



CERES

*Le Terril du Hénâ - Les défis de sa  
stabilisation à son évacuation finale*



09 octobre 2017

A decorative horizontal bar composed of several colored segments: green, yellow, blue, cyan, green, yellow, red, purple, and pink.

Vincent Lognay – Gilles Buchet – Nicolas Brasseur

# Sommaire

1. Le site du Hénâ d'hier à aujourd'hui
2. Stabilité générale
3. Projet d'évacuation
4. Principaux enjeux géotechniques
5. Exploitation

---

# 01

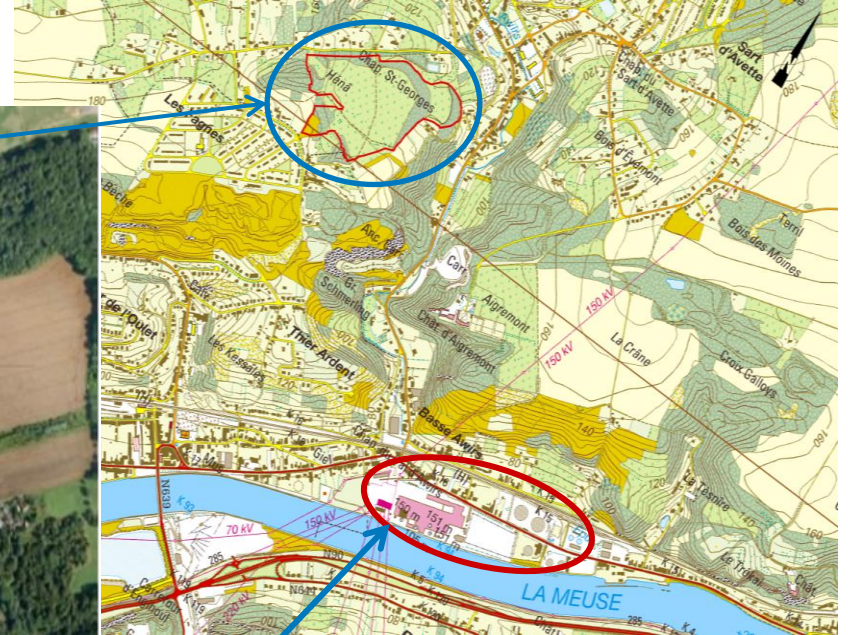
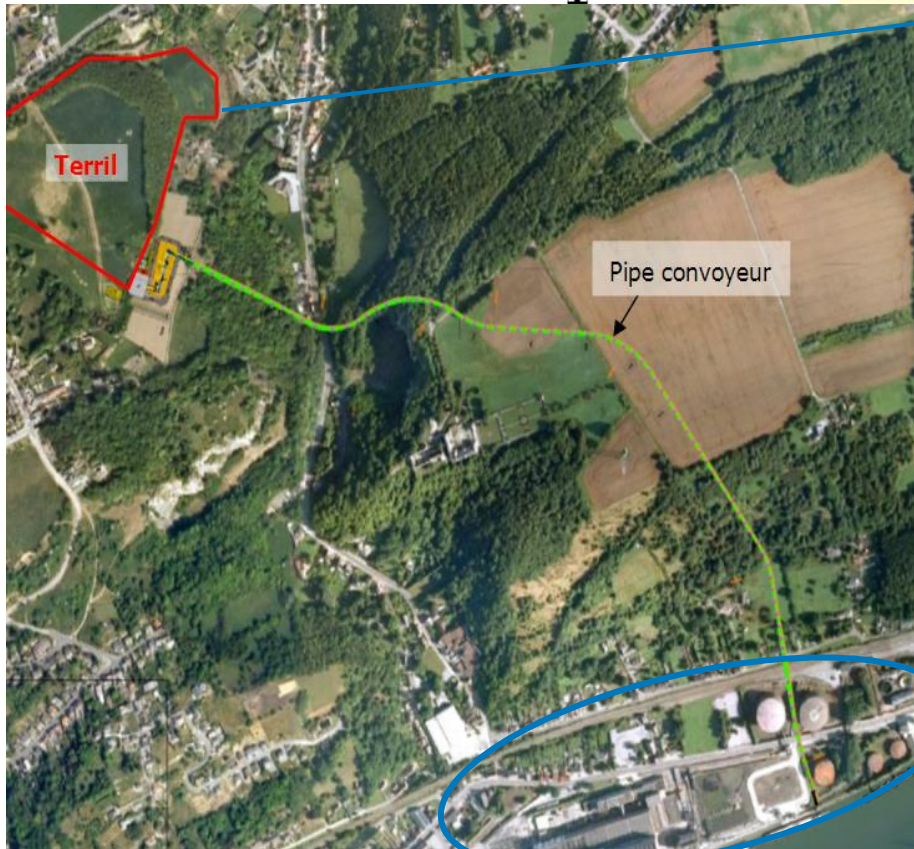
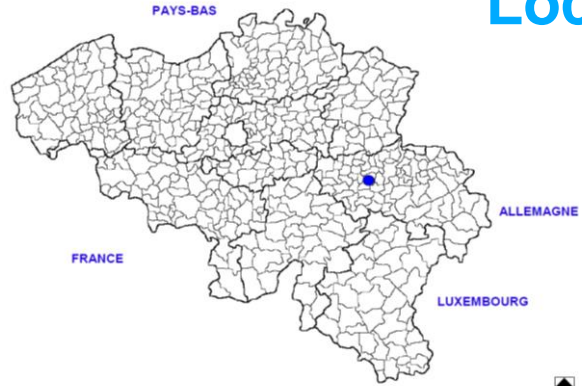
## Le site du Hénâ, d'hier à aujourd'hui

---

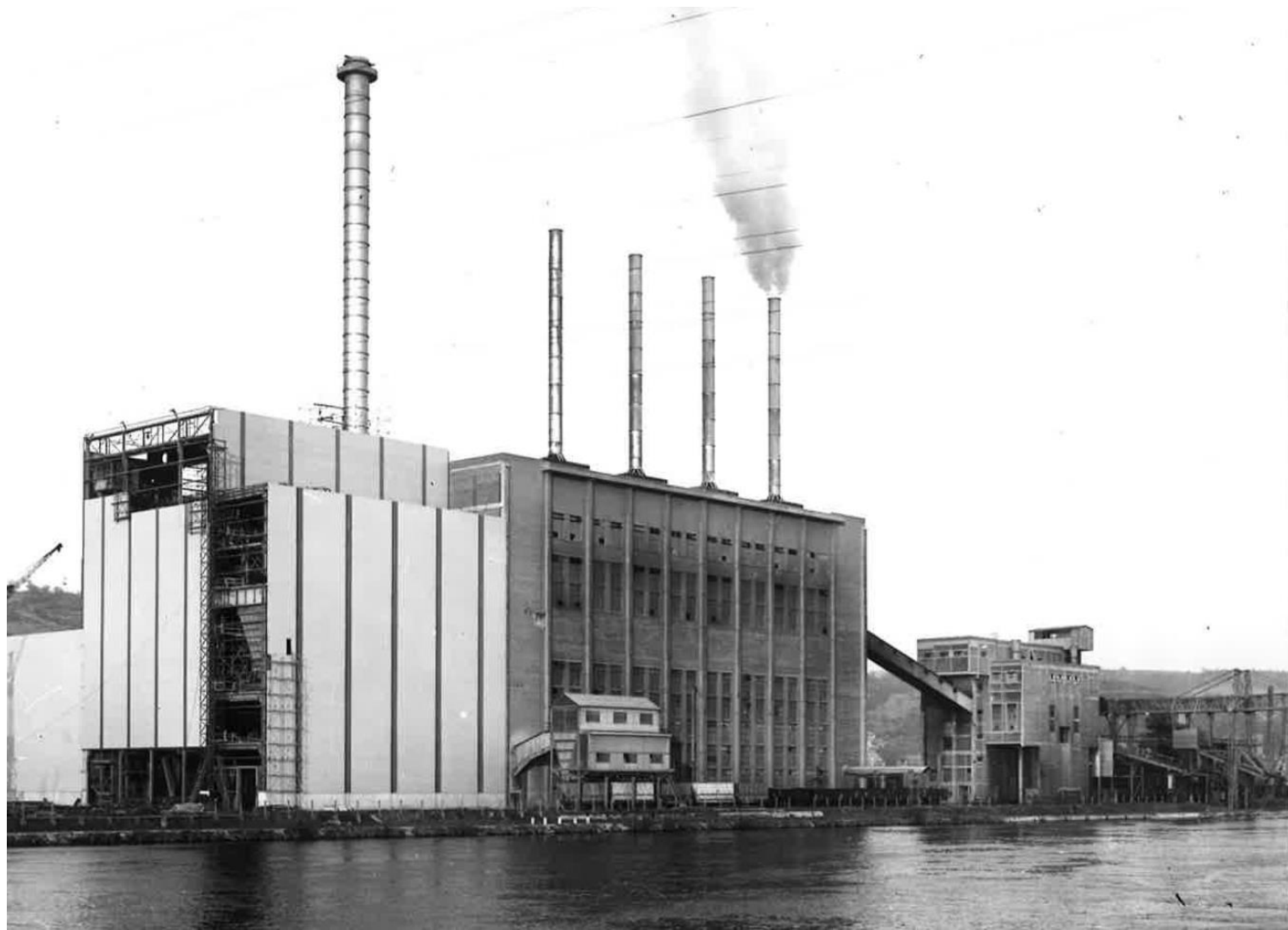




# Localisation du terril du Hénâ





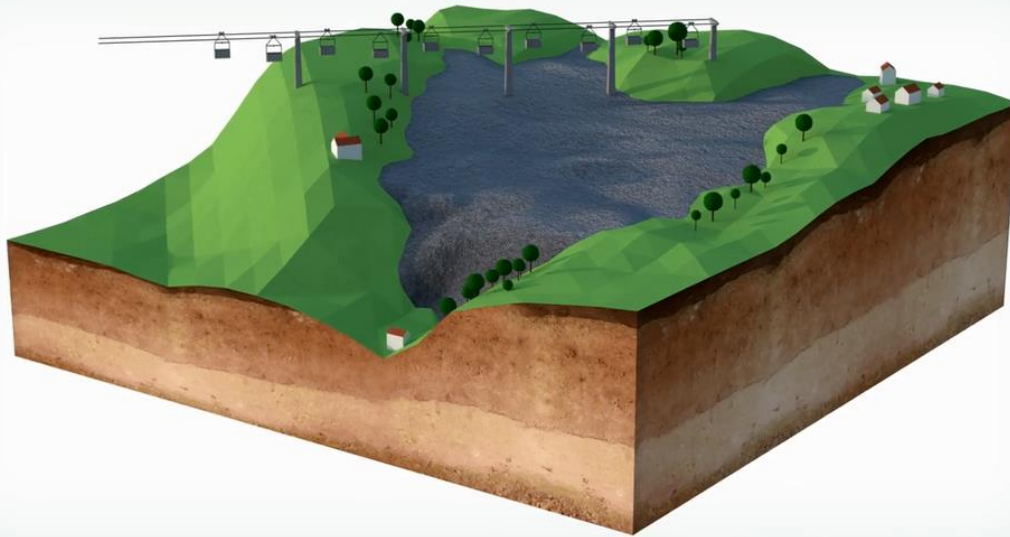






# Le site aujourd'hui

Un risque maîtrisé



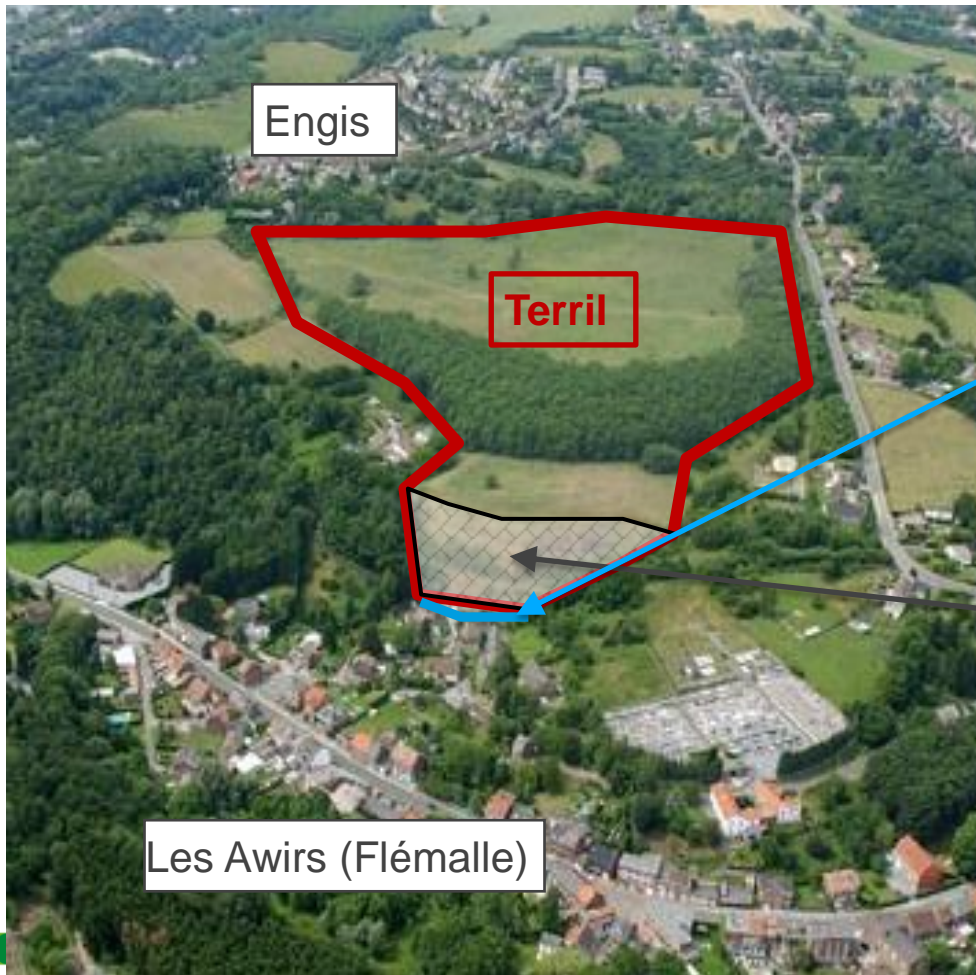


# Le terril du Hénâ





# Le site aujourd'hui, un contrôle permanent



Renforcement du pied  
du massif de contrebutage  
(1994 et 2012)

