

LE TERRIL DE CENDRES VOLANTES DU HÉNÂ

De l'édification au démantèlement

PUBLIC

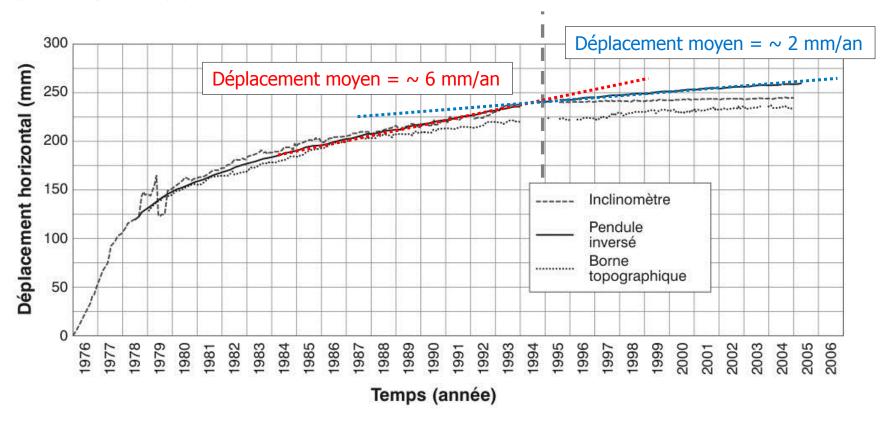


TABLE OF CONTENT

- 1. Renforcement complémentaire en 2012
- 2. Projet d'évacuation et de démantèlement complet du terril à l'horizon 2030

- 1972 : arrêt définitif de la mise en dépôt des cendres
 - Selon l'avis émis par le Prof. De Beer lors d'une réunion avec le Gouverneur de la Province le 5 octobre 1972 :
 - « il importe de mettre l'accent sur la faible probabilité d'un glissement ou d'un éboulement du terril qui, en somme, existe depuis plus de 15 ans dans les mêmes conditions »
 - « il n'y a pas lieu de s'alarmer outre mesure, à la condition qu'une surveillance active et sévère du terril soit exercée et que des travaux de consolidation soient effectués »

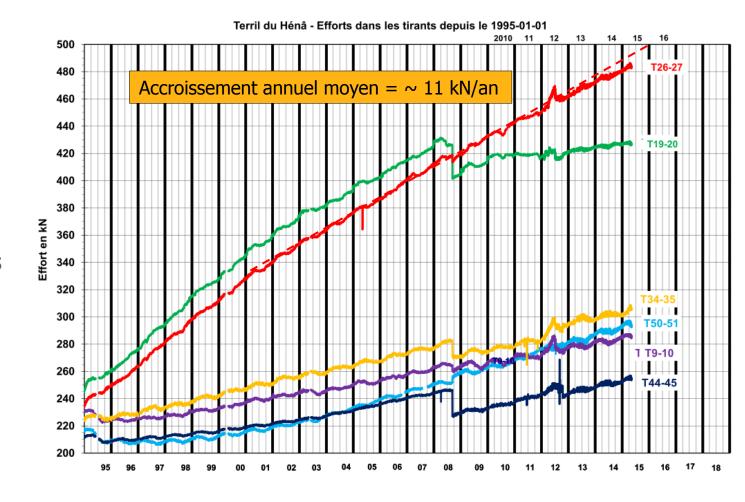
Surveillance du terril



Le confortement a donc ralenti le mouvement mais ne l'a pas arrêté ...

1994-2011 : surveillance du terril

- Suivi des tensions dans les tirants au pied du massif de contrebutage
- Limite de service de
 500 kN atteinte courant
 2016 pour les tirants les plus sollicités

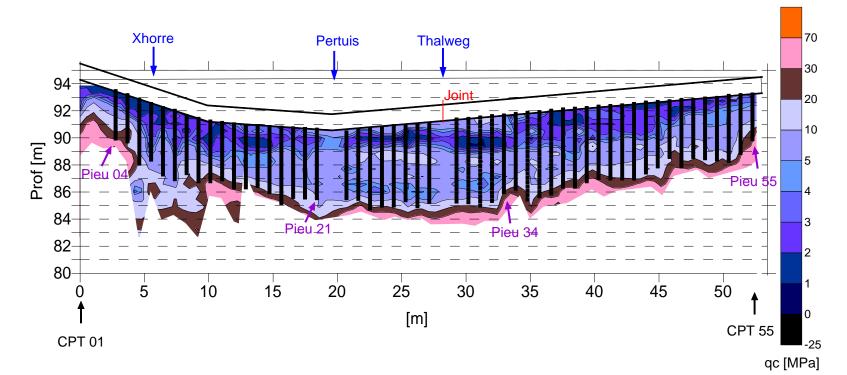


- Conclusions de la DGATLP en 2002
 - La stabilité du massif de contrebutage et donc du terril n'est pas garantie à long terme
 - L'enlèvement du dépôt de cendres volantes (et du massif de contrebutage)
 constitue la seule solution présentant une garantie de sécurité totale et définitive

- => Décision d'Electrabel d'évacuer complètement le terril pour garantir définitivement la sécurité des habitants du village des Awirs
- => Nécessité d'un **2ème confortement** devant fournir une sécurité suffisante jusque ~ 2030 (durée compatible avec le délai présumé pour l'évacuation du terril)

2ème confortement

- 1. Etude approfondie des archives d'Electrabel, de l'UCL et du MET (héritées de l'IGE) sur la période 1954-1994 (40 ans d'archives!)
 - => collecter, analyser et synthétiser les données de base :

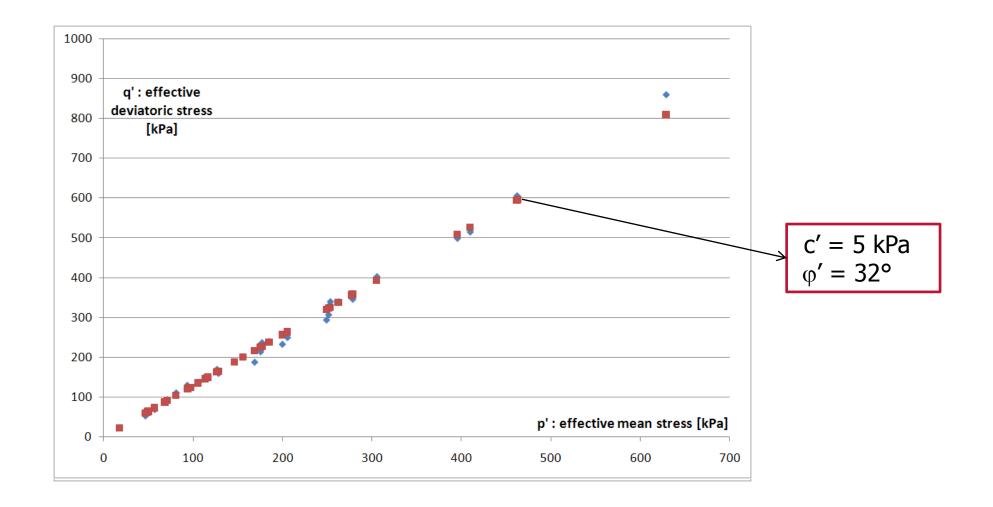




2ème confortement

- 2. Campagne géotechnique complémentaire en amont et en aval du massif de scories [2009] :
 - Caractérisation de la couche de colluvium limono-argileux soumise au phénomène de fluage
 - Vérification de l'altération des schistes dans la zone d'ancrage des tirants
 - Vérification des niveaux phréatiques

