

#### **RISSC**

AVEC LE SOUTIEN DU FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL



# RISSC

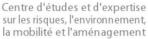
Module 4 : Solutions pour réduire le risque « cavités »

La mise en sécurité des cavités : surveillance, traitement, valorisation...

Catherine PINON
Ineris



























Effondrement d'une carrière

## Quand mettre en sécurité?



- > En phase préventive :
  - menace de ruine imminente en souterrain
  - mesures de protection les structures existantes (bâtis, voiries et réseaux)
  - à des fins d'aménagements futurs en surface (bâti, voirie, espaces verts...)
  - conserver la cavité ouverte pour réutilisation / valorisation (stockage, ouverture au public...)
- > En situation de crise : désordre en surface !
  - sécuriser la zone impactée
  - éviter l'aggravation des désordres

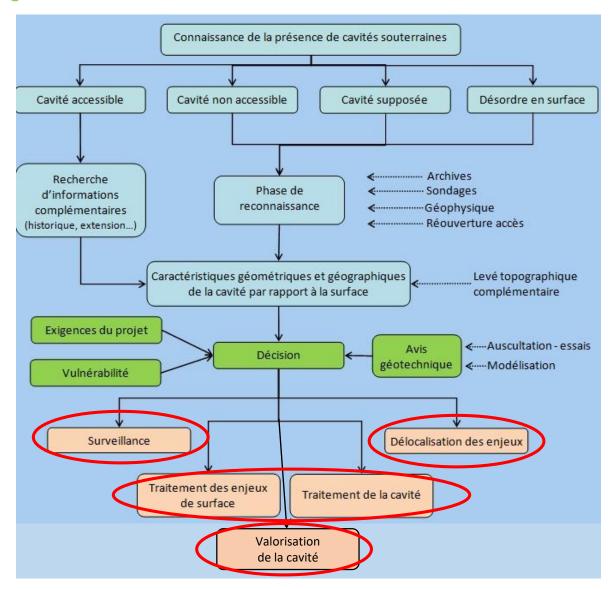


# Quels sont les objectifs de la mise en sécurité?

#### RISSC

- Garantir la stabilité du site (cavité et surface) dans le long terme
- Valoriser les terrains de surface ou l'ouvrage souterrain

Prévenir et réduire le risque associé aux cavités





# Surveillance des cavités : quand et pourquoi ?

- Enjeux (habitations, infrastructures de surface ou activité en souterrain) pouvant être affectés par une instabilité de cavité souterraine
- Meilleure compréhension de l'évolution d'un mécanisme
- Dans la plupart des cas solution palliative :
  - dans l'attente d'une étude plus précise
  - dans l'attente de mesures ou traitements pérennes







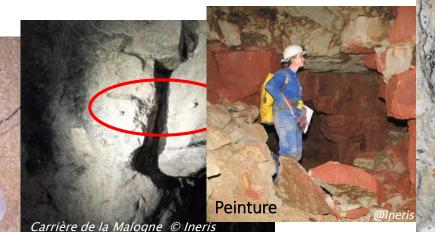
# Surveillance des cavités : l'inspection visuelle

RISSC

- 1. Repose sur des visites périodiques de géotechniciens
- 2. Permet d'apprécier l'évolution des désordres, y compris à l'aide d'indicateurs lorsque la simple observation parait difficile

3. S'accompagne de photos, de nuages de points 3D, d'une carte géotechnique...

Difficultés d'accès (gaz, eau ...)
« Subjectivité » des experts



Témoins visuels

Solution tout numérique

**CENARIS** 

Mesures ponctuelles

de l'ouverture



e d'Hellemmes © Ineri

# Surveillance des cavités : la surveillance instrumentée



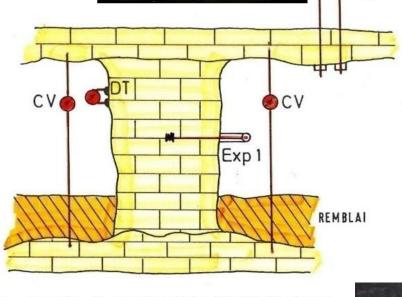


- déplacement (en tous sens)
   et/ou de déformation
- mesures de pression

Accompagnement par la mesure de facteurs physico-chimiques

(T°, niveau d'eau, H%, gaz,...)