Massif de contrebutage  
(1974-1978)



Massif de  
contrebutage



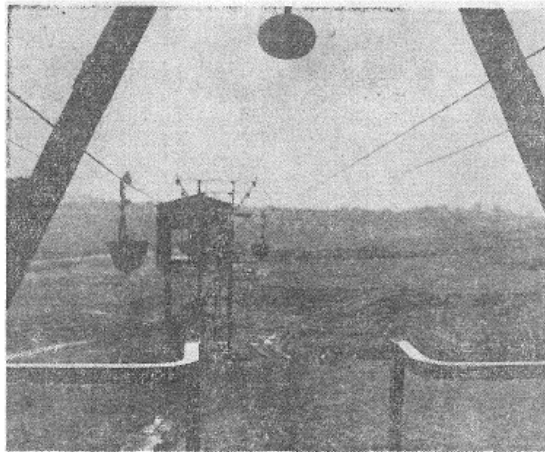


# La Wal

16 pages 2 fr N° 36 42<sup>ème</sup> année Samedi 11 et

## AWIRS : Ang

(19 kilomètres de Liège)



de  
Il  
de  
Le  
du  
de  
me  
qua  
la c

En 19  
avant 19



# — Historique du site, un suivi continu pendant plus de cinquante ans



## Stockage historique

Le site du Hénâ a été utilisé pour stocker les cendres issues de la transformation du charbon en électricité



## Premier renforcement

Premier renforcement au pied du massif de contrebutage



## Deuxième renforcement

Permet d'assurer la stabilité du site pour la durée de l'excavation (+- 20 ans)

1952-1972

1971-1978

1994

2002-2003

2012



## Fin du stockage

Réalisation d'études de confortement et consolidation du site par mise en place du massif de contrebutage



## Décision d'évacuer

Mise en place d'un comité d'experts indépendants par la SPW-DGTALP qui conclut en l'obligation d'évacuer le terril



# — Une évacuation obligatoire pour assurer la sécurité du site à long terme

- 2002: conclusion de l'étude indépendante (DGATLP) sur la stabilité du terril du Hénâ

« Le *renforcement* de la poutre et des ancrages existants *n'est donc pas envisageable* à long terme. Dans ces conditions, le terril du Hénâ ne présente pas une sécurité satisfaisante, à moyen et à long terme. *L'enlèvement du dépôt des cendres volantes constitue la seule solution présentant une garantie de sécurité totale et définitive.* »

⇒ Electrabel développe le projet d'évacuation par **bande transporteuse fermée**





Stabilité générale



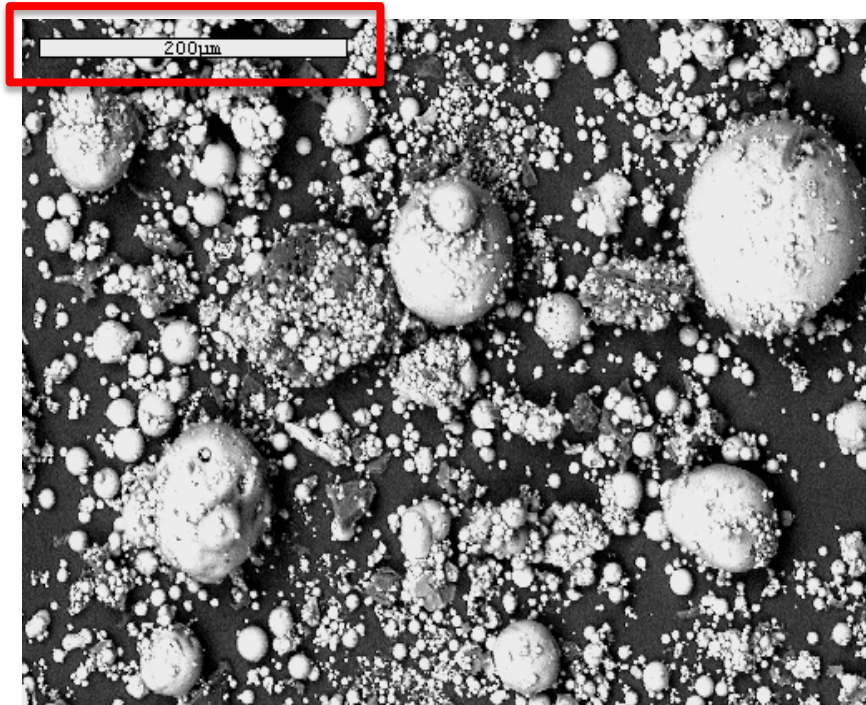
Vincent Lognay





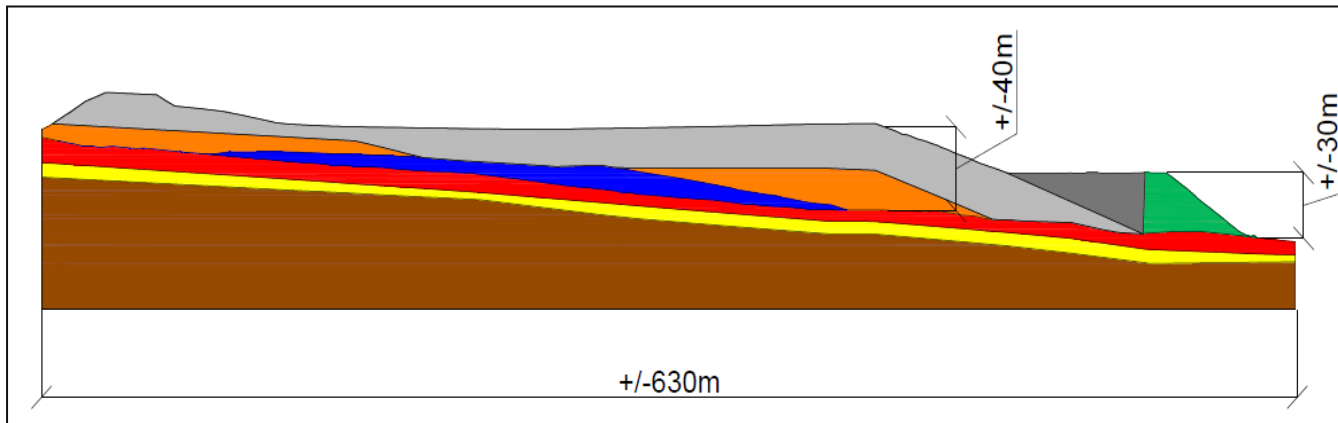
## Terril du Hénâ – Cendres volantes

- Il est composé de 2.3 millions de tonnes de cendres volantes provenant de la centrale électrique des Awirs, également située sur la rive gauche de la Meuse, à environ 2 km au Sud-Est du terril.



# Etat de la situation : Synthèse géotechnique

- Détermination des caractéristiques géotechniques des géomatériaux



- 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)



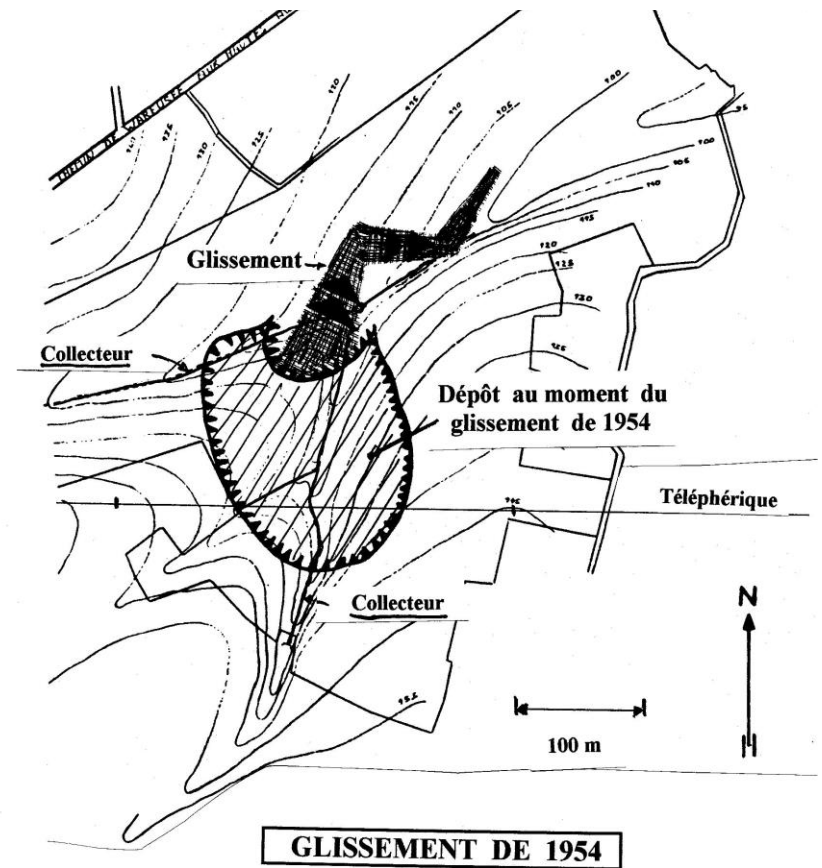


# Glissement du Hénâ 1954

- > Cause du glissement : talus de 30 m de haut à 45° et pied gorgé d'eau
- > Volume concerné 42000m<sup>3</sup> - longueur 250m



TERRIL DE LA HENA - EBOULEMENT DE 1954



## Glissement de Bressoux 1961



➤ Cause du glissement : Hauteur de nappe et circulation d'eau sous terrain

➤ Volume concerné  $150000\text{m}^3$  - longueur 600 m

➤ 11 victimes



## Aberfan (UK) 1966



> Glissement d'un terril de résidus miniers saturé d'eau

➤ 140000 tonnes

➤ 144 victimes

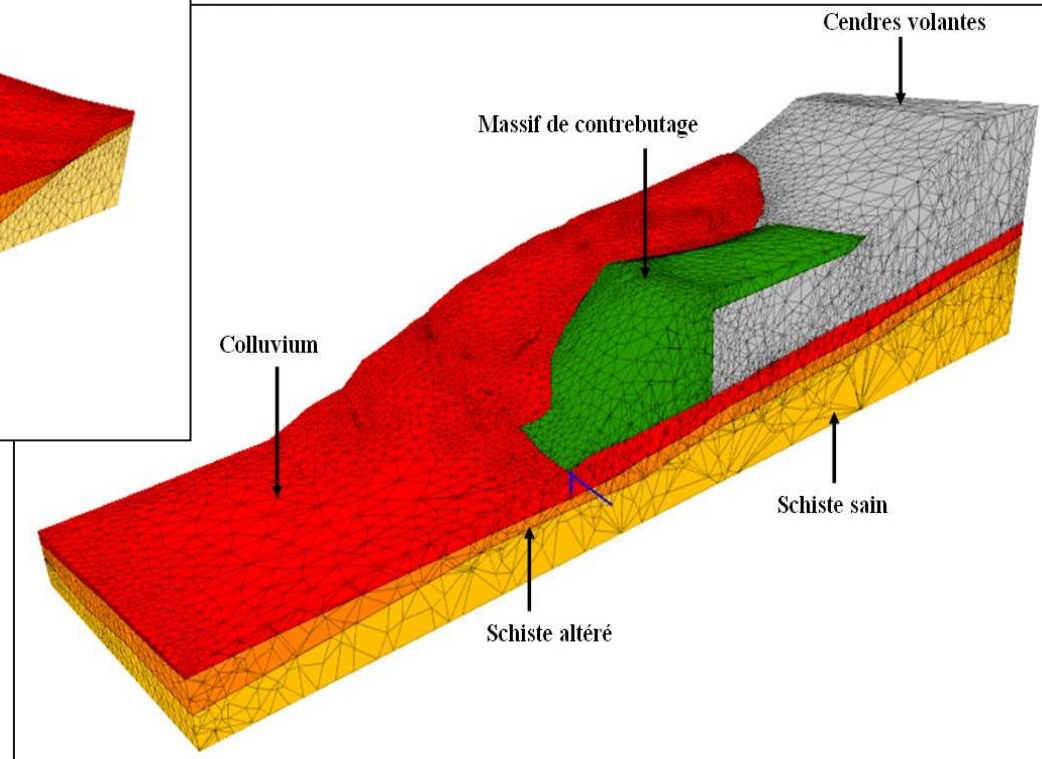
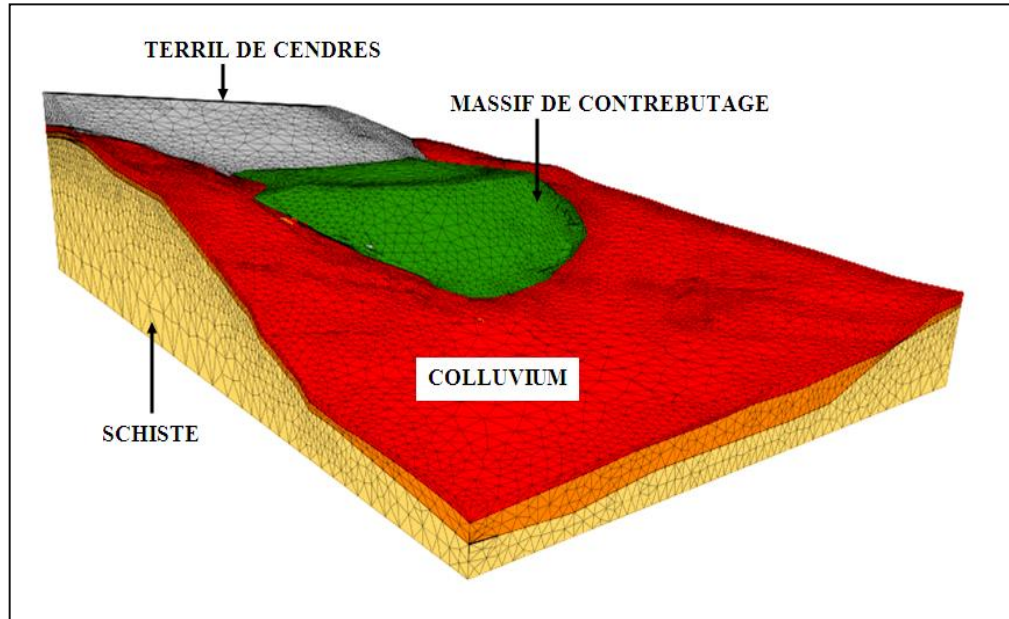
## Glissement de Milwaukee (US) 2011

