

STOCAMINE

Délais de déstockage total des déchets (hors bloc incendié)

21 janvier 2019

Contexte

Nombre de colis initialement stockés : 67 205 dont 2 827 dans le bloc 15

Nombre de colis sortis du stockage (2014 à 2017) : 1 825 nécessitant 8 541 de colis déplacés

Nombre de colis restants hors bloc 15 : **63 429**

Mission du BRGM

En s'appuyant sur un groupe d'experts internationaux :

- Expertiser la durée de déstockage (hors bloc 15) mise en avant par les MDPA (12 à 15 ans)
- Proposer des alternatives et évaluer le temps de déstockage (hors bloc 15) en considérant :
 - l'ensemble de la chaîne de récupération des déchets depuis l'état actuel des galeries et leur dégradation prévisible - jusqu'à l'extraction des déchets, leur transport et leur reconditionnement
 - les conditions de sécurité maximales
 - la nécessité de réaliser le confinement final dans les meilleures conditions après les opérations de récupération

Organismes mobilisés par le BRGM pour l'expertise internationale

Deux entités expertes sur les aspects opérationnels et travaux miniers dans le sel :

- **DMT GmbH & Co. KG (Allemagne)** : fournisseur international de services multidisciplinaires du développement minier, possède une expertise unique dans le sel et a été mandaté par le BFS (bureau fédéral de la radioprotection) pour piloter l'étude de la faisabilité d'extraction des déchets radioactifs stockés dans la mine de sel d'Asse
- **PLEJADES GmbH (Allemagne)** : société de conseils stratégiques, technique et de management, intervient depuis 20 ans au niveau national et international auprès des administrations, services publics et industries sur des questions liées à l'environnement notamment dans le secteur minier et le stockage des déchets

*Une entité experte en sécurité minière : **Laboratorio Oficial José María de Madariaga (Espagne)***

Centre de référence dans le domaine de la sécurité minière en Espagne depuis 1979. En plus de ses activités de certification et de test, LOM est l'organe expert scientifique et technique de l'administration générale de l'État et assiste la Direction générale de la politique énergétique et des mines de l'Espagne dans ses domaines de compétence

*Un expert en mécanique des roches appliquée aux travaux miniers : **Prof. Pedro Ramírez Oyanguren (Espagne)***

Professeur émérite à l'Université Polytechnique de Madrid (UPM), spécialiste mondial de la mécanique des roches appliquée à l'exploitation minière, auteur de plusieurs ouvrages en génie civil et minier, a été ingénieur géotechnicien dans les mines de potasse du nord de l'Espagne

*Une entité experte en conditionnement des déchets : **Sat. Kerntechnik GmbH (Allemagne)***

Entreprise spécialisée dans la sécurité technique des déchets dangereux, basée en Allemagne avec des représentations en Italie et en Suisse

Conditions aux limites

Infrastructure existante 

Présence de déchets toxiques

Présence de méthane

Présence de poussières

Transfert de contaminants

Conditions géomécaniques

Conditions de travail 

- Ventilation disponible par le puits Else est limitée actuellement à un débit de 50 m³/s, et la ventilation secondaire nécessaire est estimée à environ 10 m³/s par front de travail.
- Limitation du nombre de travailleurs sur chaque front d'extraction : équipes d'environ 9 ou 10 travailleurs par front.
- Limitation de la taille des équipements mécaniques.
- Taux d'utilisation de l'infrastructure pour déstockage fixé à 12 heures par jour, pour 250 jours travaillés par an : travail posté en continu sur 24 h dont la moitié est effectivement consacrée aux tâches correspondant aux processus de déstockage. Le reste du temps est consacré à des tâches annexes comme par exemple la maintenance des installations.
- Nombres d'équipes, de colis et de matériels sont limités à environ 3 cycles de transport par heure, pour une capacité du puits d'environ 5 tonnes par voyage

- Fréquence d'accidents : 142,3 occurrences par 1 000 000 heures travaillées.
 - Sévérité : 1,28 jours d'arrêt par 1 000 heures travaillées.
- Les interventions physiques doivent être limitées, au profit de la mécanisation des opérations

Partition géomécanique du site



Catégorie verte

Faibles déformations et dommages : pas de contraintes d'accès et d'extraction, mais des mesures préventives de sécurisation du toit sont nécessaires



