

**RISSC**

AVEC LE SOUTIEN DU FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

# Caractérisation du risque cavité et aperçu de l'influence minière sous-jacente

Fanny Descamps, Temenuga Georgieva, Jean-Pierre Tshibangu  
UMONS



# Actions de RISSC

## RISSC

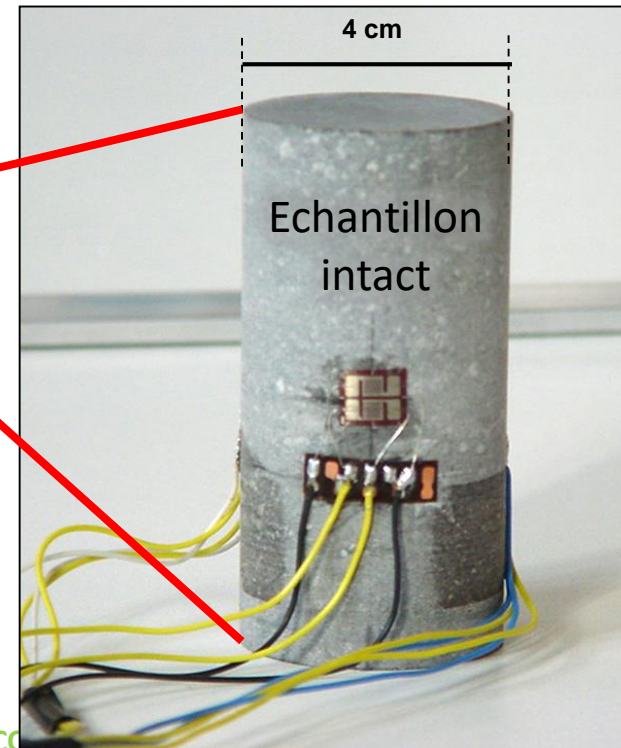
1. Caractérisation des objets et des menaces, en particulier :
  - Compréhension des mécanismes de ruine : essais de caractérisation, modélisations, interprétations
  - Influence des zones minières sous-jacentes
2. Solutions locales pour réduire le risque
3. Soutien technique pour les acteurs locaux et les populations

Travail réalisé dans le cadre de la thèse de Temenuga GEORGIEVA (UMONS)

# Démarche générale

RISSC

- Caractérisation in situ et en laboratoire
- Identification du comportement mécanique des géomatériaux



➔ Loi de comportement

# Démarche générale

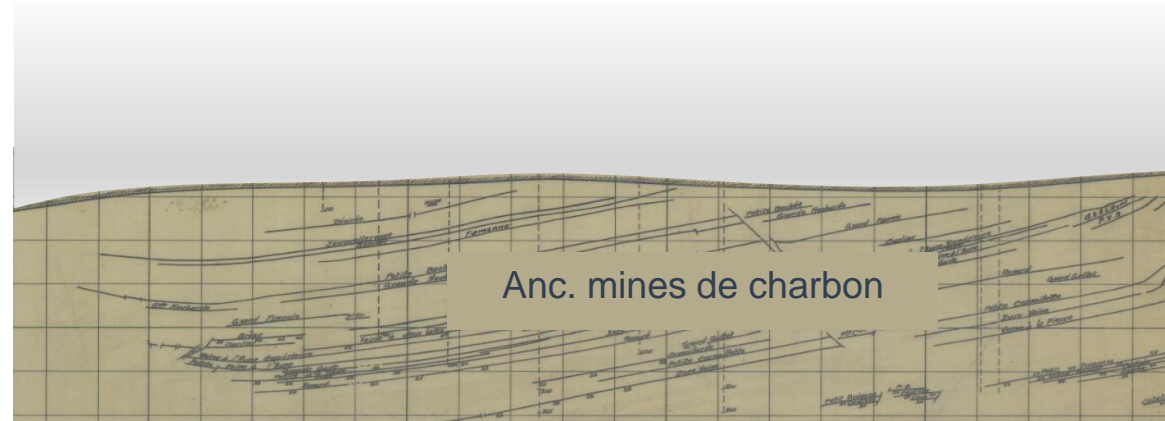
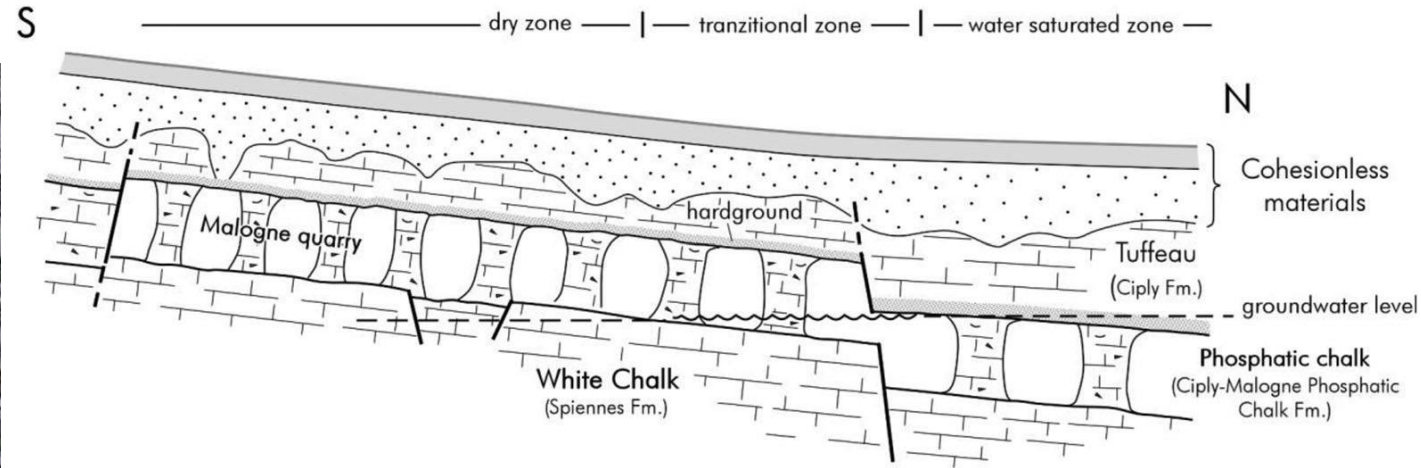
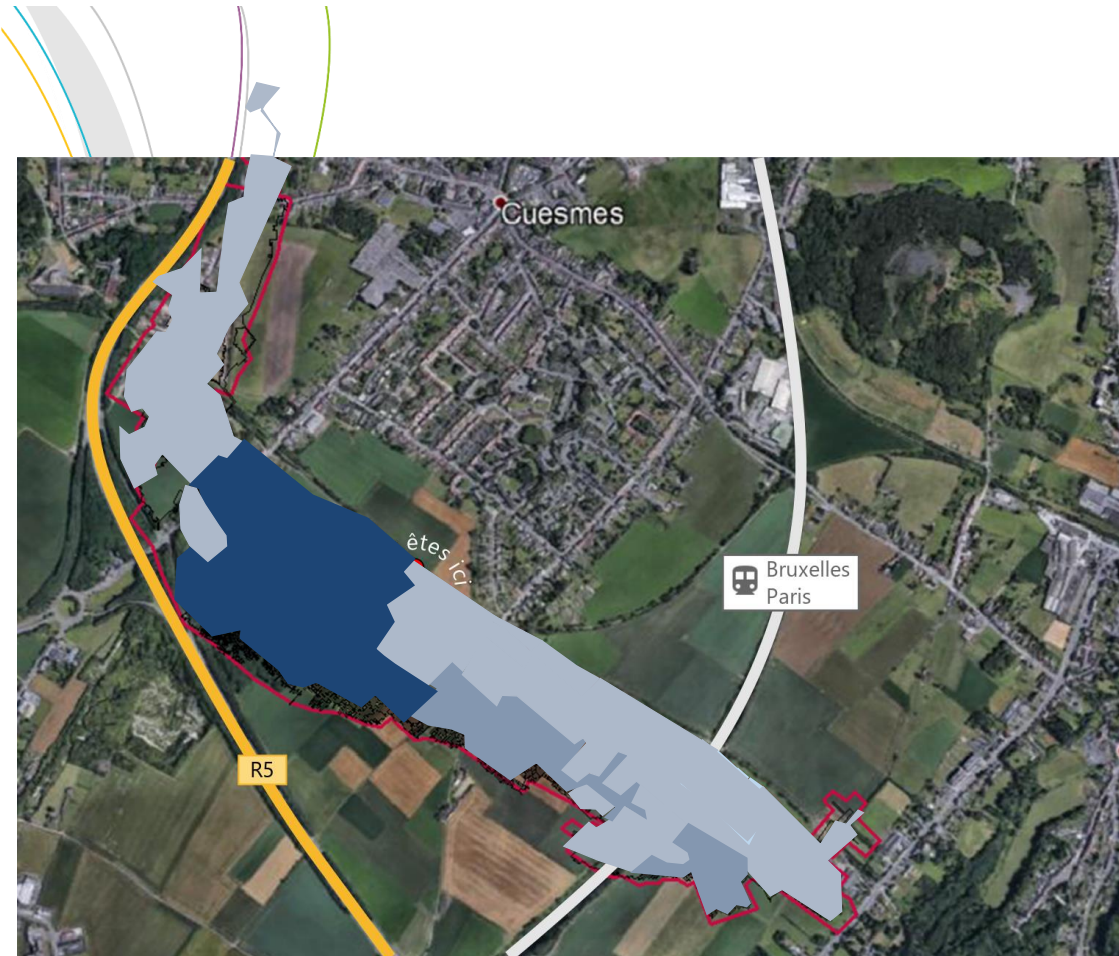
RISSC

- Caractérisation in situ et en laboratoire
- Identification du comportement mécanique des géomatériaux
- Modèles numériques géomécaniques pour étudier les mécanismes de ruine
- Cas particulier de l'influence minière sous-jacente



# Site test : carrières souterraines de la Malogne (Mons)

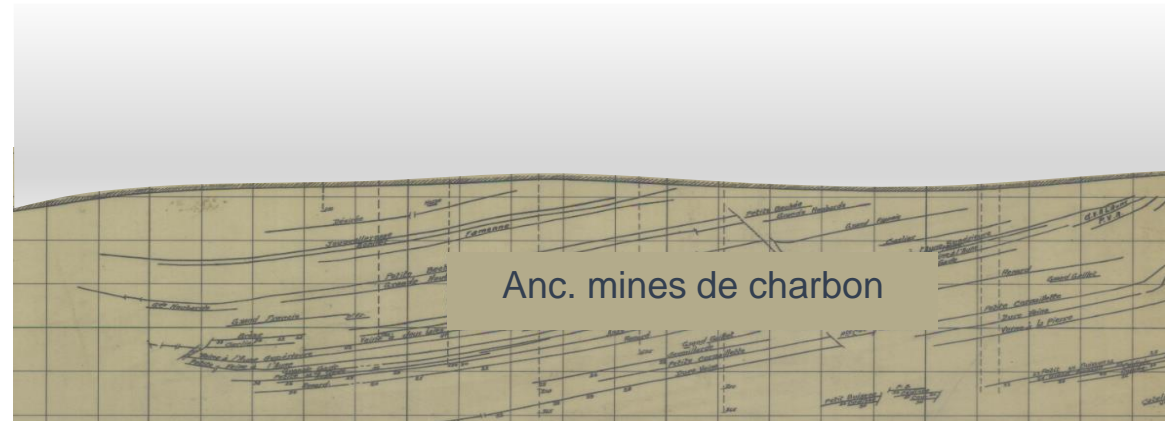
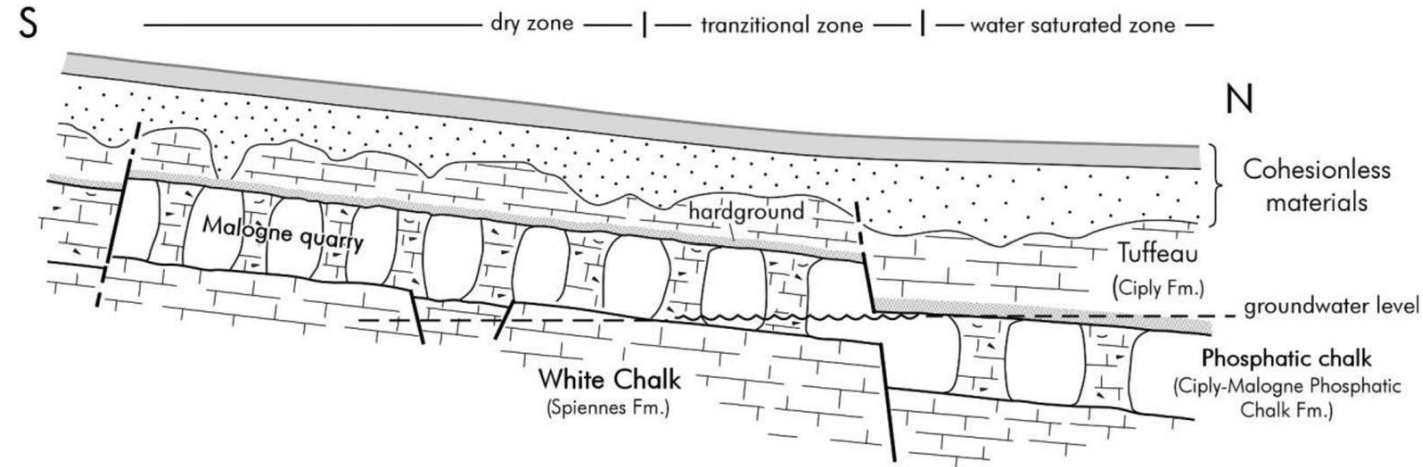
**RISSC**