> Volume concerné 2000m<sup>3</sup> -  
longueur 120m





# Massif de contrebutage







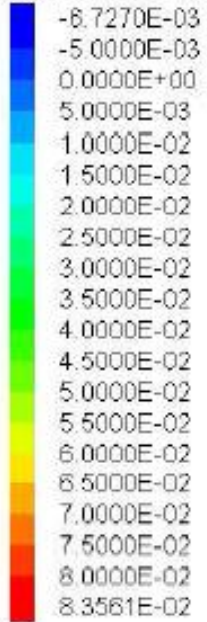
# FLAC3D 4.00

©2009 Itasca Consulting Group, Inc.

Step 672403

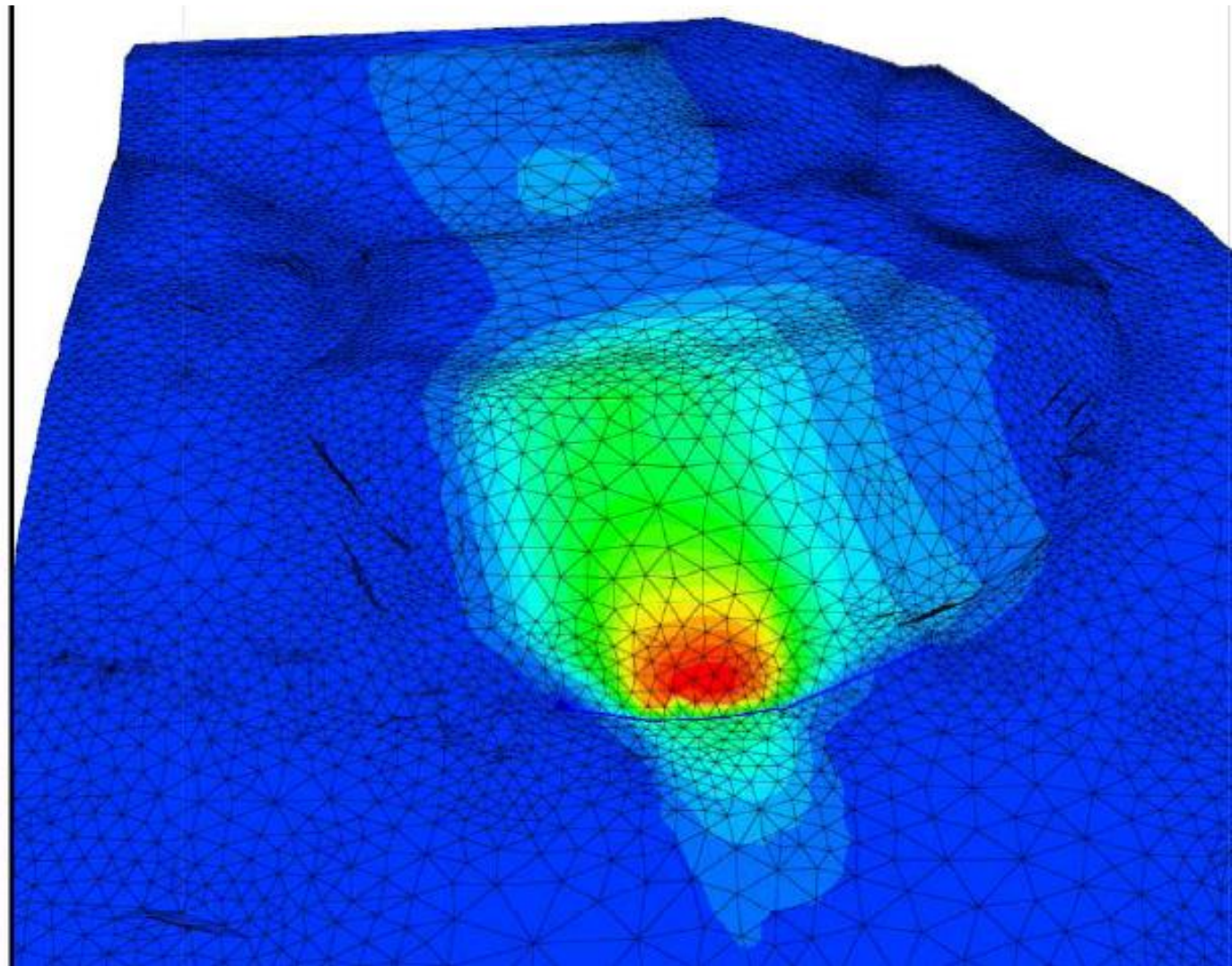
14/12/2010 14:35:58

## Contour Of X-Displacement



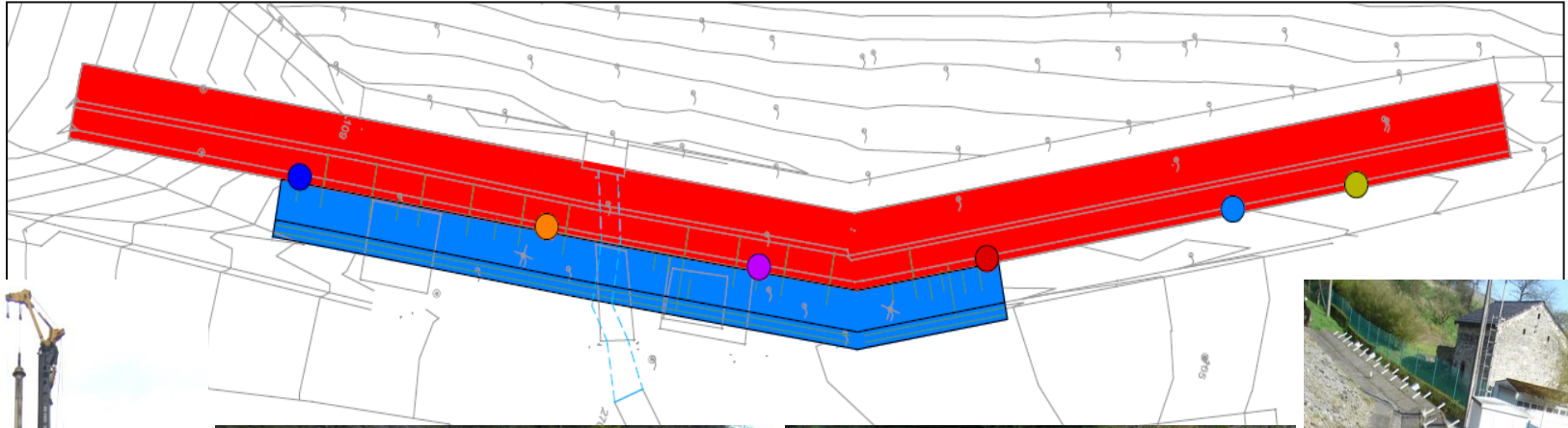
## Pile

Colorby: Uniform  
Uniform



# 2012 – Confortement du massif de contrebutage

- Design choisi en 2012 similaire au confortement de 1994







# 2012 – Confortement du massif de contrebutage

2012

Pieux	
Longueur	10-11 m
Diamètre	0.75 m
Nombre	20 unités

1994

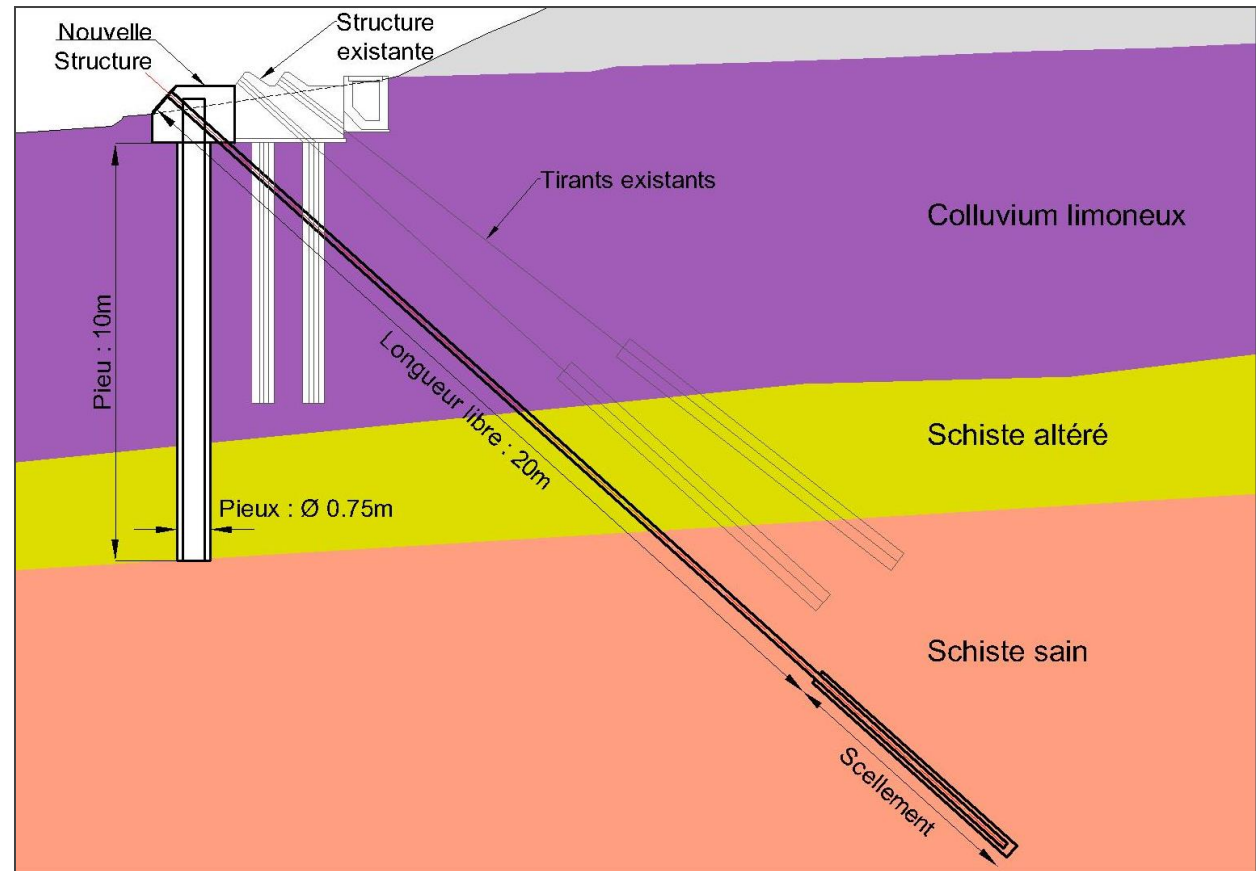
Longueur	5-6 m
Diamètre	0.46 m
Nombre	52 unités

