CFGI COMITÉ FRANÇAIS DE GÉOLOGIE DE L'INGÉNIEUR ET DE L'ENVIRONNEMENT 1968-2018 50 ans

MICA environnement

PRINCIPES DU REAMENAGEMENT DES MINES A CIEL OUVERT RETOUR D'EXPERIENCE

Anne VINCENT

Présidente du bureau d'études

MICA Environnement a.vincent@mica-environnement.com

Pendant la durée de l'exploitation, la mine va générer ce type d'ouvrage, souvent construit en équilibre limite

L’exploitation d’une mine a une durée limitée dans le temps,

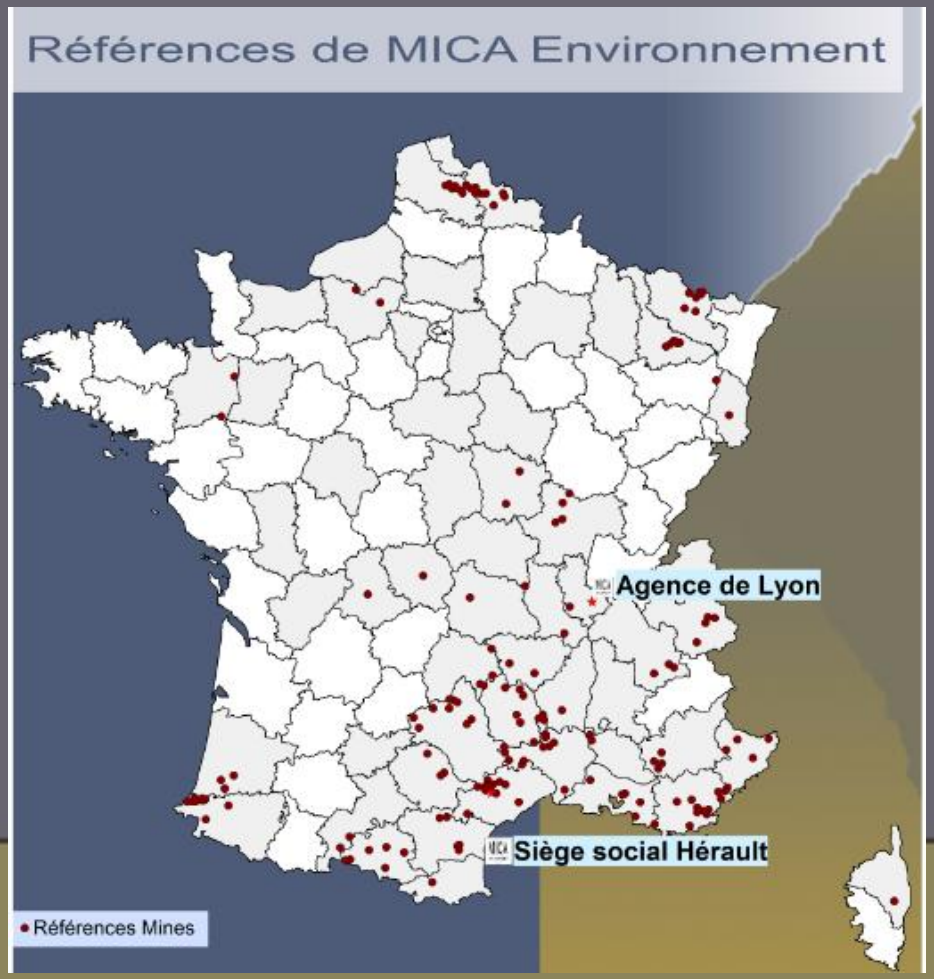
mais un ouvrage minier est un ouvrage à très longue durée de vie (fosses, dépôts de stériles, résidus de traitement) . Il sera tôt ou tard restitué aux populations locales pour des usages et utilisations futures.

Aujourd'hui, on parle de plus en plus dans le secteur de l'industrie minérale de :

Mine verte du futur
Mine responsable
Acceptation sociétale

Le réaménagement minier répond aux objectifs du concept de « mine verte du futur »

Je voudrais donc partager avec vous l'expérience acquise par MICA Environnement sur la fermeture et le réaménagement de nombreuses mines en France et également sur les bonnes pratiques du réaménagement coordonné au cycle minier