# Site test : carrières souterraines de la Malogne (Mons)

## RISSC

- 1860-1963 : exploitation de charbon
  - 24 veines
  - Profondeur de 200 à 840m environ
  - Epaisseur déhouillée : jusque 15m (4-8m dans zone étudiée)
- 1877-1925: exploitation de craie phosphatée
  - Chambres et piliers (67ha)
  - Profondeur : 13-25m
  - Géologie : Bassin de Mons, tectonique en extension



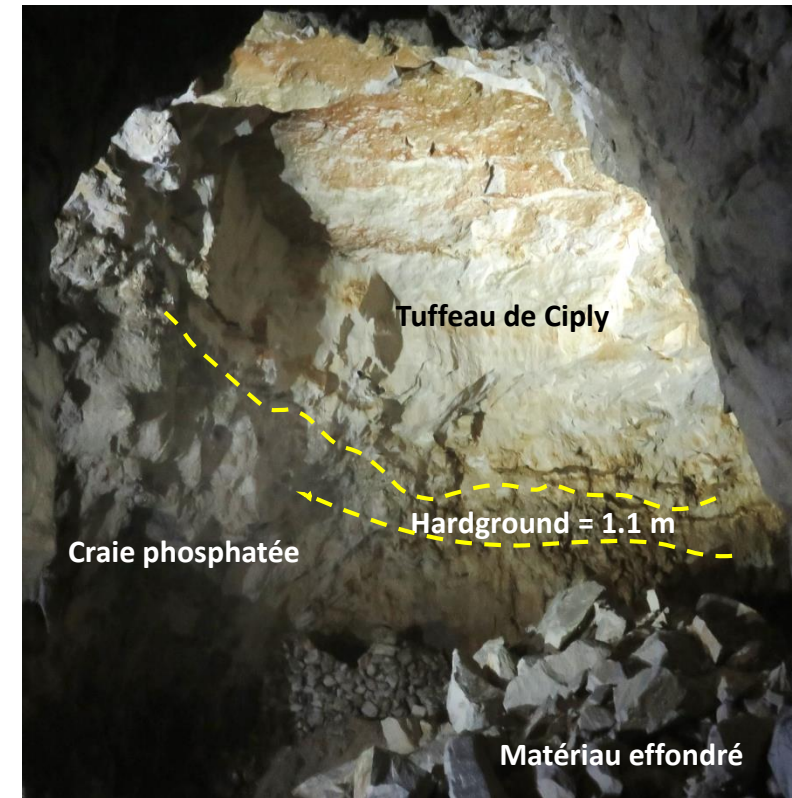


# Bref état des lieux

RISSC

- Site vaste et bien documenté
- Phénomènes observés :
  - Chutes de toit
  - Eclatement de pilier
  - Piliers en diabolo
  - Karstification & oxydation

Cartographie





# Effondrement généralisé en 2015

RISSC



Photo : CACEff, 2015



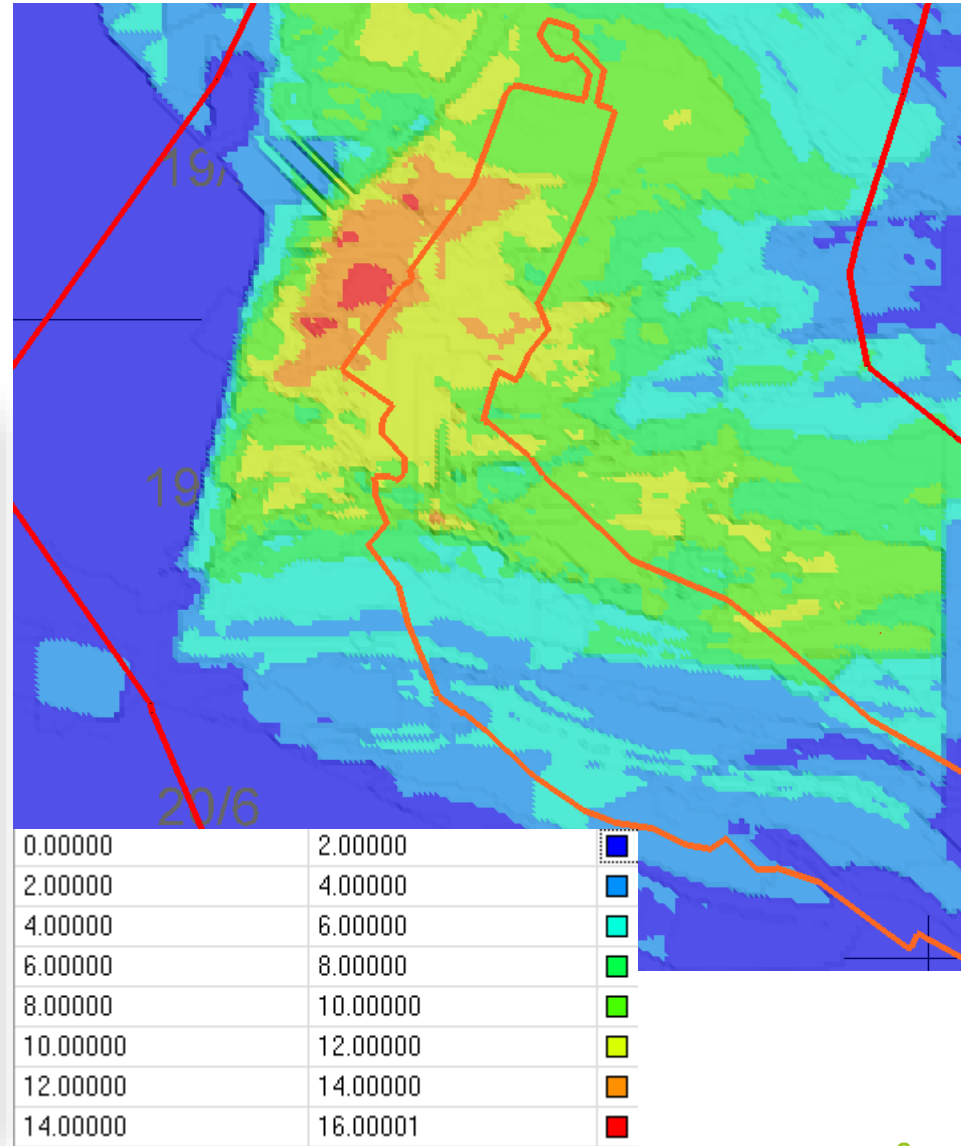
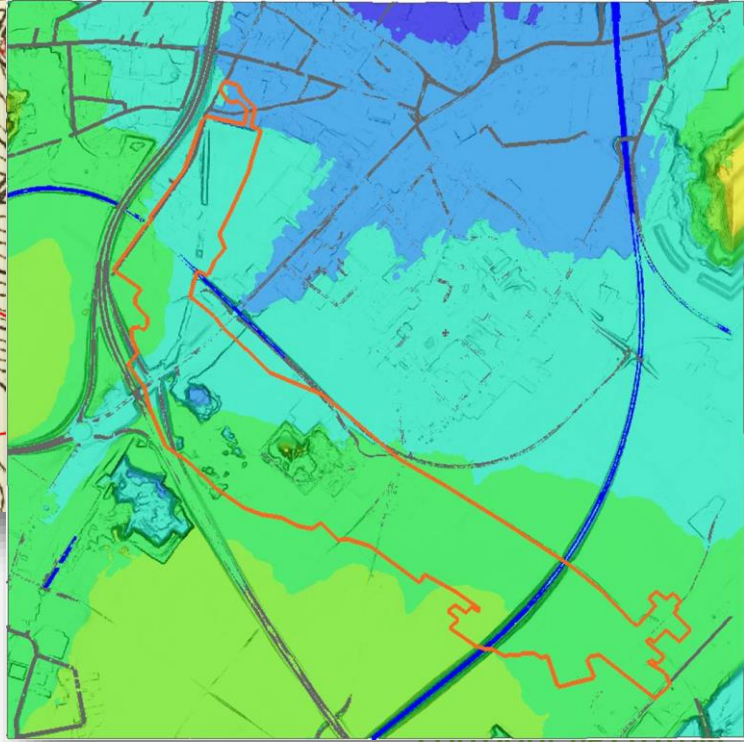
# Affaissements miniers

**RISSC**

Topographie initiale  
 ► carte du dépôt de la guerre (1865-1880)  
 ► / début exploitation



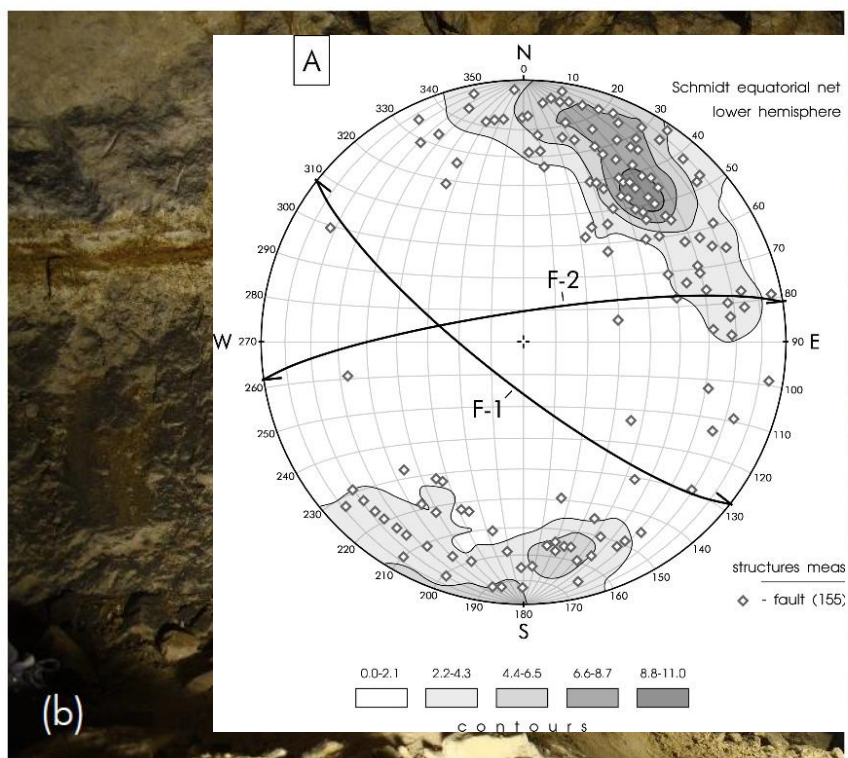
Topographie actuelle  
 ► MNT 2013-2014



# Caractérisation du massif rocheux

RISSC

- Levé structural pour identifier les discontinuités dans le massif
  - 2 familles de failles F1 et F2
  - 2 familles de joints