2012

Tirants	
Longueur	27 m
Diamètre	40 mm
Nombre	19 unités

1994

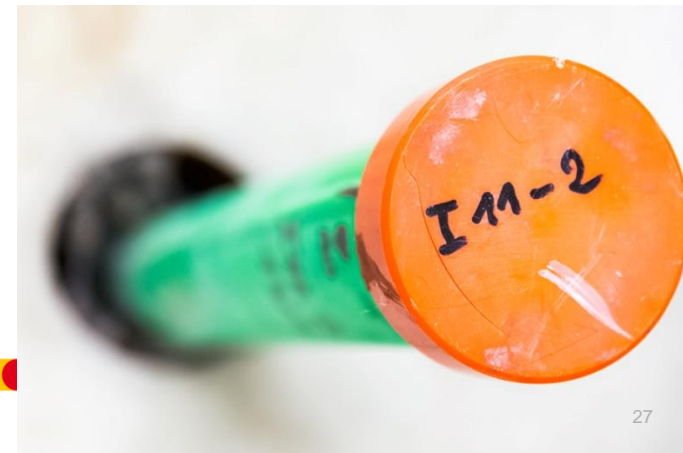
Longueur	18 m
Diamètre	36 mm
Nombre	54 unités





# Les moyens de surveillance in situ

- Nouveau monitoring PC Awirs (12 tirants instrumentés – 2 pendules inverses) -
- Critères d'alarmes spécifiques
- Ronde journalière par gardiennage
- Garde catastrophe ELECTRABEL 24h24
- Relevés instrumentation in situ (47 piezomètres, 9 inclinomètres)
- Système global d'auscultation
- Relevé trimestriel des 38 bornes topographiques
- Expertise Académique (UCL, Ulg, ULB)
- PIU
- PPUI



03

## Projet d'évacuation





# Un chantier ambitieux

## Les différentes étapes



- 2014-2015 – Octroi et confirmation du permis unique de classe 1
- Janvier 2015 à Octobre 2016 - Travaux pour la mise en place des installations
- Novembre 2016 à février 2017 – Comissioning (réception provisoire)
- Novembre 2016– Découverte de matériaux hétérogènes (dont de l'amiante) dans les terres de couvertures sur une zone localisée
- Février 2017 à novembre 2029 - Excavation des cendres volantes & réaménagement du site (RECYBEL – Cop&Portier)



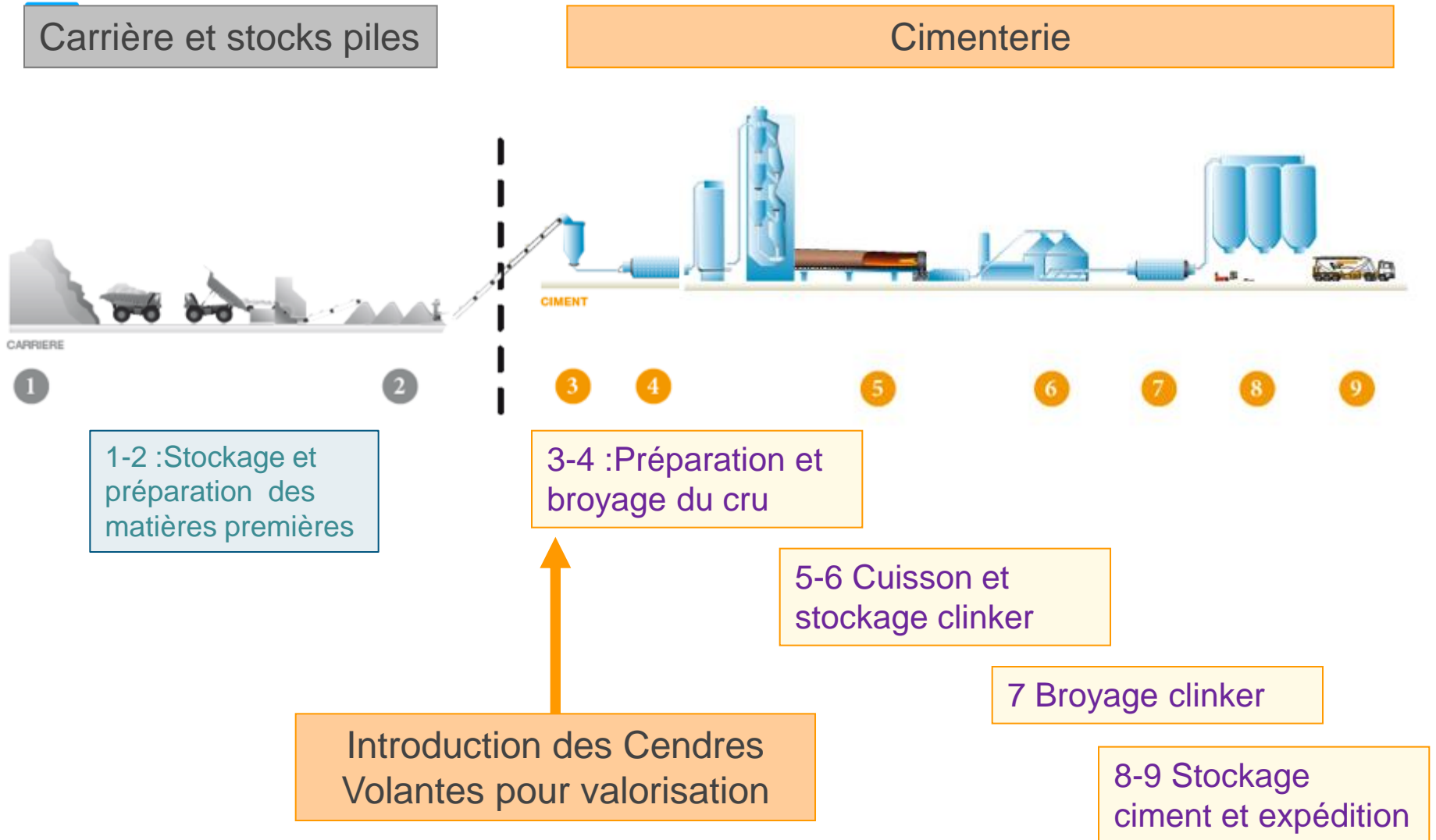


Coût total des  
travaux à charge  
d'ENGIE Electrabel :  
50 millions d'euros





# Schéma de production d'une cimenterie



# Respect du cadre de vie des riverains

## Limitation des nuisances au maximum

- Le **permis unique comprend des limites** qui seront contrôlées et honorées à tout moment (arrêt des travaux d'évacuation en cas de dépassement)

- **Limitation du bruit:**

- Limitation des heures de travail pendant 150j/an maximum
- Murs anti-bruits, confinement

- **Empêcher la formation de poussières :**

- Bande transporteuse fermée et hermétique et arrosage des sols
- Arrêt du travail si risque important d'envol de poussières
- Mesure permanente de la qualité de l'air

- **Respect du cadre rural et visuel :**

- Tracé de la bande transporteuse principalement dans des zones industrielles
- Garder un maximum de végétation et recouvrir le terril au fur et à mesure

±60  
recommandations  
prises en compte  
pour la limitation  
des nuisances





# Informer les riverains

Transparence, disponibilité, proactivité

NUMERO VERT

0800 20 210



# Présentation du projet d'évacuation

- Cadence

- Maximum : 8h/j (entre 7 et 17H) - 5j/sem – 30 sem/an
- 2000 t/j
- ~ 2.3 Mtonnes

- Moyens sur le terril

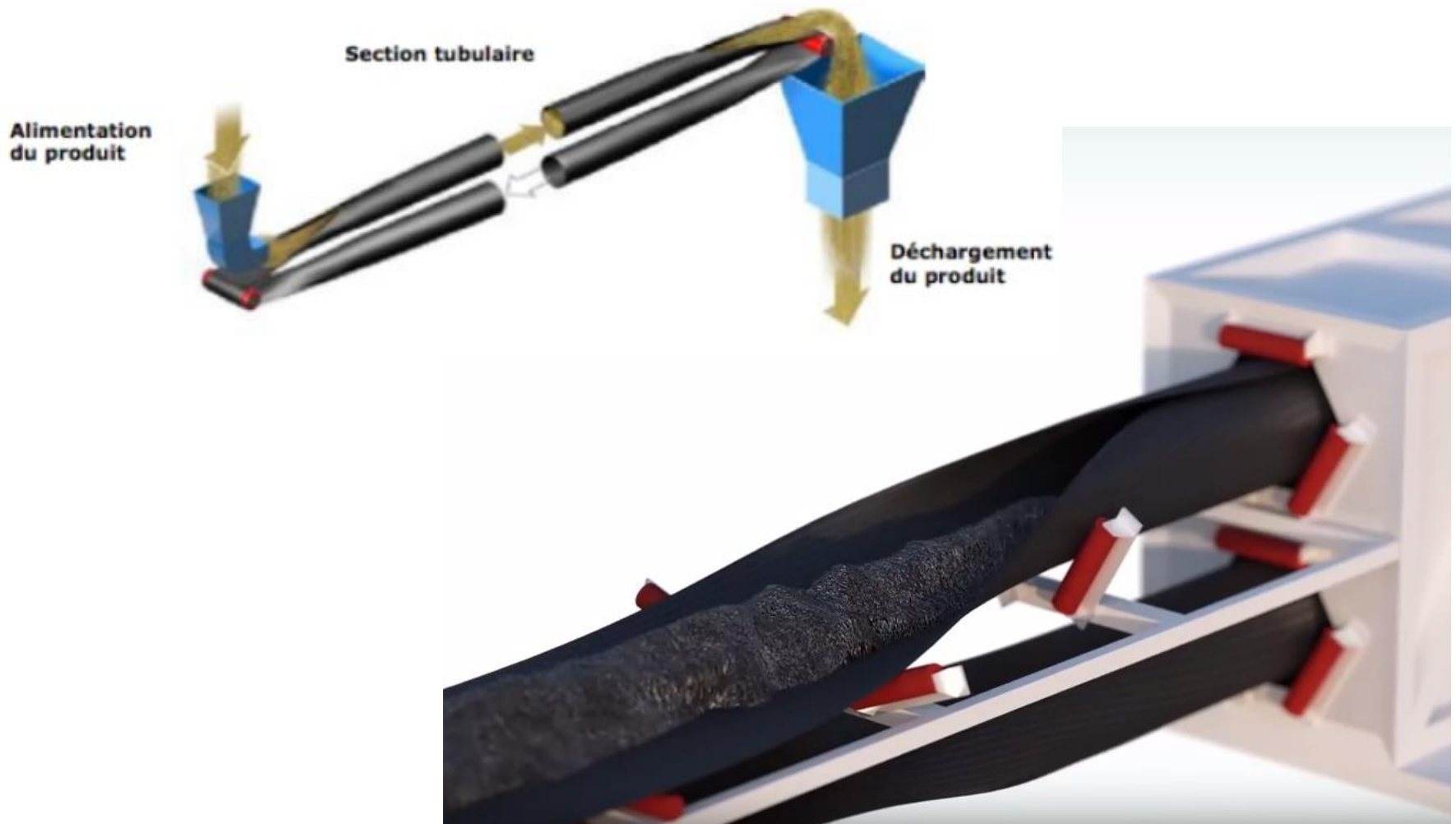
- Atelier pelle + 2 tombereaux articulés
- Possibilité de zonage et phasage
- Possibilité de changer de zone
- Evacuation du terril par l'amont et circulation sur le terrain naturel

