

MÉTHODES DE DÉTECTION ET DE CARACTÉRISATION DE L'ALTÉRATION DES ROCHES CALCAIRES

Frédéric COLLIN, ULiège

Simon DELVOIE, SPW



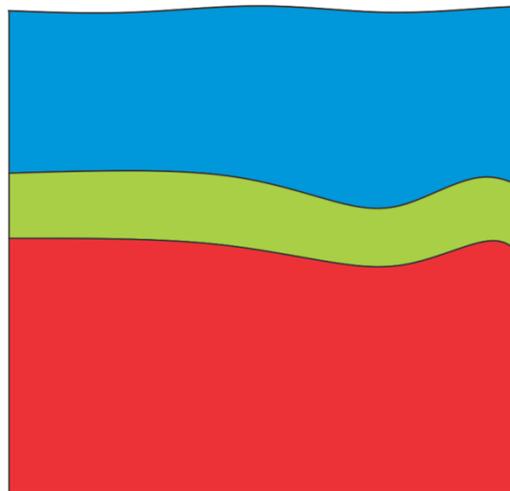
 **Wallonie**
mobilité infrastructures
SPW

 **LIÈGE**
université

Contexte karstique

La karstification des roches calcaires résulte d'un processus lent

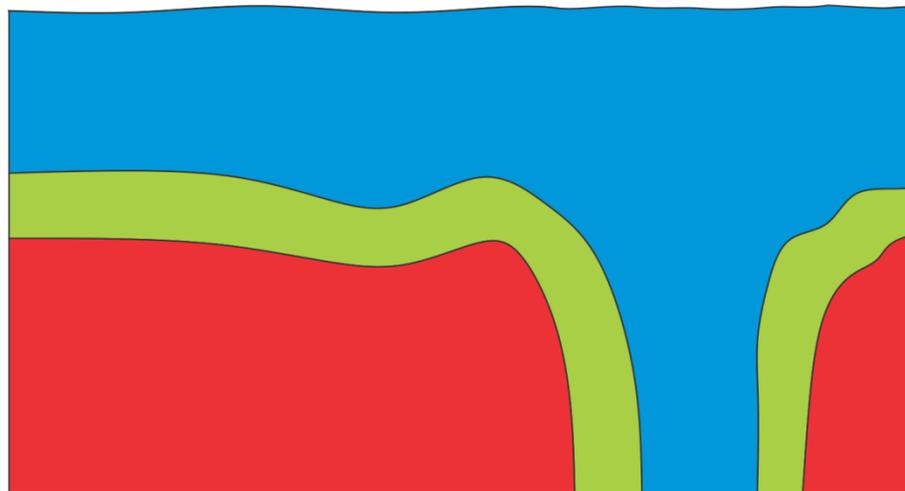
-  Couche meuble
-  Roche altérée
-  Roche saine



Contexte karstique

La karstification des roches calcaires résulte d'un processus lent

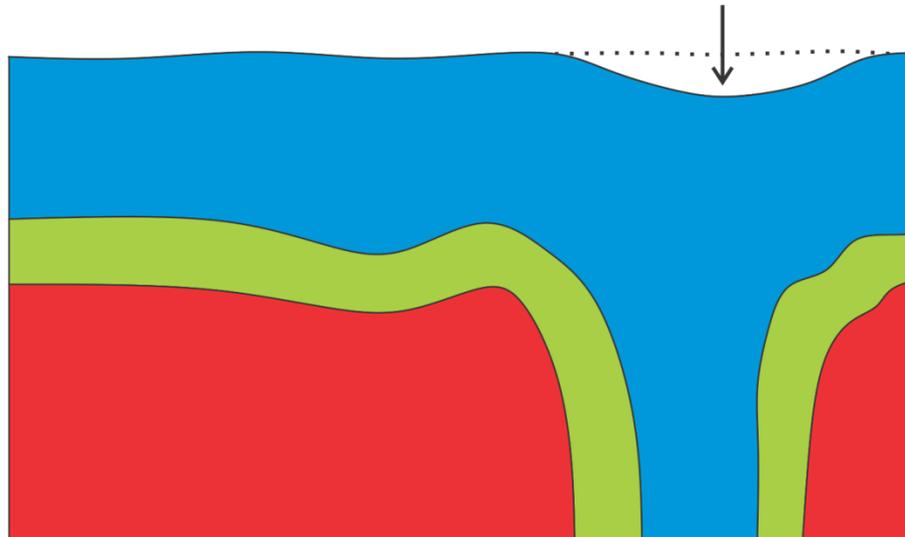
-  Couche meuble
-  Roche altérée
-  Roche saine