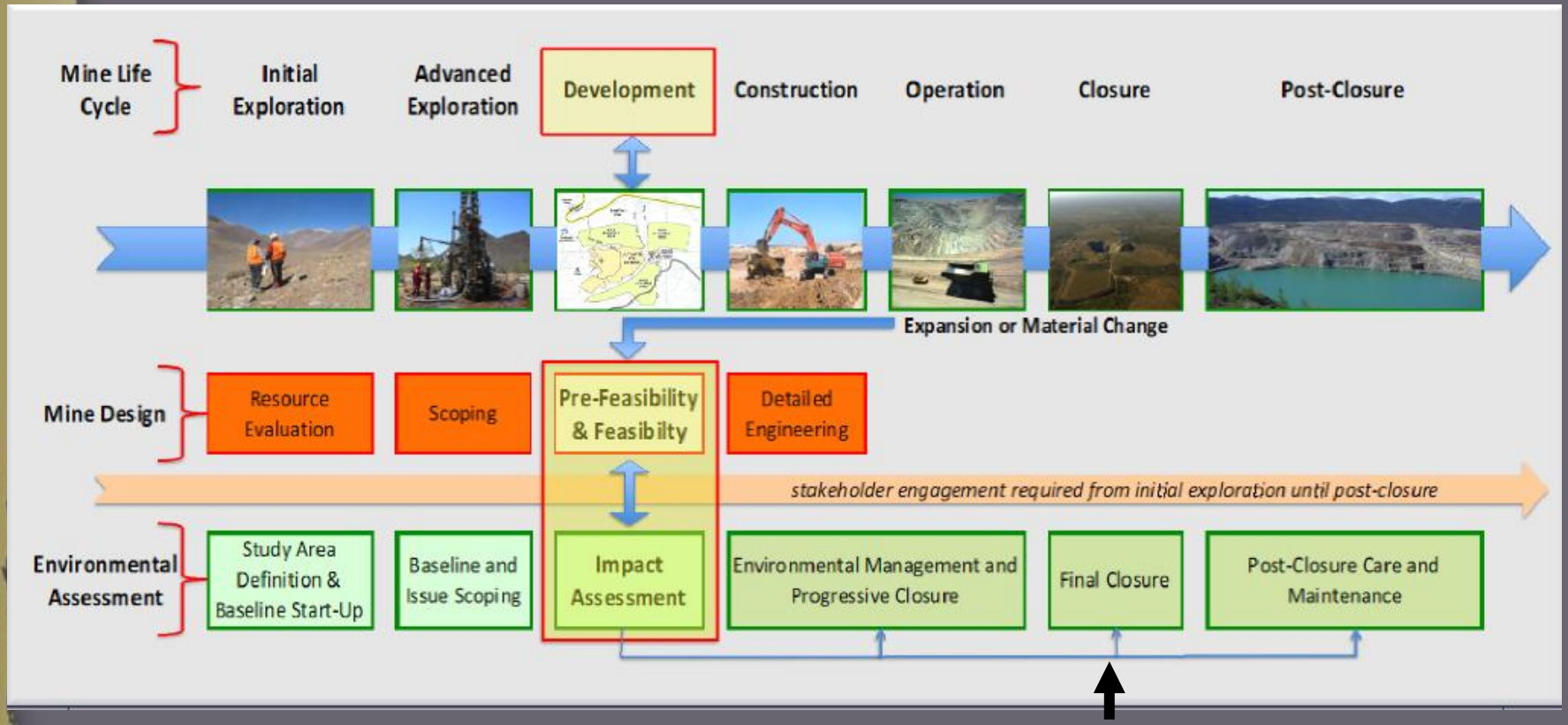
Le réaménagement a pour objectifs :

D’assurer la mise en sécurité et la stabilisation des terrains à long terme, pour assurer la sécurité des personnes et des biens;

De garantir la qualité des eaux et la maitrise des débits afin d’assurer la salubrité et la santé publique;

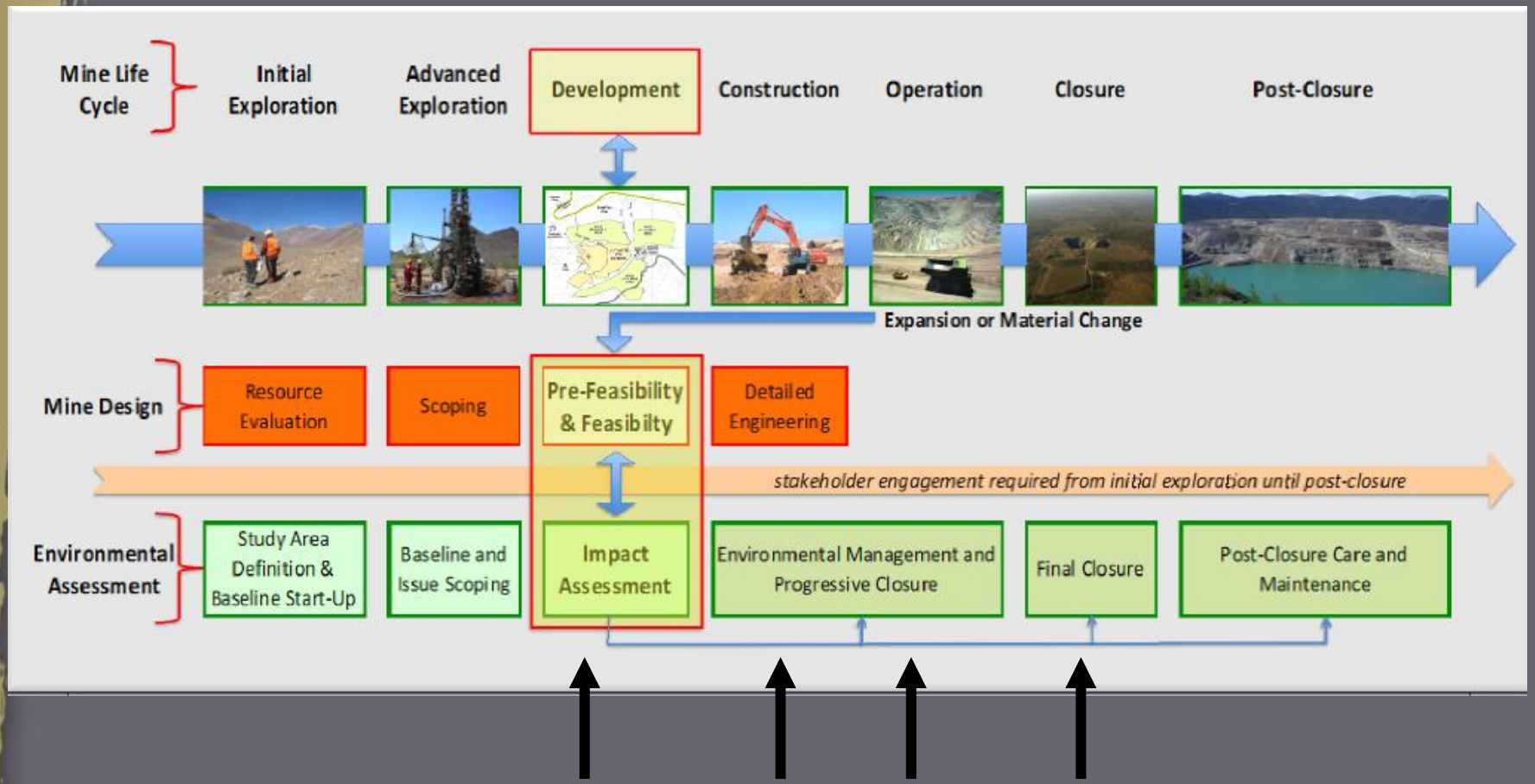
D’insérer le site dans son environnement écologique et paysager ;