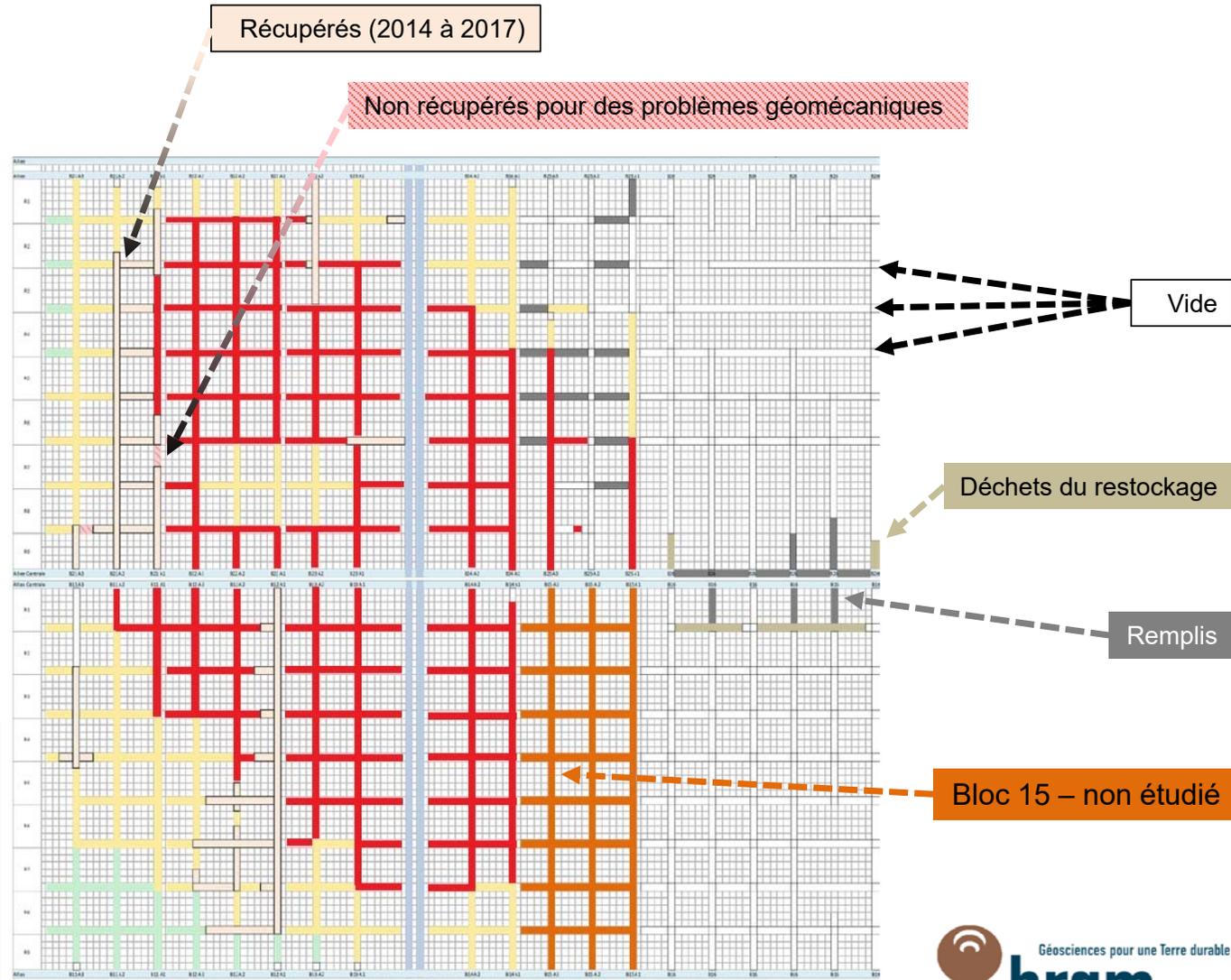
Catégorie jaune

Déformations et dommages modérés : pas de contraintes majeures d'accès et d'extraction, mais des mesures de sécurisation et des mesures correctives pour l'extraction sont nécessaires



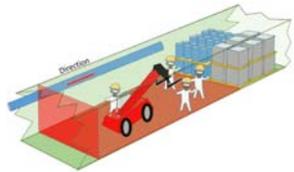
Catégorie rouge

Déformations et dommages importants : existence de contraintes majeures d'accès et d'extraction (avec enclavement occasionnel des colis), nécessitant des mesures intensives de sécurisation et de correction



Evaluation du temps de déstockage

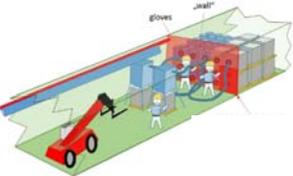
Option 0 (de référence): configuration « MDPA » pour le déstockage mercuriel



Option 1 : « sans contraintes géomécaniques », applicable uniquement dans les fronts à faibles vitesses de déformation. Les colis sont considérés intacts et facilement manipulables sans intervention humaine directe

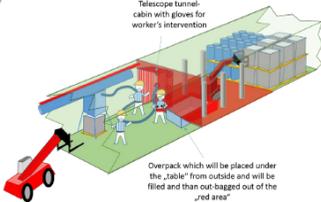


Option 2 : reconditionnement des colis *in-situ*, avec confinement local. Le personnel reste en dehors de la « zone du déstockage »

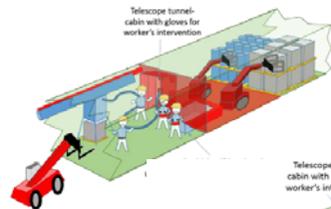


Telescope tunnel-cabin with gloves for worker's intervention

Option 3 : extraction par un tracteur contrôlé à distance. Le personnel reste en dehors de la « zone du déstockage»

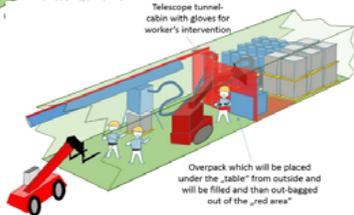


Option 4 : extraction par 2 tracteurs contrôlés à distance. Le personnel reste en dehors de la «zone du déstockage»



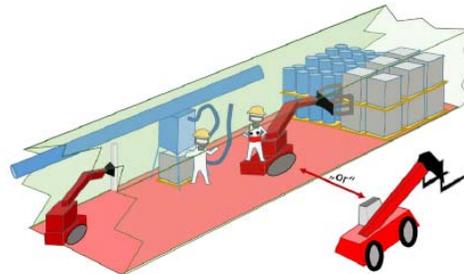
Telescope tunnel-cabin with gloves for worker's intervention

Option 5 : combinaison des options 2 et 3, où le tracteur peut opérer à l'extérieur de la « zone du déstockage », à travers un rideau de confinement flexible

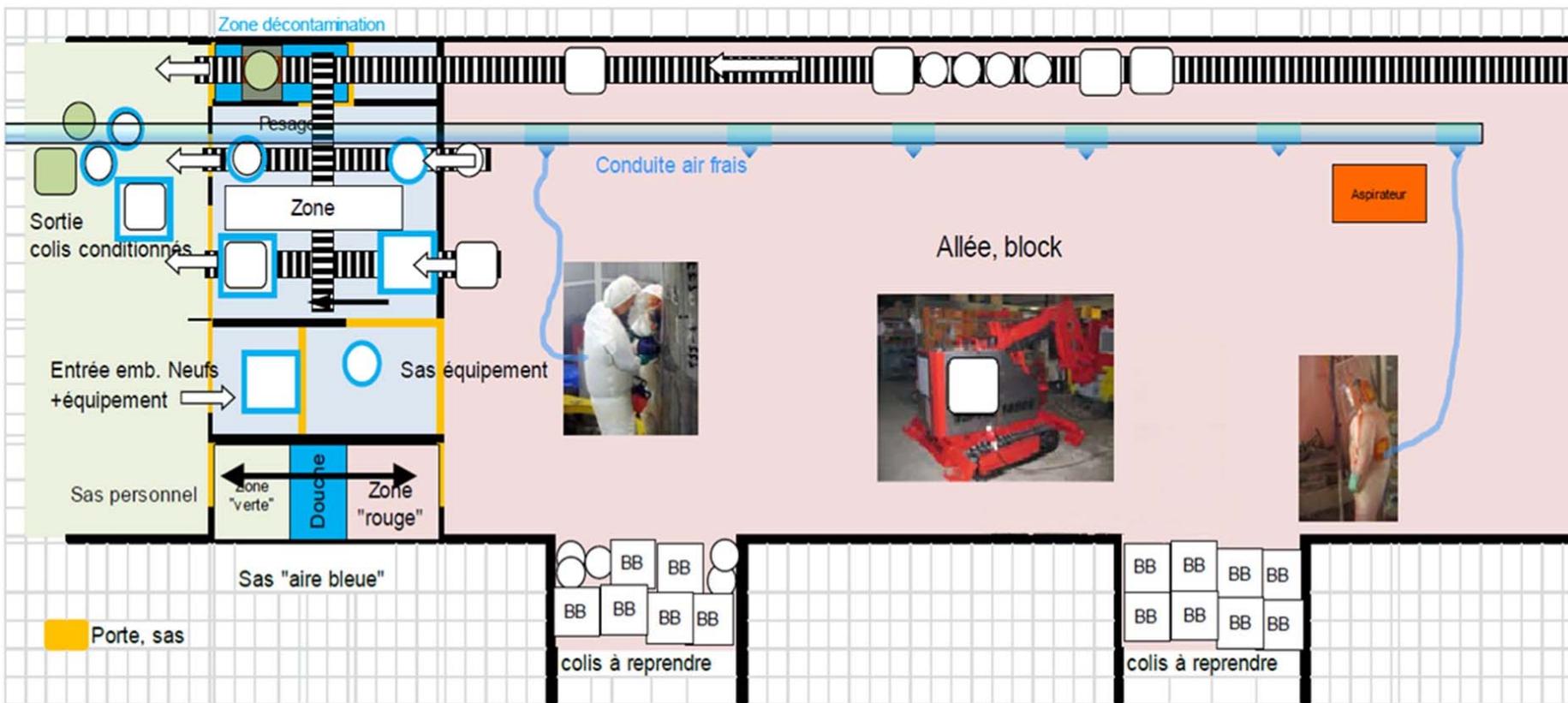
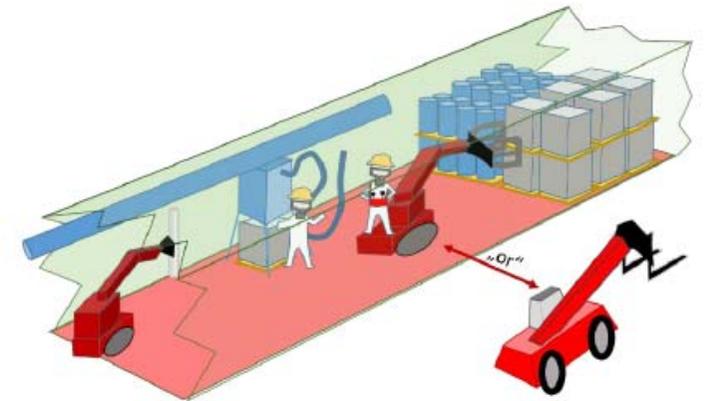


