

# Adaptations techniques innovantes pour le creusement au tunnelier en présence d'amiante environnementale



/ génie civil

**Adrian ORTS, Sandrine NOGARO,**  
**Christophe JASSIONNESSE** - Spie-Batignolles GC

# SOMMAIRE

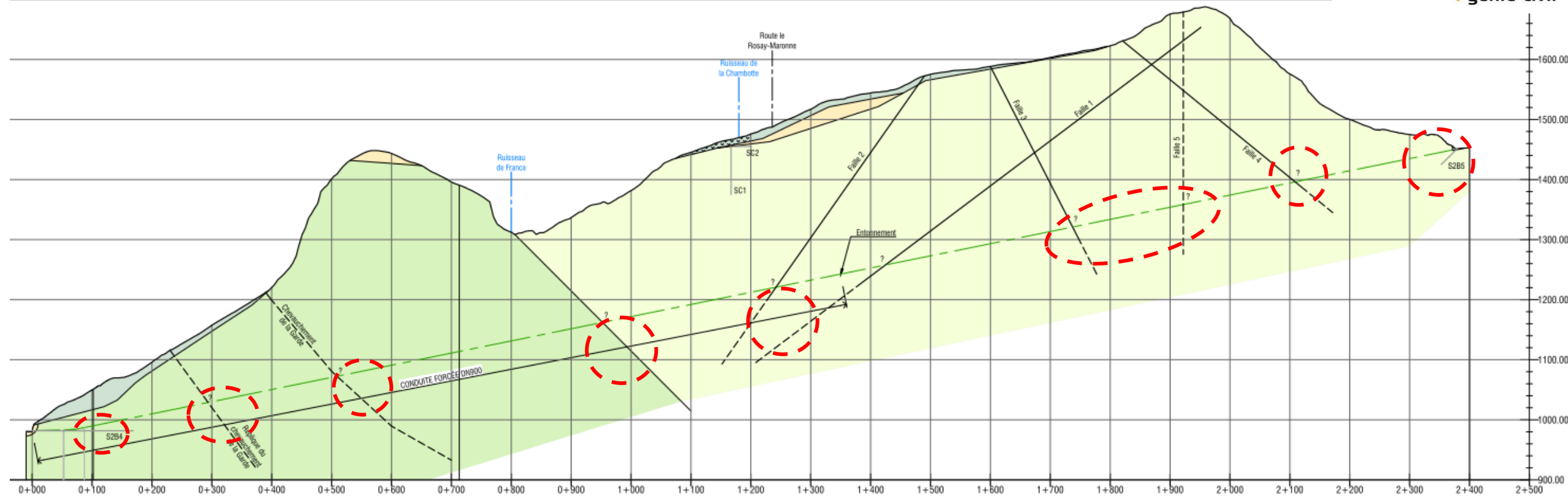
---

- 1) Contexte réglementaire
- 2) Application au chantier de l'Aménagement Hydroélectrique de La Sarenne
- 3) Dispositions techniques particulières liées au risque amiante en Sous Section 4
- 4) Choix de conception
- 5) Méthode retenue : L'équipement du TBM
- 6) Détection du Risque Amiante
- 7) Innovation: le Mode Tensioactif

# 1. Contexte réglementaire

- Au titre du Code du travail, le champ réglementaire est celui de la sous-section 4 « *Interventions sur des matériaux, des équipements, des matériels ou des articles susceptibles de provoquer l'émission de fibres d'amiante* ».
- Le seuil d'exposition est fixé par le Code du Travail: « *La concentration moyenne en fibres d'amiante, sur huit heures de travail, ne dépasse pas dix fibres par litre (Article R4412-100 Modifié par Décret n°2012-639 - art. 1)* »
- Le seuil d'exposition fixé par le code de la santé publique pour les lieux de vie est de 5 fibres par litre. **Mais il n'existe pas de seuil d'innocuité.**
- La réglementation identifie six minéraux « asbestiformes » mais les équivalents chimiques à cristallographie non fibreuse peuvent toutefois former des fragments de clivage avec des dimensions comparable à celles des fibres asbestiformes réglementaires, à savoir longueur  $> 5\mu\text{m}$  , diamètre  $< 3\mu\text{m}$ , allongement  $> 3$ , que l'on inclue dans les **Particules Minérales Allongées**.
- En présence de matériaux susceptibles de provoquer l'émission de fibres d'amiante, la limitation de la dispersion devient primordiale.
- Ainsi l'entreprises doit mettre en place des moyens de protections collectives permettant d'éviter cette dispersion en dehors de la zone de travail et d'abaisser la concentration en fibres au niveau le plus bas techniquement possible.