Le réaménagement est une étape de la vie minière = anciennes pratiques



Projet et travaux de Réaménagement à la fermeture

Pratiques modernes



Avant projet de réaménagement

Projets détaillés de réaménagement et exécution progressive des travaux

Les moyens nécessaires pour gérer un projet de réaménagement minier sont :

une équipe de spécialistes dédiés aux études et à la maitrise d'œuvre des travaux de stabilisation, terrassements, gestion des eaux, végétalisation

L’équipe d’ingénierie pluridisciplinaire est constituée de :

pour:

- **La stabilité des terrains = ingénieurs géologues et géotechniciens**
- **La gestion des eaux = hydrologues et hydrogéologues**
- **La végétalisation et la biodiversité = agronomes et écologues**
- **La maitrise d’œuvre des travaux = géotechniciens, agronomes, écologues**

Les moyens nécessaires pour les travaux sont :

Des engins spécifiques dédiés type terrassements routiers.

Les engins miniers ne sont pas adaptés.

Premier objectif du réaménagement = Garantir la stabilité et la sécurité à long terme

Réaménager c'est :

- Eliminer ou se protéger des dangers (écroulements, glissements de pentes, de digues) afin de garantir la sécurité du site à long terme;

- Pérenniser les travaux = les travaux réalisés sont définitifs, les solutions doivent êtres rustiques, l'entretien post-mine doit être limité.

Premier cas =

Non prise en compte de la stabilité des ouvrages lors du développement de la mine.

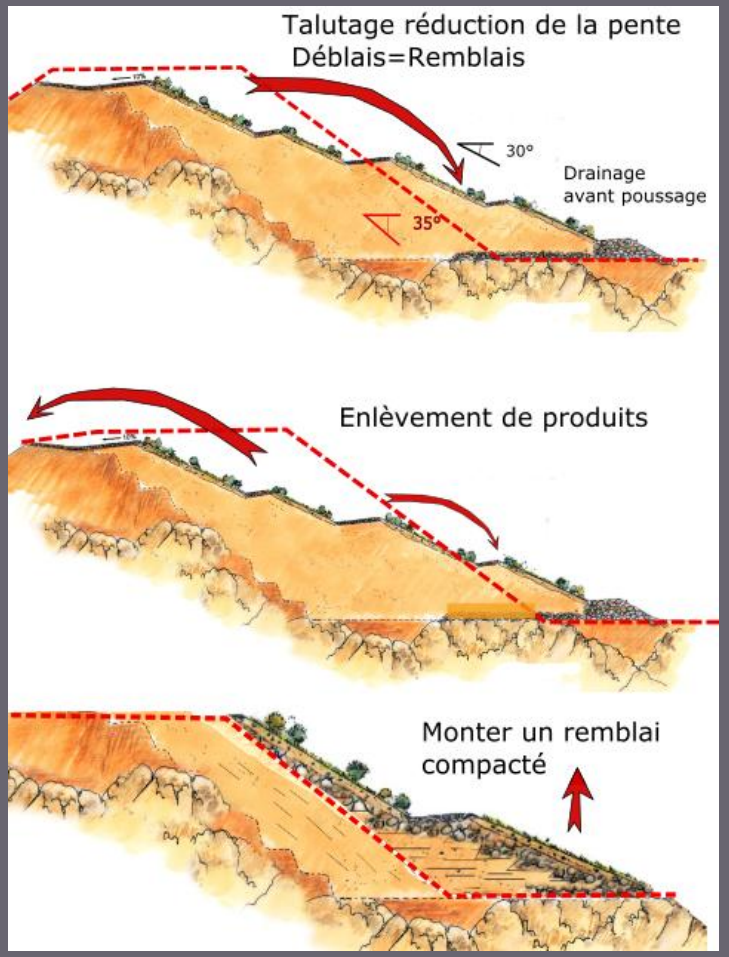
C’est le cas de nombreuses anciennes mines Françaises.

