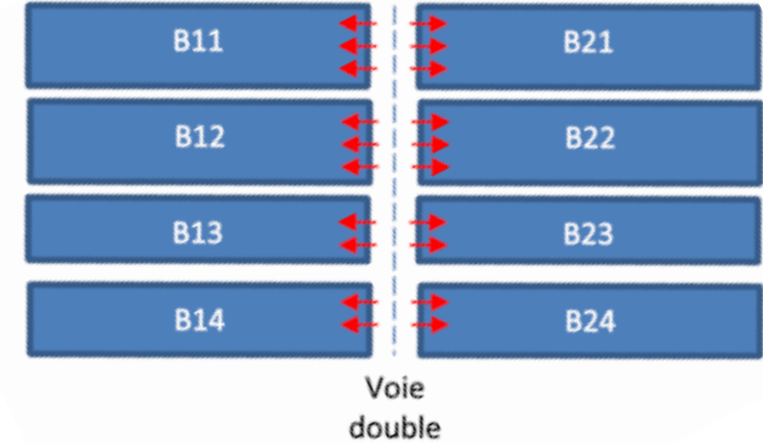


# 1. Objectif du projet

## Remblaiement des galeries d'accès au stockage



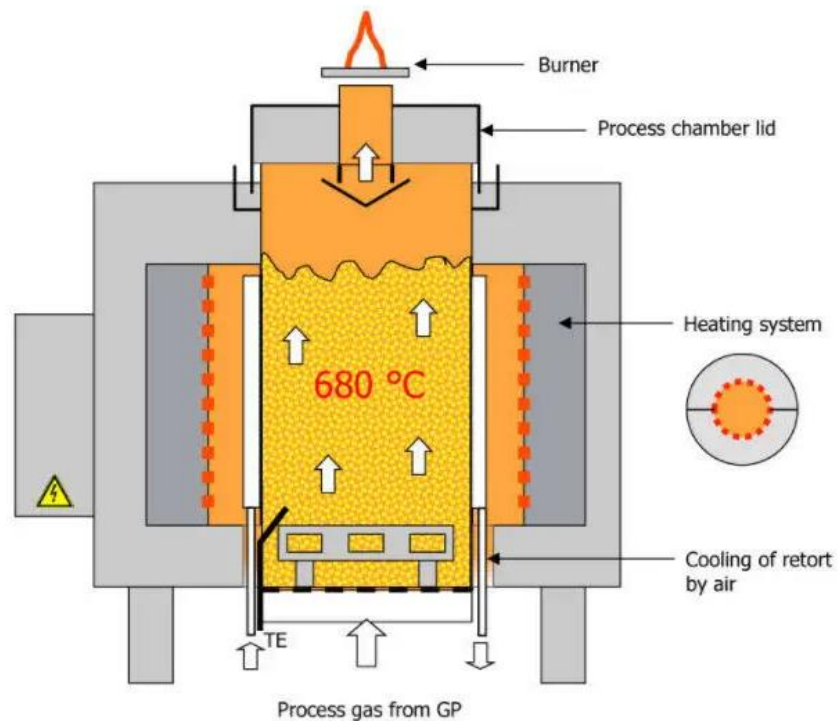
Blocs concernés : 11, 12, 13, 14, 24



# 2. Risques

## Risques liés aux produits

### Sels de trempe

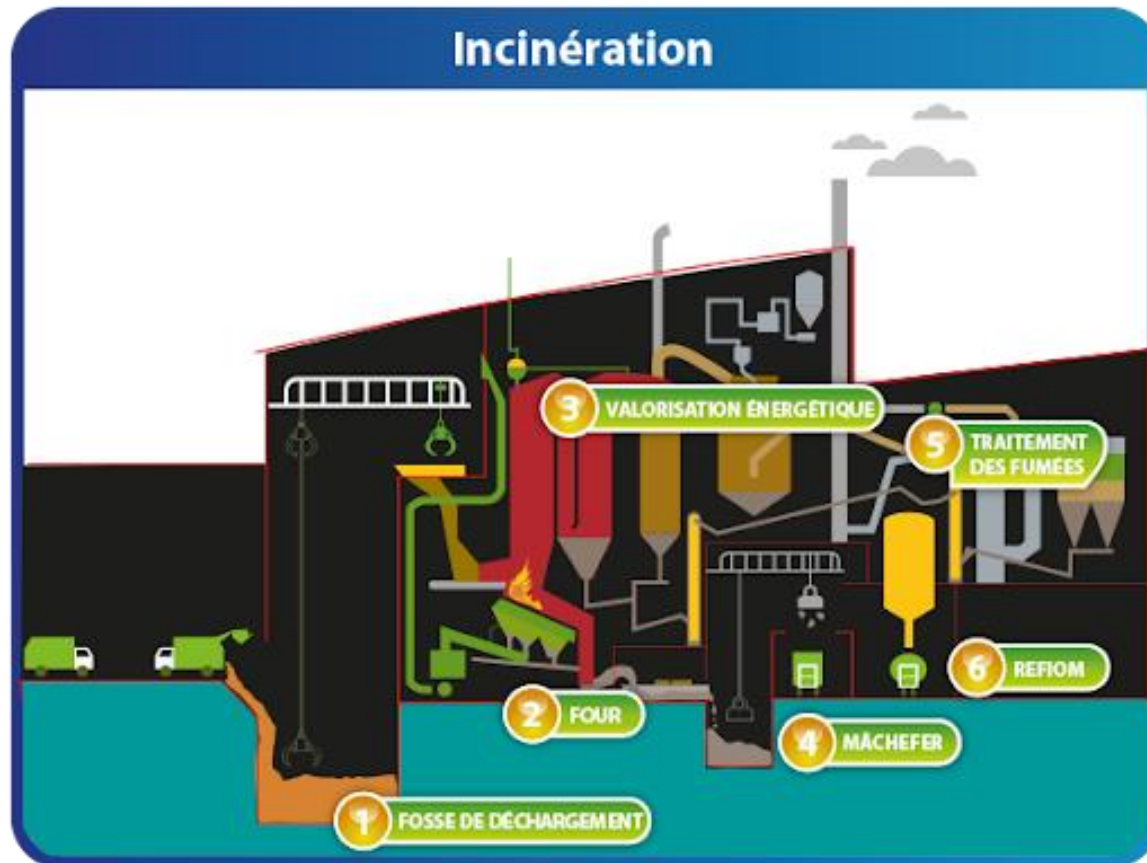




## 2. Risques

### Risques liés aux produits

REFIOM



# 2. Risques

## Risques liés aux produits

### Sels de trempe

- Cyanure de sodium (NaCN)
- Cyanure de potassium (KCN)
- Cyanures

Analyses ARTELIA (COFRAC) : la concentration en cyanures dans les déchets est nettement inférieure par rapport au produit neuf : **0,0001 % à 2,9 %** pour l'ensemble des déchets concernés.

# 2. Risques

## Risques liés aux produits

### REFIOM

Composant	Pourcentage minimum	Pourcentage maximum
Ca(OH) <sub>2</sub> +CaO	15%	30%
CaClOH	20%	35%
CaSO <sub>4</sub>	5%	10%
Aluminium	0%	0,1%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SiO <sub>2</sub>	12%	17%
ZnO, PbO, PbCl <sub>2</sub>	0%	2%
NaCl + KCl	0%	6%
Dioxines/furanes	Traces	Traces

La présence de chlorure de calcium hydroxyde (CaClOH) dans les REFIOM au contact de l'eau peut engendrer la libération de gaz irritants de type chlorure d'hydrogène (HCl), fluorure d'hydrogène (HF) ou dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Ces risques peu probables ont été pris en compte dans l'étude.

## 2. Risques

### Risques pour les opérateurs des travaux

Le cyanure de sodium (NaCN) réagit avec l'eau en formant de l'acide cyanhydrique qui s'évapore sous forme de gaz volatil très toxique et inflammable: le **cyanure d'hydrogène** (HCN).

La réaction chimique des sels avec l'eau issue du coulis de béton conditionnera **potentiellement les émissions de HCN**.

Il est possible bien que peu probable que la réaction avec les REFIOM génère des émissions **HCl, HF, SO<sub>2</sub>**.

Il est nécessaire d'estimer les concentrations de ces émissions dans l'air sortant des blocs à remblayer afin d'évaluer le risque pour la santé des opérateurs.