## 2. Application au chantier de l'Aménagement Hydroélectrique de La Sarenne (Compagnie Nationale du Rhône)



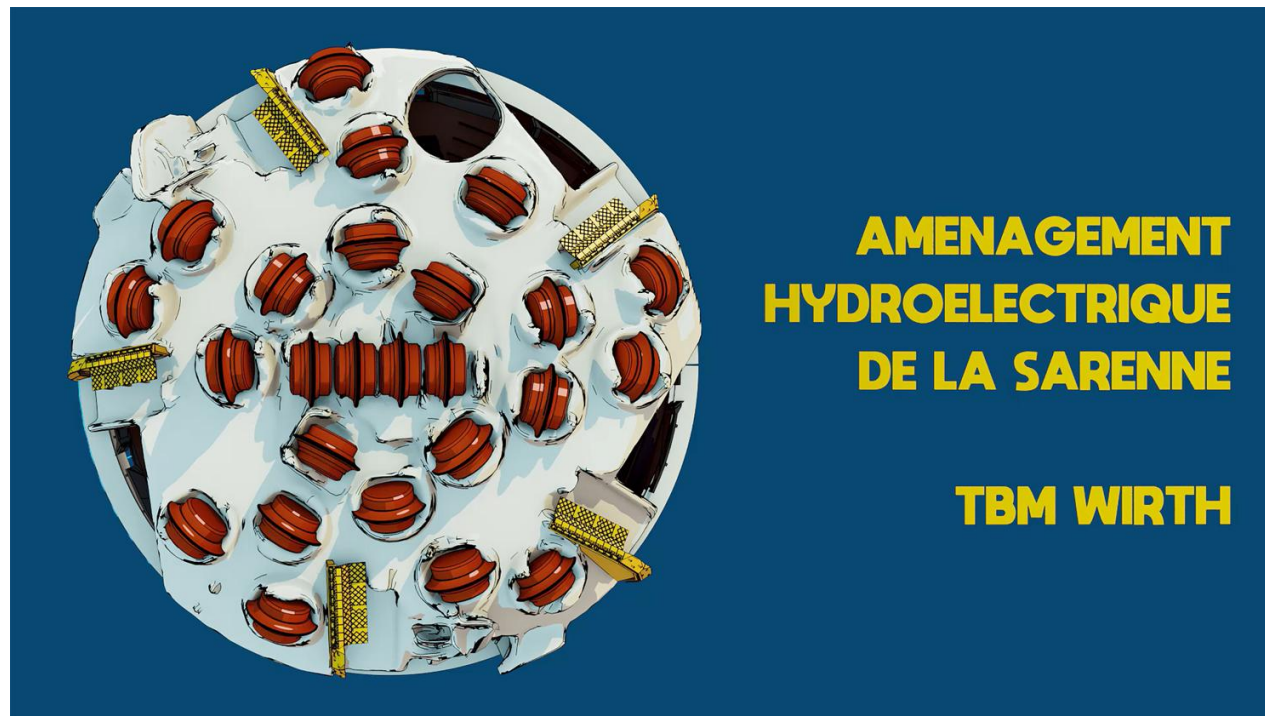
### Contexte géologique :

- Roches métamorphiques avec un aléa de présence d'amiante – fibres d'actinote-amiante vues dans les sondages d'avant-projet
- Zones théoriques préférentielles de formation de minéraux asbestiformes (fibres) : failles, fentes alpines et filons de recristallisation

## 2. Application au chantier de l'Aménagement Hydroélectrique de La Sarenne

- Creusement au tunnelier « roche dure » de la galerie amont sur 2300 m dont:

Scenarios prévisionnels	Total travaux en SS4	% sur total
Scénario 1 – probable	263 m	11%
Scénario 2 – optimiste	128 m	5%
Scénario 3 – pessimiste	526 m	22%





### 3. Dispositions techniques particulières liées au risque amiante en SS4

#### ➤ Processus :

- Confinement de l'avant du tunnelier et cloisons “ étanches ”
- Zone SS4 interdite au public non formé
- Ventilation aspirante continue et zone de dépression en zone potentiellement contaminée
- Zones de brumisation actives pour rabattre les fibres
- SAS de décontamination
- EPI respiratoires filtrant à ventilation assistée et EPI spécifiques étanches en zone contaminée

#### ➤ Analyses :

- Mesures quotidiennes d'empoussièrément de l'air (fibres d'amiante/litre d'air) par un organisme accrédité COFRAC.
  - Mesure d'ambiance en zone contaminée et en zone propre,
  - Mesure sur opérateur,
- Prélèvements d'échantillons et analyses géologiques in situ,
- Prélèvement d'échantillons et analyse META Roche par le laboratoire COFRAC pour la levée de doute,



# 4. Choix de conception

## Phase Projet :

Le tunnelier a été conçu afin de permettre une alternance flexible entre les modes de creusement SS4 et classique, en limitant considérablement les risques liés à l'amiante.