• Caractérisation de la couche de colluvium limono-argileux soumise au phénomène de fluage

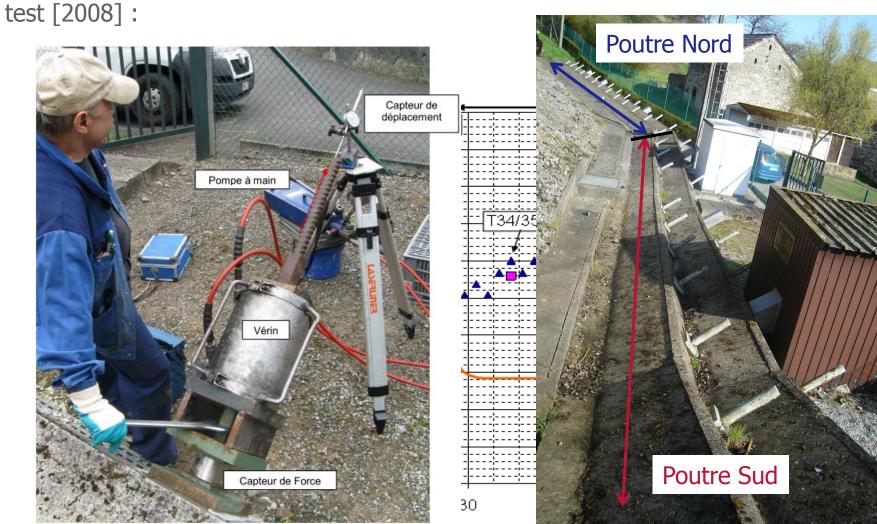




PUBLIC

• 2ème confortement

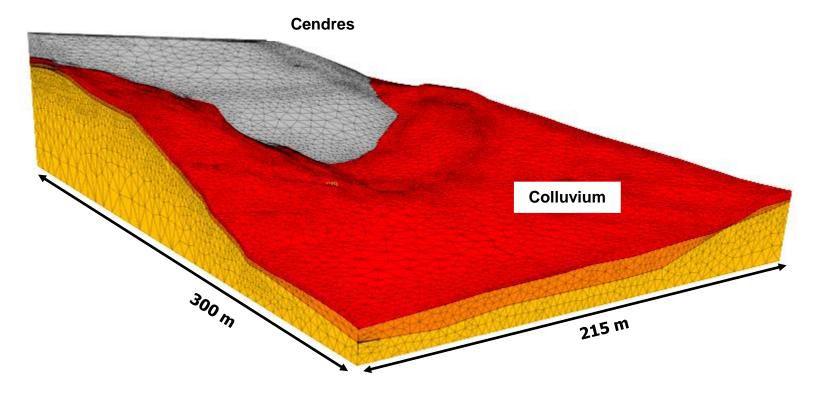
3. Etat des lieux des tensions dans l'ensemble des 54 tirants existants – lift-up



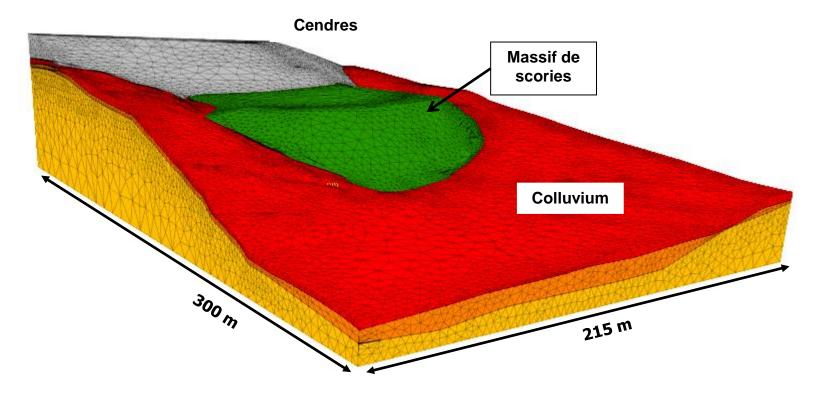




- 2ème confortement
 - 4. Modélisations numériques



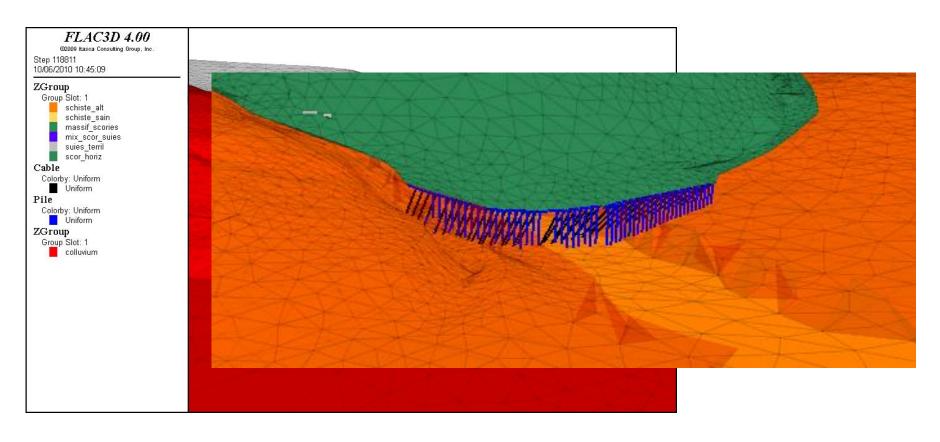
- 2ème confortement
 - 4. Modélisations numériques