Exploitation de mine de charbon dont la stabilité des verses à stériles n'a pas été prise en compte = matériaux déversés en équilibre limite = ravinements, glissements, engravement des ruisseaux, végétation retardée voire impossible.

Solutions de stabilisation d'une pente par des opérations de terrassements:

- Allègement de la tête de talus,
- Augmentation de la masse en pied
- Abaissement de la pente locale pour éviter les glissements superficiels

Permet la stabilisation générale et locale des talus



Exemple de talutage au bulldozer pour réduction de la pente intégratrice (terril de charbon)
Dénivelé: 100m

Réaménagement d'un terril de charbon
Résultat final

Lorsque la stabilité n'a pas été prise en compte au démarrage de la mine, la stabilisation des terrains pour le réaménagement peut entrainer:

D'importants volumes de terrassements;

Un coup élevé des travaux à la fermeture de la mine;

Une mauvaise image de la mine;

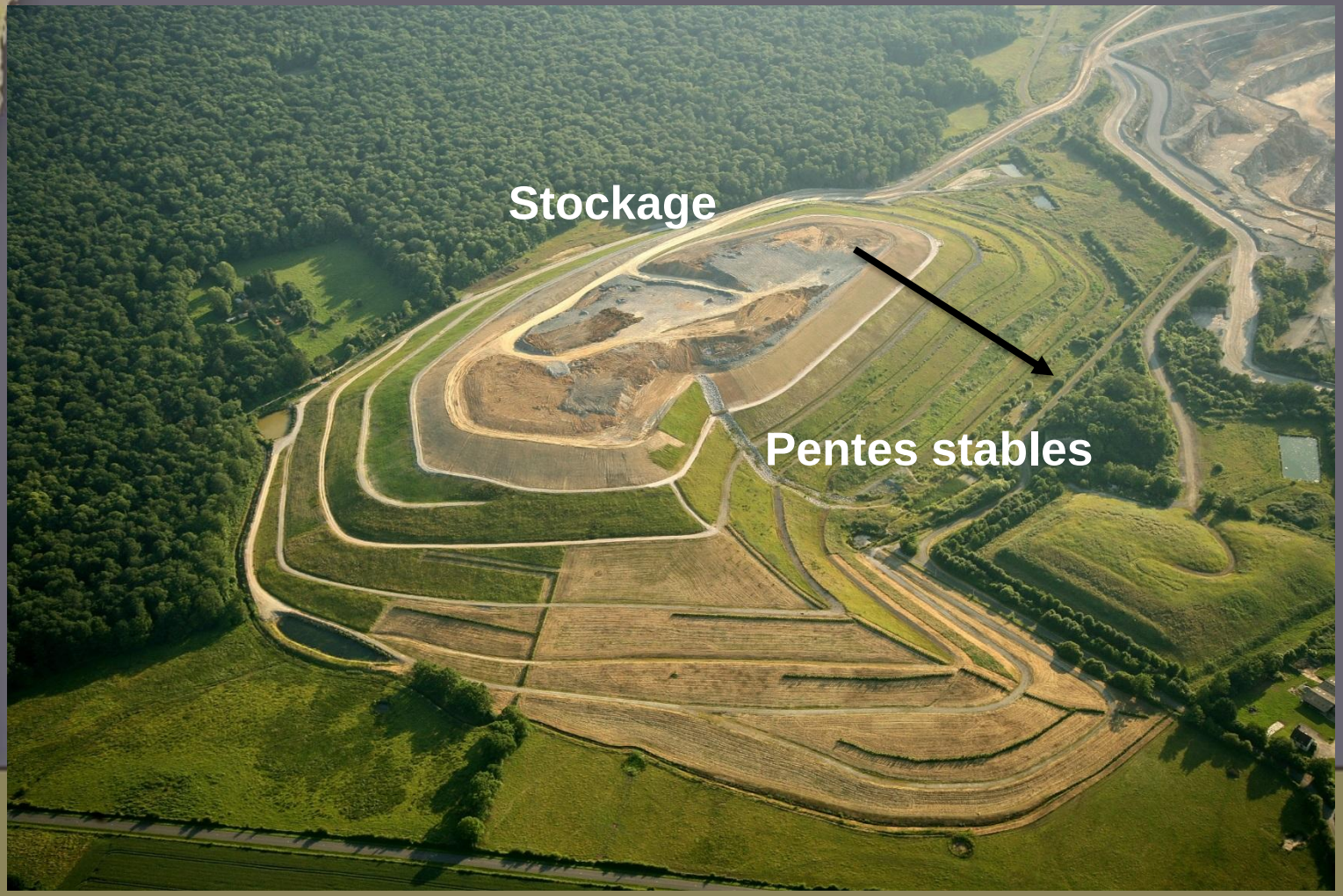
Une mauvaise acceptation des riverains.