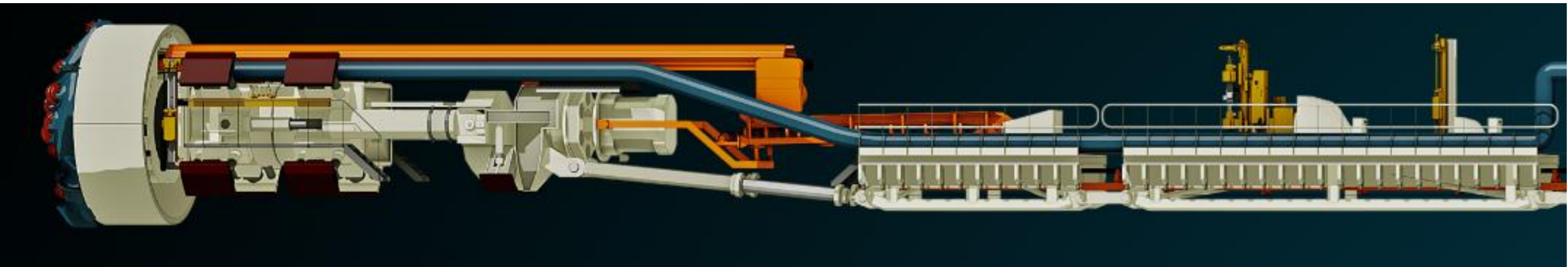
Les avantages espérés de cette conception étaient:

- **Confinement de la zone à risque:** Seuls les premiers 45 mètres du tunnelier sont soumis au mode de protection SS4 lors de la rencontre de gisements amiantifères, circonscrivant ainsi la zone d'exposition.
- **Optimisation des vacations et rotation du personnel:** sans interruption pour les opérations de décontamination ou pour leur temps de repos en surface.
- **Accélération des cycles de creusement et réduction des déchets:** : La décontamination du tunnelier est simplifiée et limitée à la zone contaminée.
- **Flexibilité des opérations:** Les tâches de servitudes et la pose de radier peuvent être effectuées en toute sécurité à l'arrière du tunnelier, sans nécessiter le passage en mode SS4. Il en est de même pour les interventions mécaniques et électriques sur les organes principaux du TBM positionnés en zone propre.

# 5. Méthode retenue : L'équipement du TBM

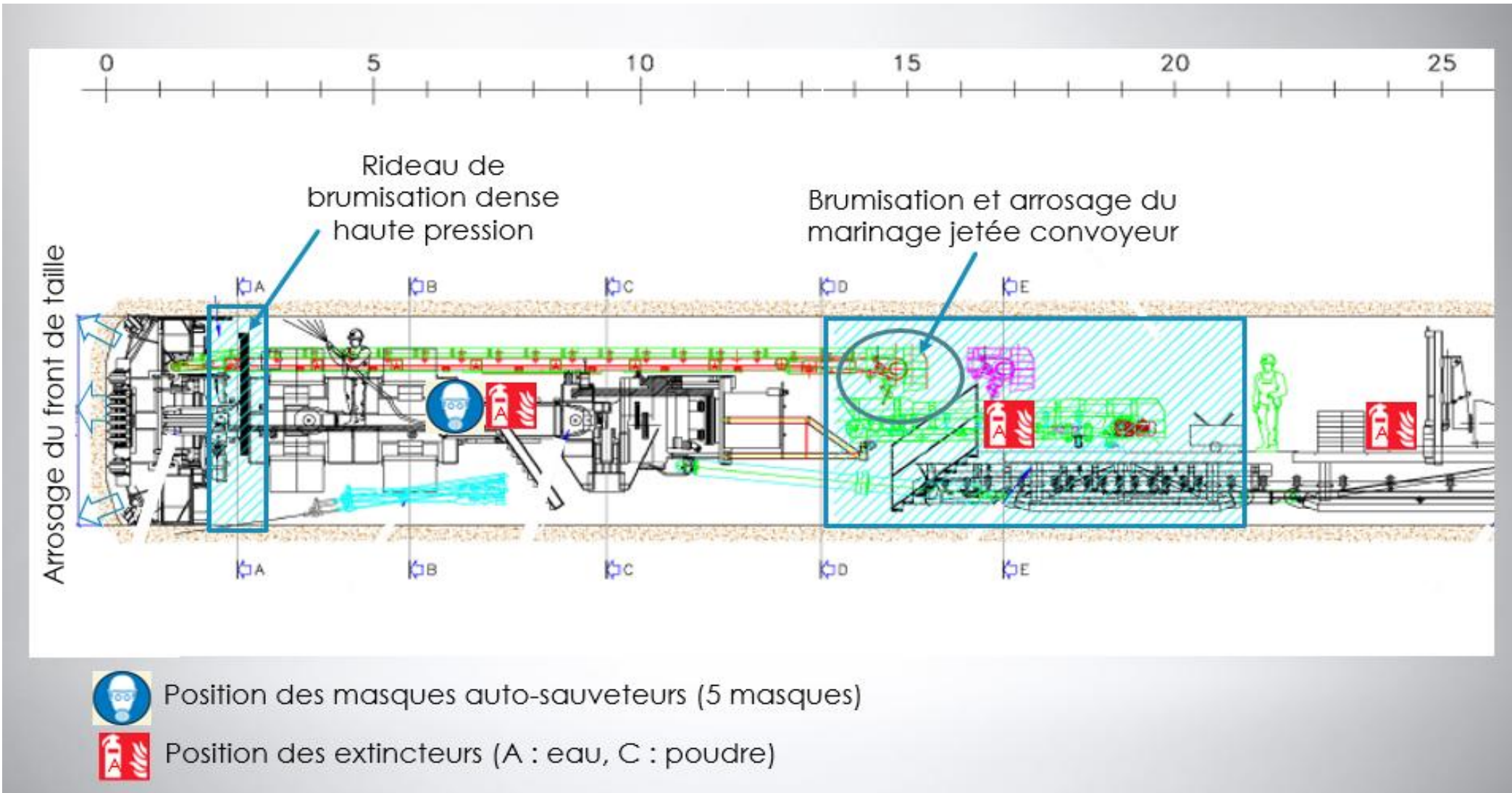
## LA ZONE « CONTAMINÉE » :