- Flexibilité des ateliers





- Une bande transporteuse fermée, une solution optimale
- 

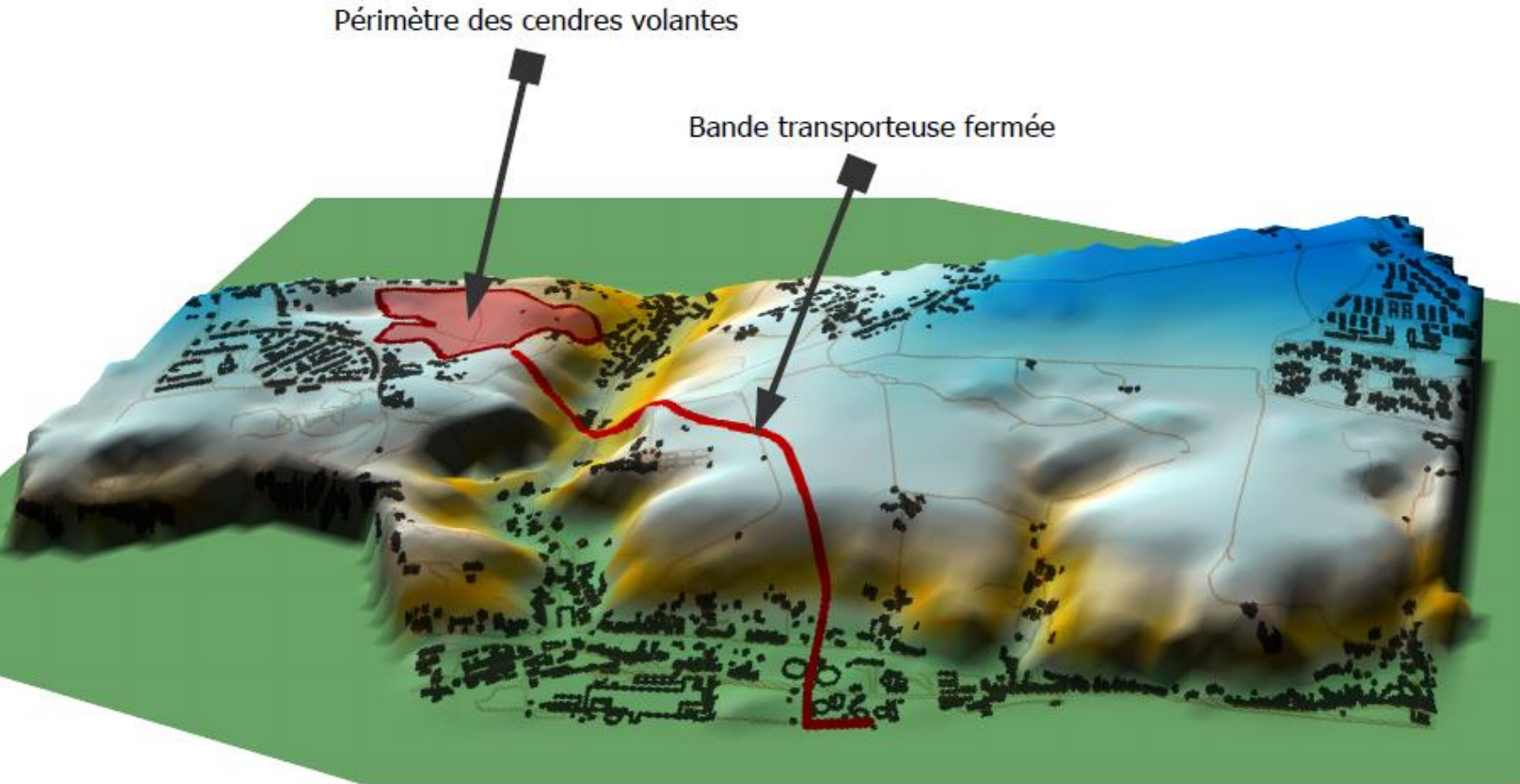


— Une bande transporteuse fermée, une solution optimale





# — La bande transporteuse, une solution optimale et un trajet intégré



## —Rappel des intervenants sur chantier:

—

- Maître d'ouvrage - **ELECTRABEL**
- Maître d'œuvre - **TRACTEBEL**
- Entrepreneur GC– **Association COP & ELOY**
- Entrepreneur électromécanique - **BEUMER**
- Coordination santé sécurité – **ECC**
- Gestion de l'exploitation – **RECYBEL (CBR,CCB, EBL)**

































Une péniche de  
**2000t**  
par jour





# Un timing respecté

Etat d'avancement du chantier

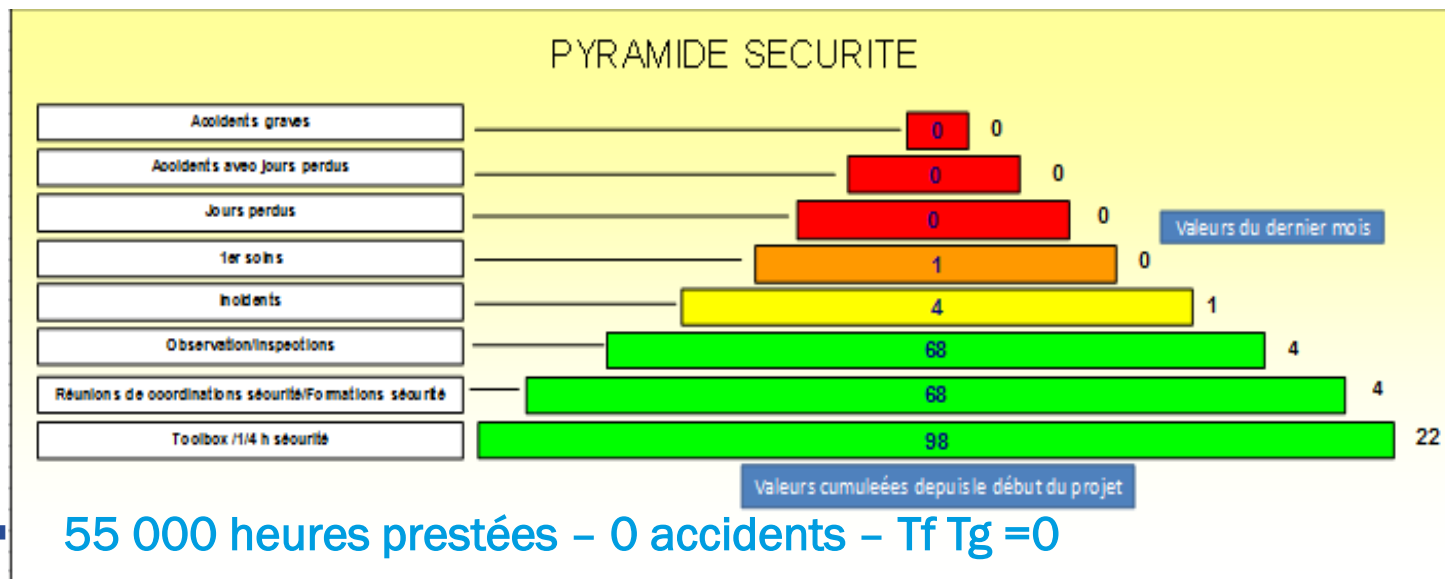
Evacuation de **100 000 tonnes** de CV au 06 octobre 2017



# Un chantier ambitieux

## La sécurité, une priorité

- Un **contrôle continu et renforcé** en partenariat avec l'Ulg et l'UCL
- **Phasage de l'excavation** modélisé et étudié pour assurer la stabilité
- Excavation en partant **de l'amont du terril** et limitation des pentes



=> La stabilité augmente au fur et à mesure de l'avancement des travaux



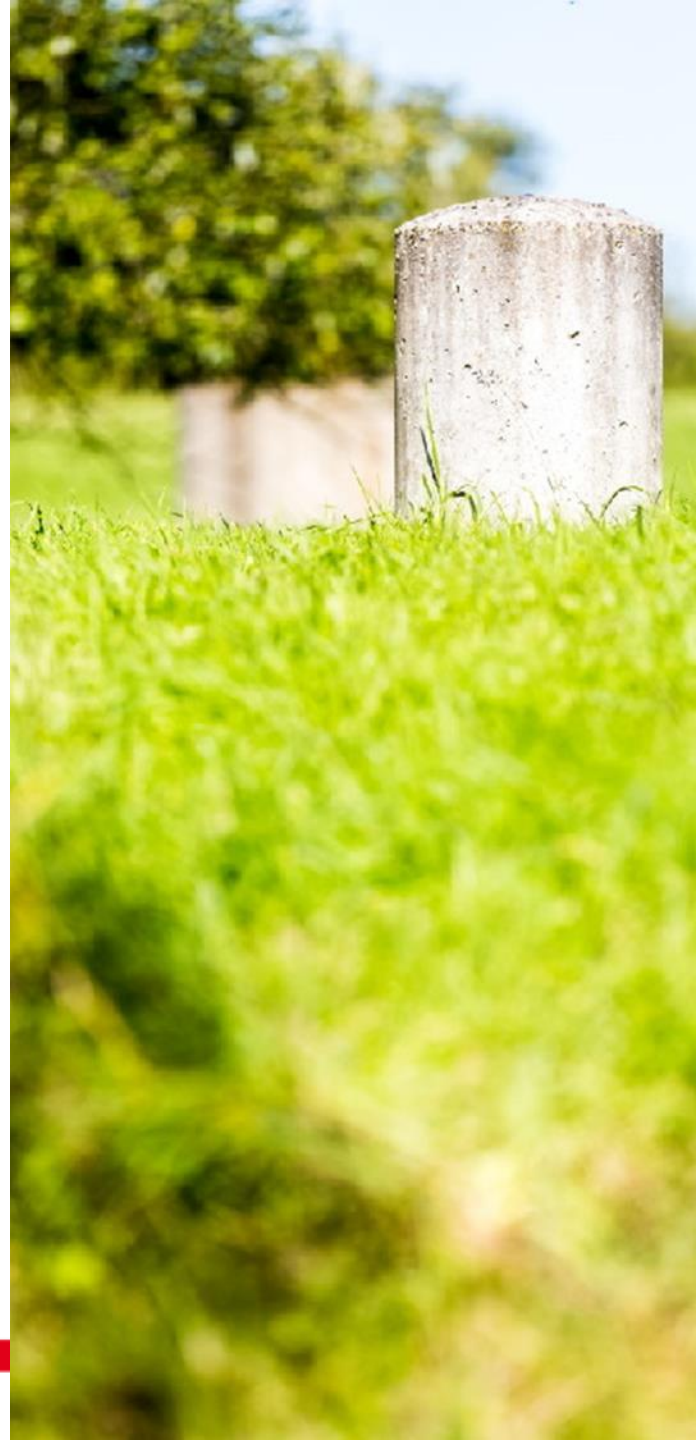
# Objectif final

- « *Redonner au site son aspect d'origine* »
- « *Garantie de sécurité totale et définitive* »





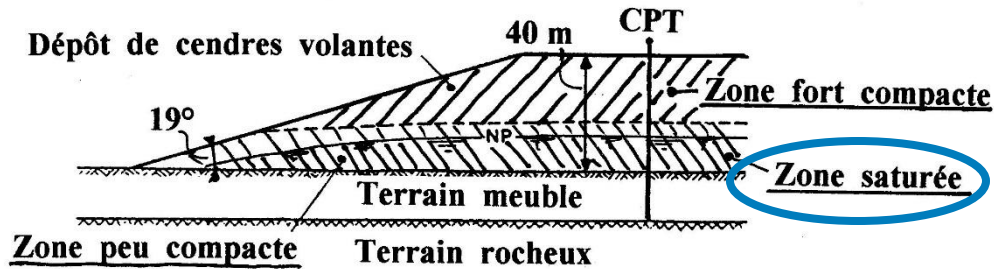
## Principaux enjeux géotechniques



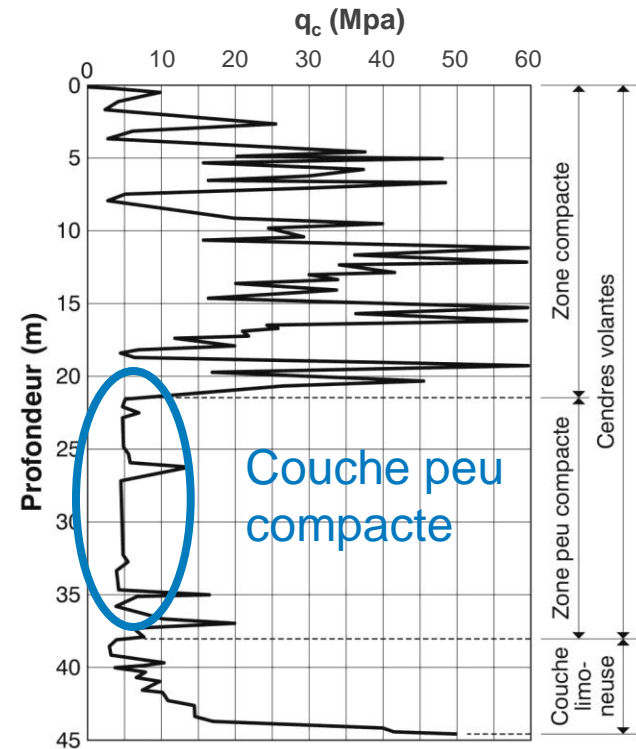


# Principaux enjeux géotechniques

## 1. Drainage et Compactage des matériaux



**COUPE DANS LE TERRIL**



# Principaux enjeux géotechniques

## Compactage et drainage des cendres volantes

INDICATIONS DE SERVICE		REGIE DES TELEGRAPHES ET DES TELEPHONES				Timbre à date du bureau d'arrivée	
		TELEGRAMME					
ELT	} Telegramme-lettre	==PC					
LT		-- ETAT PRIORITAIRE					
RP	Reponse payée	<MR G. MOTTARD					
		<GOUVERNEUR DE LA PROVINCE DE LIEGE					
		<LIEGE <					
		Heure d'arrivée 10 16					
INDICATIONS A RAPPELER EN CAS DE MANQUE DE RENSEIGNEMENTS							
Bureau d'origine		Numéro	Nombre de mots	Date	Heure de dépôt	VIA	
CZC 06098		<PC	ETAT PRIORITAIRE	BRUXELLES	60 4 1030	<	
==TERRIL DU HENA AUX AWIRS STOP <LA STABILITE DU							
TERRIL N EST PLUS ASSUREE STOP <IL Y A LIEU DE CRAINDRE A							
TOUT MOMENT UN EBOULEMENT <STOP PRIERE DE PRENDRE DE TOUTE							
URGENCE LES MESURES NECESSAIRES POUR ASSURER LA SAUVEGARDE							
DE LA POPULATION <MENACEE < LE MINISTRE L. MAJOR <==							