Overpack which will be placed under the "table" from outside and will be filled and then out-bagged out of the "red area"

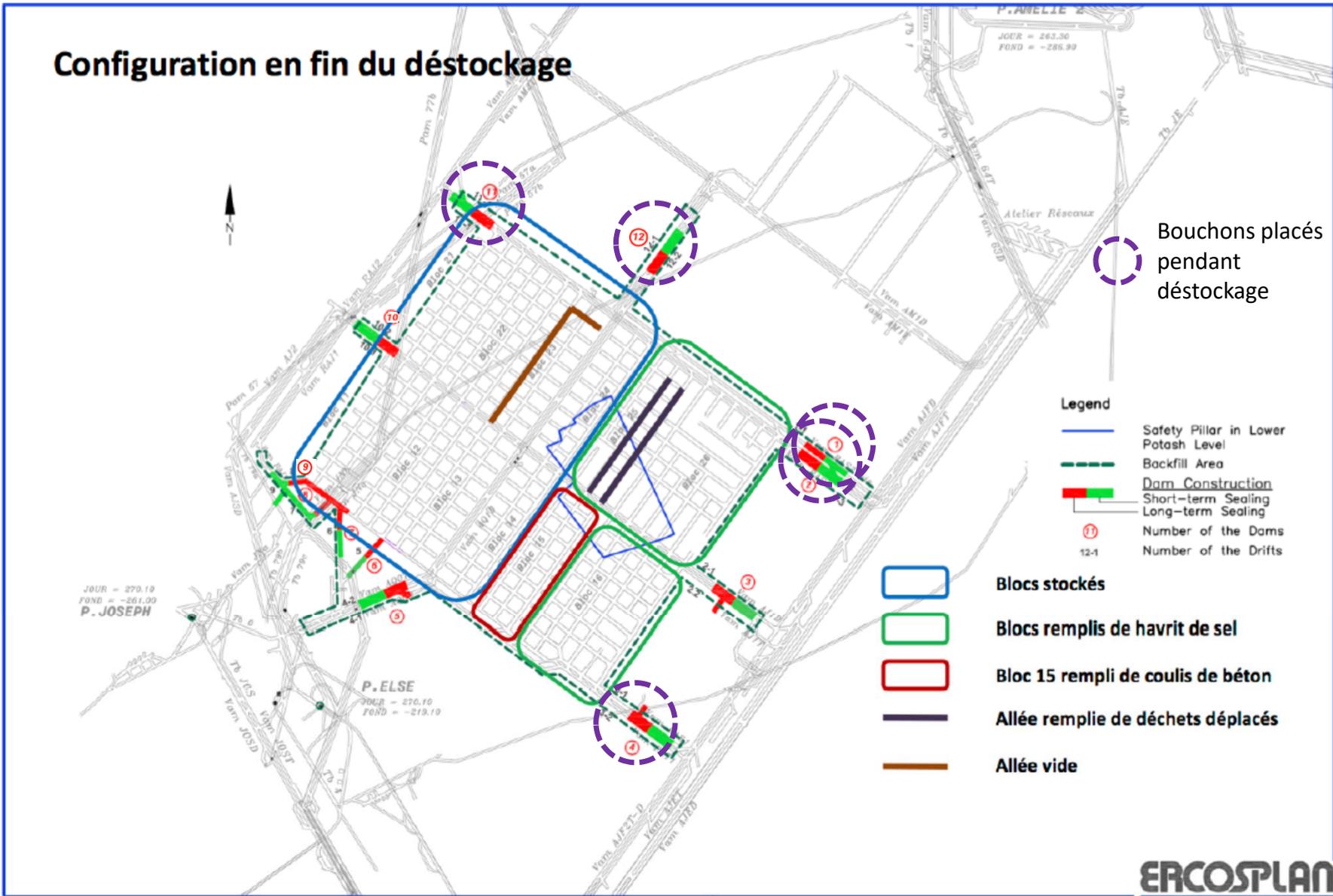
Option 6 : mécanisation adaptée dans la « zone du déstockage » entièrement confinée à l'échelle d'un bloc, où le personnel et les engins mécaniques interviennent directement



Option privilégiée pour l'extraction des colis : option 6



Configuration en fin du déstockage



Bouchons placés pendant déstockage

- Legend**
- Safety Pillar in Lower Potash Level
 - Backfill Area
 - Dam Construction
 - Short-term Sealing
 - Long-term Sealing
 - ① Number of the Dams
 - 12-1 Number of the Drifts

- Blocs stockés
- Blocs remplis de havrit de sel
- Bloc 15 rempli de coulis de béton
- Allée remplie de déchets déplacés
- Allée vide

Calcul de la durée optimum des scénarios (A, B, C et D)

Scénario A	Scénario B	Scénario C	Scénario D
1 front d'extraction à la fois	2 fronts d'extraction à la fois	3 fronts d'extraction à la fois	3 fronts d'extraction & optimisation des tâches en parallèle
Option 6	Option 6	Option 6	Option 6 + Option 1