 Nombreux types de capteurs/dispositifs doivent être les plus résistants possibles



CV = Mesure de convergence entre toit et mur

Exp1 = Mesure d'expansion de pilier

Exp2 = Mesure d'expansion de toit

DT= Mesure d'écartement de fissure

Exp2

@Ineris



# Surveillance des cavités : la surveillance instrumentée

#### **CENARIS**

- Partage et centralisation des données
- Intégration en temps réel de données instrumentales depuis n'importe quel lieu sur un serveur centralisé et sécurisé
- Télémesures multi-paramètres pour l'acquisition simultanée de différents types de mesures géophysiques (microsismiques, acoustiques, ultrasoniques, vibrations), géotechniques, hydrologiques, géodésiques, météorologiques et de gaz
- Outil de gestion d'alarmes (envoi de courriel, appel téléphonique)





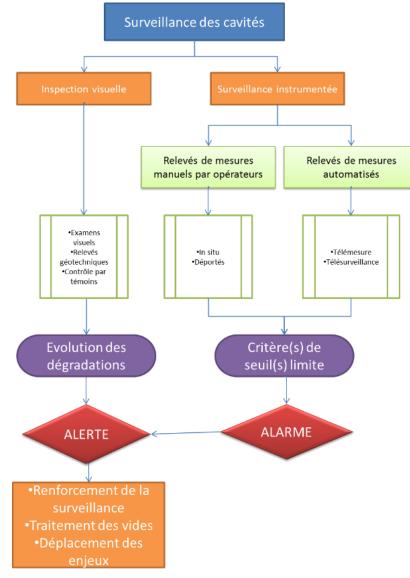
# Points importants d'un dispositif de surveillance

#### RISSC

- Bien identifier l'objectif de l'auscultation
- S'assurer / maintenir le bon fonctionnement du dispositif (milieux agressifs)
- Gérer les données (acquisition / traitement / stockage / restitution)
- Identifier les situations anormales et préparer la crise



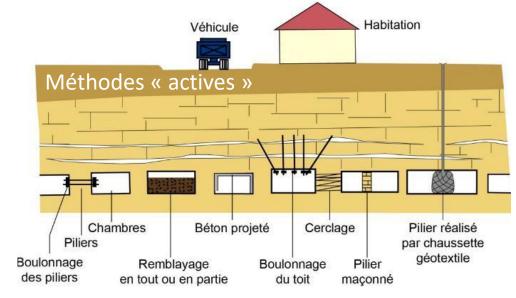
Coûts d'investissement et surtout d'entretien Vandalisme!

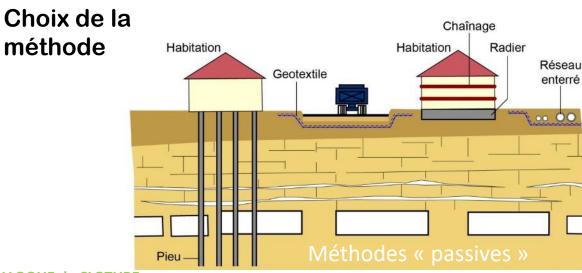




## Comment traiter une cavité?

- Diagnostic : origine et mécanisme de dégradation
- Niveau de sécurité recherché ?
  - aléas redoutés ?
  - que peut-on admettre en surface ?
- > Destination du site?
  - prévention
  - réhabilitation de la surface
  - conserver la cavité ouverte
- > Configurations du site?
  - accessibilité
  - emprise/volume à traiter
  - présence d'eau
  - • •