- 2ème confortement
 - 4. Modélisations numériques





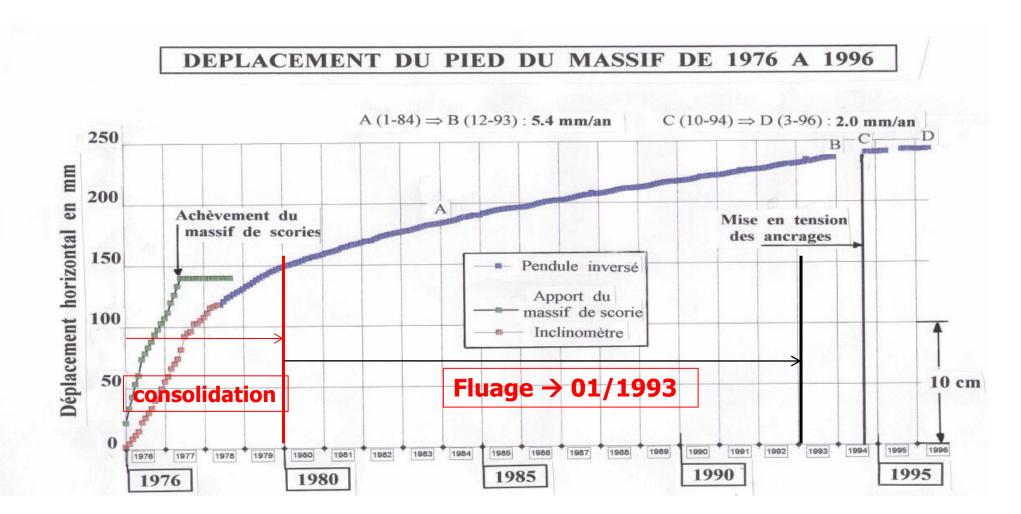
PUBLIC

• 2ème confortement

4. Modélisations numériques : phasage

| Etapes | Schéma | Temps |
|---|--------|-------------|
| Initialisation des contraintes | | => 1975 |
| Massif de contrebutage : Consolidation primaire | | 1975 =>1980 |
| Fluage (1980 =>1994) | | 1980 =>1994 |
| Mise en place des ancrages Tirants existants | | 1994 |
| Fluage (1994 =>2010) | | 1994 =>2010 |
| Mise en place des ancrages Tirants complémentaires | | 2010 |
| Fluage (2010 =>2030) | | 2010 =>2030 |

4. Modélisations numériques : calage du modèle



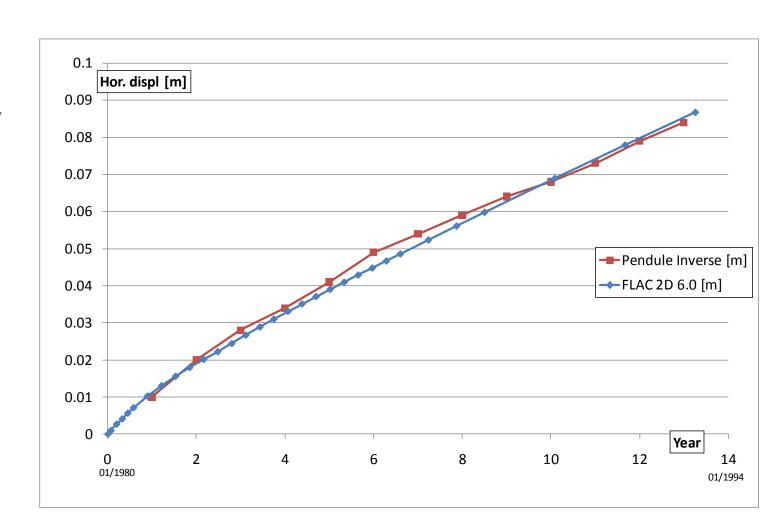
- 4. Modélisations numériques : calage du modèle
 - Déplacement au pied du massif de scories [1980 1993]

Loi de fluage:

"Norton Power law"

$$\dot{\varepsilon}_{cr} = A\bar{\sigma}^n$$

A1 = 3.15
$$10^{-27}$$
 Pa⁻³ yr⁻¹
A2 = 3.17 10^{-25} Pa⁻³ yr⁻¹
n₁ = 2.985
n₂ = 3.2
 σ_{ref} = 5.5 10^4 Pa



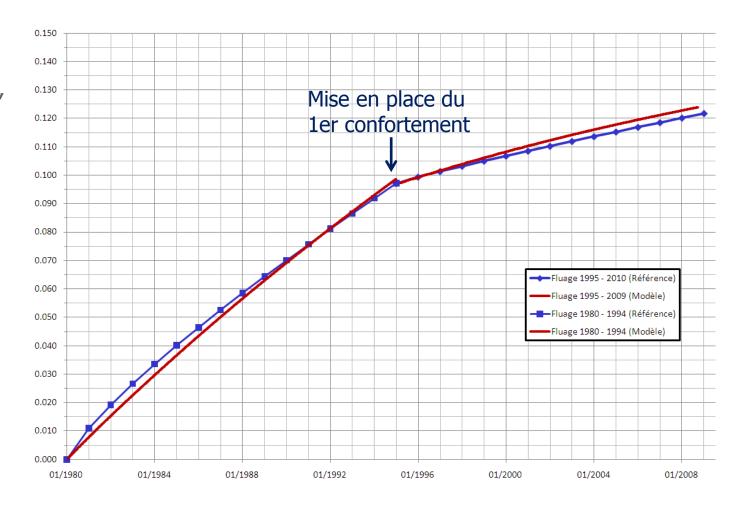
- 4. Modélisations numériques : calage du modèle
 - Déplacement au pied du massif de scories [1980 1993 2009]

Loi de fluage:

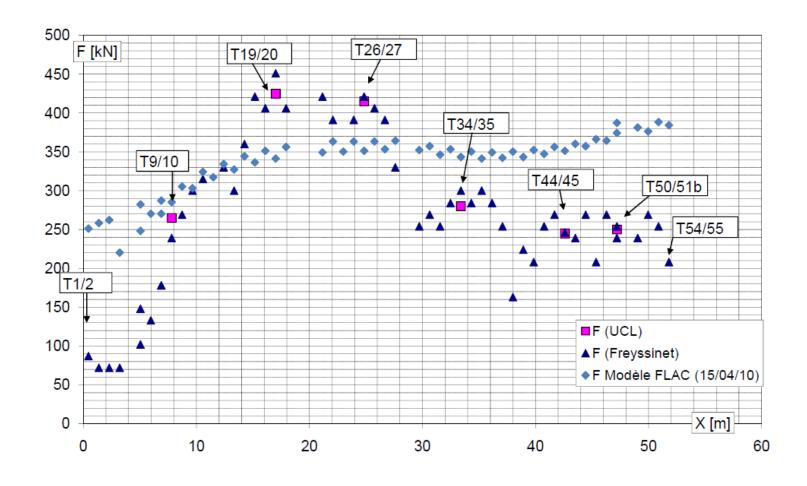
"Norton Power law"

$$\dot{\varepsilon}_{cr} = A\bar{\sigma}^n$$

A1 = 3.15
$$10^{-27}$$
 Pa⁻³ yr⁻¹
A2 = 3.17 10^{-25} Pa⁻³ yr⁻¹
n₁ = 2.985
n₂ = 3.2
 σ_{ref} = 5.5 10^4 Pa