Terrassement pour la stabilisation définitive des ouvrages = représente environ 60% à 70% des dépenses de remise en état dans ce cas.

Second cas =

Prise en compte de la stabilité des ouvrages dès le développement du projet minier

Exemple de construction et réaménagement à l'avançement d'une verse à stériles = la géométrie finale stable et les méthodes d'ancrage et de drainage sont calculées et définies dès le démarrage de l'ouvrage (étude de pré-faisabilité avant projet , puis projet et plan d'exécution)



Le réaménagement est intégré aux techniques d'exploitation il est réalisée de bas en haut, au fur et à mesure que la verse est construite. L'ouvrage est surveillé durant la construction.

Moins de risques d'instabilités post-fermeture
Possibilité de cohabitation riverains-exploitation

Second objectif du réaménagement = maitriser les eaux souterraines et de surface pour :

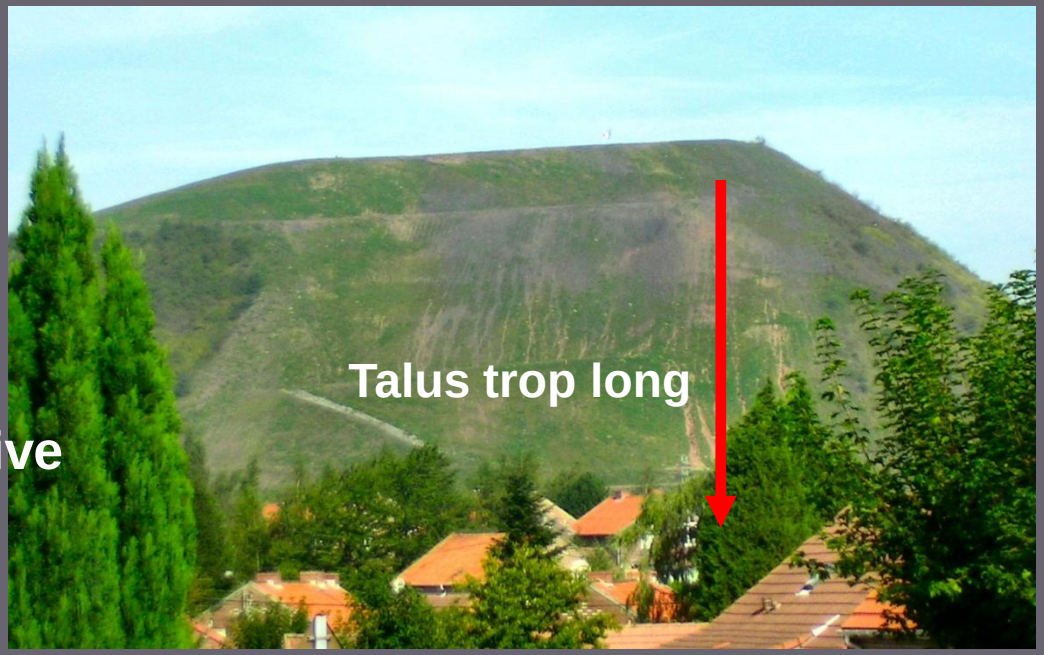
- Lutter contre l'érosion des sols

- Maitriser la qualité des eaux

- Maitriser les débits

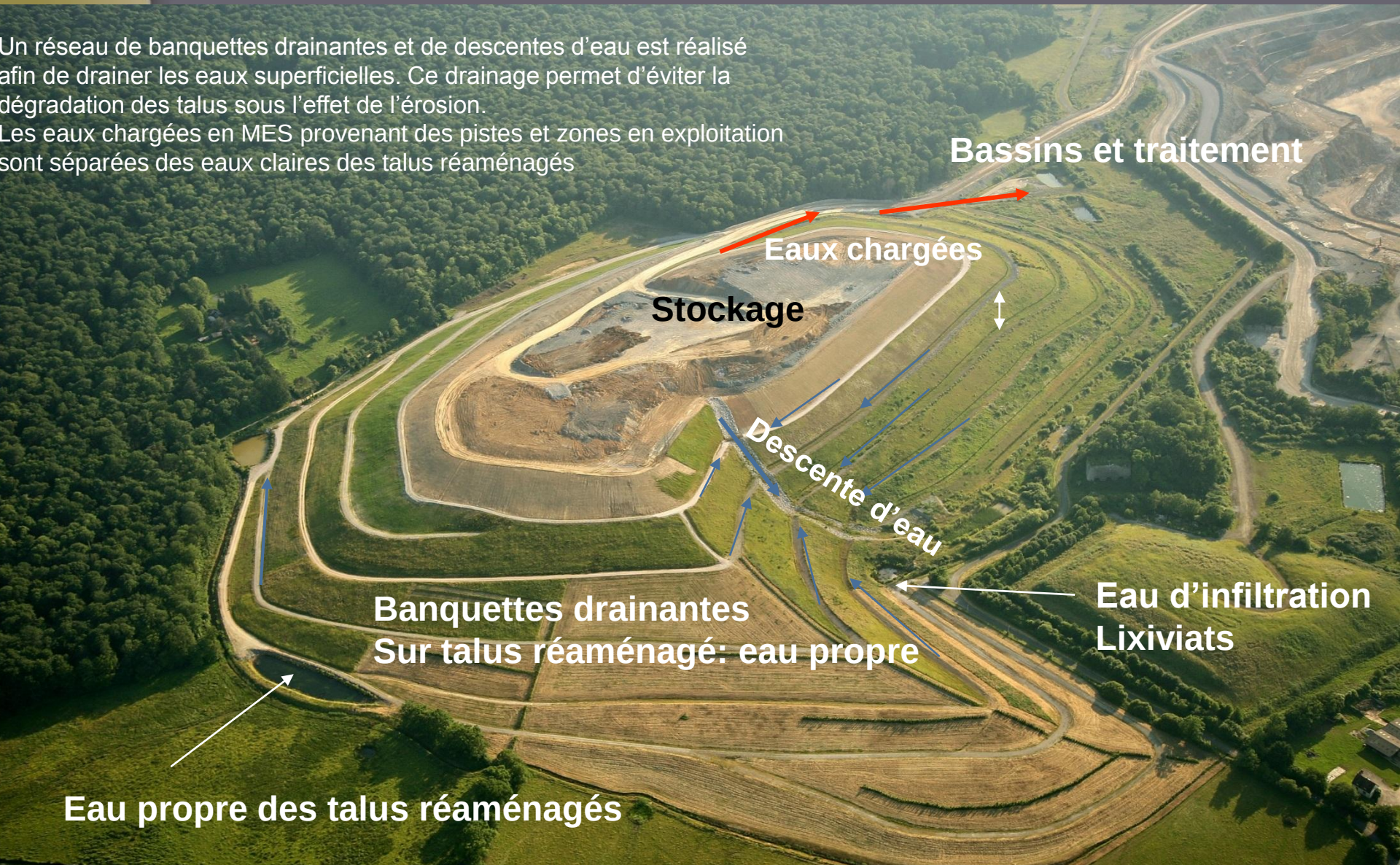
- Éviter la dégradation des talus et des ouvrages

Exemple de pente stabiliséee sans gestion des eaux (terril de charbon)



- Érosion;
- Destruction progressive des pentes;
- Comblement des ouvrages hydrauliques en aval ;
- Matières en suspension dans l'eau
- Végétation détruite, retardée

Exemple de gestion des eaux sur une verse de stériles en même temps que sa construction. Gestion integrée à la méthode d'exploitation. Possibilité d'éviter le Drainage Minier Acide.



Les ouvrages de gestion des eaux sont rustiques, dimensionnés pour durer (pluie centennale) avec le minimum d'entretien