	Scénario A [an]	Scénario B [an]	Scénario C [an]	Scénario D [an]
Temps net d'extraction	16,1	8,1	5,6	4,4
Temps total (avec confinement)	19,1	11,1	8,6	7,4
Temps total (avec confinement et contingences)	19,4	11,4	8,9	7,8

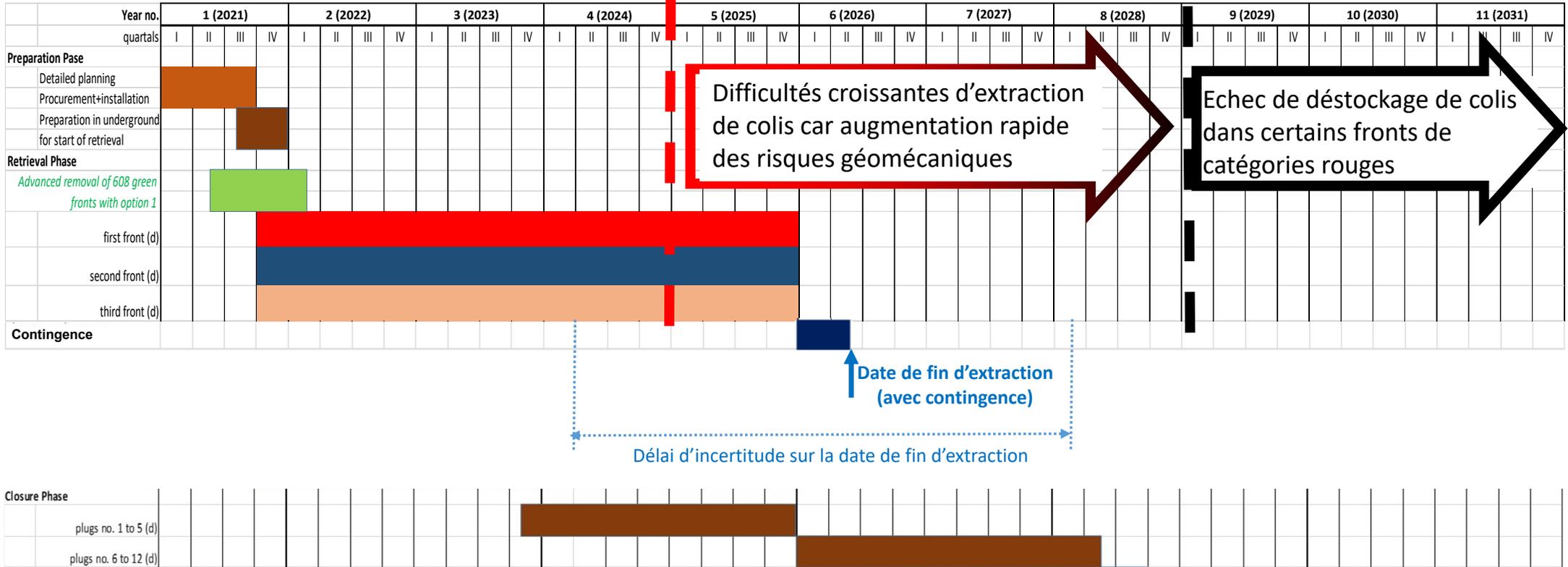
Scenario D					
Preparation					
3 'Fronts' at once - optimised					
Closure					
used option					
Option 6 + Option 1					
Time [d]	Basic team	Retrieval team 1	Retrieval team 2	Retrieval team 3	
Preparation Phase					
Detailed planning, approval and procurement + installation	200	200	150		
Preparation in underground for start of retrieval					
Advanced removal of 608 'green' fronts with option 1	182	182			
Parallelisation preceding step before	50				
time [d]	100	50	50		
Retrieval Phase					
first 'front' [d]	1045	1045			
second 'front' [d]	1044,7		1044,7		
third 'front' [d]	983,22			1092,5	
Closure Phase					
plugs no. 1 to 5 [d]	425	531			
plugs no. 6 to 12 [d]	595		595		
Waste retrieval part of Teams:					
		1095	1095	1092	
Retrieval time - net (without planning time, post-closure process, methan and incident risk)					
		4,4			
Overall time without 'contingency' [d]					
	913	1840	1095	1092	
		7,4	4,4	4,4	
Contingency calculation					
Number of parallel workplaces		3,0			
assumed number of workers		12	12	10	
contingency for incidents/accidents		96			
contingency for methane		3			
Overall time including 'contingency' [d]					
		1938 d			
		7,8 years			

Evaluation du scenario MDPA

Simulation en utilisant l'option de référence dans le scénario B (i.e. deux fronts de déstockage en parallèle) et option 0 : conditions les plus proches au scénario des MDPA

- **Temps net du déstockage: 12,5 années**
- **Temps total, y compris le confinement du site: 15,5 années**
- **Temps total, y compris les contingences: 16,1 années**

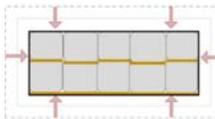
Planning



Rq 1 : Planning commence en 2021 car il a été fait l'application de l'hypothèse d'un délai relatif à la préparation des marchés publics de 2 ans à compter de 2019.

Rq 2 : A partir de 2025, le déstockage resterait tout de même possible en totalité (hors bloc 15), mais avec une efficacité réduite et des délais probablement allongés de 1,2 ans (augmentation rapide des risques géomécaniques)

Rq 3 : A partir de 2029, la poursuite des opérations de déstockage dans certains fronts de catégorie rouge risque d'être infaisable



Conclusions

Déstockage et fermeture du site en toute sécurité possible au mieux sur 7,8 ans avec 3 fronts d'extraction en parallèle

La durée estimée ne comprend pas les délais relatifs aux :

- Processus décisionnels
- Démarches administratives préalables (estimation DREAL 1,5 ans)
- Procédures de marchés publics (estimation 2 ans)
- Recherche de sites d'accueil

Les opérations de déstockage doivent commencer au plus tard en 2022. Au-delà, le déstockage risque de ne pas être mené jusqu'à son terme en raison de la convergence géomécanique dans les zones de catégorie « rouge »

Conclusions

Les solutions techniques préconisées nécessitent :

- Un renouvellement quasi intégral des équipements mécaniques
- Une préparation technique et une formation adéquate du personnel
- Une (ré)organisation du travail sur site

Le restockage des déchets n'a pas été étudié par la présente expertise mais constitue une condition nécessaire pour le déstockage. Le niveau de **dangerosité des déchets est incomparablement plus élevé en surface.**

Une solution alternative pourrait consister en un déstockage partiel du site. Les déchets sans capacité de dissolution dans l'eau ou dans la saumure, tels que les cendres volantes (déjà utilisées pour combler les puits aux MDPAs) et l'amiante, pourraient ainsi être laissés au fond et confinés par les bouchons en béton. Ce type de déchets représente environ 75% des colis. Les colis de déchets solubles étant éparpillés au sein du site, il sera nécessaire de déplacer l'ensemble des colis pour y accéder. Les temps de déstockage seraient donc similaires.