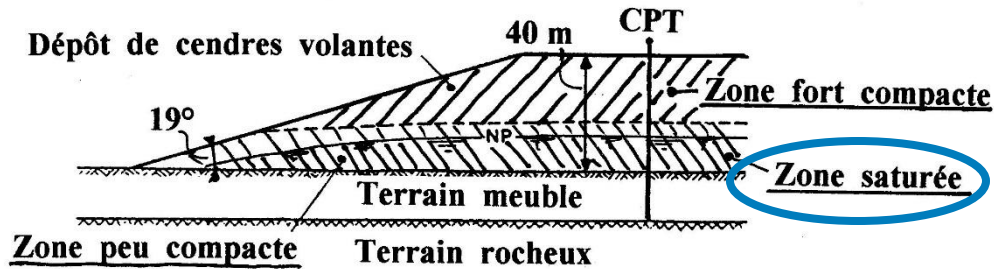
Reproduction interdite : Loi 13-10-1930



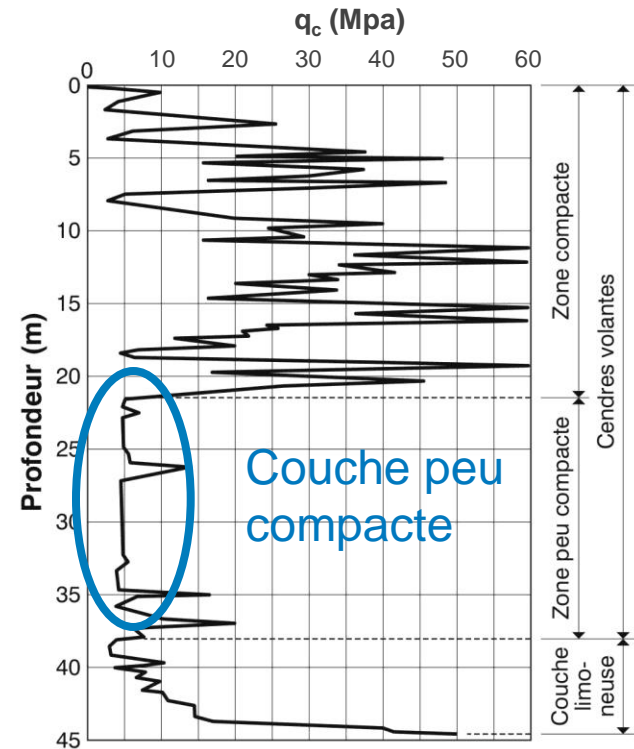


# Principaux enjeux géotechniques

## 1. Drainage et Compactage des matériaux



**COUPE DANS LE TERRIL**

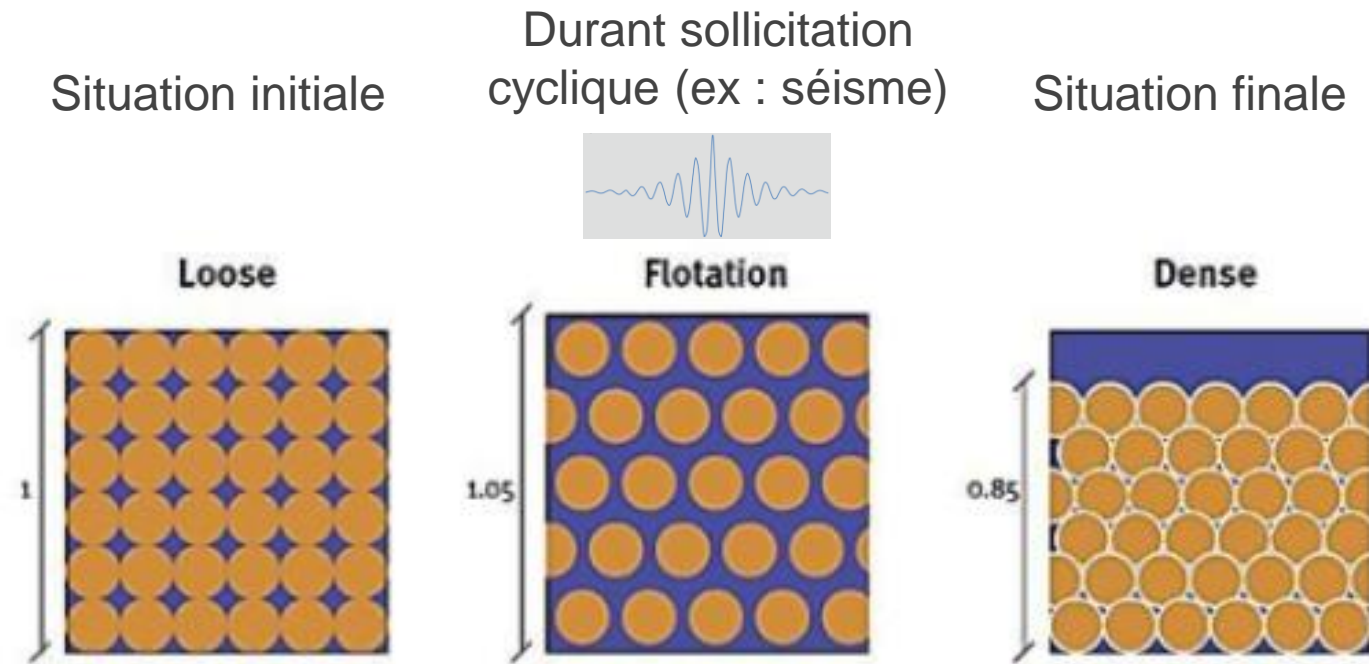


→ Risque de liquéfaction du sol

# Principaux enjeux géotechniques

## Compactage et drainage des cendres volantes

- Principe de **liquéfaction** des sols saturés peu compacts



Perte temporaire de toute capacité portante



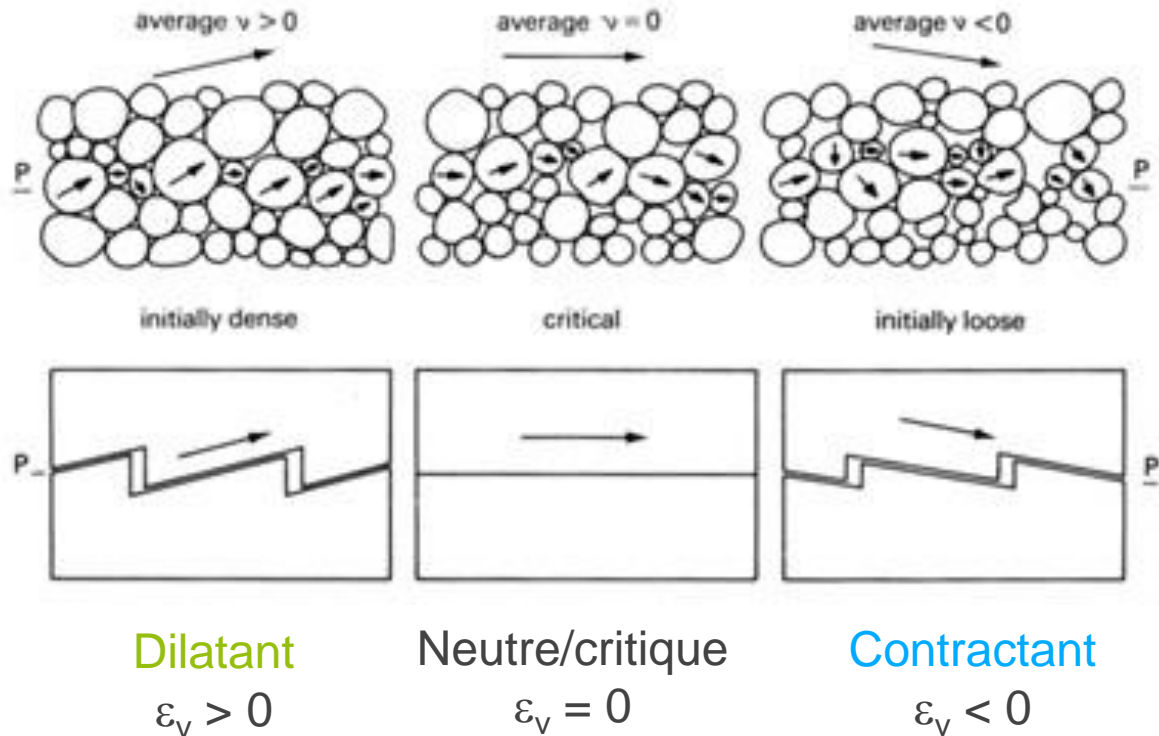


# Principaux enjeux géotechniques

## Compactage et drainage des cendres volantes

- Densité critique comme critère de compactage

↪ limite entre sol dilatant et contractant



# Principaux enjeux géotechniques

## Compactage et drainage des cendres volantes

- Nombreux cas de glissements catastrophiques aux causes toujours identiques :
  - Saturation en eau
  - Compactage insuffisant

Mesures de prévention :

- ➔ Surveillance permanente
- ➔ Renforcement de la stabilité



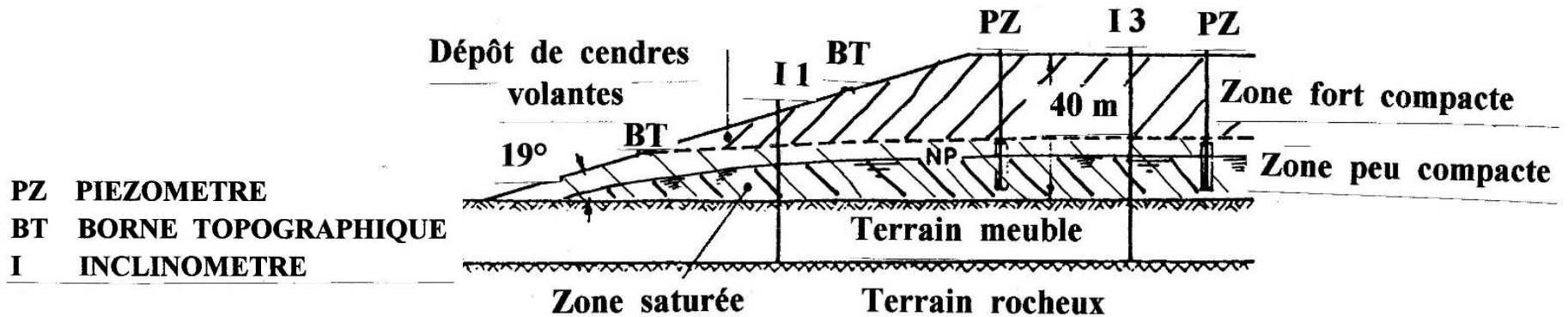


# Principaux enjeux géotechniques

## Surveillance permanente et renforcement de la stabilité

### Dispositif de surveillance du terril

- mouvements du terril (bornes topographique, inclinomètres, pendules inverses)
- niveaux phréatiques au sein des cendres (piézomètres)
- contrôles périodiques du système de drainage