- ARROSAGE ET BRUMISATION
- ASPIRATION / DÉPRESSION





# 5. Méthode retenue : L'équipement du TBM



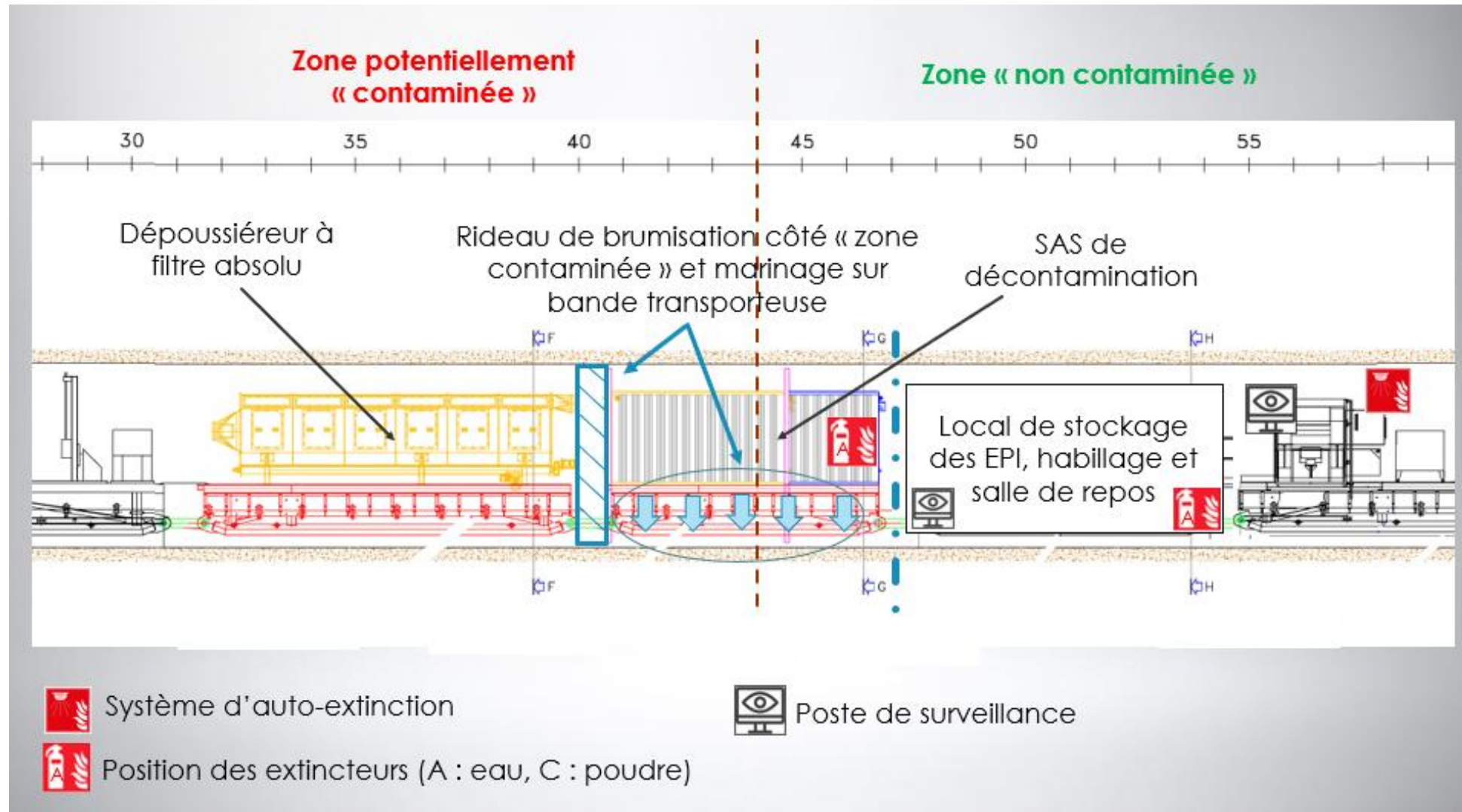
# 5. Méthode retenue : L'équipement du TBM