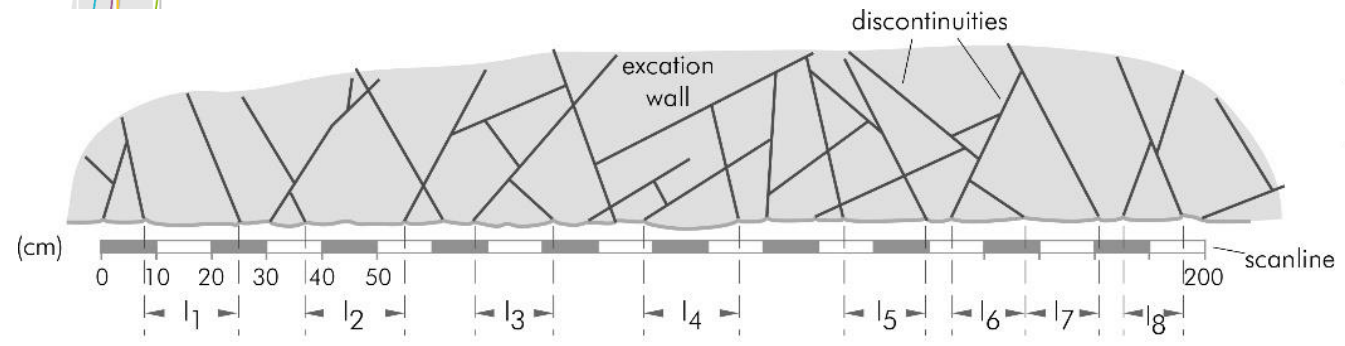
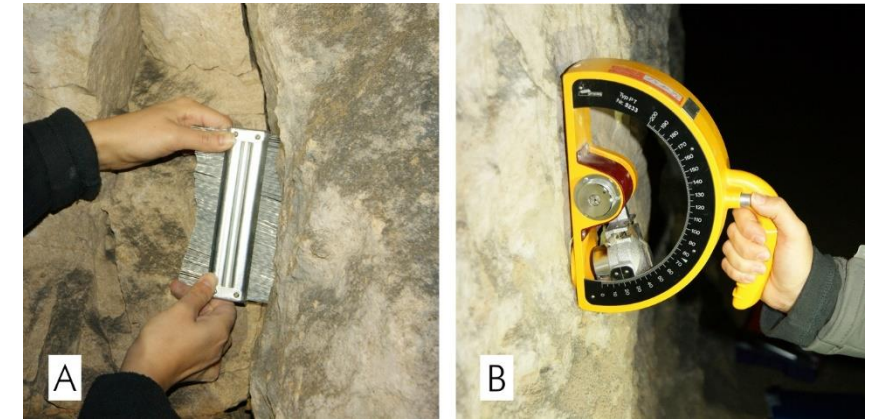
COLLOQUE de CLOTURE



# Caractérisation du massif rocheux

## RISSC

- Indices de qualité du massif (RQD, RMR, GSI) pour intégrer notamment :
  - Espacement des discontinuités
  - Résistance de la roche (mesures au marteau Schmidt)
  - Nature des joints (rugosité)
  - Présence d'eau



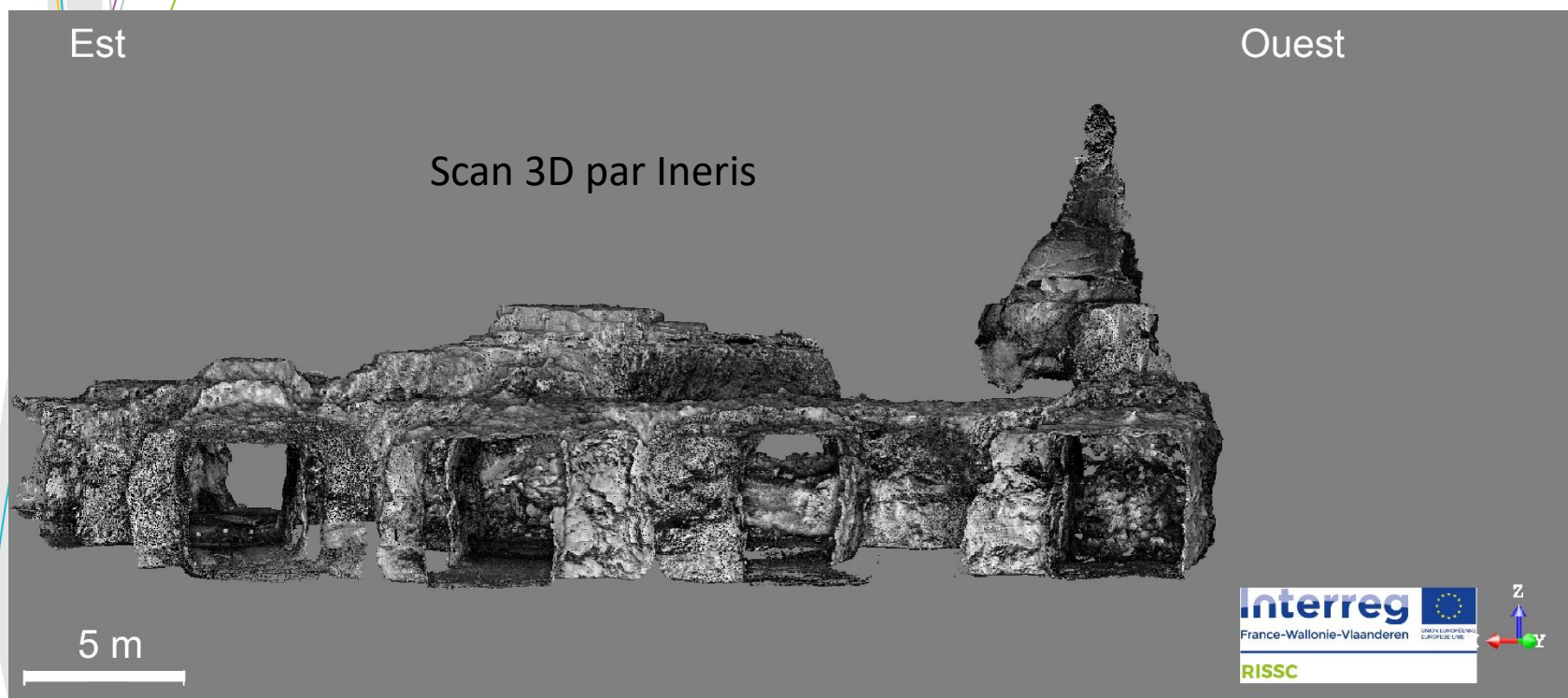
$$RQD_w = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_8}{\text{scanline length}} \times 100 (\%)$$



# Caractérisation du massif rocheux

## RISSC

- Autres techniques parfois employées, surtout testées pour la surveillance dans RISSC :
  - Photogrammétrie
  - Scan 3D



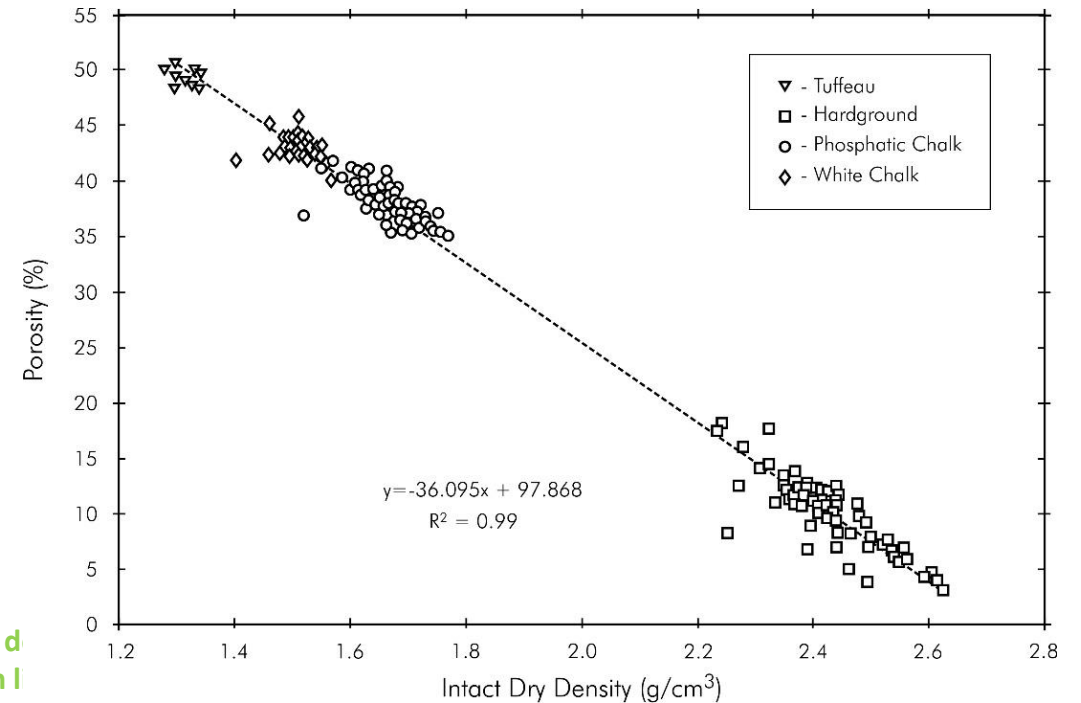


# Caractérisation en laboratoire

RISSC

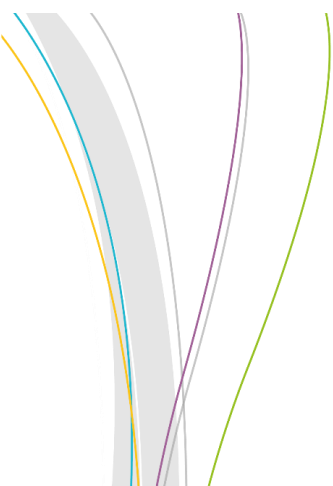
- Roches étudiées
  - Craie phosphatée
  - Hardground
  - Craie blanche
  - Tuffeau

- Mesures pétrophysiques
  - Densité
  - Porosité
  - Sonique



# Caractérisation en laboratoire

## RISSC

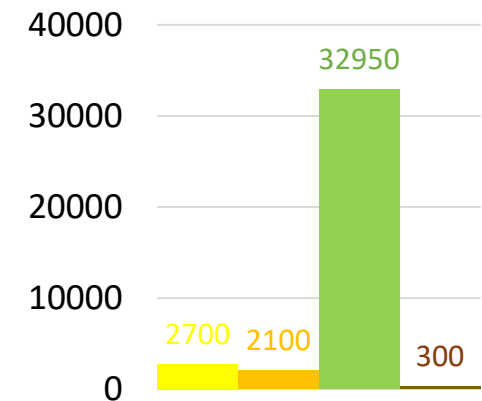


- Essais mécaniques
  - Compression uniaxiale
  - Traction brésilienne
  - Essai polyaxial (HG)

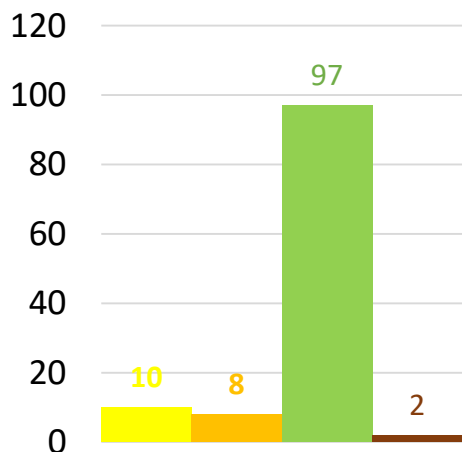
**Objectifs :**  
 Décrire le comportement des matériaux sous sollicitations à l'aide d'un modèle mathématique

- ▶ Relation contraintes-déformations
- ▶ Domaine d'élasticité – Limite de plasticité/rupture