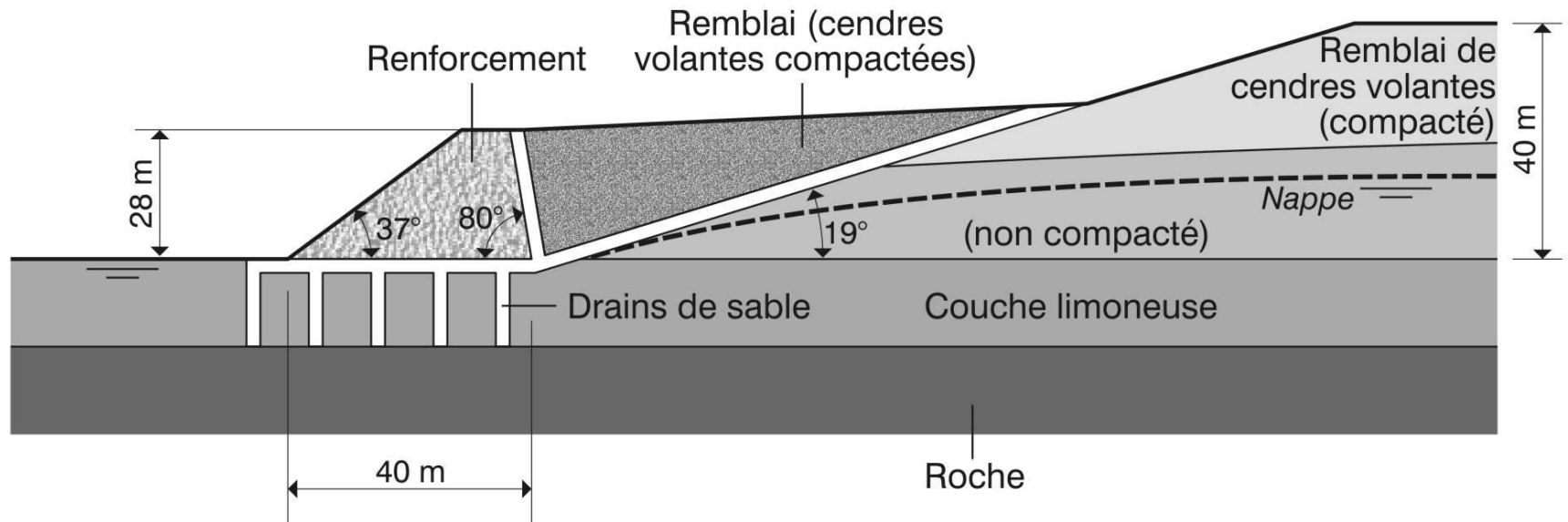


# Principaux enjeux géotechniques

Surveillance permanente et renforcement de la stabilité

## Renforcement de la stabilité

→ massif en scories d'aciérie





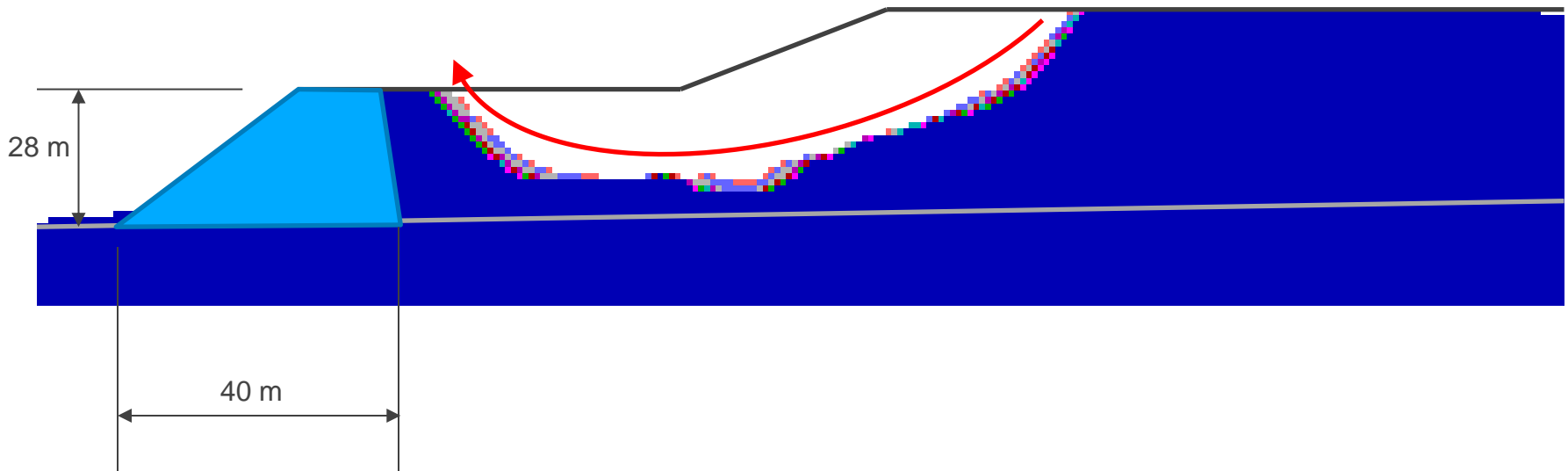
# Principaux enjeux géotechniques

## Renforcement de la stabilité

### Renforcement de la stabilité

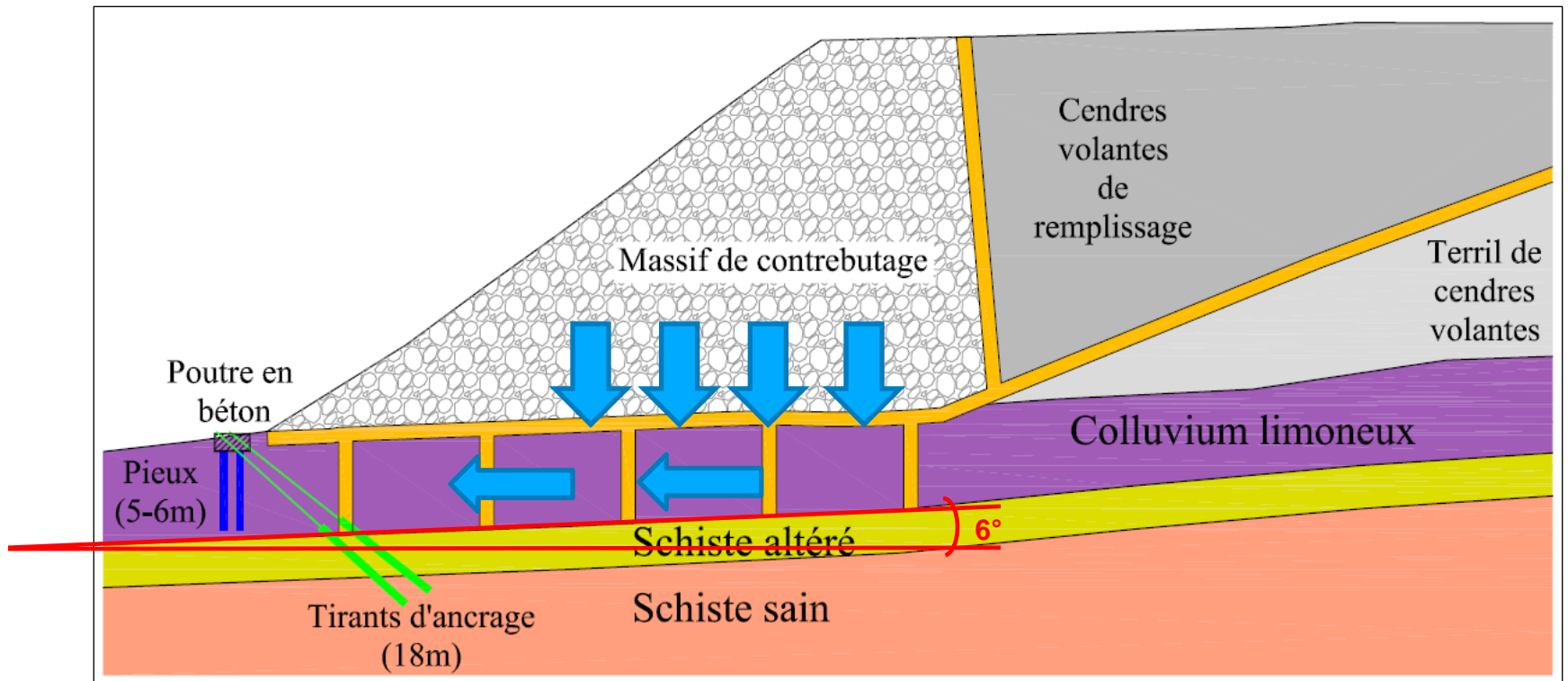
→ massif en scories d'aciérie ( $\gamma = 3 \text{ t/m}^3$ )

→ éviter un glissement de type « saut de ski » => FS suffisant



# Principaux enjeux géotechniques

## Renforcement de la stabilité

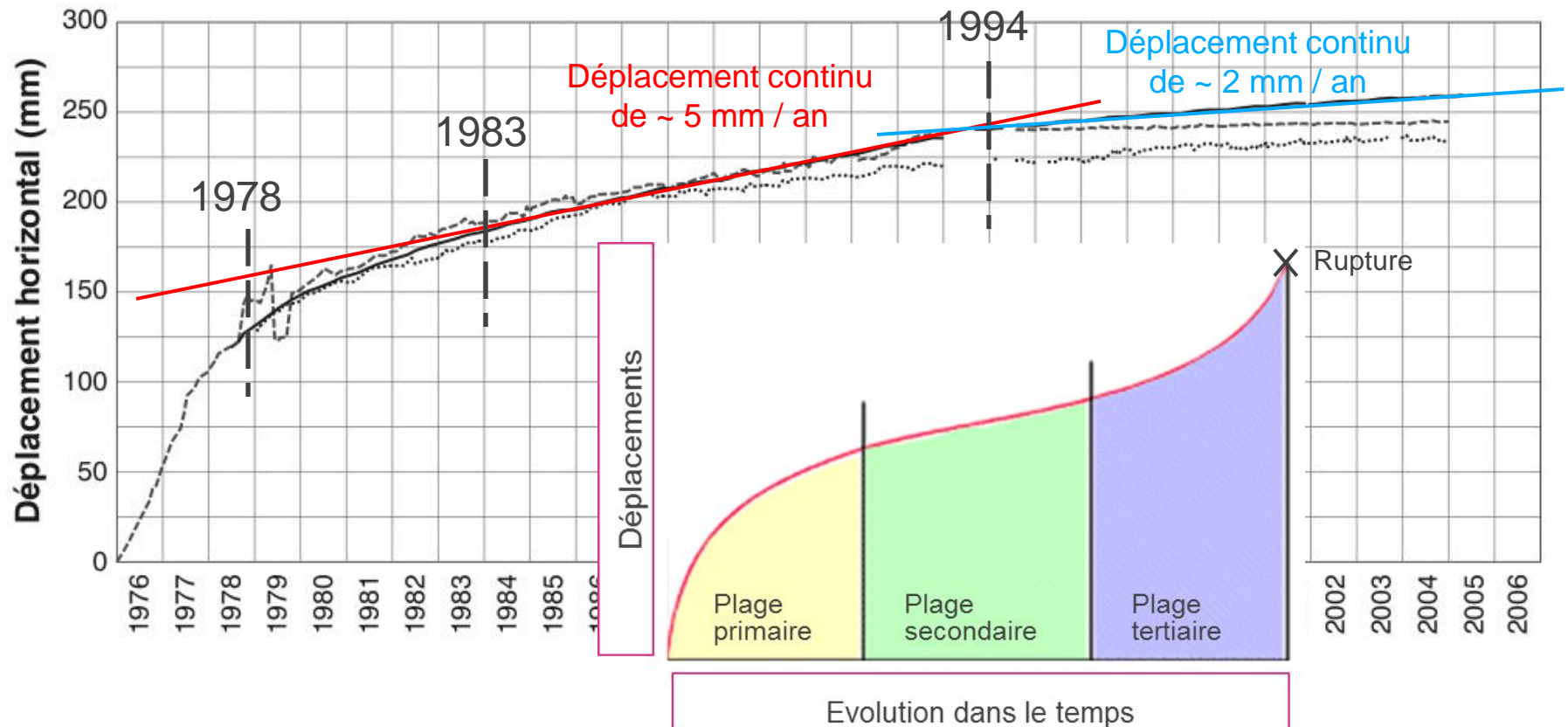




# Principaux enjeux géotechniques

## Fluage des sols fins sous forte contrainte

➔ Déplacement continu sous sollicitation constante = phénomène de fluage



---

# Principaux enjeux géotechniques

## Surveillance permanente et renforcement de la stabilité

---

- Situation actuelle au pied du massif de scories

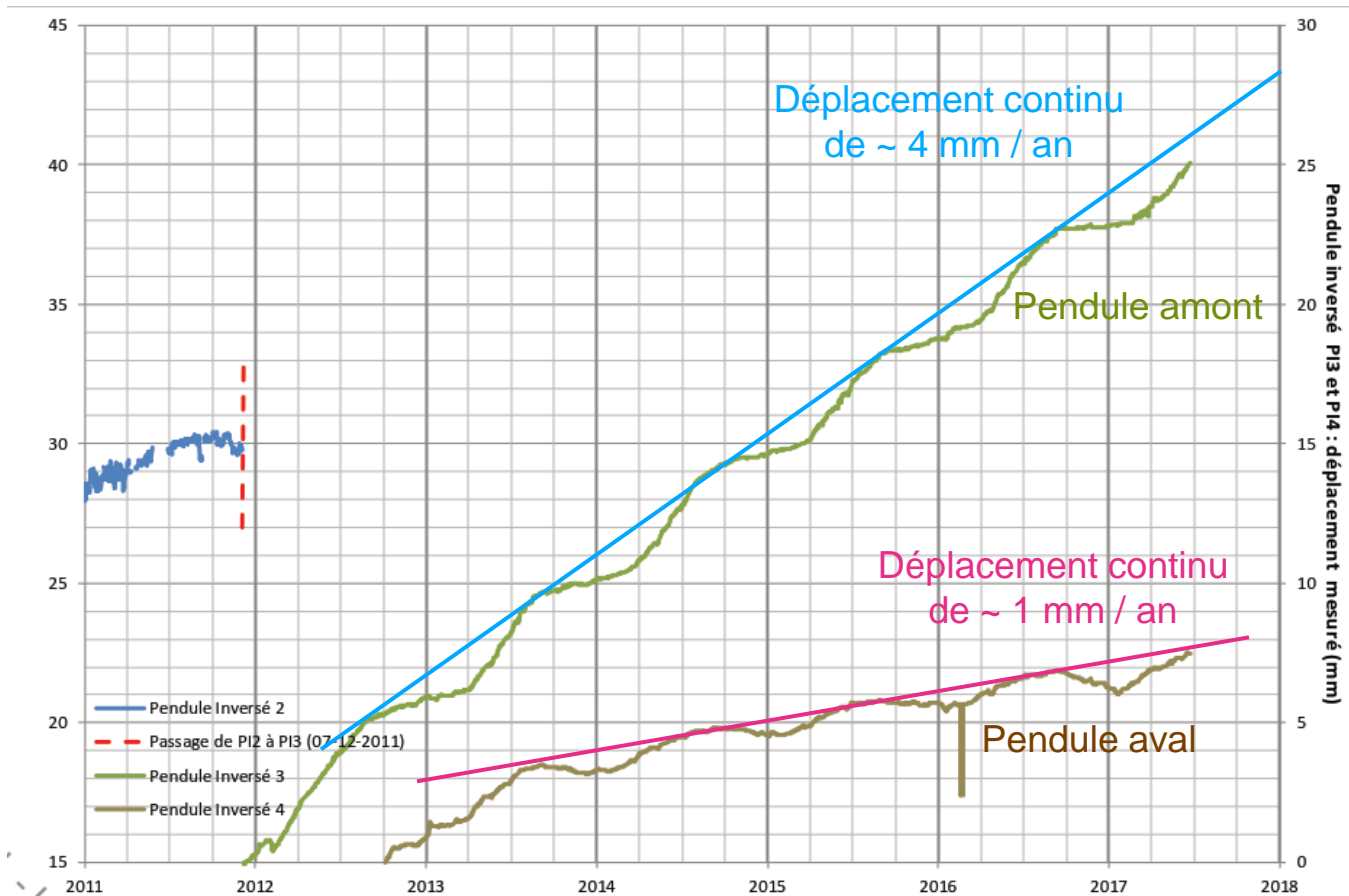




# Principaux enjeux géotechniques

## Surveillance permanente et renforcement de la stabilité

- Déplacements actuels au pied du massif de scories (amont et aval des renforcements)