Exemple de l'effet de la gestion des eaux et du réaménagement sur la qualité des eaux (verse à stériles en latérites – Nickel – Nouvelle Calédonie)

Troisième objectif : végétaliser très rapidement après la fin des travaux de terrassements par la mise en place d'un couvert végétal herbacé d'espèces locales et sauvages à fort recouvrement

Limite l'érosion des sols,

Insère le site dans la dynamique végétale;

Reconstitue un sol;

Insère le site dans son environnement écologique.

Exemple de terril de charbon. Le manque de végétation herbacée provoque l'érosion des pentes

Objectif du semi herbacé: obtenir très rapidement un taux de recouvrement maximum des terrains

On sélectionne les espèces rustiques qui poussent naturellement sur la mine, sur des terrains stériles

On applique un mélange riche en espèces variées, locales et adaptées aux climat et au milieu

Exemples de résultats et d'évolution de sites

Exemple carrière cimenterie (Rhône)

1996 : terrassement et 28 espèces plantées (espèces observées aux alentours de la carrière)
Semis hydraulique : peuplement herbacé diversifié

Strate herbacée en 2004 puis arbustive/arborée dispersée s'étend naturellement

Evolution de la faune et de la flore

Végétation actuelle fleurissante et fructifère

Bonne répartition des ressources sur l'année (floraison décalée) ⇒ Milieu accueillant pour la faune

Fruit de Prunelier et fleur d'érable plane

Pie-grièche écorcheur

Attirent insectes (papillons, hyménoptères,…) et oiseaux insectivores

Azuré bleu céleste

Mélitée orangée

Verse de stériles (Mine d'Uranium - Lozère)