Fin



Illustrations complémentaires

**Bloc 25
(détail)**



Cage d'ascenseur puits Joseph



Vue du bloc 11 allée 3 (fûts en secteur de catégorie verte)



Big-bag en secteur catégorie verte



Big-bag en secteur catégorie jaune



Big-bag en secteur catégorie rouge



Galerie avant test bouchon



Bouchon pilote



METHODOLOGIE

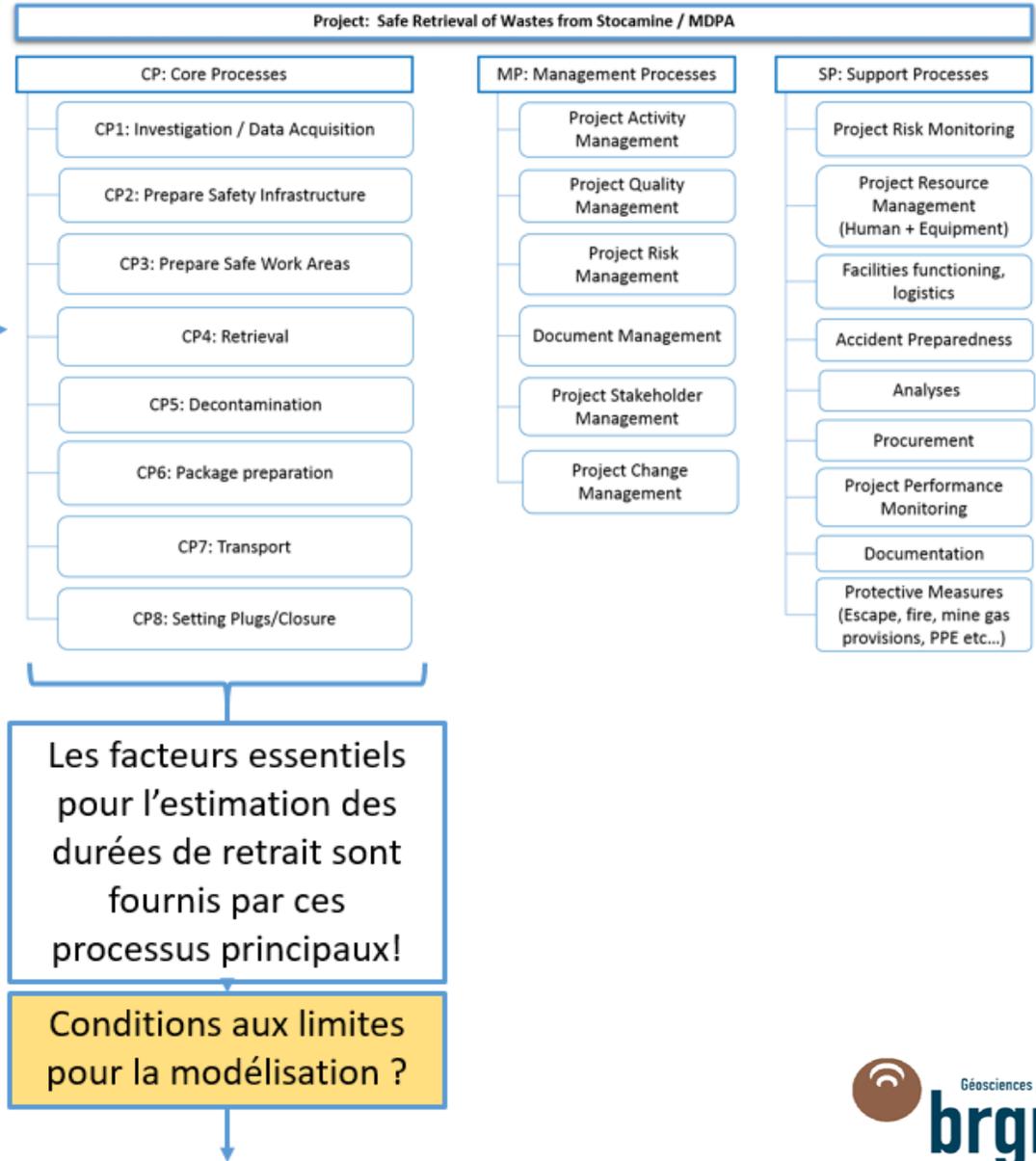
Sur le principe de la « Recherche Opérationnelle » :

- Identifier la chaîne de processus de récupération sécurisée et rationalisée
- Développer une carte de processus intégrée
- Paramétrer
- Modéliser
- Simuler des scénarios
 - Analyse des résultats – Chemin critique - Analyse de sensibilité
 - Analyse des risques – Incertitudes
- Conclusions

Décomposition en processus-clés

Quels sont les éléments pertinents pour un déstockage efficace?