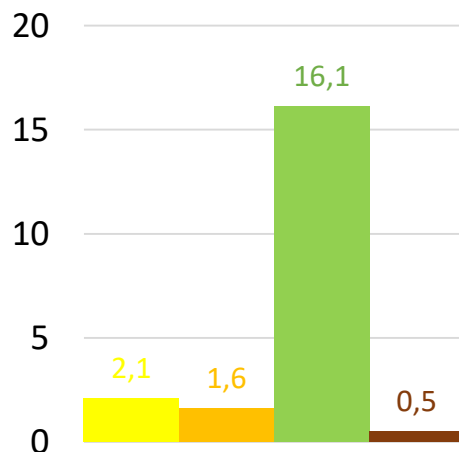
Module d'Young (MPa)



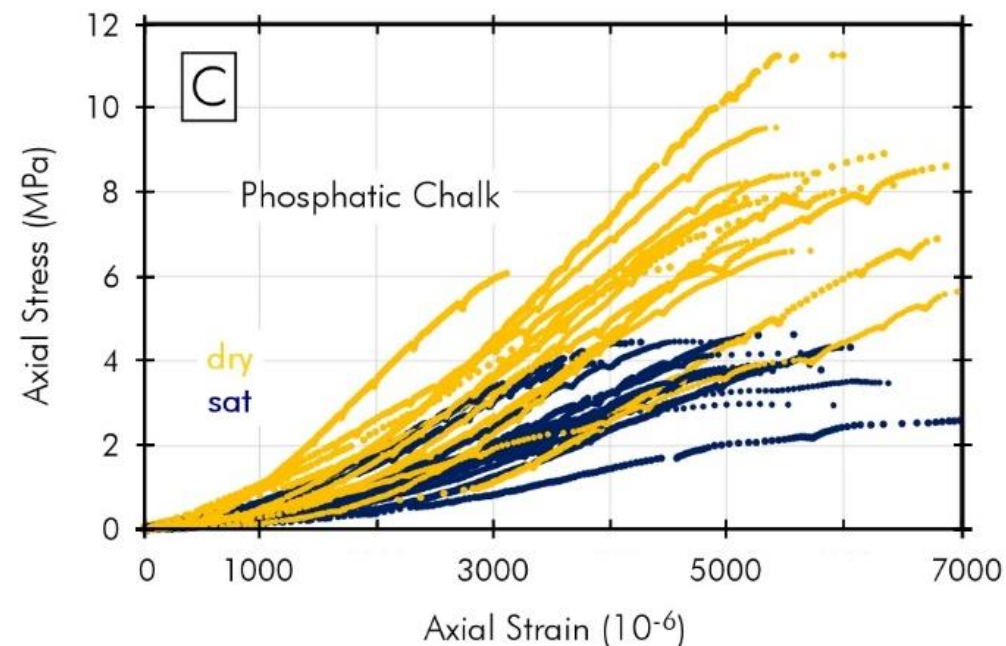
UCS (MPa)



Rt (MPa)



■ Craie blanche   
 ■ Craie phosphatée   
 ■ Hardground   
 ■ Tuffeau



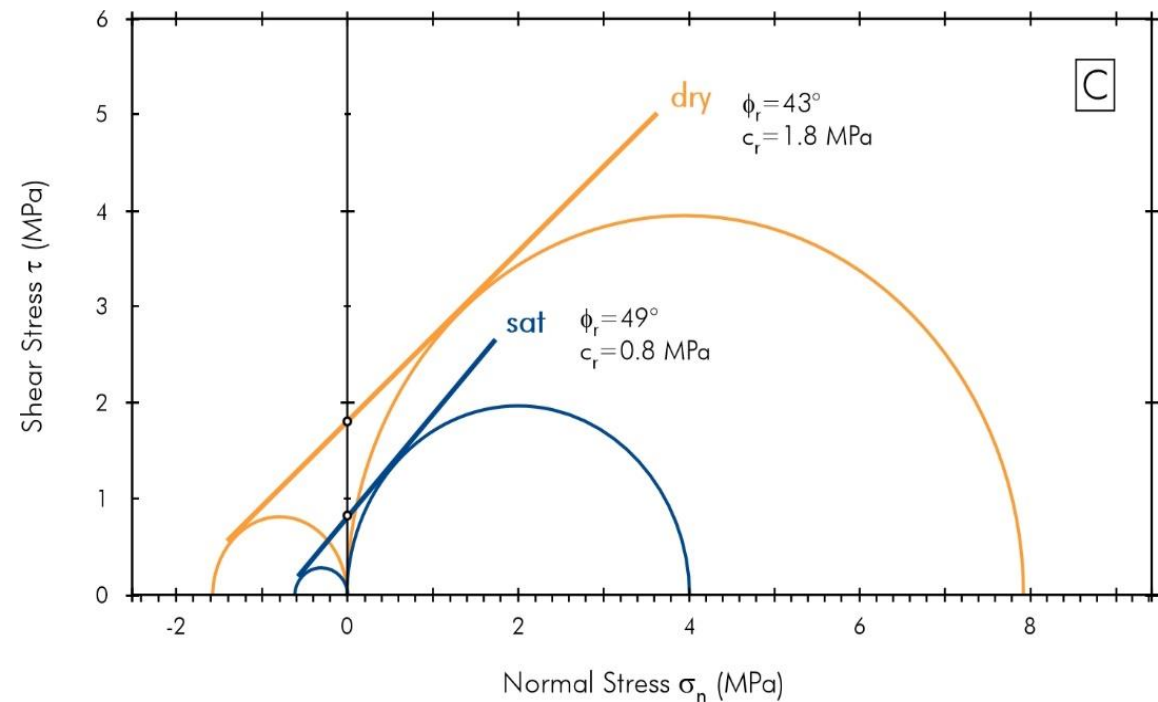


# Comportement mécanique

## RISSC

- Données : in situ + labo + littérature
- Comportement isotrope élastique parfaitement plastique avec un critère de Mohr-Coulomb

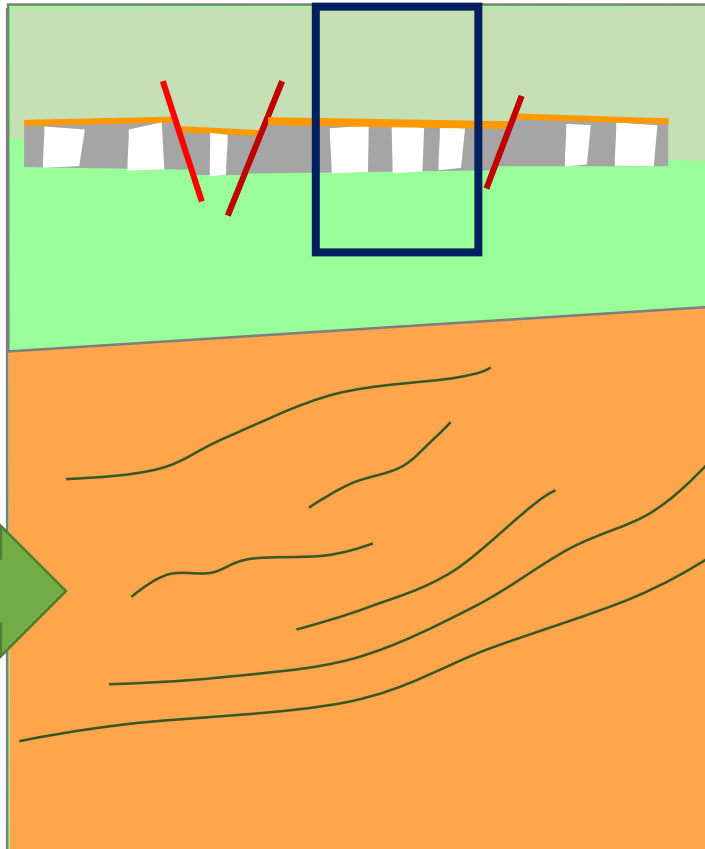
Matériau	E (MPa)	$\nu$	$R_t$ (MPa)	C (MPa)	$\phi$ (°)
Terrains meubles	20	0.33	0	0	30
Tuffeau de Ciply	160	0.2	0.01	0.1	30.4
Hardground	16 600	0.11	0.7	5.4	30.4
Craie phosphatée	1 140	0.23	0.06	0.4	30.4
Craie blanche	1 400	0.25	0.07	0.54	30.4
Grès et schistes houillers (propriétés homogénéisées)	17 000	0.15	4.8	5.2	41
Charbon	3 000	0.3	1.5	1.9	48
Arrière-taille compactée	7 750	0.1	1.5	1.7	21



# Construction d'un modèle numérique

**RISSC**

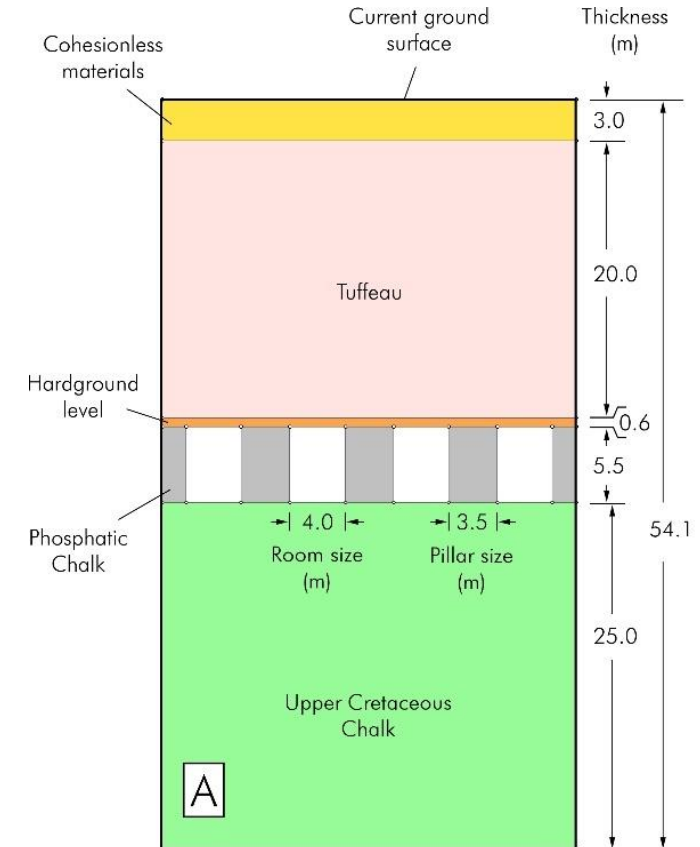
1. Modèle en grand avec la carrière de craie phosphatée et les veines de charbon



Comment modéliser l'exploitation du charbon?