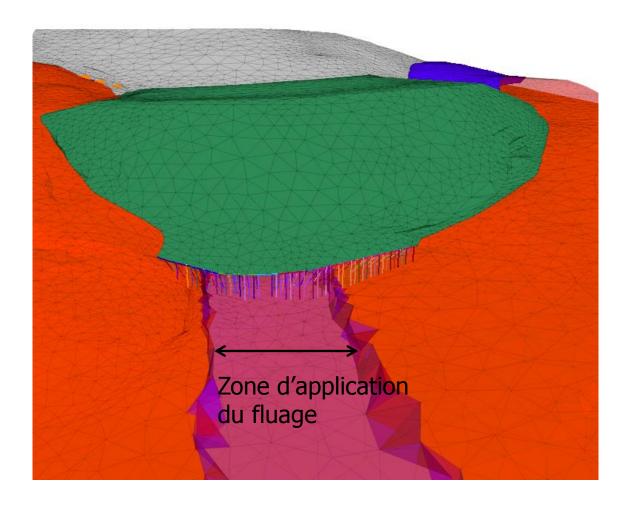
- 4. Modélisations numériques : calage du modèle
 - Tensions dans l'ensemble des tirants : fluage appliqué à toute la couche de colluvium



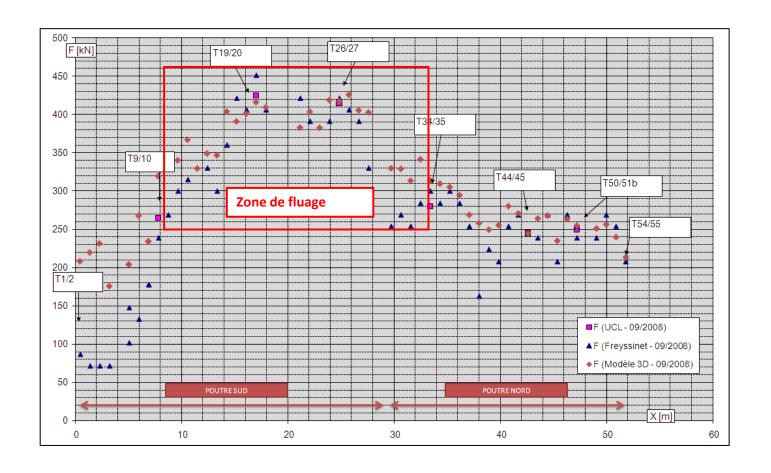




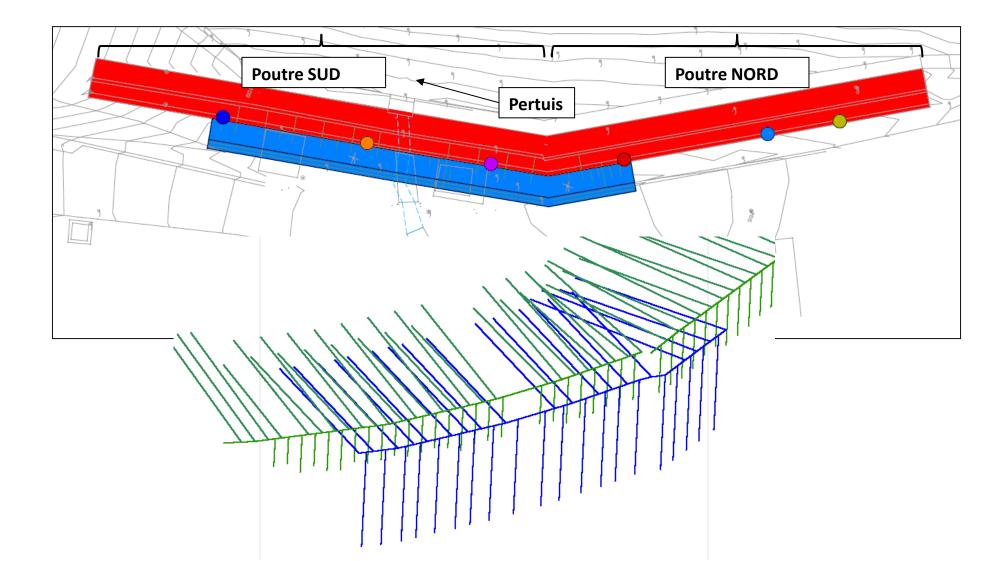
- 4. Modélisations numériques : calage du modèle
 - Tensions dans l'ensemble des tirants : fluage appliqué dans la partie centrale



- 4. Modélisations numériques : calage du modèle
 - Tensions dans l'ensemble des tirants : fluage appliqué dans la partie centrale

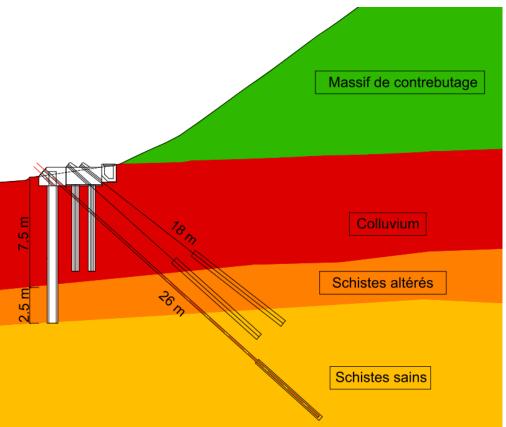


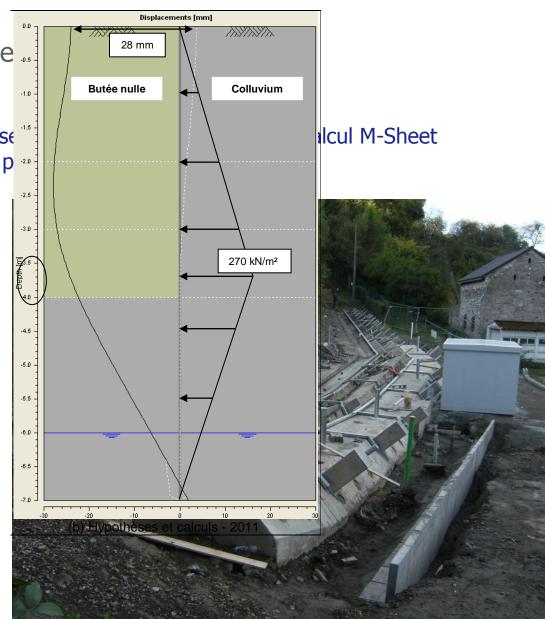
4. Modélisations numériques : design du 2ème confortement