## LE SAS:

- DÉPOUSSIÉRAGE
- DÉCONTAMINATION



# 5. Méthode retenue : L'équipement du TBM

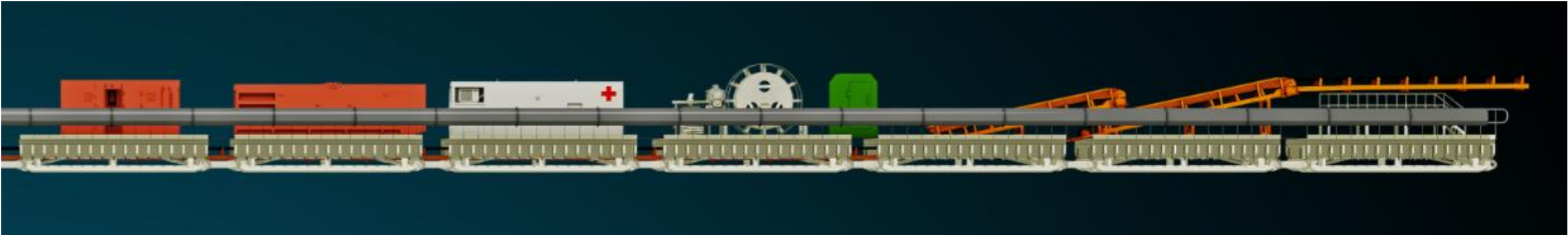




# 5. Méthode retenue : L'équipement du TBM

LA ZONE « NON CONTAMINÉE »:

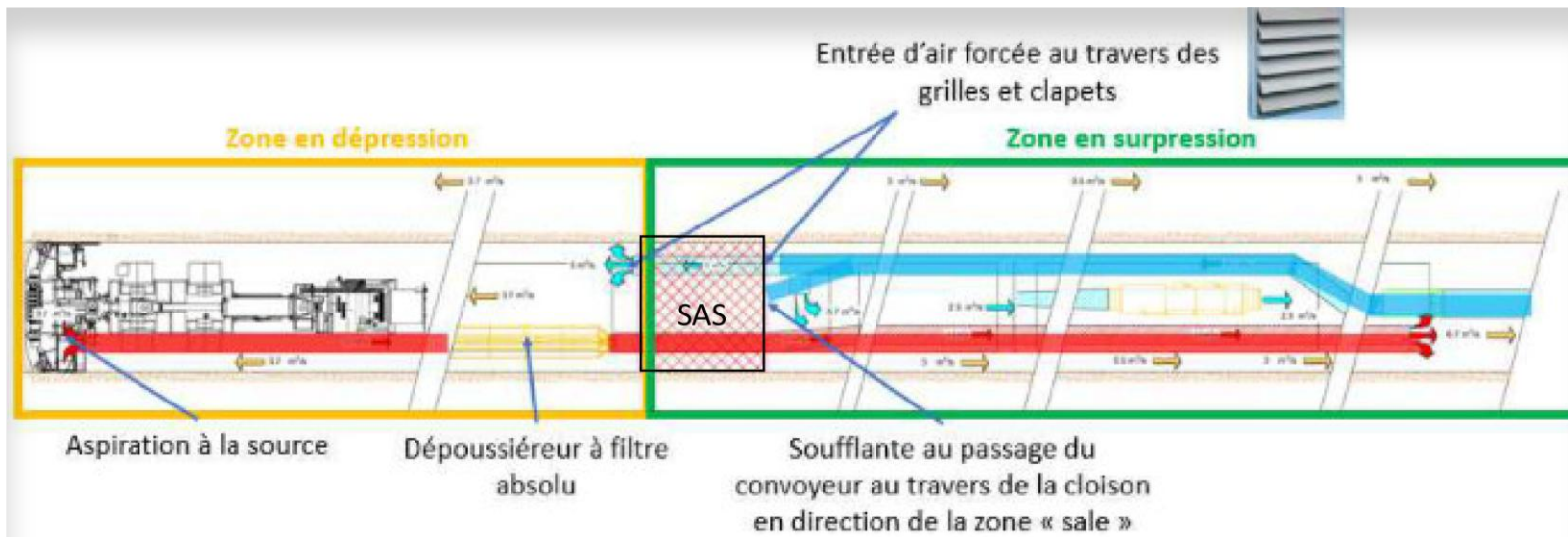
Les autres équipements/fonctions non spécifiques



# 5. Méthode retenue : L'équipement du TBM

## La ventilation et la gestion de la dépression :

- La ventilation double flux et la gestion de la dépression s'effectue par la mise en place un système de ventilation aspirante permettant d'assurer une dépression en zone contaminée.
  - Cette dépression va être assurée par une gaine de ventilation au travers de la cloison en direction de la zone contaminée.
  - L'apport d'air frais en zone contaminée se fait grâce à la différence de pression entre les deux zones par le biais d'entrées d'air forcées (grilles et clapets).
  - La zone dite « non-contaminée » en arrière du SAS est quant à elle mise en surpression grâce à une ventilation soufflante.
- Ce fonctionnement général de la ventilation en tunnel permet que les éventuelles fibres d'amiante en suspension en zone contaminée soient captées par le dépoussiéreur à filtre absolu au plus près de la source d'émission de poussière