→  
Conditions limites

2. Modèle local avec étude paramétrique des instabilités

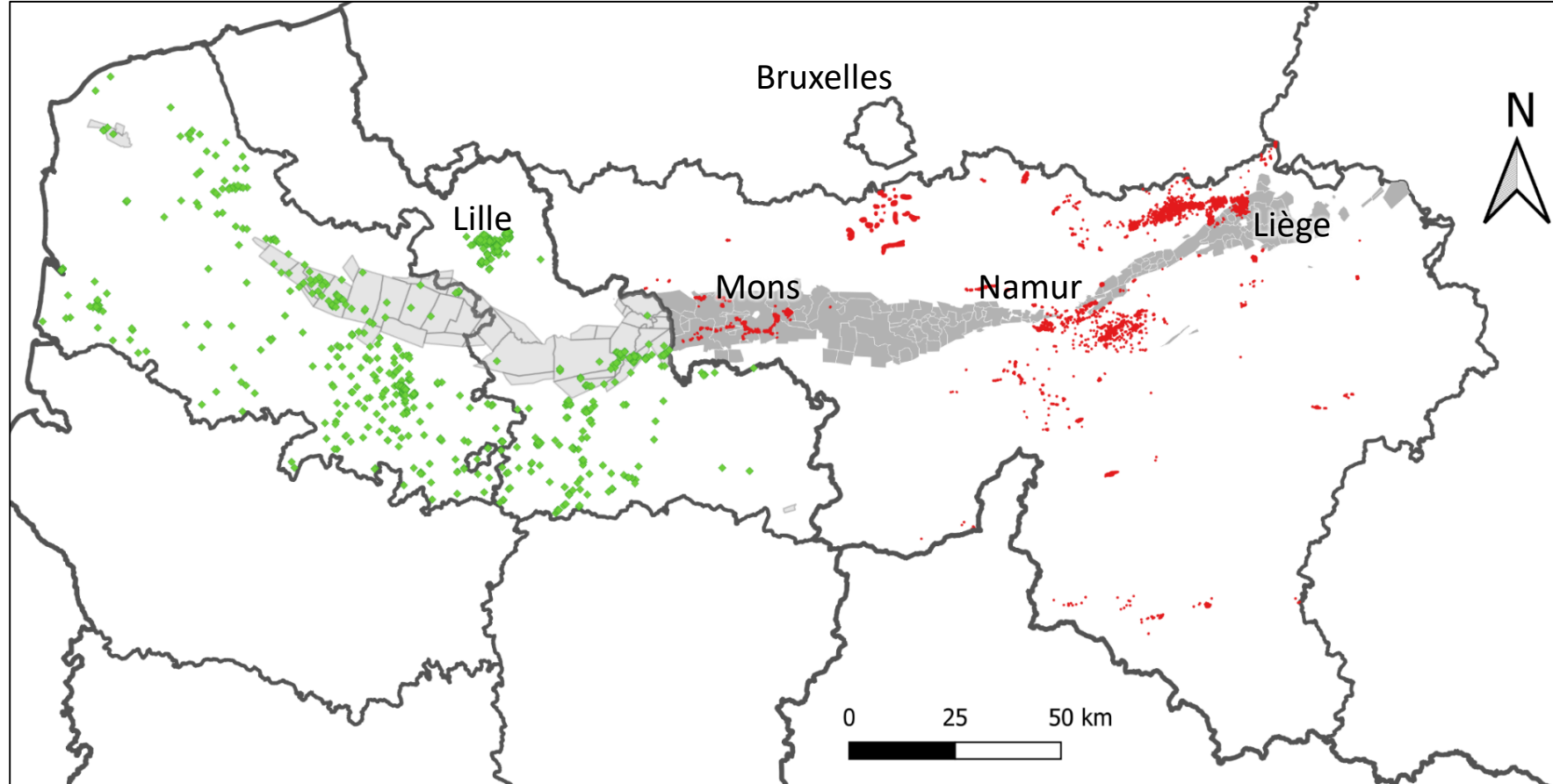


COLLOQUE de CLOTURE



# Influence des exploitations de charbon sous-jacentes

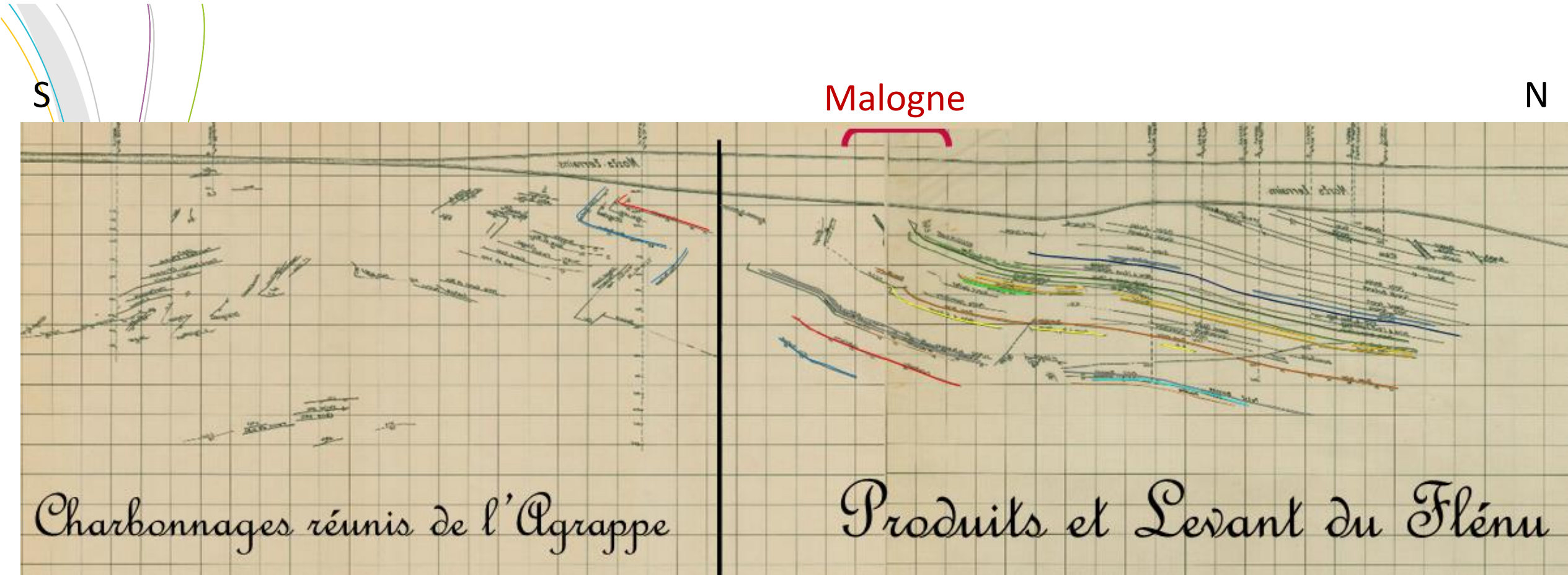
RISSC



Carrières souterraines de **Wallonie**, du Nord et du Pas-de-Calais et concessions de houille

# Section verticale (coupe méridienne)

RISSC

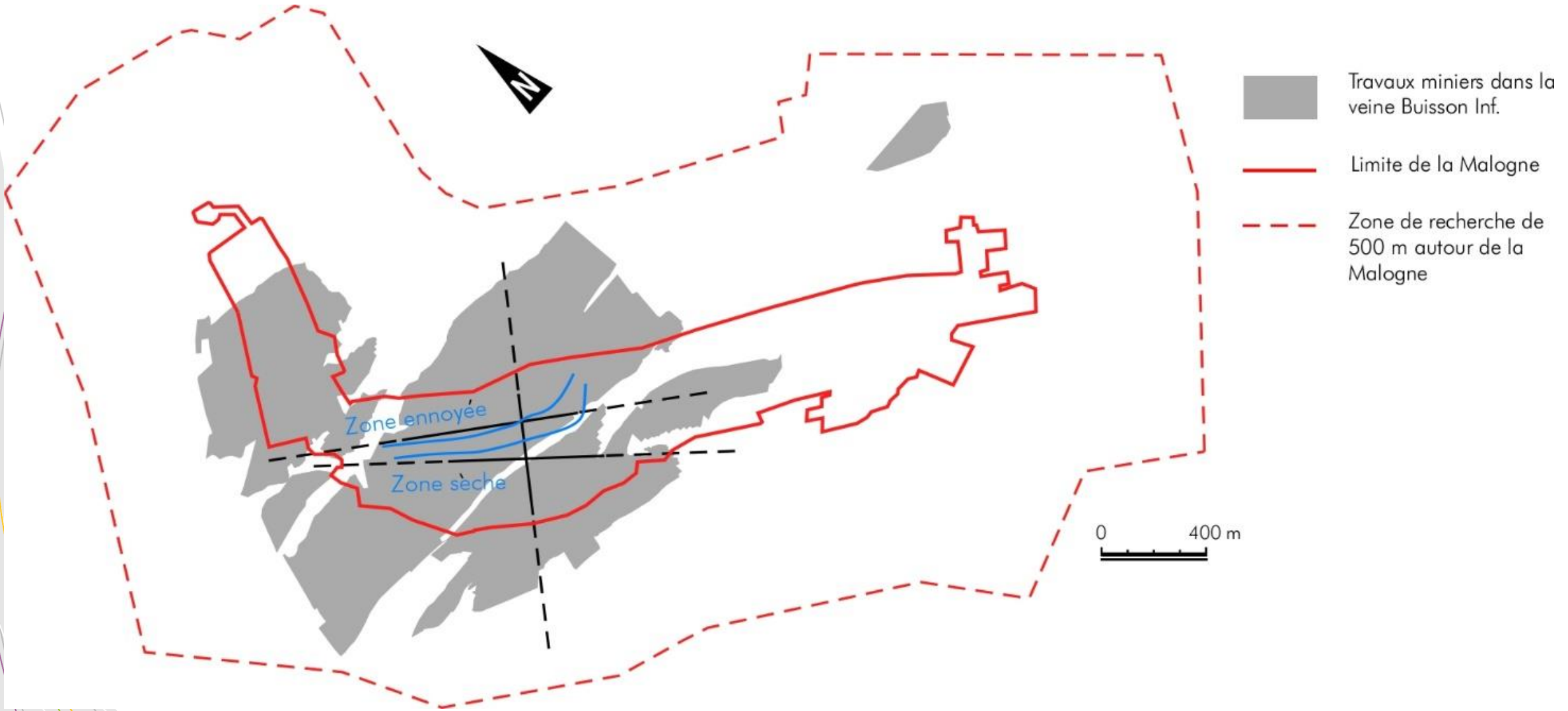




# Comment modéliser l'exploitation du charbon ?

?

RISSC



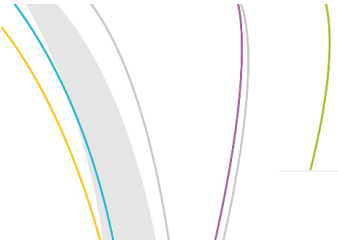
# Comment modéliser l'exploitation du charbon ?

?

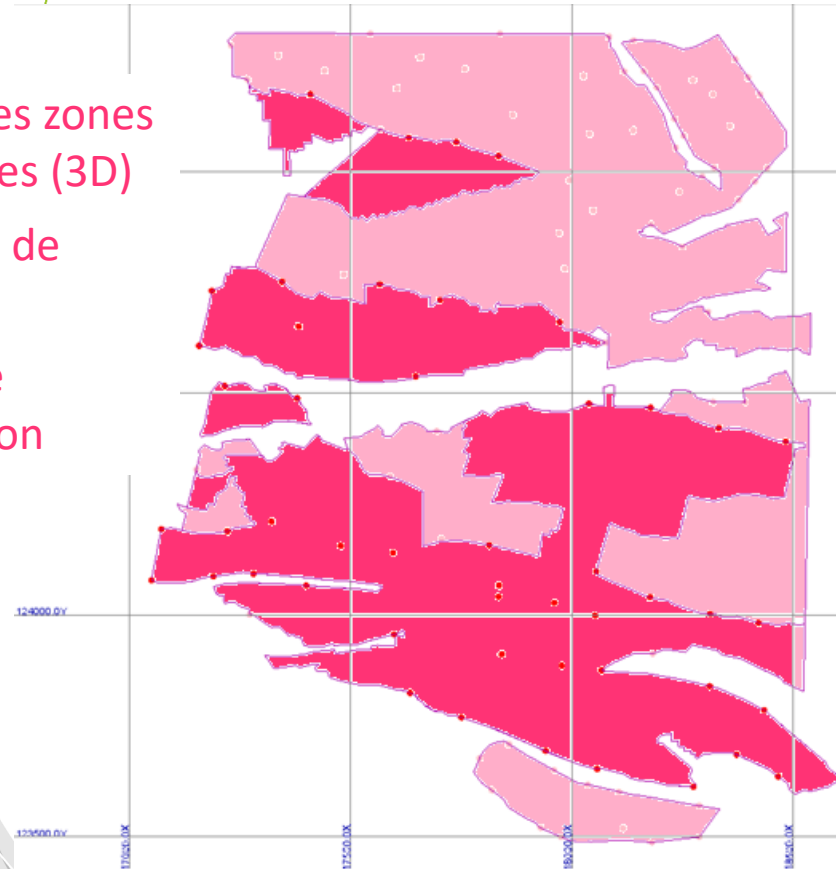
## Exploitations de charbon

- ▶ plans miniers au 1:1000
- ▶ dans un rayon de 500m autour de la carrière souterraine