Design du 2^{ème} confortement = similaire

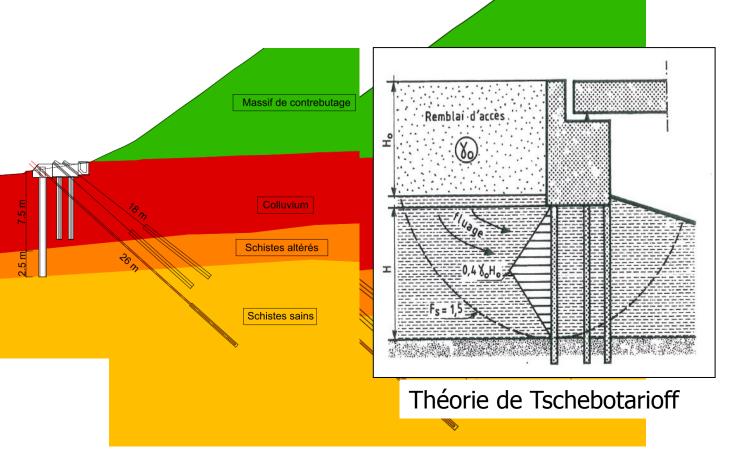
Dimensionnement des pieux et tirants réalise de se calant sur les déplacements obtenus p

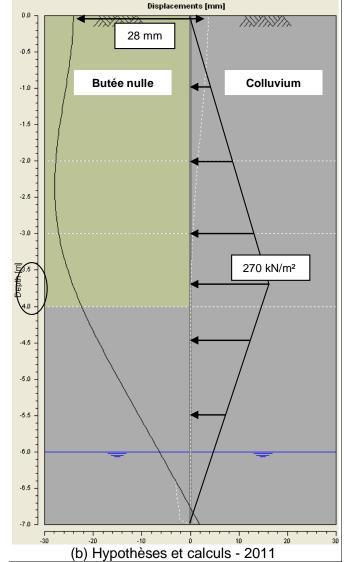




Design du 2^{ème} confortement = similaire à celui de 1994

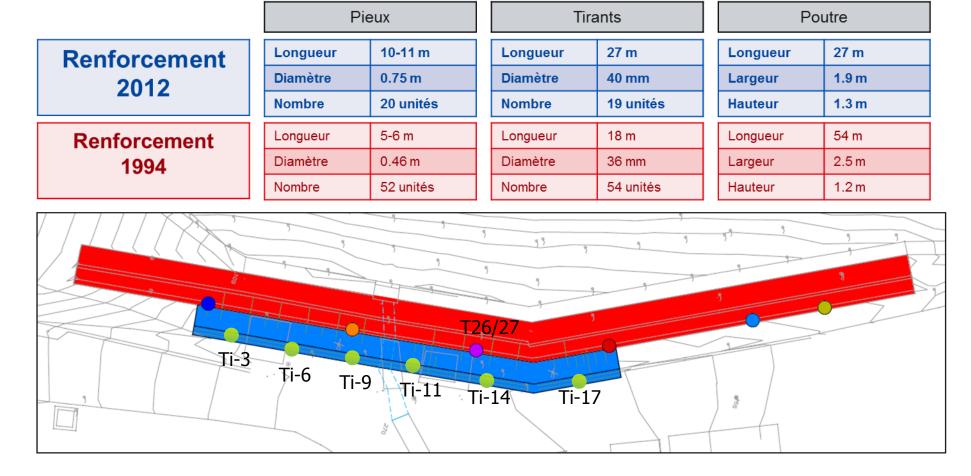
 Dimensionnement des pieux et tirants réalisé au moyen du programme de calcul M-Sheet en se calant sur les déplacements obtenus par le modèle numérique FLAC3D







- 4. Modélisations numériques : design du 2ème confortement
- Comparaison des dimensions des confortements de 1994 et 2012







- 5. Quelques photos du chantier
- Installation d'un nouveau pendule inverse en amont de la structure de renforcement





- 5. Quelques photos du chantier
- Forage des pieux de diamètre 75 cm





- 5. Quelques photos du chantier
- Armature des pieux viroles de diamètre 508 mm, ép. 11 mm







- 5. Quelques photos du chantier
- Poutre de couronnement des pieux







- 5. Quelques photos du chantier
- Forage et installation des ancrages Diwidag diamètre 40 mm









- 5. Quelques photos du chantier
- Mise en tension des tirants et suivi en temps réel du monitoring (déplacements, tensions)





PUBLIC

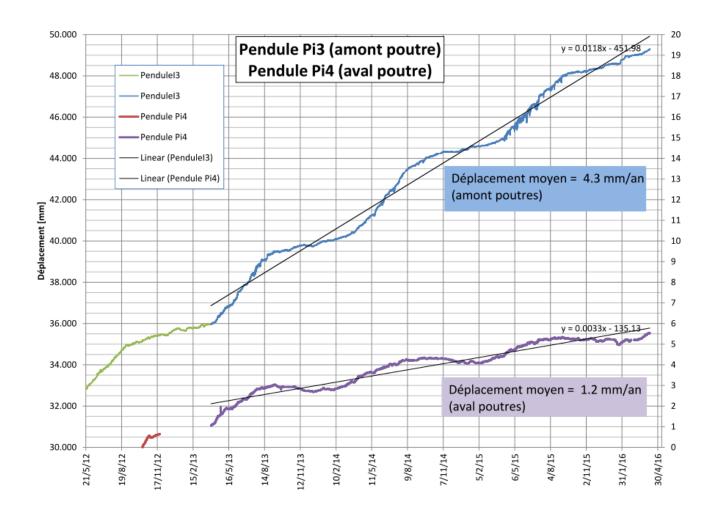
MONITORING

• => PPT JF. Thimus

HISTORIQUE DE LA STABILITÉ

2012-.....: surveillance du terril

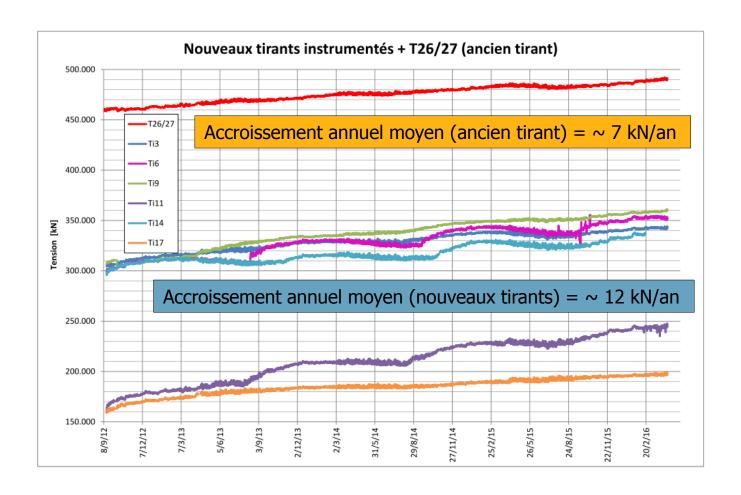
 Suivi des mouvements du sol au pied du massif de contrebutage