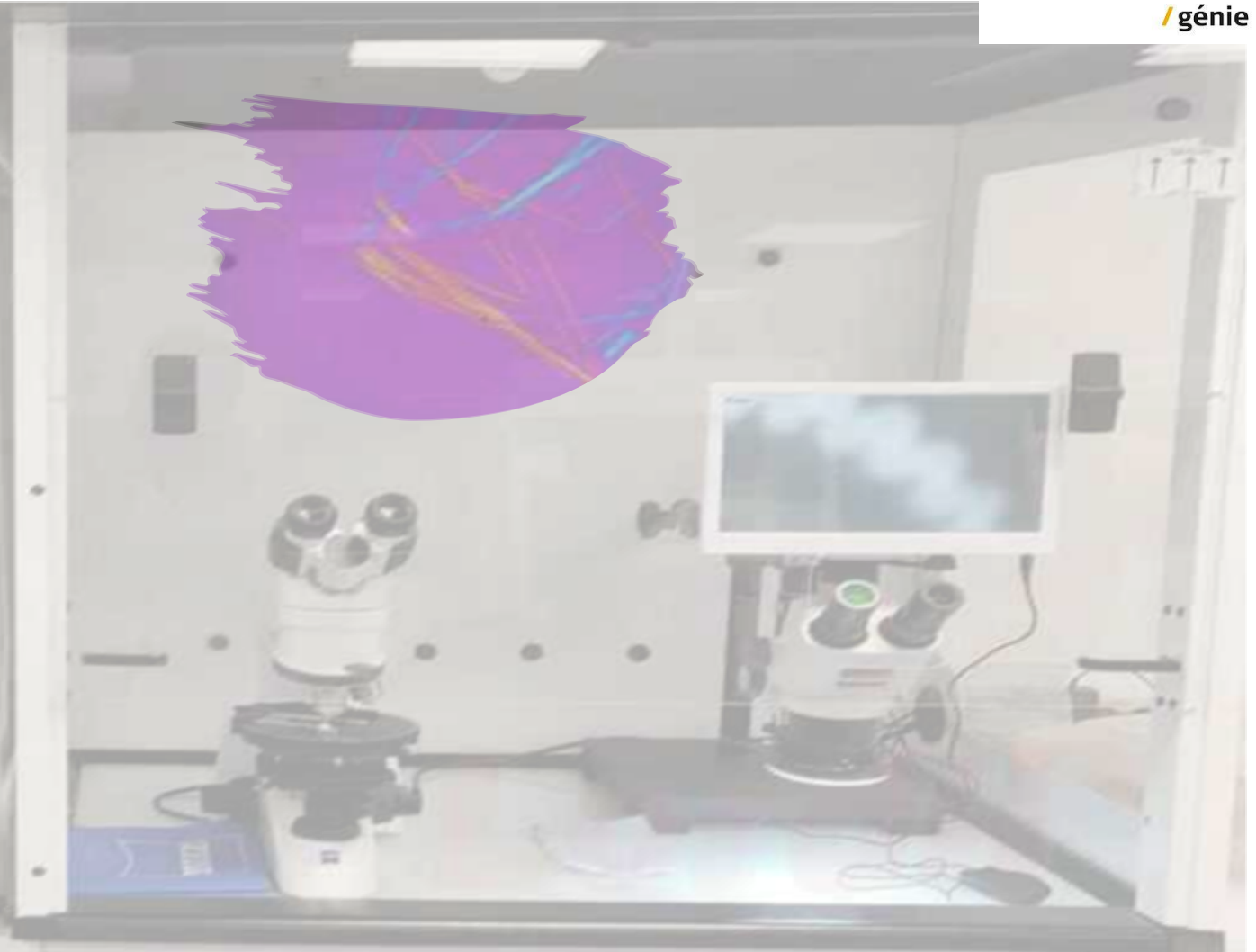




# 6. Détection du Risque Amiante

La Mission A3 sur chantier est assurée par l'entreprise, assistée d'un laboratoire extérieur COFRAC ainsi que d'experts reconnus :

- Installation d'un laboratoire de chantier équipé : MOLP, loupe binoculaire, haute filtre absolu, douche etc...,
- Mobilisation d'un géologue et d'un laborantin qualifié (MOLP...),
- Association de deux experts pour assister l'entreprise dans ses observations
- Mobilisation d'un laboratoire COFRAC pour Analyses META Roche et Air (ITGA)



# 6. Détection du Risque Amiante

## La Mission A3 au quotidien réalisée par l'entreprise :

- Analyse permanente des cuttings des sondages à l'avancement et du marin du tunnelier (MOLP, loupe binoculaire) à la recherche des précurseurs ou des fibres d'amiante
- Observation continue des parements
- **Adaptation du mode de creusement en fonction des minéraux et précurseurs d'amiante potentiellement trouvés. Décision soumise au comité d'expert.**



# 7. Innovation: le Mode Tensioactif

## Le chantier TEST et constat:

- Malgré la mise en place de d'une méthodologie spécifique et des installations faite sur le TBM, les premiers mètres de creusement ont été marqués par **des émissions intermittentes de fibres d'amiante**, liées à l'hétérogénéité de la roche et à la présence de gisements localisés.
- Le creusement **en SS4** conduit à **un renforcement des contrôles d'empoussièrément**, et utilisation des **EPI spécifiques**, induisant **une forte réduction du temps de travail** des équipes de production.
- Ces épisodes d'émissions répétés ont nécessité **une adaptation fréquente du mode opératoire**, impactant ainsi la productivité et engendrant des opérations de décontamination récurrentes.