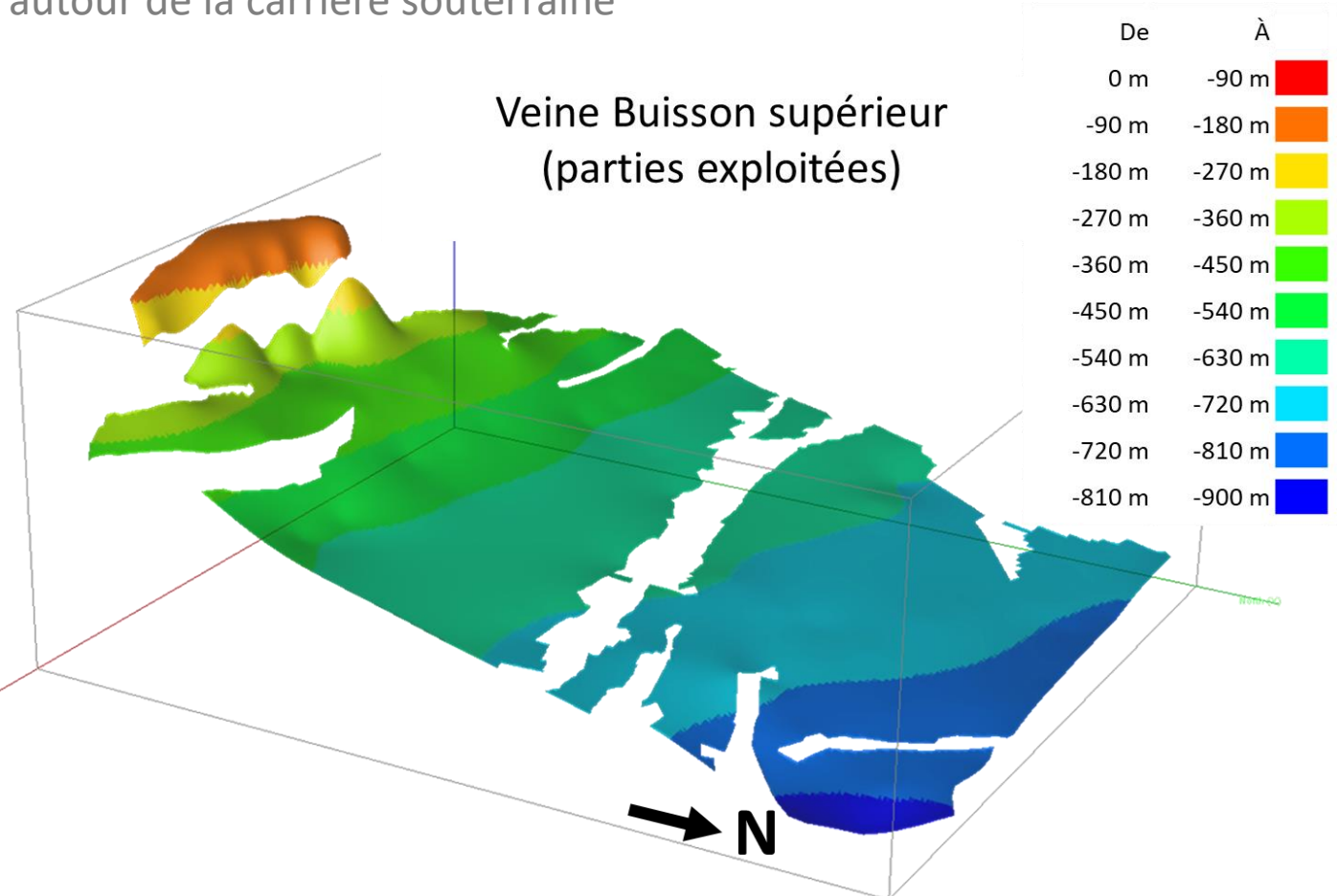
### RISSC



- Limites des zones déhouillées (3D)
- Epaisseur de charbon
- Séquence d'extraction



Collaboration ISSeP

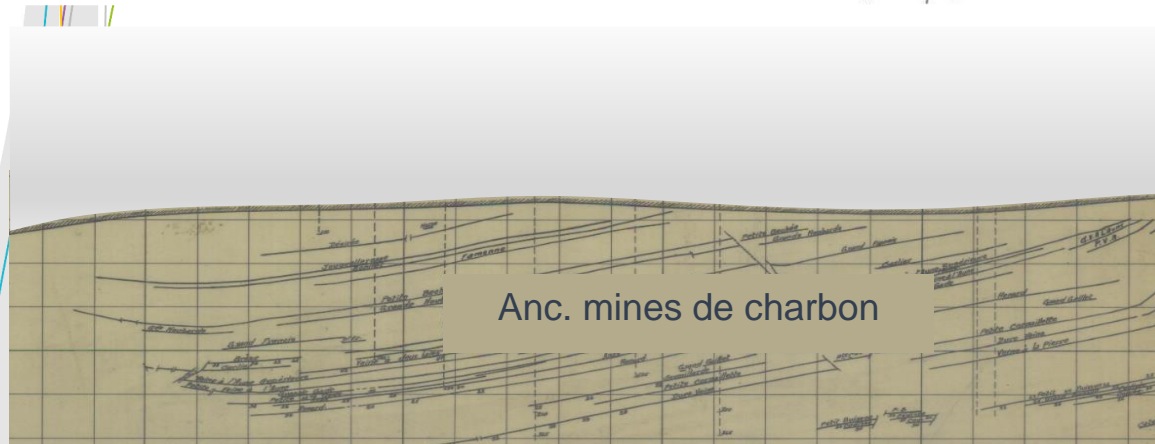
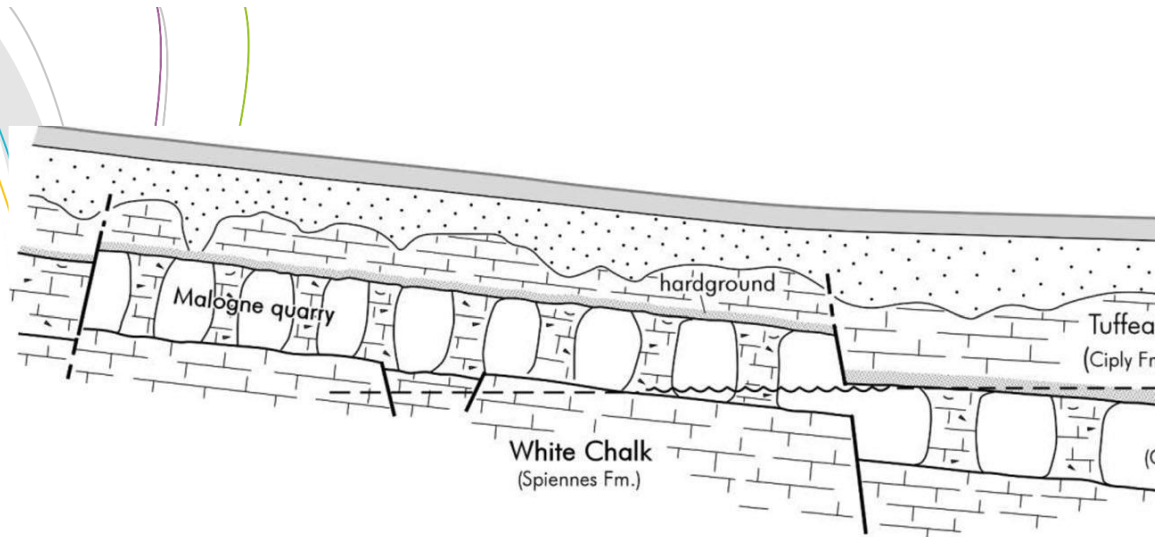


Veine Buisson supérieur  
(parties exploitées)

De	À
0 m	-90 m
-90 m	-180 m
-180 m	-270 m
-270 m	-360 m
-360 m	-450 m
-450 m	-540 m
-540 m	-630 m
-630 m	-720 m
-720 m	-810 m
-810 m	-900 m

# Analyse FEM

RISSC



- De la réalité à la conceptualisation
- Différents ouvrages souterrains
- Éléments observés in situ
- Quelle ruine de l'ouvrage est susceptible de se produire?
- Comment les phénomènes peuvent-ils s'initier et se développer?



# Analyse FEM

## RISSC

- Sondages, cartes

- Entités :