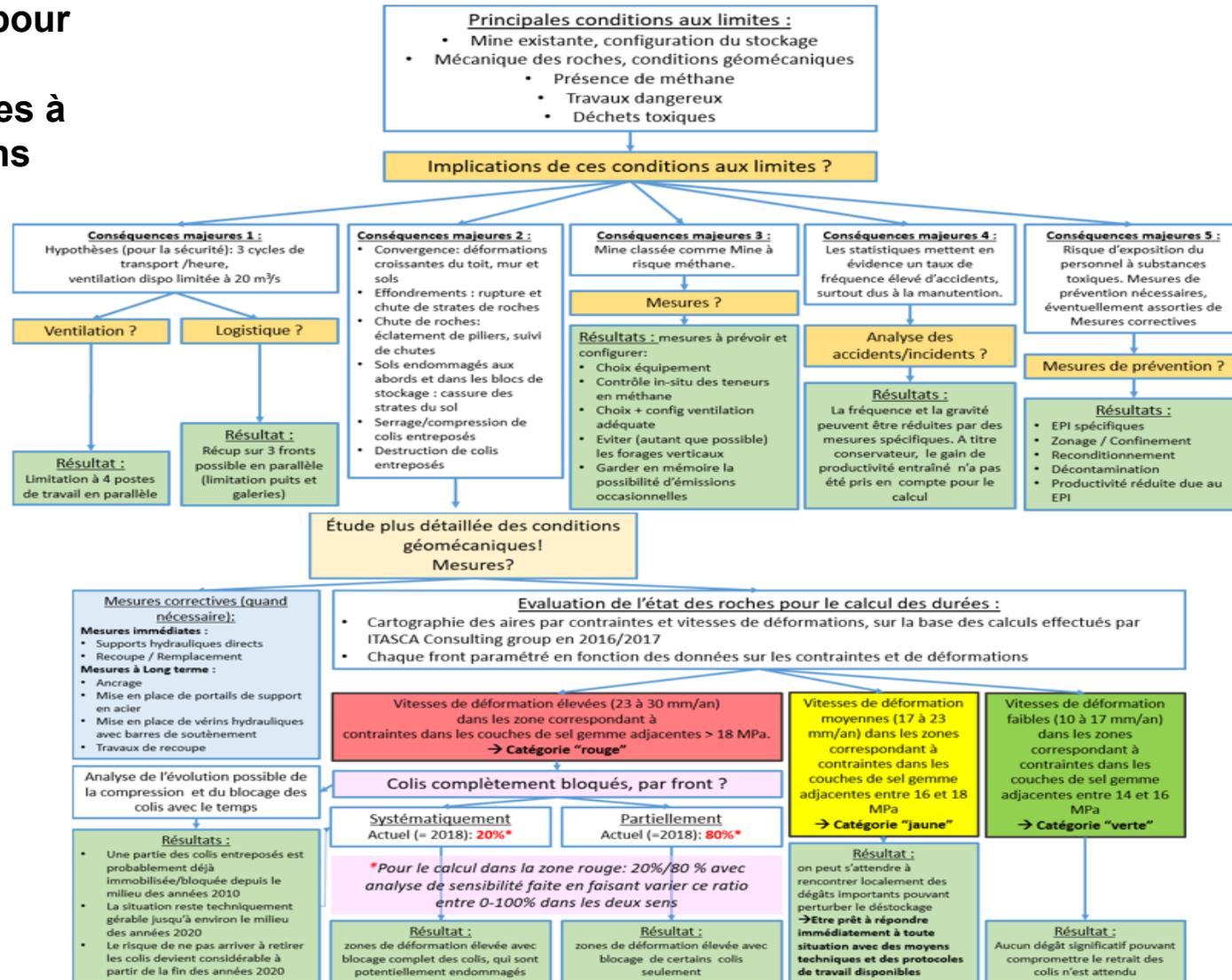
Processus!



- **CP1** : Etudes techniques / Acquisition de données ;
- **CP2** : Préparation des infrastructures pour la mise en sécurité ;
- **CP3** : Mise en sécurité des zones de travail ;
- **CP4** : Extraction des colis ;
- **CP5** : Décontamination ;
- **CP6** : Conditionnement des colis ;
- **CP7** : Transport des colis vers la surface ;
- **CP8** : Création des bouchons / Confinement.

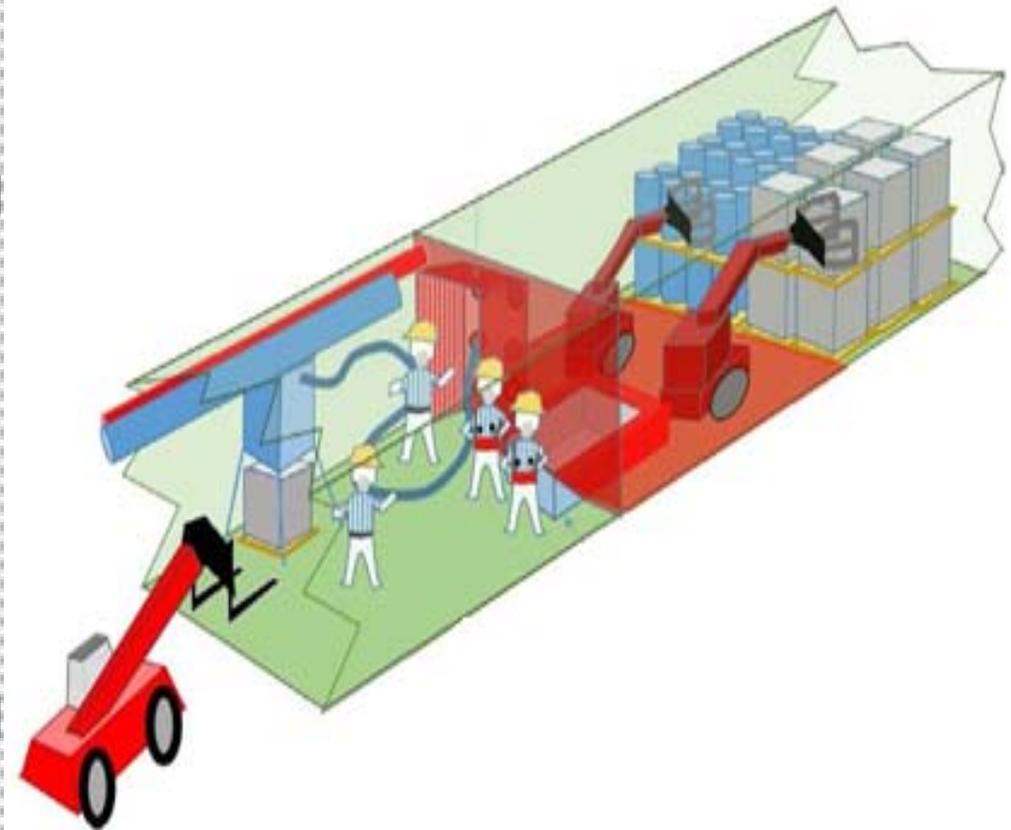
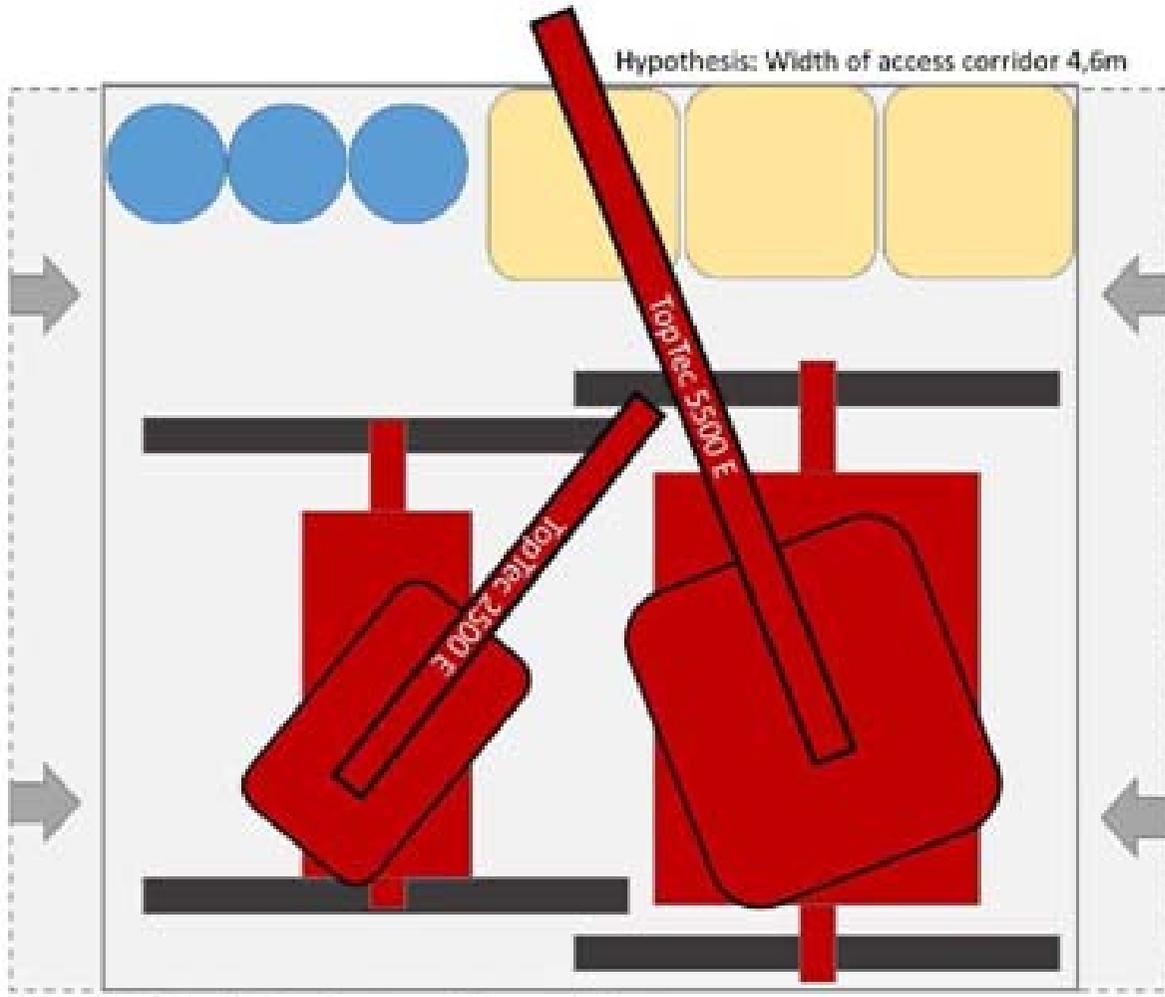
Evaluation du temps de déstockage