#### Comblement de la cavité

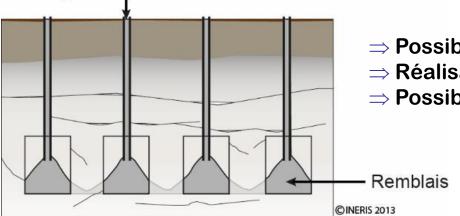
#### **RISSC**

Objectif : conforter et réduire les vides résiduels

#### Par déversement gravitaire depuis la surface :

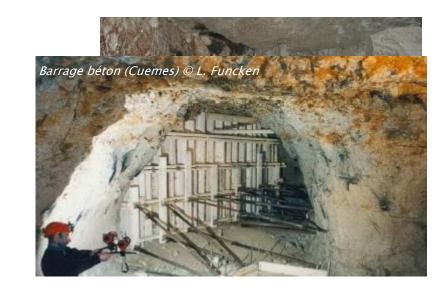
<u>Principe</u>: remplir la cavité avec un matériau grossier et inerte

Forage/Puits de déversement

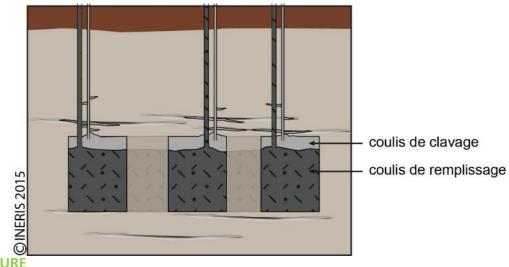


#### Par injections depuis la surface :

<u>Principe</u>: consolider des matériaux effondrés ou combler des vides par injection sous pression de produits



- ⇒ Possibilité de combler partiellement ou totalement la cavité
- ⇒ Réalisation de barrages s'il faut limiter la zone à traiter
- ⇒ Possibilité de combler sous eau





#### Comblement de la cavité

- Méthode efficace et pérenne
- Possibilité de mise en œuvre à grande profondeur, en cas de cavités inaccessibles et/ou de grandes dimensions
- Protection du bâti existant
- Méthode adaptée pour les constructions nouvelles (comblement total)







- Disponibilité d'un site accessible en surface pour forages/puits depuis la surface
- Tassements différés possibles si pas de clavage en comblement total et affaissements possibles de la surface si comblement partiel
- Fuites (notamment dans les remblais au sol des galeries)
- Nécessité de reconnaissances préliminaires développées et de contrôles rigoureux pendant et après la mise en place, volume précis difficile à estimer
- Opérations lourdes et couteuses
- Attention aux désordres sur le voisinage (pression d'injection)



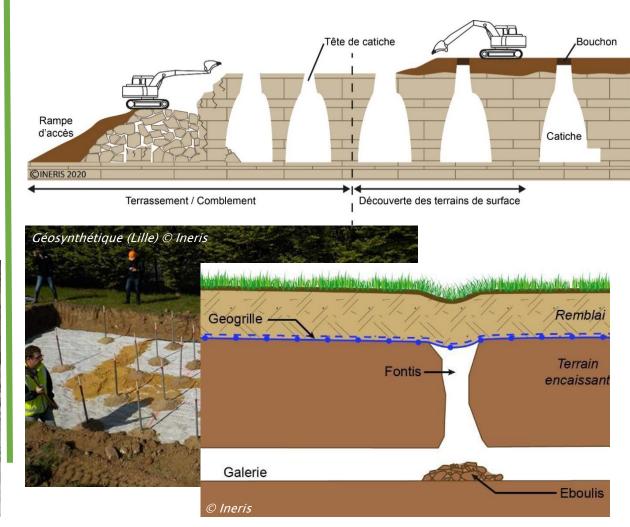
# Solutions alternatives au comblement par du béton