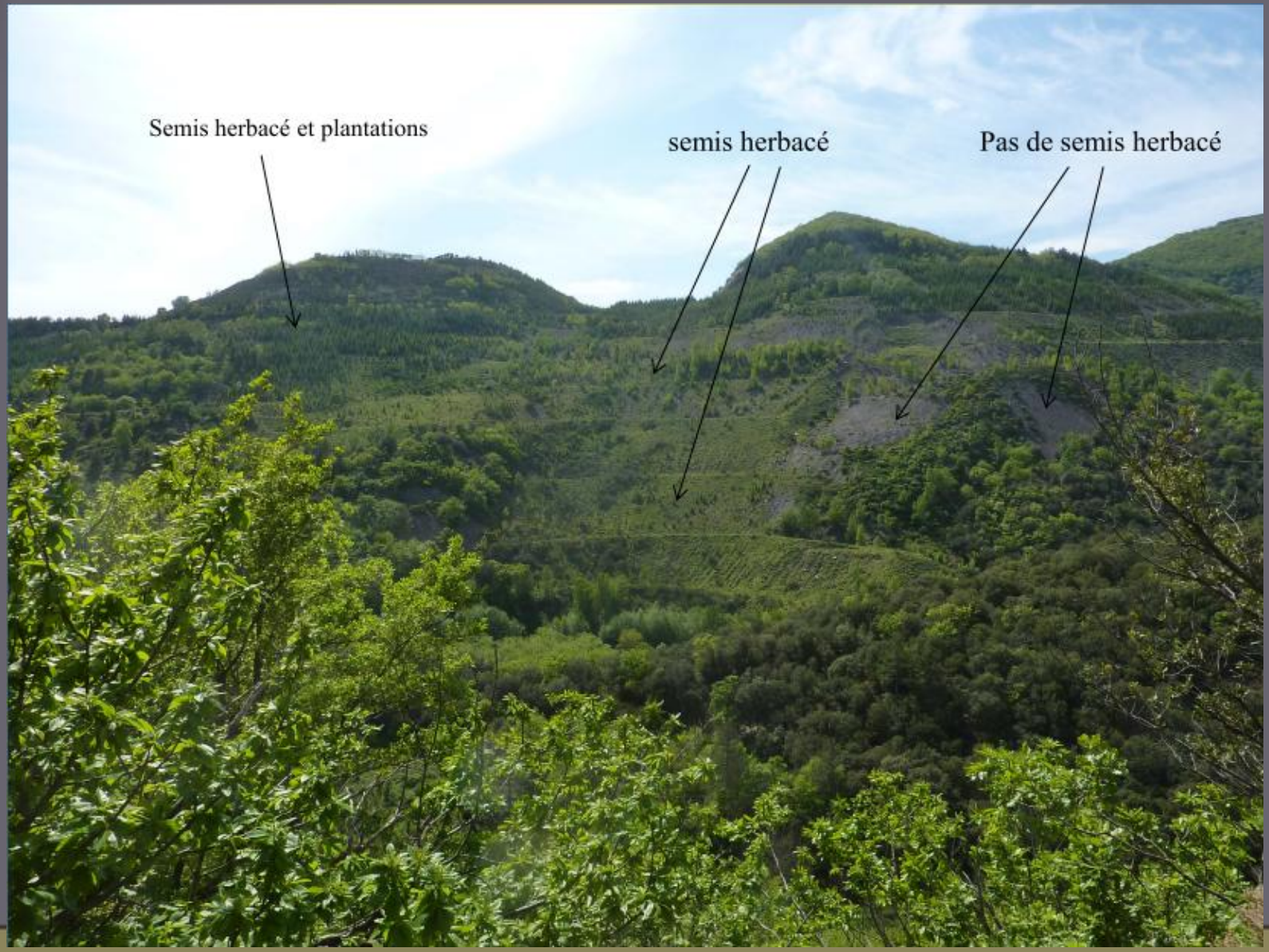
Verse de stériles après terrassement et végétalisation herbacée état transitoire de stabilisation

Après 20 ans évolution naturelle sans intervention après stabilisation

Exemple = Mine de charbon de Graissessac (Sud de la France)

Mine de charbon après réaménagement + 5 ans

Mine de charbon après réaménagement + 15 ans



La production d'espèces sauvages et locales n'existe pas dans tous les pays;

L'importation des espèces est parfois non adaptée au milieu;

La production de plantes sauvages locales nécessitent plusieurs années de mise en culture en pépinière (3 ans minimum) et des recherches en laboratoire;