# 7. Innovation: le Mode Tensioactif

## Le chantier TEST et constat (suite):

- Le niveau 1 d'empoussièremment était respecté (< 100 fibres/Litre).
- Mais il restait cependant des fibres en suspension qui ont été comptées sur les mesures sur opérateurs jusqu'à 21 fibres/litre.
- Si l'eau empêche les forts empoussièremments et permet de rabattre un grand nombre de poussières et de fibres asbestiformes, elle ne garantit pas seule un processus non émissif dans notre contexte de chantier.

**Cette situation a poussé l'entreprise à innover** pour rendre le processus de creusement non émissif et ainsi s'affranchir de travaux en SS4 lors du creusement au TBM.

*Cette innovation est consultable à l'INPI sous le numéro de publication FR3143655.*



# 7. Innovation: le Mode Tensioactif

## Le chantier TEST et constat (fin):

- **La fibre d'amiante est un composé hydrophobe** ce qui implique qu'il n'a pas la capacité de créer des liaisons hydrogènes avec les molécules d'eau et n'est donc pas soluble. En présence d'eau les fibres d'amiante auront tendance à être repoussées par celle-ci et à se déliter ce qui peut provoquer, à un faible taux, un effet de dispersion et de remise en suspension dans l'air.
- En se basant sur une étude Italienne de l'université polytechnique de Turin, **un agent de conditionnement**, ou agent moussant a été rajouté à l'eau de foration afin de « couvrir » les matériaux issus de l'excavation.
- **Les résultats d'empoussièrement ont montré systématiquement un processus non émissif** lorsque que l'agent moussant est ajouté à l'eau et couplé aux différentes dispositions intégrées à la conception du TBM (Ventilation / Aspersion / Brumisation)



# 7. Innovation: le Mode Tensioactif

## Méthodologie détaillée de creusement en Mode Tensio-Actif :

(Propriété Industrielle 24/25 du 21/06/2024, sous le numéro de publication INPI - FR3143655)

Deux systèmes d'aspersion d'eau ont été installés et adaptés sur le tunnelier et fonctionnent lors du creusement. Ces deux systèmes sont indépendants mais sont voués à la gestion de la poussière et au rabattage des fibres d'amiante de deux manières différentes :

- Le sprinklage est dédié à l'humidification du matériaux extrait en différents points et au mouillage du marin.
- Les auréoles de brumisation génèrent des gouttelettes beaucoup plus fines qui font barrière aux dernières poussières résiduelles.

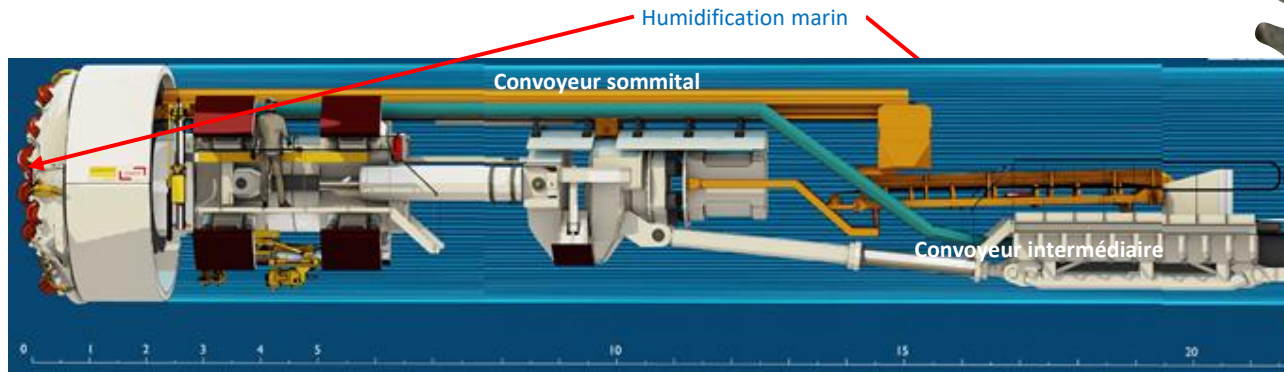


# 7. Innovation: le Mode Tensioactif

## Le sprinklage à la roue de coupe et sur la première jetée:

Le sprinklage consiste en un jet conique d'aspersion d'eau au niveau de chaque buse afin d'humidifier la roche en plusieurs points :

- **Sur la roue de coupe**, l'eau arrive à différents endroits entre les molettes en aspergeant à la fois le front de taille et se mélangeant directement au matériel déjà excavé devant la roue.
- **Au niveau de la première jetée**, le tapis convoyeur sommital démarrant à la roue de coupe se déverse dans un second tapis intermédiaire qui lui-même se déverse dans le convoyeur situé sous le tunnelier. C'est sur le tapis intermédiaire qu'un ensemble de tuyaux équipés de buses de pulvérisation tous les 10 à 20 cm permet de nouveau l'humidification du marin.
- **Le tensioactif est ajouté à l'eau de sprinklage (roue de coupe + 1er jetée) avec un dosage de 1%.**