# RISSC en Wallonie





## en Hauts-de-France

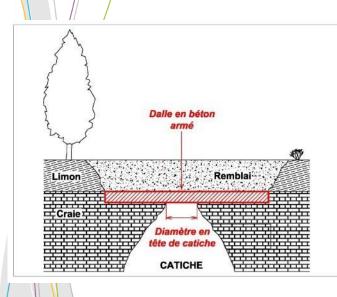




# Solutions alternatives au comblement en Wallonie et Hauts-de-France

#### RISSC

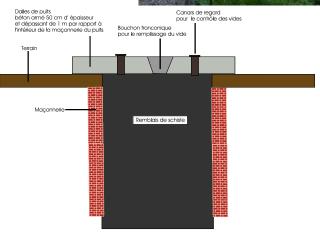
#### Notamment pour les puits ou catiches :















# Valorisation des cavités : une autre approche de la gestion du risque ?!

#### **RISSC**

## Stockage:

- ✓ Aliments (vins, fromages, champignons...)
- √ Civil ou militaire
- ✓ Archives ou données numériques
- ✓ Matières énergétiques ou ressources en eau
- ✓ Déchets : stériles d'exploitation, ménagers







## ctivités touristiques et patrimoniales :

- ✓ Musées souterrains
- ✓ Parcours découvertes
- ✓ Salles de spectacle ou d'exposition
- ✓ Parcours/activités « sportives » (escape-game)
- √ Sites à vocation pédagogique

**COLLOQUE de CLOTURE** 



# Valorisation des cavités : avantages

#### **RISSC**

#### > Favorise la stabilité de l'édifice en l'état et la surveillance des désordres :

- prise en compte de l'effondrement en masse
- suivi des désordres locaux
- validation des confortements
- suivi des travaux d'aménagement de l'espace (évolutions et/ou extensions)



#### > Autres:

- conditions de température et d'hygrométrie stables et spécifiques
- soutien d'une activité économique locale et valorisation du patrimoine
- protection de la nature (faune et flore)



Mais, la présence d'une activité en souterrain n'est pas un gage de stabilité pérenne :

- · risque d'un abandon de l'activité
- mauvais entretien, travaux d'extension mal dimensionnés





# Valorisation des cavités : recommandations

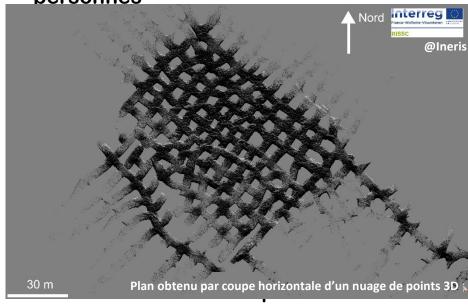
#### **RISSC**

# Sélection du site / Préparation du projet :

- ✓ s'entourer de personnes compétentes (groupe technique piloté par un chargé de mission)
- ✓ anticiper les contraintes règlementaires
- ✓ identifier les éventuels risques de confrontation entre nouvelle activité et anciens sites souterrains, en tenant compte des facteurs aggravants
- ✓ disposer d'un plan (outils de numérisations 3D) ou d'un modèle géométrique/géologique tridimensionnel
- √ établir un état géotechnique initial par un expert
- ✓ travailler l'intégration territoriale locale (environnement et société)
- ✓ définir les besoins du projet / ressources locales (notamment énergie et autres infrastructures au regard des besoins spécifiques : ventilation, pompage, éclairage...)

## **Exploitation du projet:**

✓ prévoir, anticiper et planifier les travaux de confortement pour protéger les biens et les personnes



accessibles par un public non autorisé

# Fin du projet :

- È prévoir dès la phase initiale
- ✓ permettre une autre valorisation ultérieure



#### **RISSC**

AVEC LE SOUTIEN DU FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL



# RISSC

## Merci de votre attention





Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement





maîtriser le risque pour un développement durable