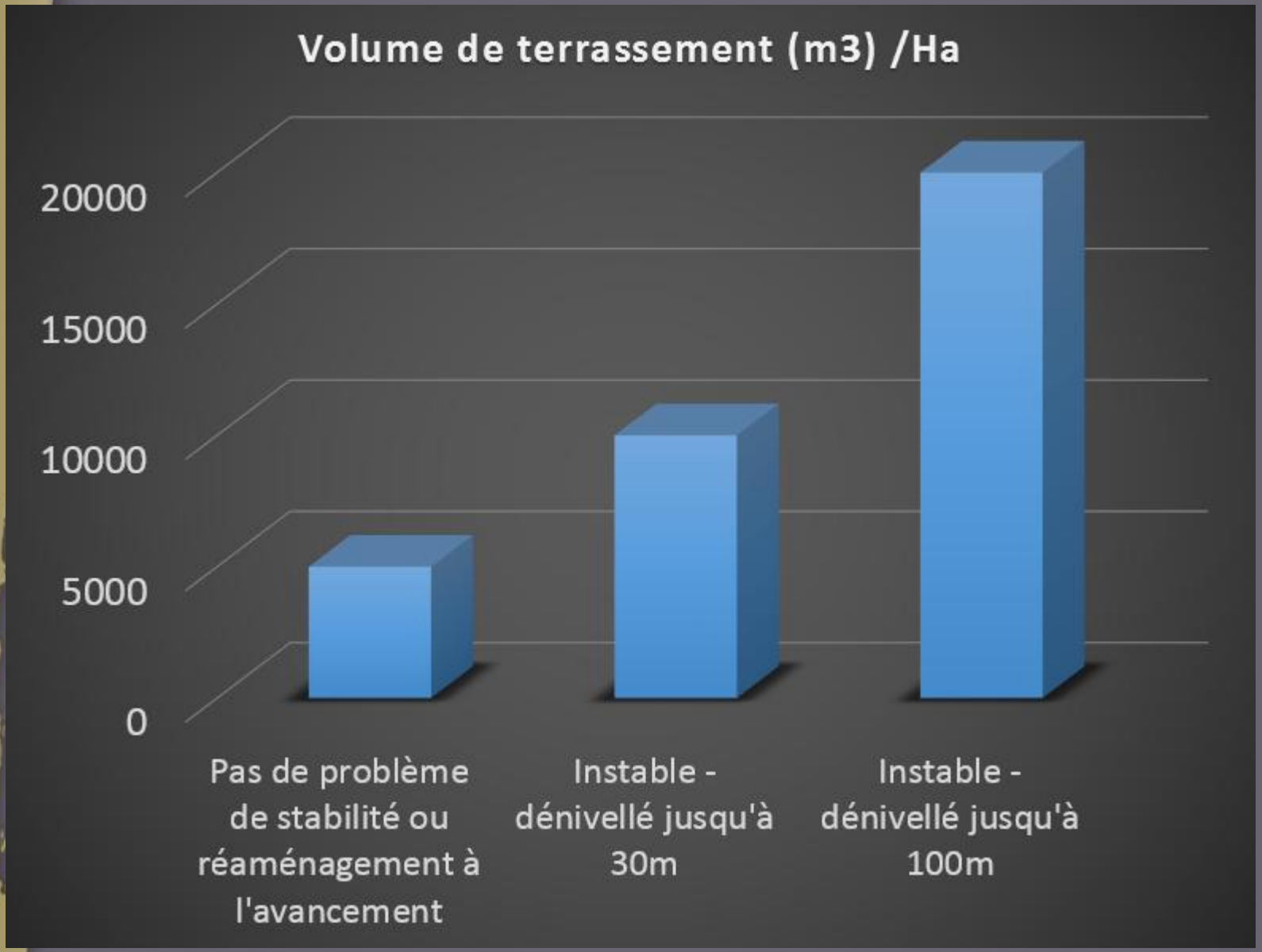
Lorsque la végétalisation est prévue dès le démarrage de l'exploitation la récupération et le réemploi du top soil est une solution peu coûteuse et efficace s'il est bien manipulé et stocké

(Exemple mine de nickel Nouvelle Calédonie)

Réaménagement d'une verse de latérites avec mise en place de top soil sur les talus frontaux (Nickel – Nouvelle Calédonie)

La végétation est celle issues de la banque de graines du top soil qui pousse naturellement après étalement. Le semi d'espèces endémiques protégées est possible sur ce type de substrat, permettant de compenser la destruction d'espèces protégées.

Combien ça coûte?
Beaucoup, si rien n'est anticipé


Volume de terrassement (m3) /Ha
20000
15000
10000
5000
0
Pas de problème de stabilité ou réaménagement à l'avancement
Instable - dénivellé jusqu'à 30m
Instable - dénivellé jusqu'à 100m

Le manipulé pour la remise en état représente selon les cas :

- **5% du manipulé total si le réaménagement est intégré à l'exploitation**

- **et jusqu'à 25% du manipulé total pour l'exploitation si le réaménagement est réalisé à la fin**

(sans compter le coût sociétal, environnemental, et de l'après mine, si les problèmes d'instabilité, de qualité des eaux, de poussières et de pollution des sols, ne sont pas totalement maitrisés)

Exemple d'évolution des pratiques sur une mine de Nickel en Nouvelle Calédonie

1950 -1970 = déversement des stériles latéritiques dans les pentes du milieu naturel

1980-2000 = verses stables mais remise en état à la fermeture

Pratique moderne = réaménagement intégré au processus minier

Réaménagement à l'avancement permet de:

Diminuer l'impact sur l'environnement (faune, flore, paysage, eau, envols poussières);

Cicatriser les terrains progressivement;

Anticiper et maitriser les risques d'instabilités et les problèmes de qualité des eaux à long terme;

D'assurer une meilleure acceptation sociétale des grands projets,

… et la possibilité d'un usage futur …

…. comme un champ photovoltaïque
sur
un terril réaménagé

Merci beaucoup pour votre attention

CFGI
COMITÉ FRANÇAIS DE GÉOLOGIE DE L'INGÉNIEUR ET DE L'ENVIRONNEMENT
1968-2018 50 ans

MICA environnement