HISTORIQUE DE LA STABILITÉ

2012-: surveillance du terril

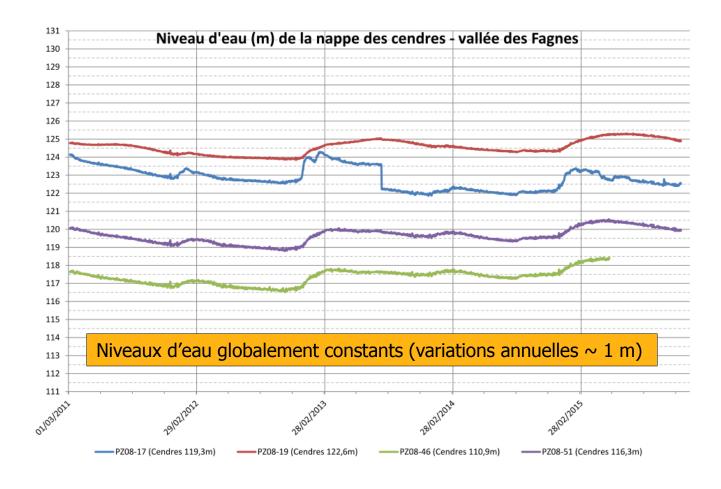
Suivi des tensions dans les tirants des 2 confortements au pied du massif de contrebutage



HISTORIQUE DE LA STABILITÉ

2012-: surveillance du terril

 Suivi continu des niveaux phréatiques sur l'ensemble du terril (~ 50 piézomètres dont 30 sont équipés d'appareils de mesure automatique)



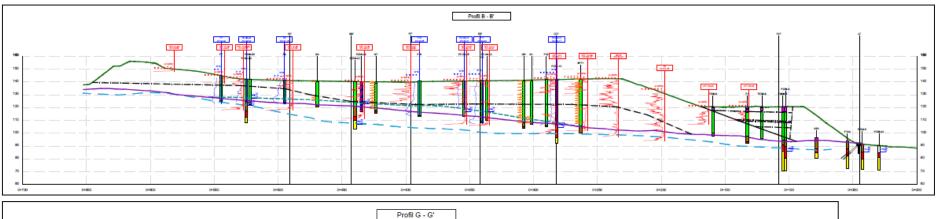
STABILITÉ - SITUATION ACTUELLE

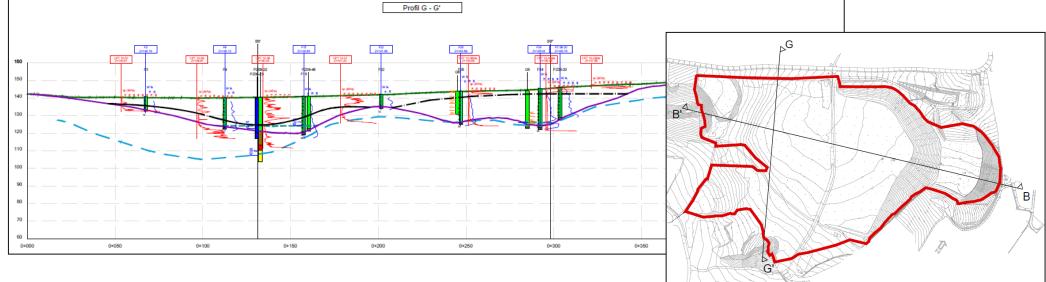
- Grâce au nouveau confortement réalisé au pied du massif de contrebutage, la stabilité du terril est actuellement contrôlée.
- Le dispositif de surveillance du terril est toujours resté en place depuis plus de 40 ans et n'a jamais cessé d'être développé (surveillance des mouvements au pied du terril et au sein des cendres, suivi des niveaux phréatiques dans l'ensemble du dépôt, contrôles périodiques du système de drainage, automatisation des mesures, définition d'alarme, garde catastrophe, plan d'urgence...).
- Les tirs de mine sont toujours interdits dans les environs du terril.
- Ces mesures permettent d'affirmer que la probabilité d'un glissement ou d'un éboulement du terril reste très faible.

STABILITÉ - SITUATION ACTUELLE

- Le nouveau confortement continue de freiner le fluage au pied du massif de contrebutage mais ne l'arrête pas (1 à 4 mm/an).
- De plus, il existe toujours un risque d'atteindre une phase de fluage tertiaire.
- La stabilité du massif de contrebutage et donc du terril n'est pas garantie à long terme.
- L'enlèvement du dépôt de cendres volantes (et du massif de contrebutage) constitue la seule solution présentant une garantie de sécurité totale et définitive

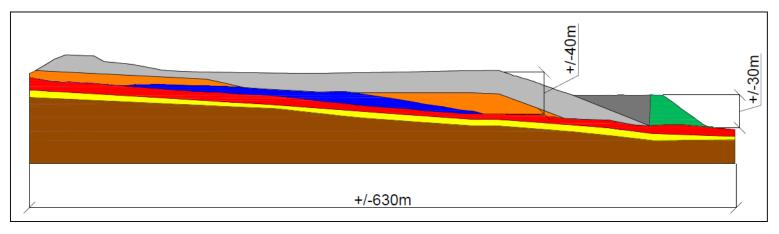
• Caractérisation géotechnique du terril (+ de 150 forages/sondages)







Synthèse géotechnique du terril (basée sur + de 150 forages/sondages)

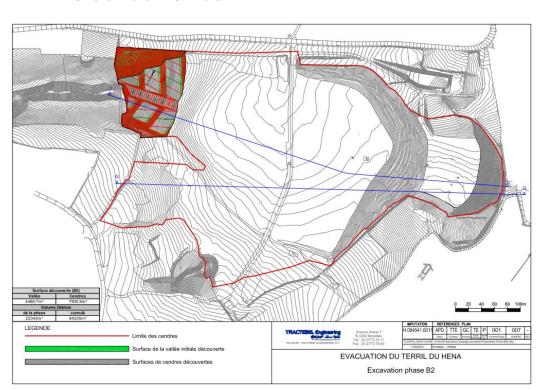


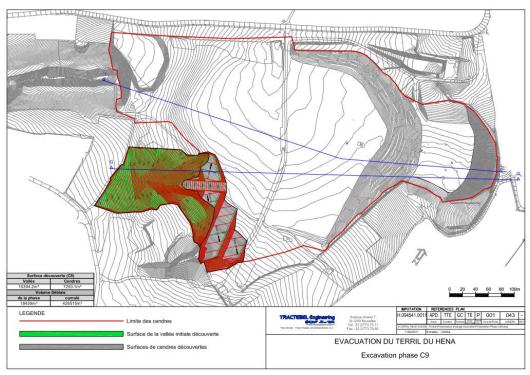
- Cendres volantes compactes non-saturées (en gris)
- Cendres volantes non-compactes non-saturées (en orange)
- Cendres volantes non-compactes saturées (en bleu)
- Colluvium limoneux (en rouge)
- Schiste altéré (en jaune)
- Schiste sain (en brun)
- Scories (en vert)