# 3. Données d'entrée

## Sources documentaires

- Etude de l'INERIS : évaluation du terme source
- Etude de BMG : évaluation des risques liés aux substances chimiques
- Analyses d'ARTELIA (COFRAC), tierce expertise de l'échantillothèque

# 3. Données d'entrée

## Conditions dans la mine (données MDPA)

- Température eau : 35°C
- Température air : 35°C sans aérage
- pH du coulis : 11\*
- Ressuage : 1% volumique d'eau\*
- Teneur en eau du coulis : 42 %\*
- Localisation, quantité et nature chimique des déchets

*\*Epreuves d'étude des coulis réalisées par les laboratoires Ginger CEBTP et CERIB*

# 4. Hypothèses

## retenues par étapes du projet de confinement

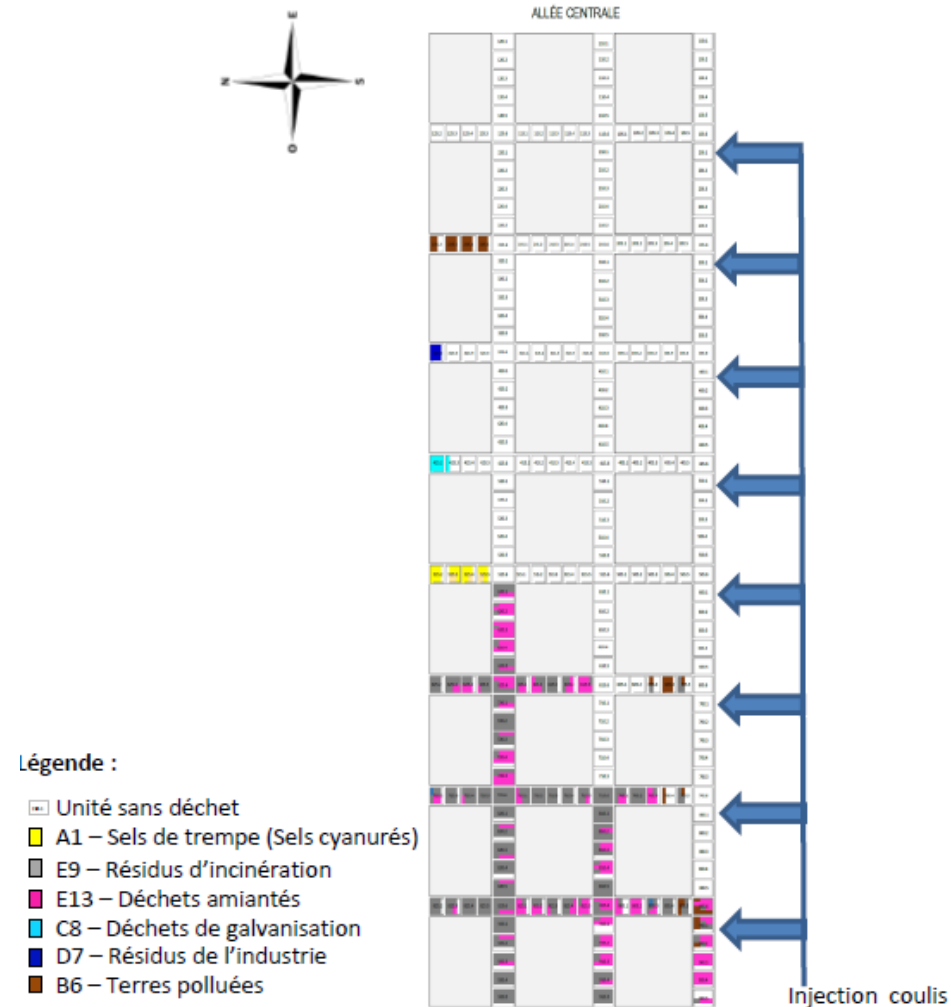
- Etape 1 : Remblaiement du bloc 15

Risques d'interactions chimiques lors du remblaiement du bloc 15 générant des gaz toxiques. Il y a renouvellement d'air.

- Etape 2 : Remblaiement des galeries d'accès

Risques d'interactions chimiques lors du remblaiement des galeries d'accès. Le coulis n'est pas en contact direct avec les déchets des blocs 11, 12, 13, 14 et 24. Les blocs n'ont pas d'aérage car ils sont volontairement isolés hermétiquement de la circulation de l'air de la mine.