# Principaux enjeux géotechniques

- CONCLUSION

- **Surveillance** → appliquée à l'ensemble de l'ouvrage
- **Assise** des ouvrages importants → établie à un niveau parfaitement stable
- **Compactage** des matériaux fins → au moins à la densité critique
- **Drainage** → empêcher la saturation en eau



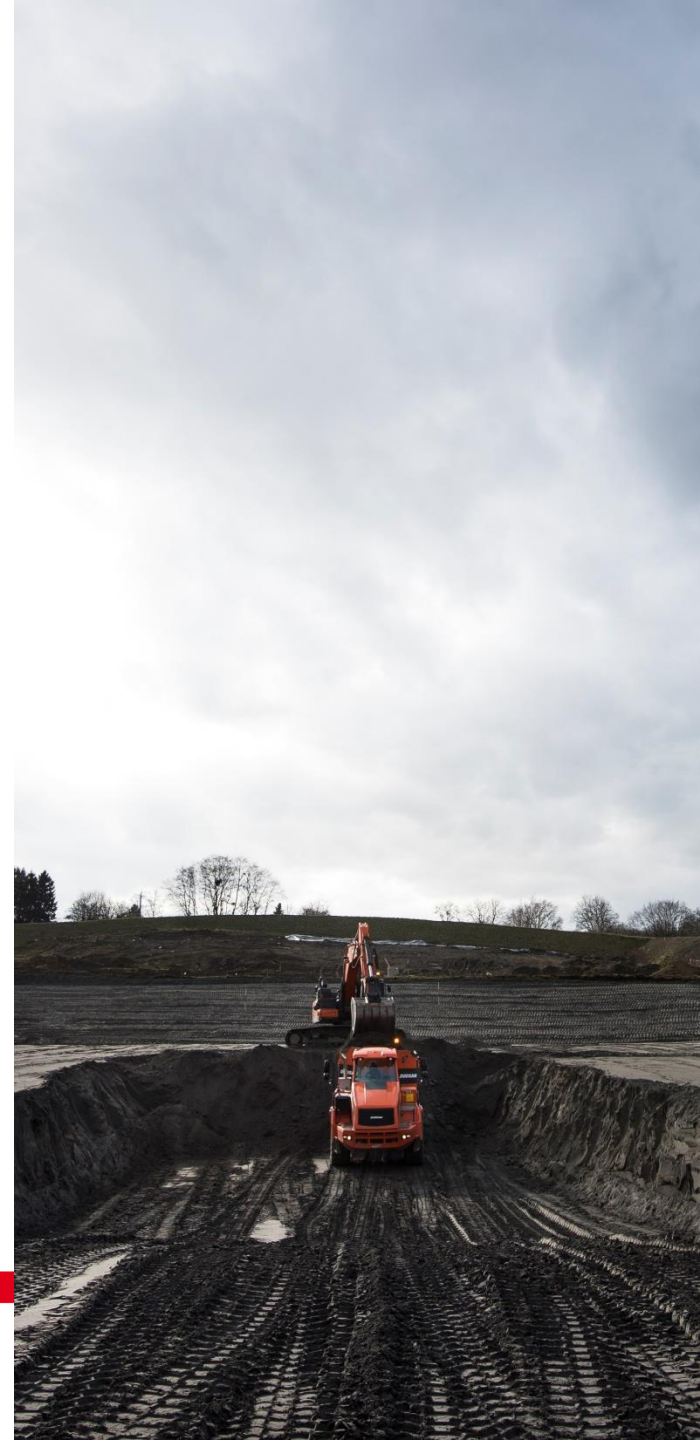


---

# 05

## Exploitation

---



---

## Présentation Cop et Portier

---

- Entreprise de construction classe 7:
  - Bâtiment
  - Génie civil
  - Voirie
- **25** employés
- **100** ouvriers
- Chiffre d'affaires +- **20** m€
- Siège social Awirs (Flémalle)

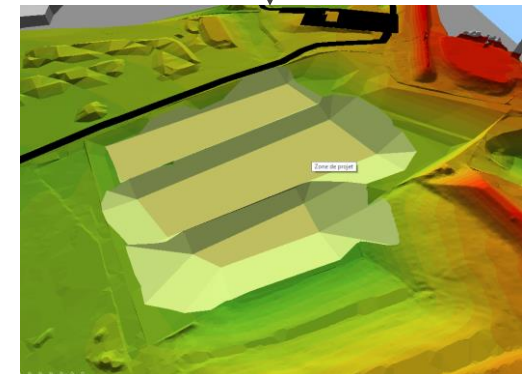
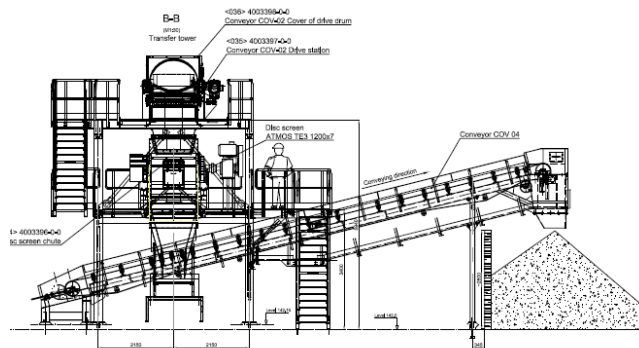
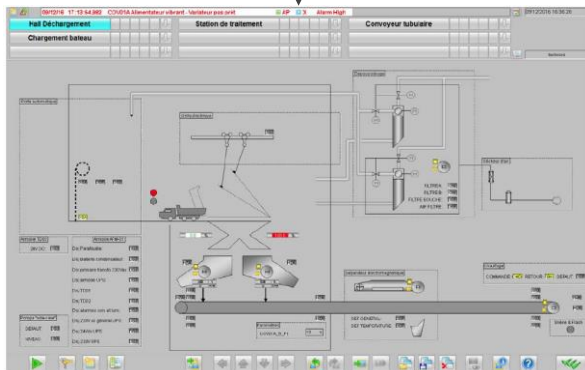


# Exploitation

Pilotage des installations

Entretien des installations

Excavation





# Excavation

- Machines utilisées:

- 2 Dumpers



- 1 pelleteuse



- 1 rouleau compacteur



- 1 bulldozer pousseur



- 1 engin de manutention télescopique



- 1 tracteur avec tonne à eau 10 m<sup>3</sup>



# Excavation

## ● Principe:

- Pente 3/1
- Terrasse pente 2%
- Terrasse de 24 m min et 100m max

## ● Implantation:

- utilisation de jalons
- Utilisation d'une canne GPS



---

## Contraintes d'exploitation

---

- Cimentier

- Teneur en eau des cendres (inf. à 25%)

- Permis unique

- Horaire de travail (7h-17h)
- Vitesse du vent ( inf, à 8 m/s)
- Envol de poussière (arroser)

- Stabilité

- Pente des talus (terrasse à 2% talus à 3/1)
- Hauteur de garde par rapport à la nappe phréatique (9 à 11 m)





# — \_ Évolution de l'excauation: 1971



# — \_ Évolution de l'excauation: 2016

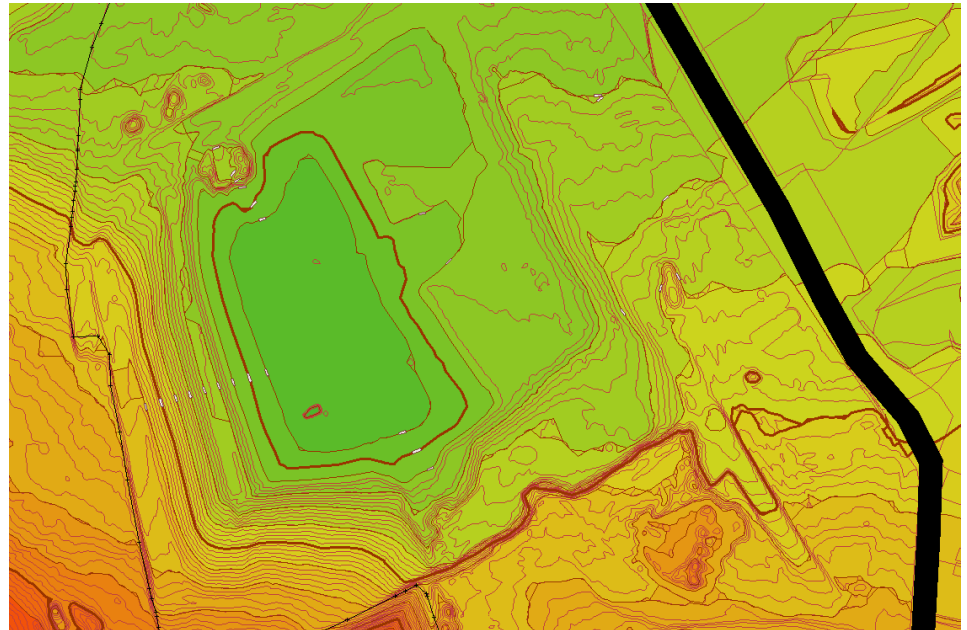




# Évolution de l'excavation: mars 2017



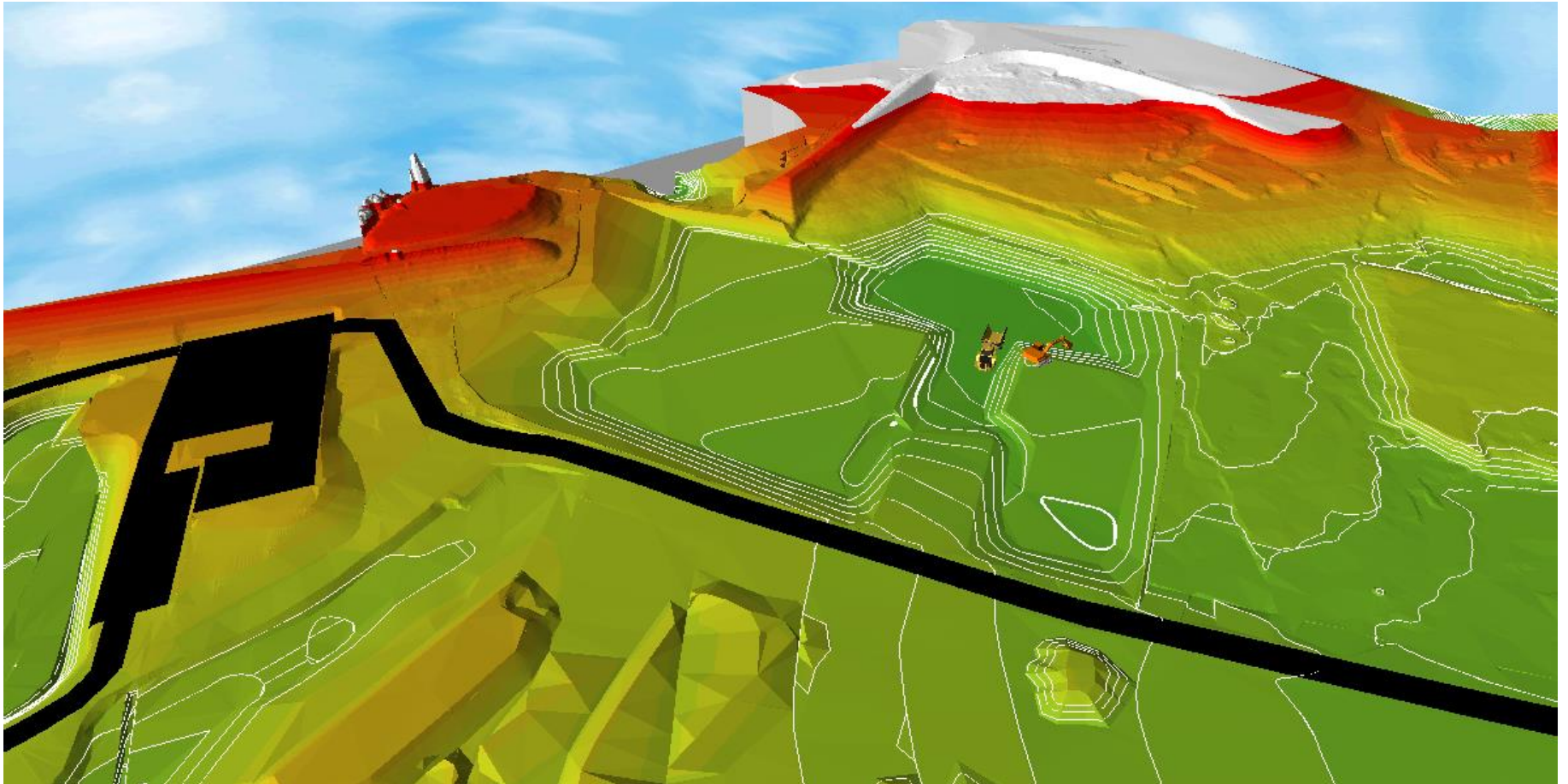
Levé au drone



Modélisation 3D (Géomensura)



# Évolution de l'excavation: Août 2017



# Quelques chiffres

- Début de l'excavation : décembre 2016
- Accident / incident : 0
- Mètres cubes évacués: +/- 75 000m<sup>3</sup>
- Tonnes évacuées : +/- 100 000 to





# Merci