Arbre de décision pour la sélection des solutions techniques à partir des conditions aux limites



Option 4

Hypothesis: Width of access corridor 4,6m



Exemple d'évaluation du temps pour l'option 6

		Option 6 'Adapted mechanisation in established confinement'									
		highly flexible					highly flexible				
		high due to human control in confined zone but with reduced physical human intervention									
		weighting/scaling factor 1=100%					summary per 'front' [h]				
	reference unit	roof, wall, floor ok	locally support required	support required	support required & packages clamped	Time [Min.]	roof, wall, floor ok	locally support required	support required	support required & packages clamped	
Retrieval from 'Front'											
	Travel cycle time (outwards-backwards)	per package	1	1	1	1	10	1,58	1,58	1,58	1,58
	Pick up the package	per package	1	1	1,5	4	5	0,79	0,79	1,19	3,17
	Taxi / routing / rotate	per package	1	1	1	1	5	0,79	0,79	0,79	0,79
	Handover to lock-out	per package	0	0	0	0	3	0,00	0,00	0,00	0,00
	Lock-out process (e.g. waiting, close overpack and prepare next one)	per package	0	0	0	0	2	0,00	0,00	0,00	0,00
	Extra time / (intervention via tunnel / other works)	per package	1	1	1	1	2	0,32	0,32	0,32	0,32
Creation and removal of zoning											
	Installation of 'red Area'	per 'front'	0	0	0	0	360	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sampling / securing of evidence / free measurement	per 'front'	0	0	0	0	60	0,00	0,00	0,00	0,00
	Remedial measures / Decontamination	per 'front'	0	0	0	0	120	0,00	0,00	0,00	0,00
	Deconstruction / Removal / Lifting of 'red Area'	per 'front'	0	0	0	0	180	0,00	0,00	0,00	0,00
Securing of roof, walls and floor											
	Temporary support at the 'front' (e.g. props)	per 'front'	0	0,2	0,75	1	75	0,00	0,25	0,94	1,25
	Endoscopic drillings / other checks	per 'front'	0,2	0,5	0,7	0,7	30	0,10	0,25	0,35	0,35
	Long term support (e.g. steel support frame)	per 'front'	0	0,2	0,5	1	90	0,00	0,30	0,75	1,50
	Clearance / cutting of roof, walls and floor	per 'front'	0	0,1	0,5	1	60	0,00	0,10	0,50	1,00
Intermediate Transport (per vehicle) to repackaging											
	Pick up/place package	per package	0	0	0	0	4	0,00	0,00	0,00	0,00
	Travel cycle time (outwards-backwards)	per package	0	0	0	0	8	0,00	0,00	0,00	0,00
Subsequent package management/repackaging											
	Extra time for package handling/ repackaging	per package	0,1	0,2	0,3	0,5	20	0,32	0,63	0,95	1,58
Intermediate transport (per vehicle) to shaft											
	Travel cycle time (outwards-backwards)	4 packages	0	0	0	0	20	0,00	0,00	0,00	0,00
	Pick up/place package	4 packages	0	0	0	0	20	0,00	0,00	0,00	0,00
Intermediate transport through shaft											
	Transport cycle	4 packages	0	0	0	0	15	0,00	0,00	0,00	0,00
	Pick up/place package (trans-loading)	4 packages	0	0	0	0	5	0,00	0,00	0,00	0,00
							Time per 'Front' [h]:	3,90	5,02	7,37	11,54
							Number of 'Fronts' per color (all):	608	2280	3257,6	814,4
							Time for all 'Fronts' [h]	2371	11438	23998	9400
										Summary	
										47206	