# 4. Hypothèses Remblaiement du bloc 15

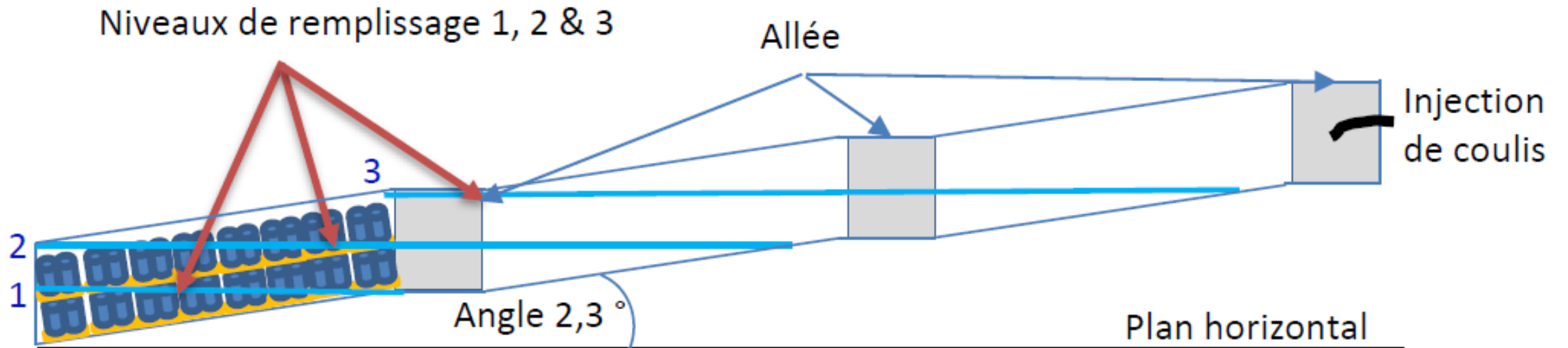


Bloc 15  
*\*incendié*



# 4. Hypothèses

## Remblaiement du bloc 15



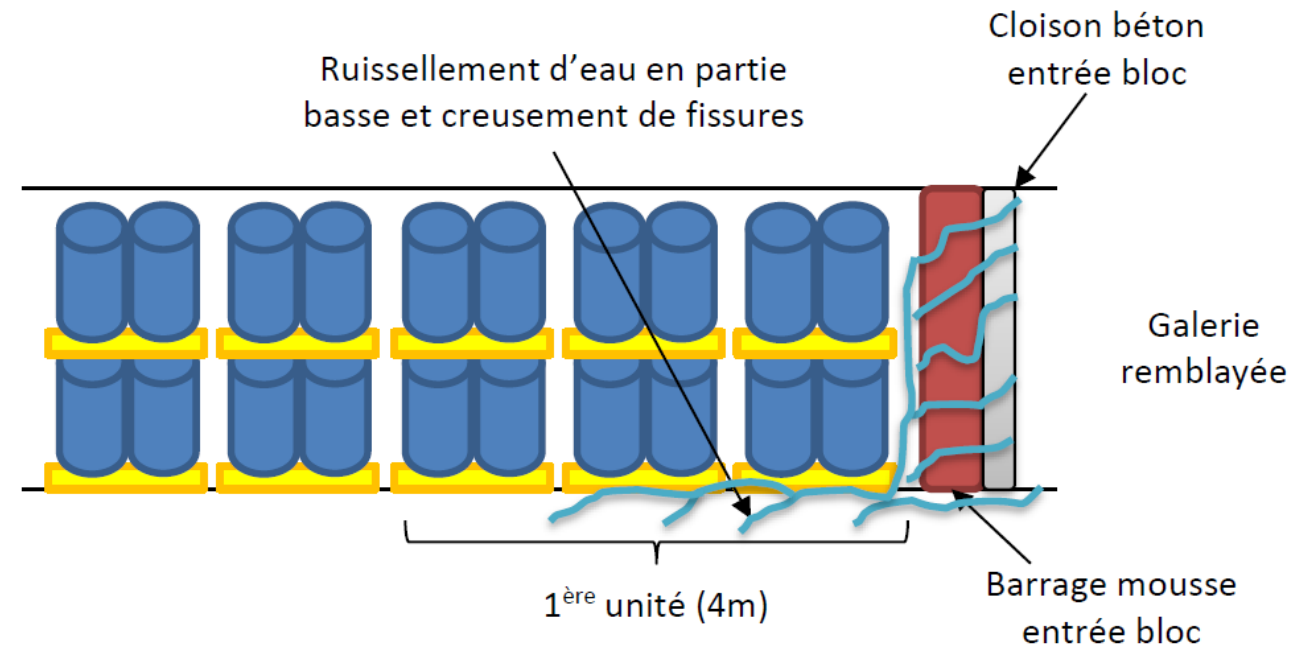
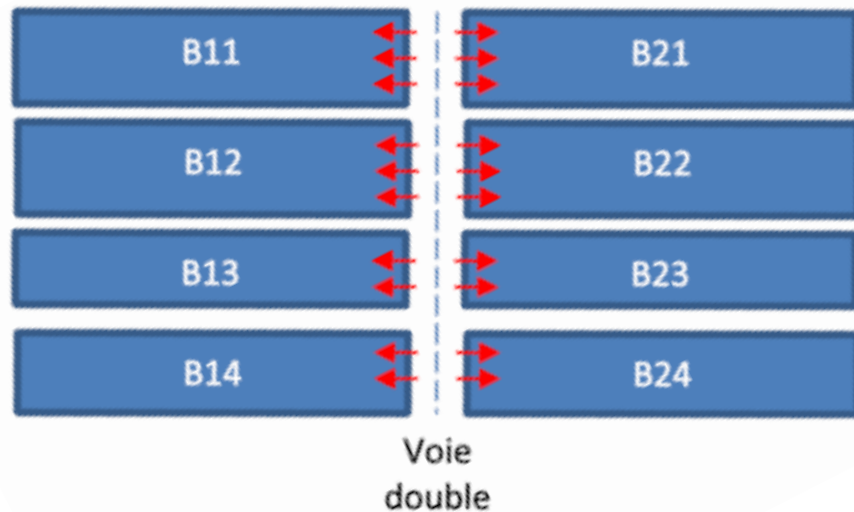
# 4. Hypothèses