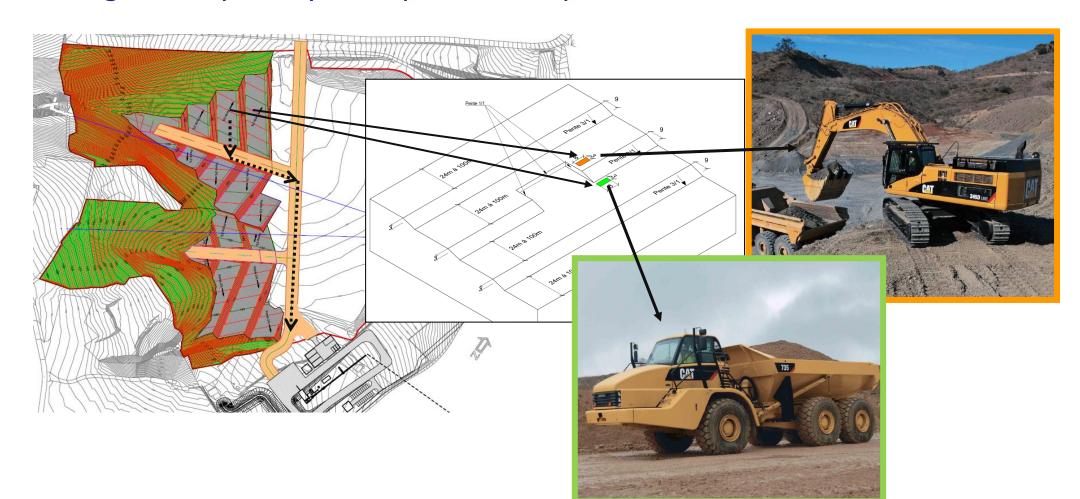
- Excavation à partir des extrémités amonts
- Maintenir en place le massif de contrebutage, élément essentiel à la stabilité globale, durant la totalité des opérations d'évacuation des cendres



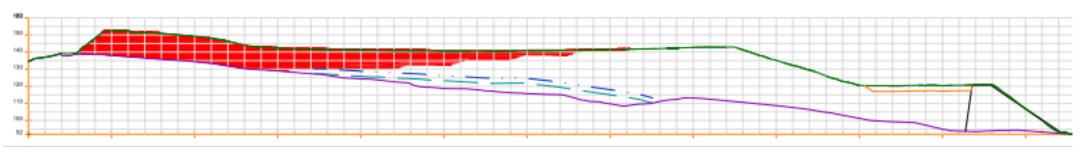




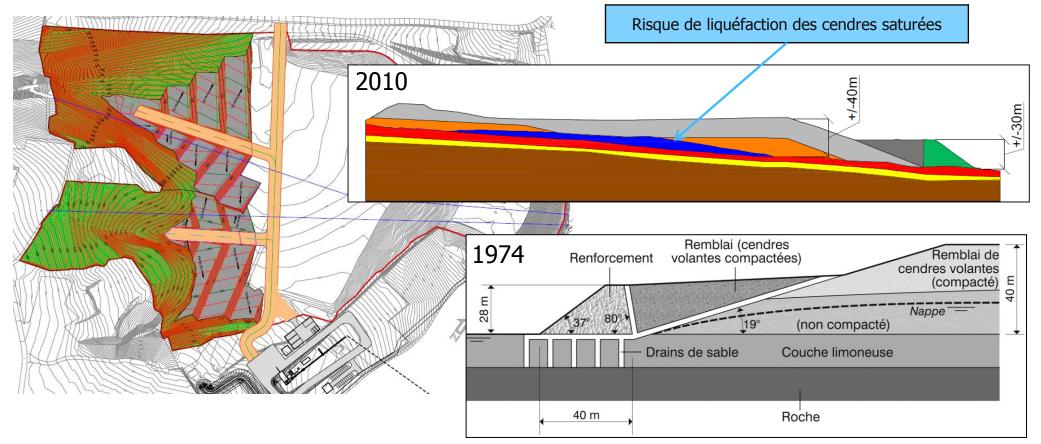
• Engins = 1 pelle hydraulique + 2 dumpers



- Excavation en terrasses avec des talus de 3 m de haut et présentant des pentes de 18° (3H/1V)
- Largeur des terrasses = minimum 24 m
- Pente globale de l'excavation = ~ 5°
 => à comparer à la pente de 19° du talus boisé ou à la pente de 40° à 45° du dépôt initial par simple déversement



 Prise en compte du risque de liquéfaction avec le passage répété des dumpers (stabilité dynamique)



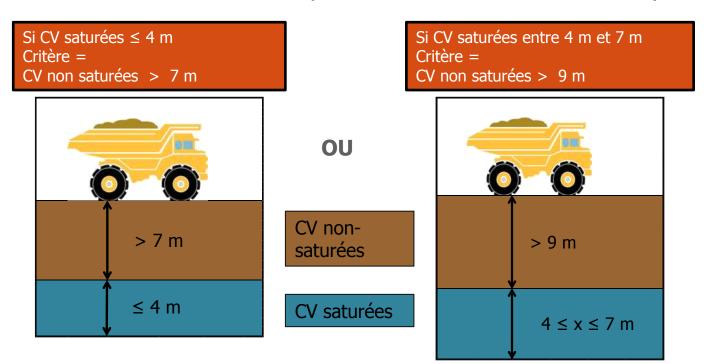
- Prise en compte du risque de liquéfaction avec le passage répété des dumpers (stabilité dynamique)
 - -Sollicitations
 - 100 passages à vide / jour
 - 100 passages pleins / jour
 - Régime de 5j/7 et 8h/jour
 - Moyenne de 30 semaines/an
 - -Dissipation continue
 - 24h/24