Terrains meubles

Tuffeau de Ciplu

Hardground

Craie phosphatée

Craie blanche

Grès et schistes houillers

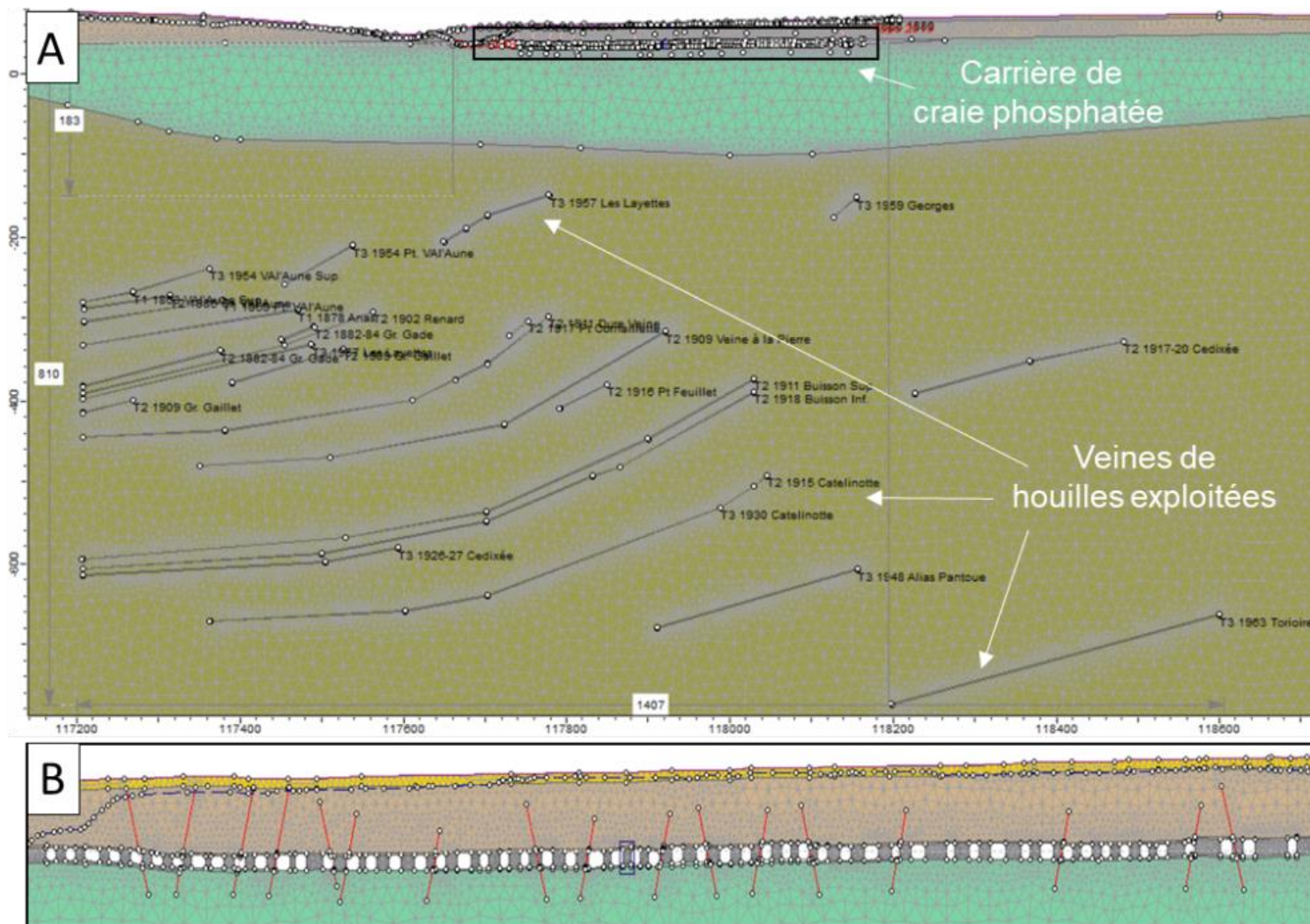
Charbon

Arrière-taille compactée

- Intégration des discontinuités

W

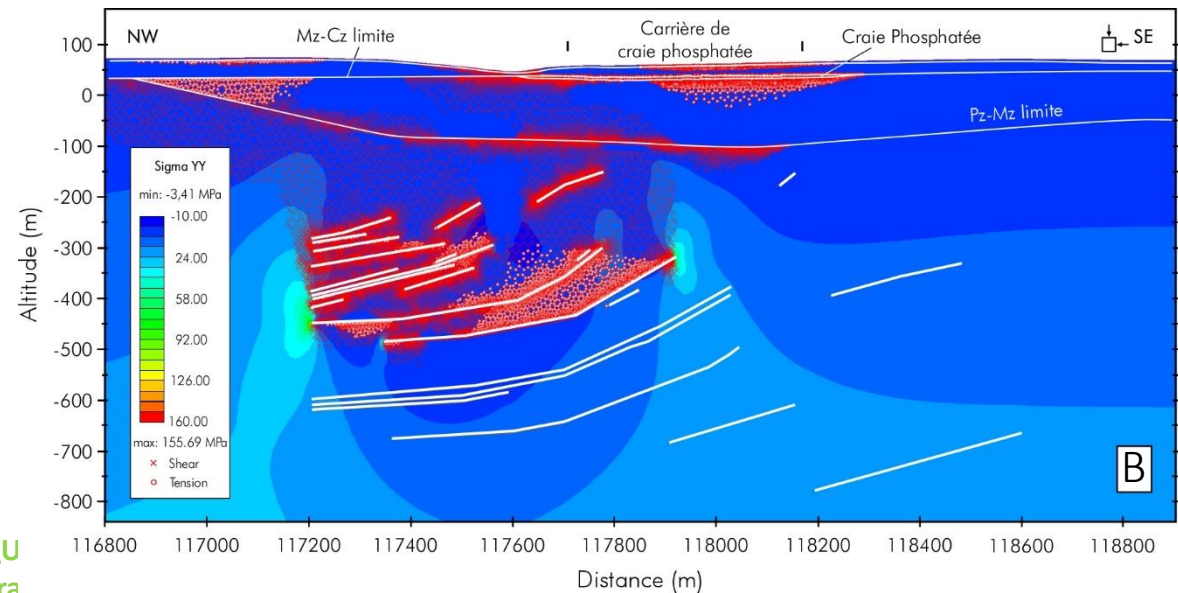
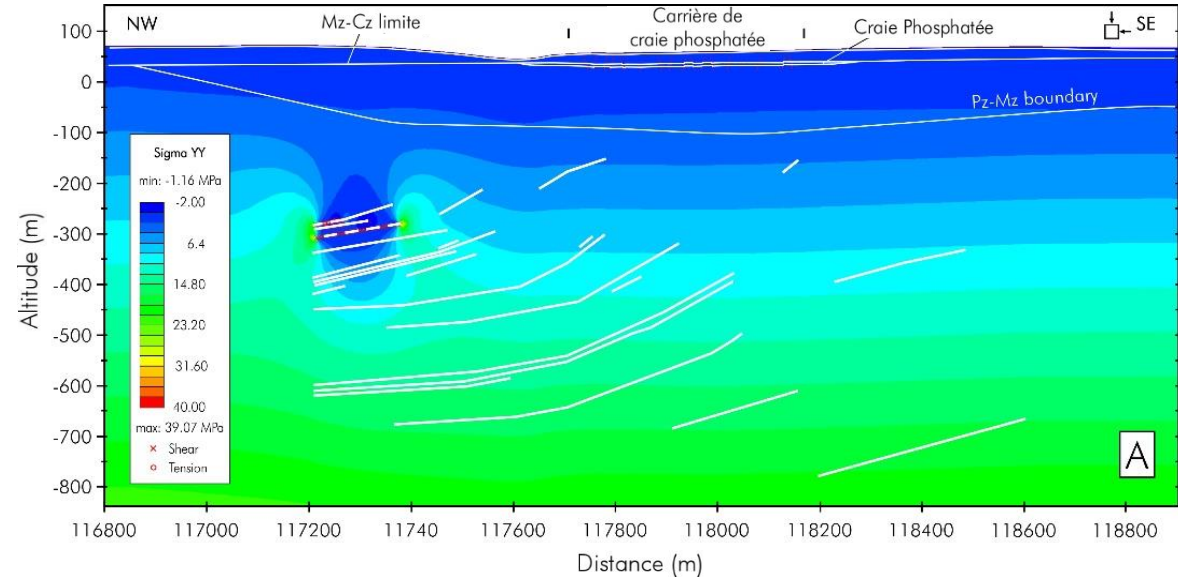
E



# Analyse FEM

## RISSC

- **T1 : exploitation du charbon selon séquence des plans miniers (1860-1877)**
  - Création de vides puis remplacement par un matériau « arrière-taille recompressée »
  - Redistribution des contraintes
  - Affecte surtout le houiller
  - Peu d'effets en surface
  
- **T2 : exploitation de la craie et du charbon (1877-1925)**
  - Séquence inconnue dans la craie
  - Conceptualisée en 3 phases
  - Initiation et propagation de rupture au toit des veines, à travers interbanes (foudroyage)
  - Zones plastiques dans intercalaires stériles
  - Effets dans la craie



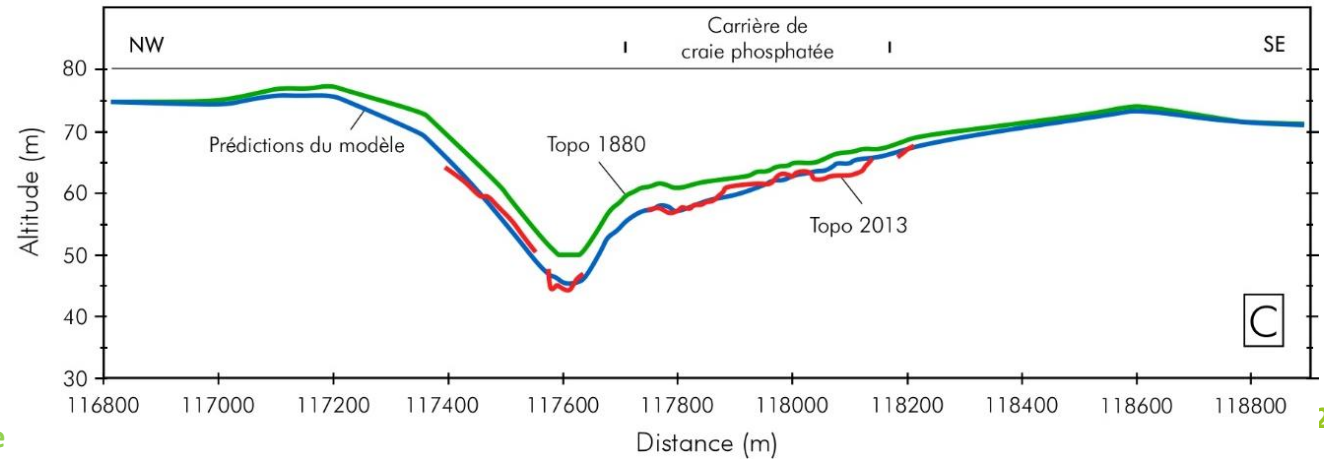
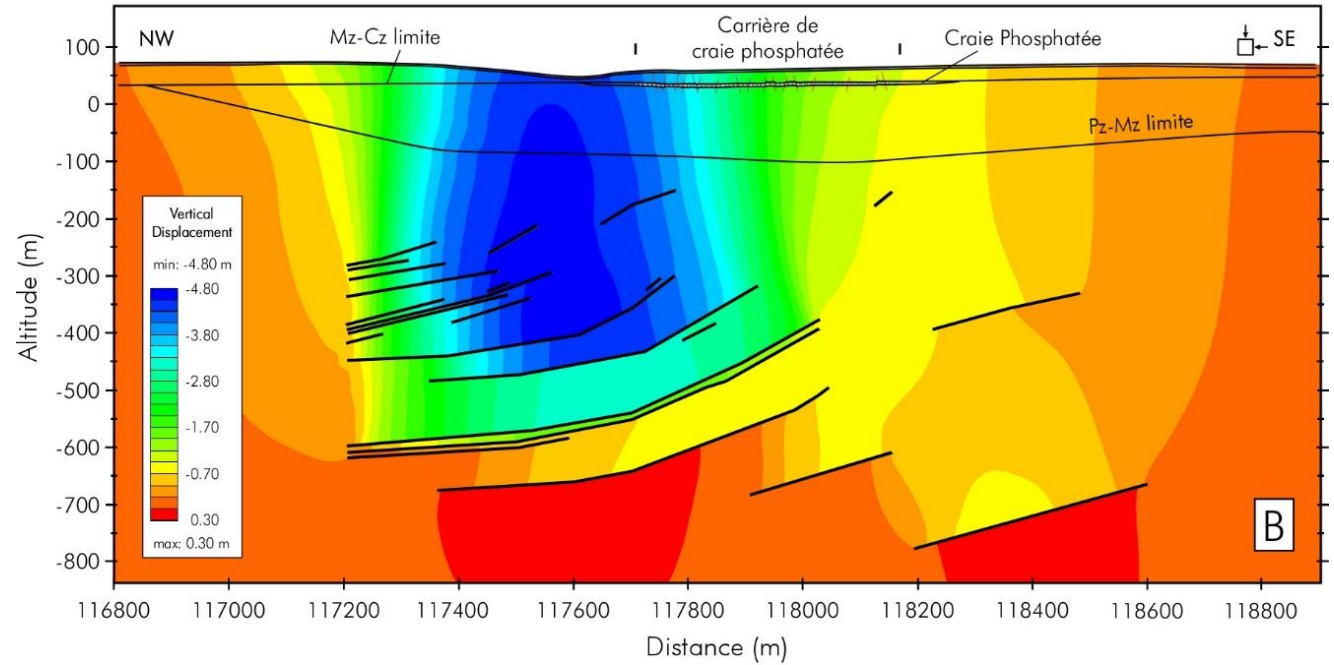
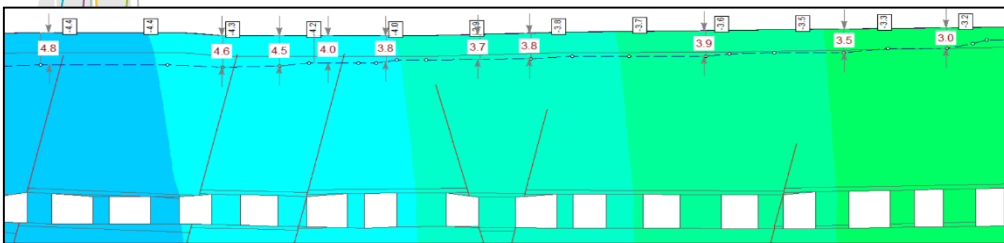


# Analyse FEM

## RISSC

- **T3 : exploitation du charbon**
- **Fin d'exploitation :**
  - Profil de subsidence asymétrique
  - Subsidence max. 4.8 m
  - // épaisseur cumulée de charbon exploité
  - Pas au droit de la carrière souterraine