## Remblaiement du bloc 15

	Hypothèse majorante utilisée pour le calcul	Réalité vraisemblable
1.	Tous les sels de trempe et REFIOM réagissent comme s'ils n'étaient pas contenus dans les conditionnements.	
2.	La réaction volume total des déchets + volume total de l'eau est immédiate.	La réaction est progressive.

# 4. Hypothèses

## Remblaiement des galeries d'accès



# 4. Hypothèses

## Remblaiement des galeries d'accès

	Hypothèse majorante utilisée pour le calcul	Réalité vraisemblable
1.	Tous les sels de trempe et REFIOM réagissent comme s'ils n'étaient pas contenus dans les conditionnements.	Seule une partie des fûts de sels de trempe ou big bags de REFIOM est potentiellement endommagée mécaniquement et expose les sels de trempe à la réaction avec l'eau du coulis.
2.	La réaction volume total des déchets + volume total de l'eau est immédiate.	La réaction est progressive.
3.	La diffusion du HCN est immédiate.	La diffusion du HCN est progressive.
4.	Le ressuage atteint le 3 <sup>e</sup> rang de déchets.	Le ressuage est bloqué par la cloison de béton et le barrage de mousse.

# 5. Méthodologie

## Méthodologie des calculs

- Modèle thermodynamique : loi de transfert de matière dans différents milieux (Robert E. Treybal)
- Modélisation sur logiciel VISUAL MINTEQ des équilibres acidobasiques, réducteurs-oxydants, dissolution

# 5. Méthodologie

## Référentiel de sécurité

Les résultats de la simulation ont ensuite été comparés aux seuils d'exposition au cyanure d'hydrogène définis par l'INRS\* :

- La VME (valeur moyenne d'exposition limite d'un travailleur sur une journée de travail de 8h sans effet sur la santé) est de **2 ppm ou de 2 mg/m<sup>3</sup>** – il s'agit du seuil d'odorat.
- La VLCT (valeur limite à court terme d'exposition sur 15min sans effet sur la santé) est de **10 ppm ou 10 mg/m<sup>3</sup>**.

# 6. Conclusions

## Résultats de l'étude : Remblaiement du bloc 15

- La modélisation de la génération de HCN dans le bloc 15 montre que le risque d'intoxication par le cyanure est quasi nul.