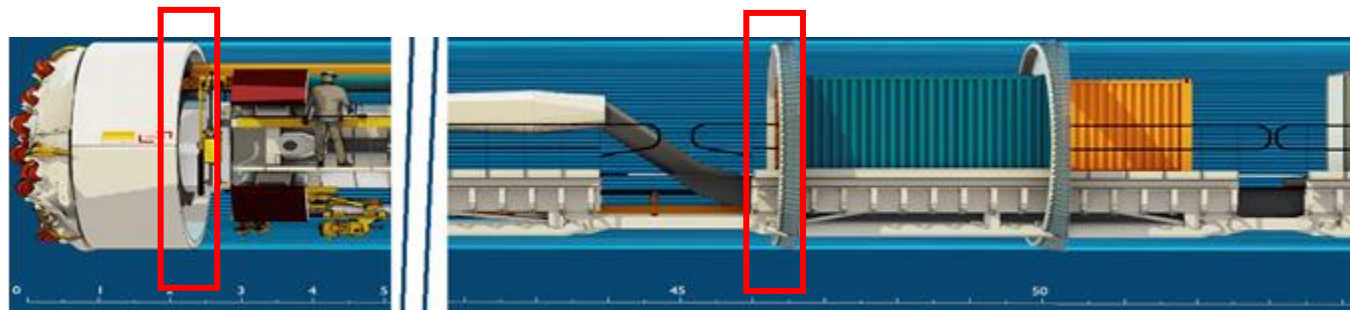
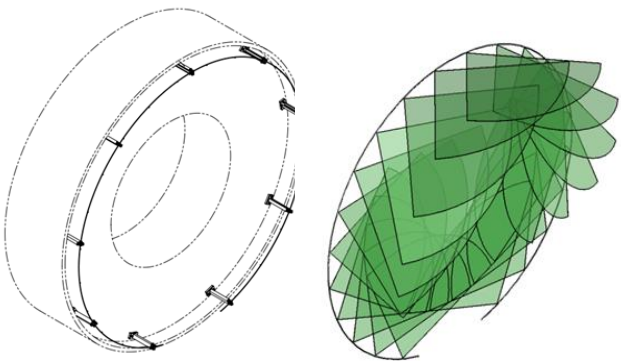
# 7. Innovation: le Mode Tensioactif

## La brumisation à l'arrière de la roue de coupe et à l'entrée du sas :

- Le système de brumisation produit un brouillard d'eau sous haute pression pour lutter contre les poussières. Il se compose d'éléments modulaires et peut être par conséquent entièrement adaptés aux différentes configurations du tunnelier en jouant sur le volume d'émission d'eau et lieux d'installations.
- Le système fonctionne de manière entièrement automatique au moyen d'une pompe monitorée permettant de doser la quantité d'eau et de générer ainsi la taille optimale des gouttelettes. Elle a un débit variant de 1 à 21 l/min et délivre une pression de service allant jusqu'à 100 bars.
- Le premier système de brumisation est installé à l'arrière du bouclier sur toute sa circonférence. Il est composé de tuyaux flexibles et de 9 buses espacées tous les 40°. La portée des buses couvre une distance d'environ 1m.



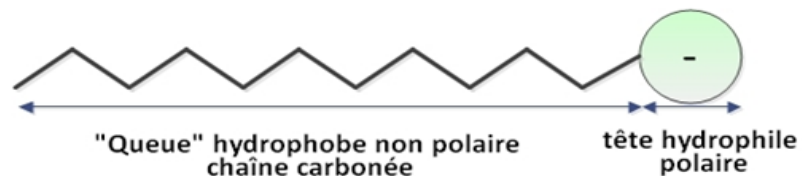
# 7. Innovation: le Mode Tensioactif



# 7. Innovation: le Mode Tensioactif

## Le tensioactif utilisé

- Le matériau excavé est mouillé avec du POLYFOAMER ECO 100 produit par MAPEI® qui est ajouté à l'eau de foration au niveau du sprinklage la roue de coupe et du premier convoyeur.
- Il s'agit un agent moussant liquide biodégradable, à hautes performances, à base d'un tensioactif anionique à fort degré de biodégradabilité et associé à un polymère naturel,
- Un tensioactif est une substance modifiant la tension superficielle entre deux surfaces. Ils comprennent des molécules qui ont une tête hydrophile et une queue hydrophobe. Ainsi dans l'eau, elles peuvent s'agencer pour former des micelles en forme de bulle avec les parties présentant une affinité avec l'eau à la surface des sphères et les queues tournées et englobant les éléments plus gras et hydrophobes.
- Ce tensioactif génère une mousse stable dans le temps qui recouvre le matériau excavé et permet de réduire les frottements entre les particules du sol. Cet effet bouclier minimise la dispersion de poussière et de fibres d'amiante dans l'air.
- La concentration d'agent moussant dans l'eau est de 1% soit 1 volume de produit pour 99 volumes d'eau





# Merci de votre attention!

spie batignolles

/ génie civil

Adrian Orts, SBGC

Sandrine Nogaro, SBGC;

Christophe Jassionnesse, SBGC