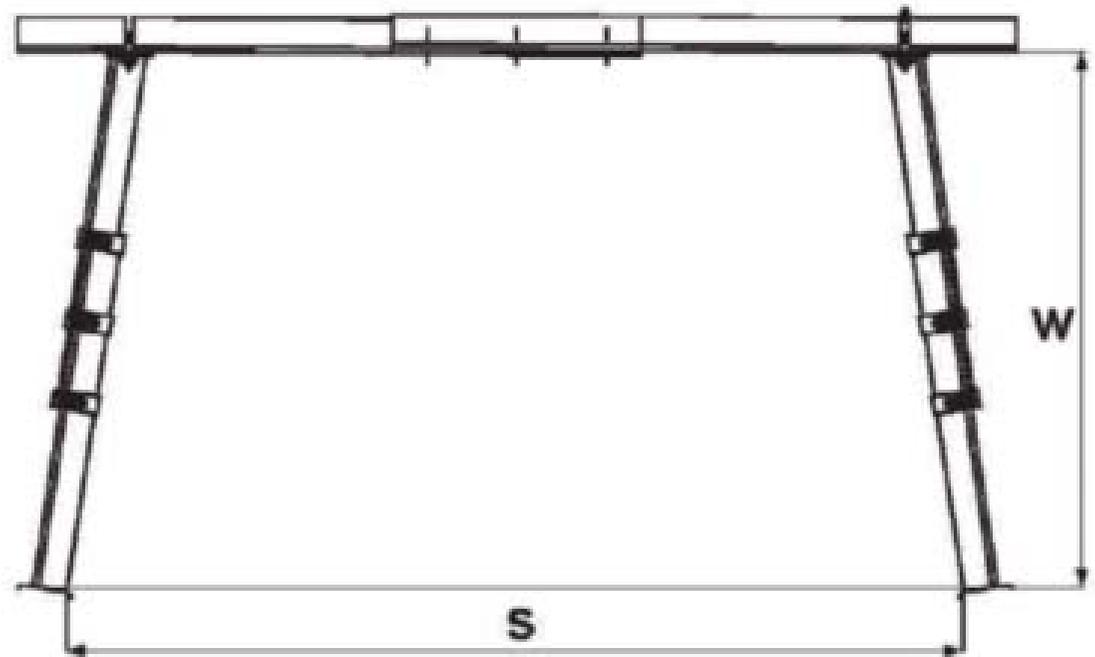
Solutions techniques optimales (critères de sécurité)



Conditions
dangereuses
d'extraction lors de la
récupération des
déchets mercuriels



Combinaison intégrale reliée à un
cordon d'alimentation en air frais



Example: Huta Labedy S.A., type OPP

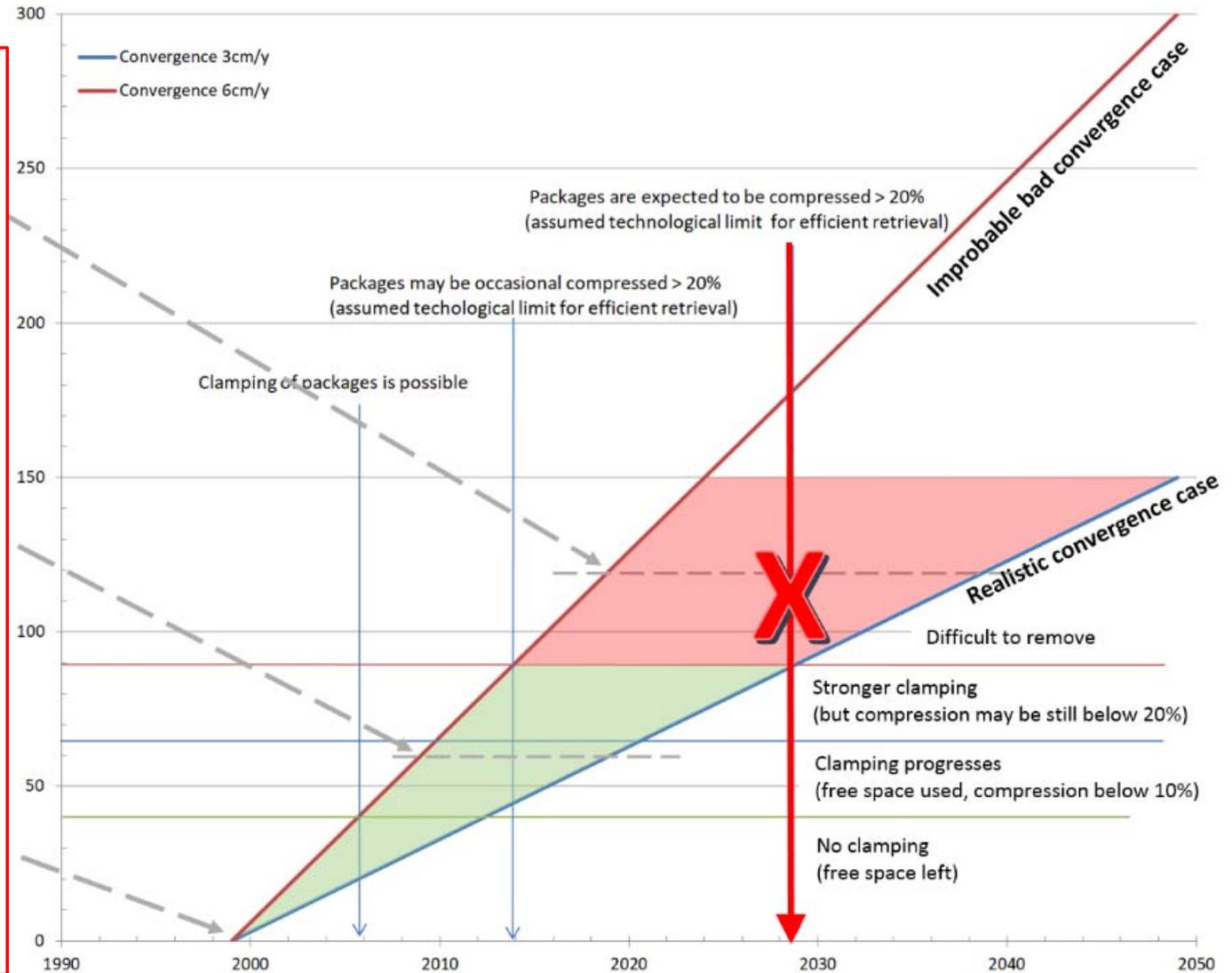
Analyse des risques

Une partie des colis est déjà enclavée depuis le milieu des années 2010. Le déstockage reste possible tant que la convergence reste en dessous de 100 cm.

→ La situation reste acceptable jusqu'au milieu des années 2020 (150cm de convergence), avec une probabilité raisonnable de succès.

→ Au-delà, le déstockage resterait possible, mais avec une efficacité réduite et des délais probablement allongés.

→ Après la fin des années 2020, le déstockage en catégorie « rouge » est infaisable avec les moyens techniques décrits dans ce rapport.



Analyse des risques

- Risques en phase de préparation
 - Risques en phase d'extraction
 - + Optimisation: parallélisation accrue
- Marge d'incertitude: -1,9 années à +1,8 années**
- Risques en phase de fermeture (réalisation des bouchons)
- Marge d'incertitude: + 0,75 années**

Ordre de grandeur du délai relatif à la préparation des marchés publics

Opération	Durée en mois
Contractualisation d'une assistance à maitrise d'ouvrage	4
Contractualisation d'une maitrise d'œuvre pour la phase projet	4
Réalisation de l'étude projet par la maitrise d'œuvre	4
Contractualisation pour la mise en œuvre effective des travaux : <ul style="list-style-type: none"> - Marché travaux pour la manipulation des déchets au fond et en surface - Marché de maitrise d'œuvre de suivi des travaux. - Marché coordination sécurité et protection de la santé - Marché opérateur minier (maintenance des installations, sécurisation zones de travaux, aérage, ...) 	12
Durée totale avant début de mise en œuvre de la préparation (scénario D)	24