Niveau de remplissage	Volume coulis m <sup>3</sup>	Volume d'eau m <sup>3</sup>	Masse de CN <sup>-</sup> au contact de l'eau kg	[HCN] <sub>air</sub> mg/m <sup>3</sup>
1	9,5	4,0	49	0,000000467
2	423,5	177,9	16	0,00000000547
3	423,5	177,9	1,37	0,000000000527
(4)	423,5	177,9	320	0,000000123

VME : 2 mg/m<sup>3</sup>

# 6. Conclusions

## Résultats de l'étude : Remblaiement du bloc 15

S'il y avait contact entre coulis et REFIOM :

- Le REFIOM aurait un impact positif sur le pH du coulis en l'augmentant, ce qui réduit le risque d'émanation d'HCN.
- Il y aurait une possibilité de dégagement de gaz HCl, SO<sub>2</sub>, HF en très faible quantité, qui sont « fortement » solubilisés dans l'eau issue du coulis.



# 6. Conclusions

## Résultats de l'étude : Remblaiement des galeries d'accès

Le bloc 12 est fermé par une cloison en béton.

Référence de volume	Volume d'air disponible m <sup>3</sup>	Masse de cyanure dans l'air mg	[HCN]air Mg/m <sup>3</sup>
Front	4,22	19,22	4,55
Bloc 12	4862	778,18	0,16

*Valeurs à l'intérieur du bloc derrière la cloison de béton et le barrage de mousse*

VME : **2 mg/m<sup>3</sup>**

VLCT : **10 mg/m<sup>3</sup>**

- Dans le bloc 12 une réaction est possible mais dont les émanations d'HCN resteront inférieures à la VLCT.
- Même dans le cas improbable de la rupture accidentelle de cette cloison lors du coulage, il est démontré que les émissions d'HCN restent inférieures à la VME et ne présentent pas de danger pour les opérateurs.

# 6. Conclusions

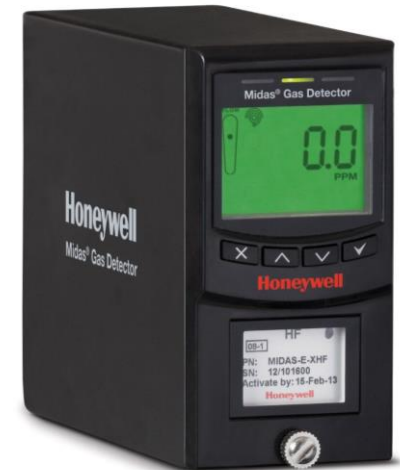
## Recommandations

### Moyens de protection collective

- Capteurs fixes d'HCN au plus proche des zones d'émission potentielles avec une première alarme fixée à la VME et une seconde à deux fois la VME ;
- Un système de filtration aval de l'air servant à ventiler le B15. Les vapeurs d'HCN et autres vapeurs irritantes peuvent être piégées sur des charbons actifs adaptés (dopage KOH).