Zoom sur la Carrière de craie phosphatée

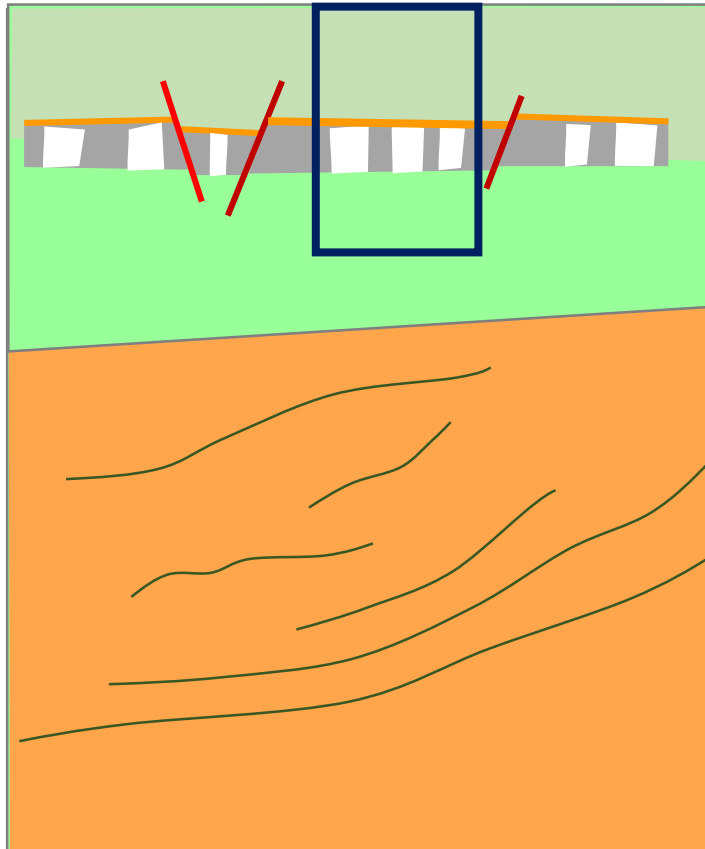




# Passage à l'échelle locale

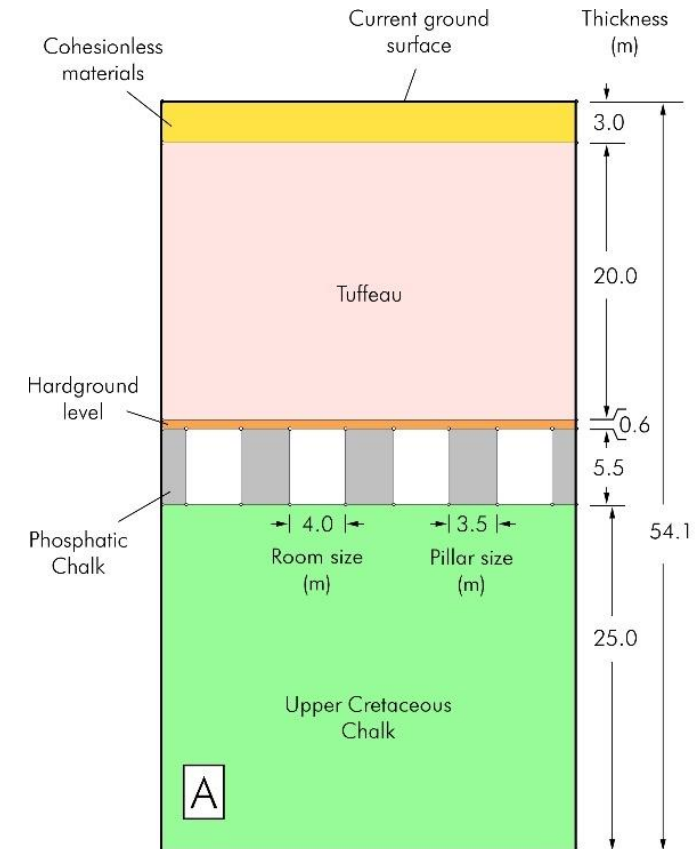
RISSC

1. Modèle en grand avec la carrière de craie phosphatée et les veines de charbon



→  
Conditions limites

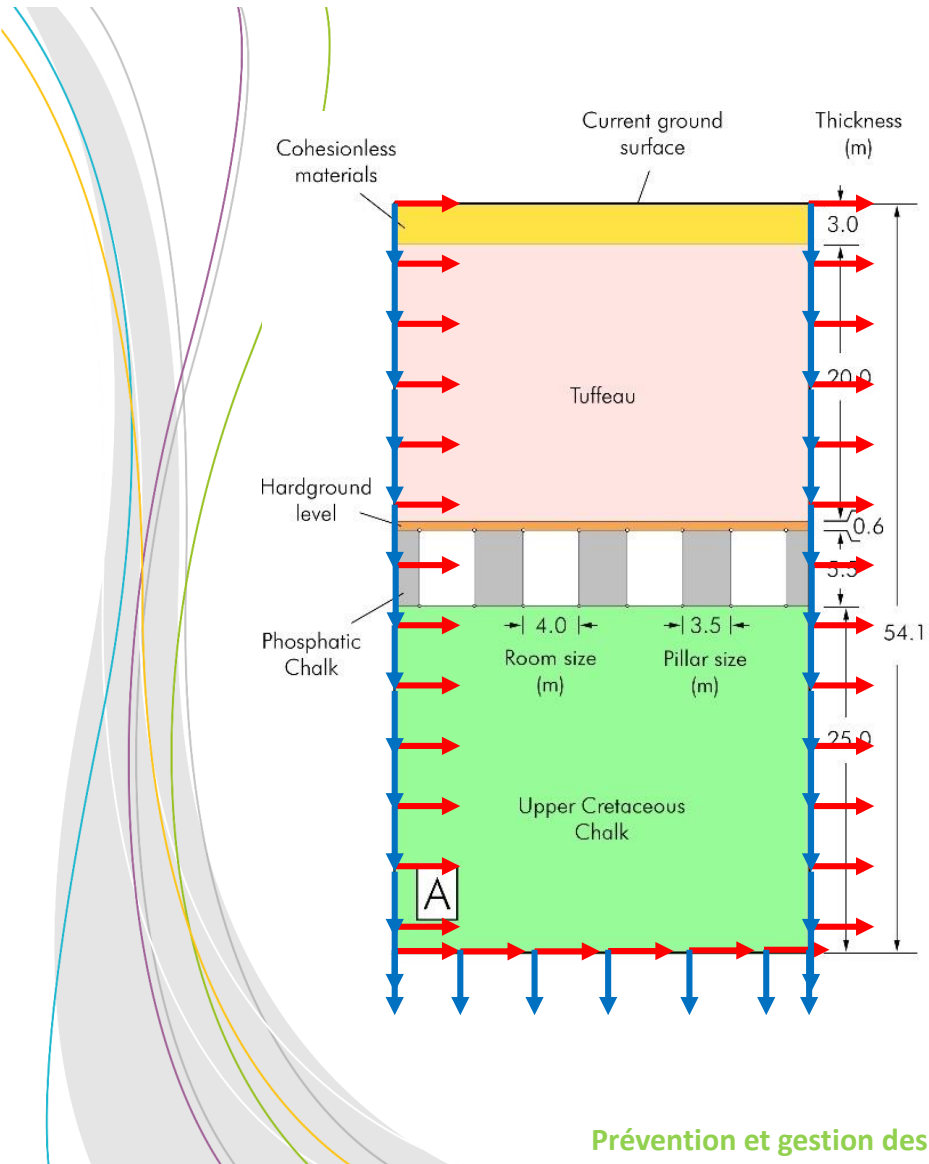
2. Modèle local avec étude paramétrique des instabilités



COLLOQUE de CLOTURE

# Passage à l'échelle locale

**RISSC**



Les modèles précédents fournissent les conditions aux limites en termes de

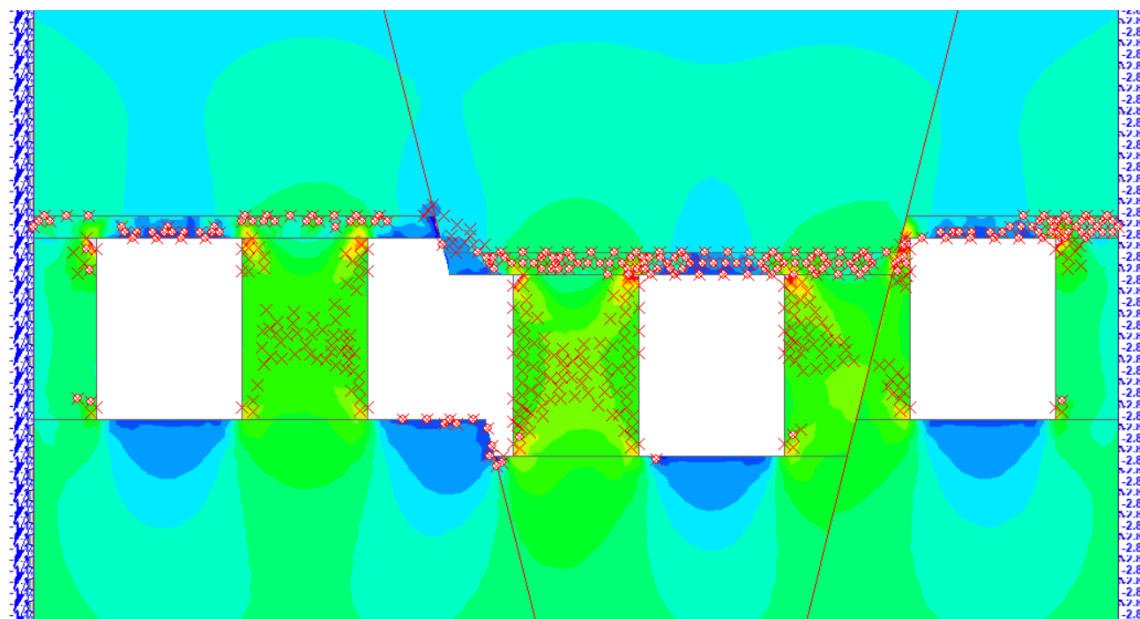
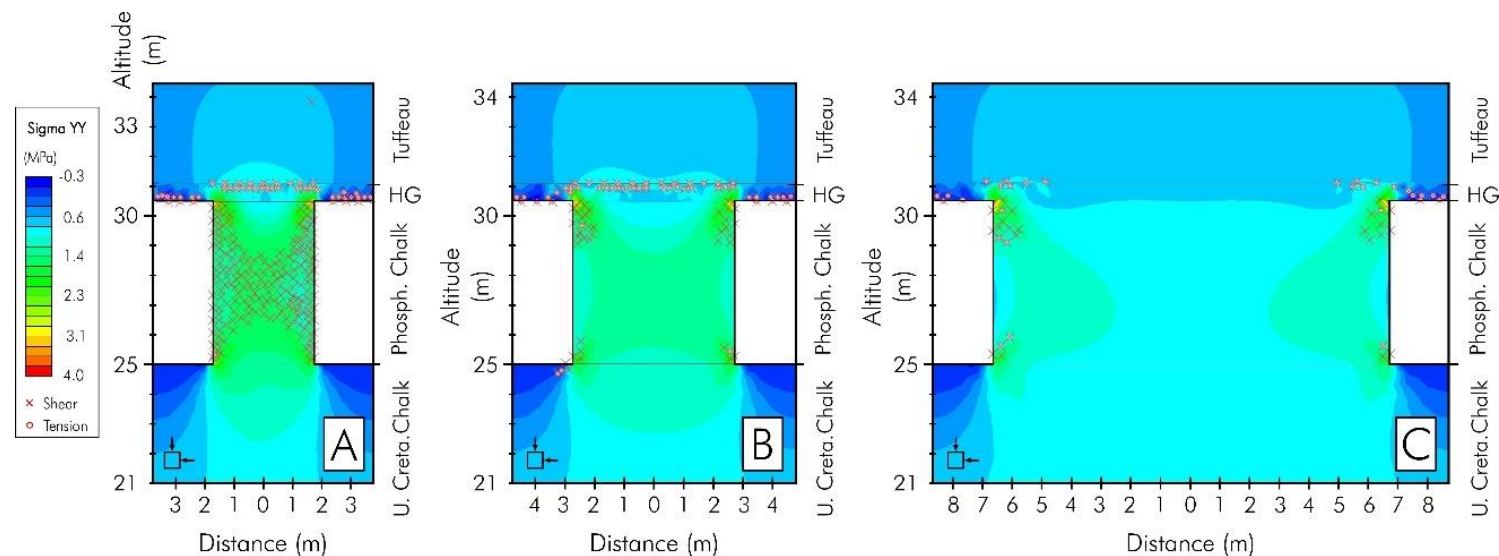
- ↓ Déplacement vertical : -2.5 à -3m selon profil
- Déplacement horizontal : -1.3 à +0.6m selon profil



# Influence de différents paramètres

## RISSC

- Taille des piliers
- Lithologie (présence de hardground)
- Présence de discontinuités
- Effets combinés



# Conclusions

## RISSC

- Démarche intégrée depuis la caractérisation du massif et en labo jusqu'à la modélisation du comportement des ouvrages souterrains
- Mieux comprendre les mécanismes de ruine
- Exploitations de charbon en HDF et Wallonie → effets importants en surface mais aussi sur cavités moins profondes
- Simulations aux éléments finis :
  - Pour un certain niveau d'extraction du charbon, des instabilités apparaissent au niveau des cavités peu profondes
  - Propagation de ces instabilités en surface
  - Localement, rôle de différents facteurs qui influencent la stabilité des cavités



**RISSC**

AVEC LE SOUTIEN DU FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

# RISSC