PUBLIC

STABILITÉ DURANT L'EVACUATION DU TERRIL

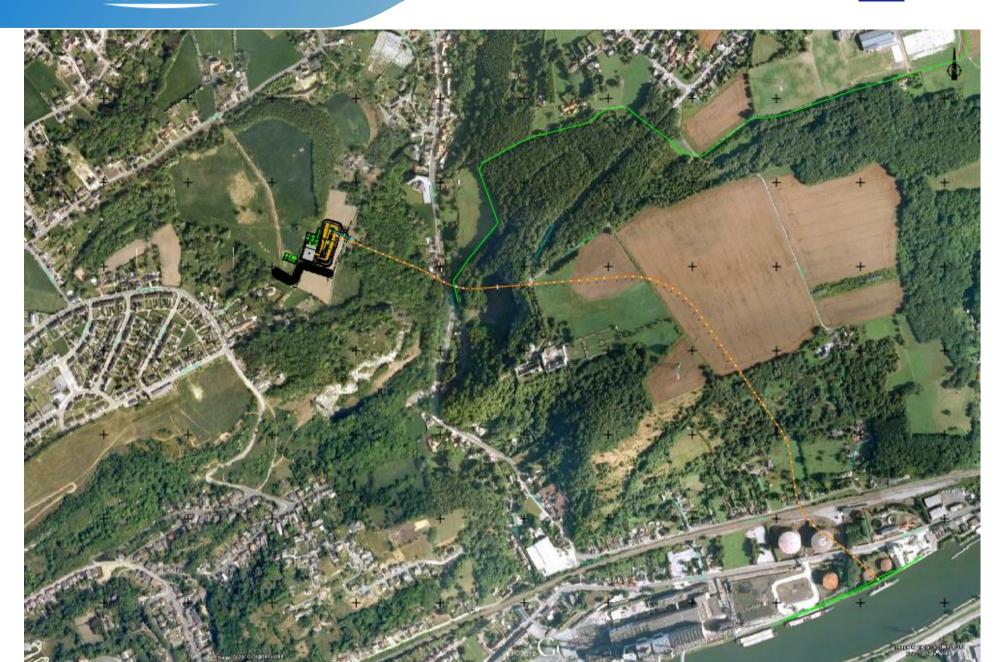
- Prise en compte du risque de liquéfaction avec le passage répété des dumpers (stabilité dynamique)
 - Critères d'exploitation pour assurer la stabilité = maintenir une couche de cendres non saturées sous les pistes de circulation des dumpers



CONCLUSIONS:

- Maintenir le massif de contrebutage en place durant la totalité des opérations d'evacuation des cendres
- **Suivre** rigoureusement le **plan d'excavation** établi (limitation des pentes, des hauteurs de talus, des cadences, respect des critères d'excavation, ...)
- Accroître le dispositif de surveillance (contrôle strict et permanent des niveaux phréatiques, contrôle du risque de liquéfaction par mesures des pressions d'eau dans les cendres saturées, surveillance des mouvements de sol en crête et au pied des talus)
- **Garantir un drainage efficace** et permanent des eaux pluviales
- Dans ces conditions, la probabilité d'un glissement ou d'un éboulement du terril restera très faible et comparable à la situation actuelle, çàd avec un niveau de sécurité acceptable selon les règles de l'art

PUBLIC

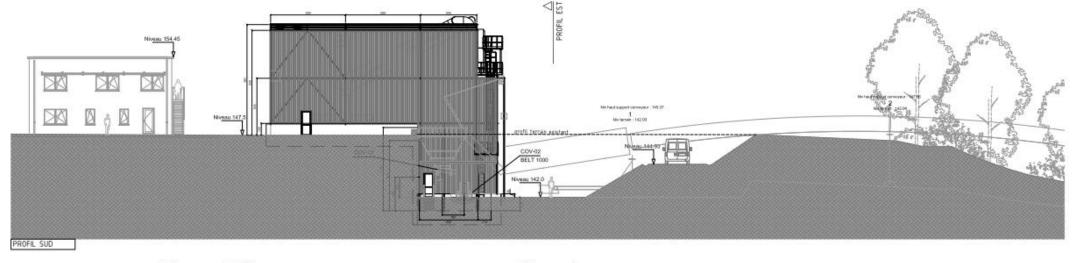


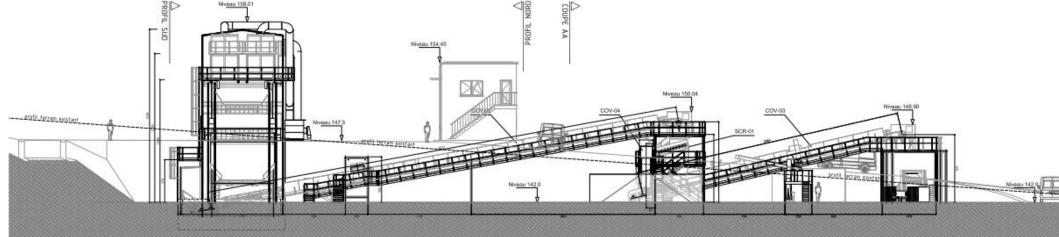
















Type de sol

Type de topographie

Plat

Pente

Plat

Plat

Plat

FONDATIONS DES ÉQUIPEMENTS

Bande transporteuse fermée

Caractérisation du sous-sol

| | Type de soi |
|-------|---|
| | Roche altérée à faible profondeur (1 à 2 m) |
| | Roche altérée à faible profondeur (1 à 2 m) |
| + + + | Roche dure à faible profondeur (0 à 0.5 m) |
| | Limon de plateau (entre 4 et 12 m d'épaisseur) |
| | Alluvions de rivière et terrains médiocres (entre 5 et 15 m d'épaisseur) |
| | C8 - 1 4 |
| | |

Bande transporteuse fermée

- 2 types de fondations
 - Fondation superficielle
 - **Dalle en béton armé** ~4m x 2m (dimensions moyennes) et assise à ~1m de profondeur avec localement substitution de sol sur 1 à 2 m d'épaisseur
 - Fondations profondes
 - Dans les alluvions de fonds de vallée
 - **Micro-pieux** (15cm de diamètre armature 73 x 10 mm) jusqu'au socle rocheux (7 à 20m de prof.)

Bande transporteuse fermée

Fondations superficielles





Bande transporteuse fermée

Fondations profondes – Micro-pieux

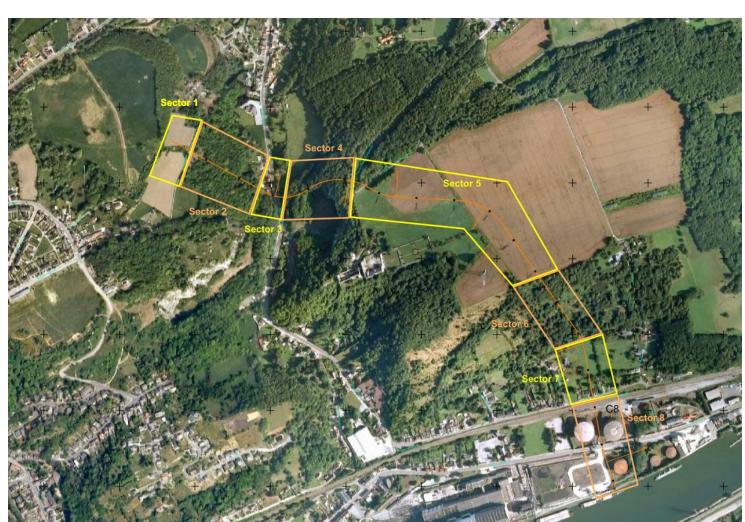




MONTAGE DES ÉQUIPEMENTS

Bande transporteuse fermée

- Grues de 500 t
 - Secteurs 2-4-6
- Grues classiques
 - Autres secteurs





MONTAGE DES ÉQUIPEMENTS

Bande transporteuse fermée

Grues classiques







MONTAGE DES ÉQUIPEMENTS

Bande transporteuse fermée







Questions?