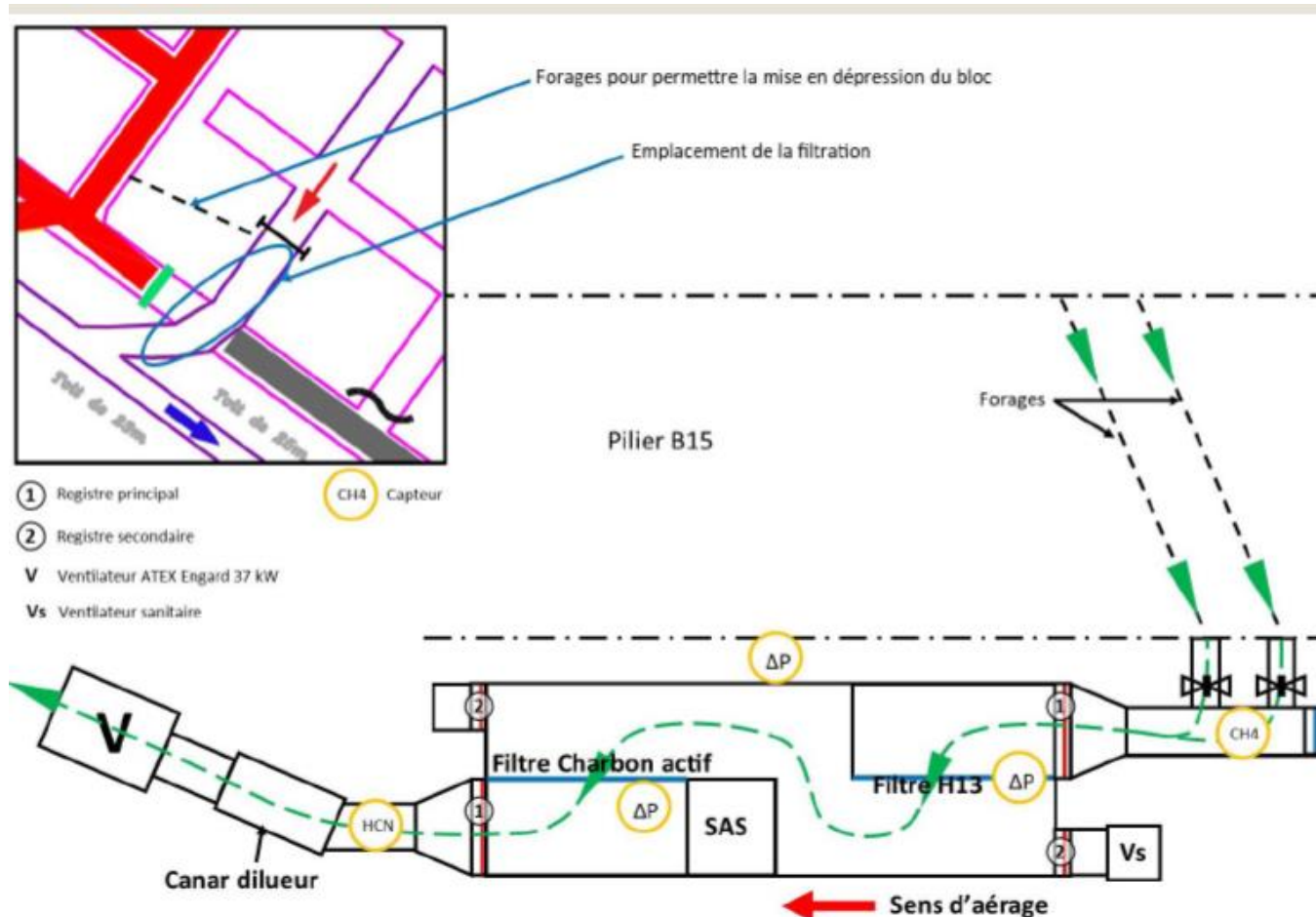
**\*Absence de risque environnemental** : en tout état de cause, compte tenu des calculs de concentration et des débits d'air en jeu, aucune émission significative de cyanure d'hydrogène et de gaz irritant au niveau du puits de retour d'air en surface ne sera à craindre.

La quantité maximale émise calculée en sortie de puits est de 0,00000000234 mg/m<sup>3</sup> contre une VME à 2 mg/m<sup>3</sup>



# 6. Conclusions Recommandations

## Projet de ventilation Bloc 15 pendant son remblayage



Armoire de commande en amont aéra

Asservissement marche ventilateur + alarme lumineuse et sonore (PST + armoire de commande) :

- Dépassement seuils CH<sub>4</sub> et HCN
- Colmatage / percement filtres

Report du fonctionnement du ventilateur à l'accueil

# 6. Conclusions Recommandations

## Projet de ventilation Bloc 15 pendant son remblayage



# 6. Conclusions Recommandations

## Projet de ventilation Bloc 15 pendant son remblayage



# 6. Conclusions

## Recommandations

### Moyens de protection individuelle

- Détecteurs portatifs d'HCN, sur les opérateurs occupés au remblayage (1 détecteur par groupe de personnes suffit) ;
- Masque respiratoire à la ceinture prêt à être enfilé avec cartouche de protection respiratoire de type B&E (a minima) ;
- Des consignes (écrites, testées, affichées) d'urgences en cas de déclenchement des capteurs (ex : enfiler votre masque de protection respiratoire, évacuer en air frais, ...).



**Avec l'application de l'ensemble de ces mesures, les éventuels risques sur le personnel intervenant seront maîtrisés et limités.**