Contexte karstique

La karstification des roches calcaires résulte d'un processus lent

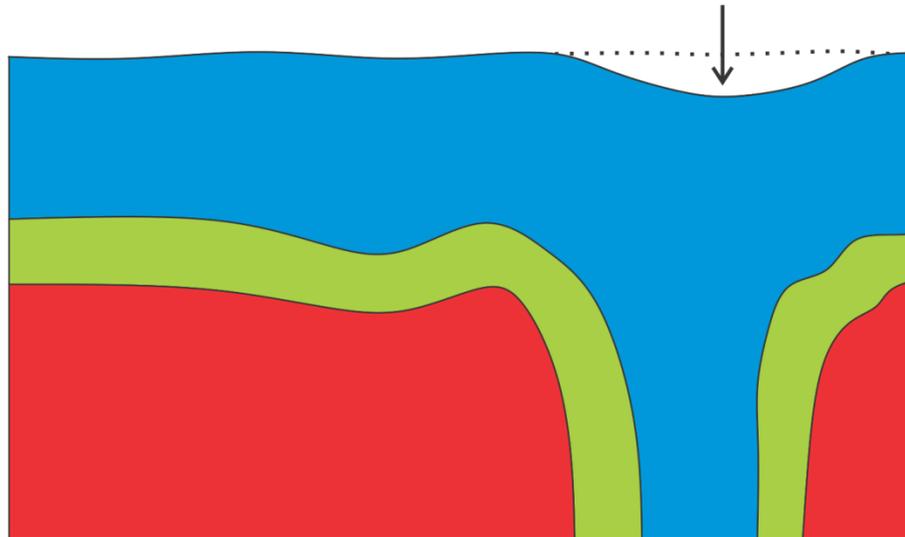
-  Couche meuble
-  Roche altérée
-  Roche saine



Contexte karstique

La karstification des roches calcaires résulte d'un processus lent mais qui peut s'accélérer localement

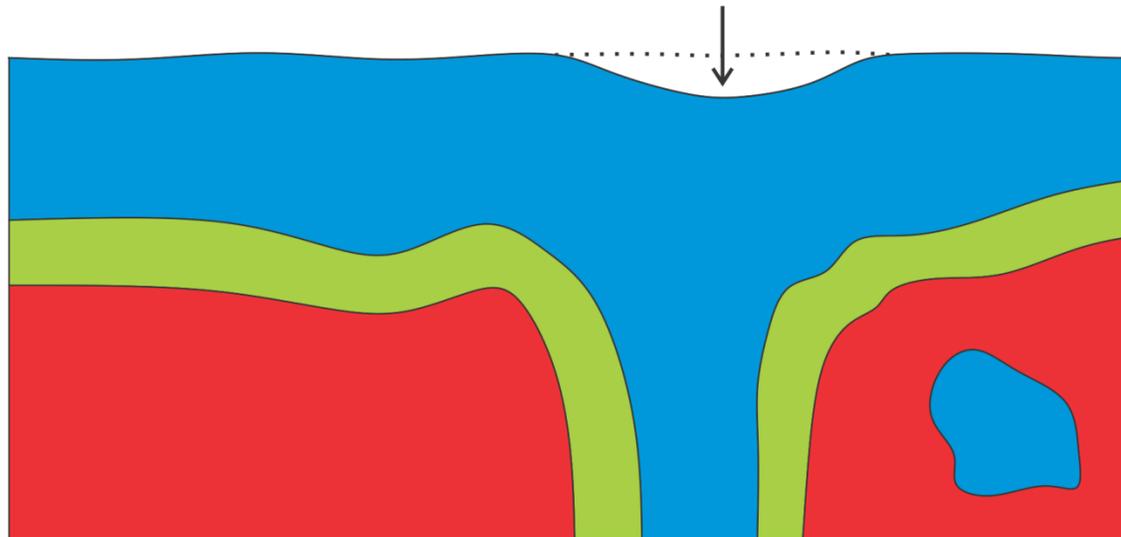
-  Couche meuble
-  Roche altérée
-  Roche saine



Contexte karstique

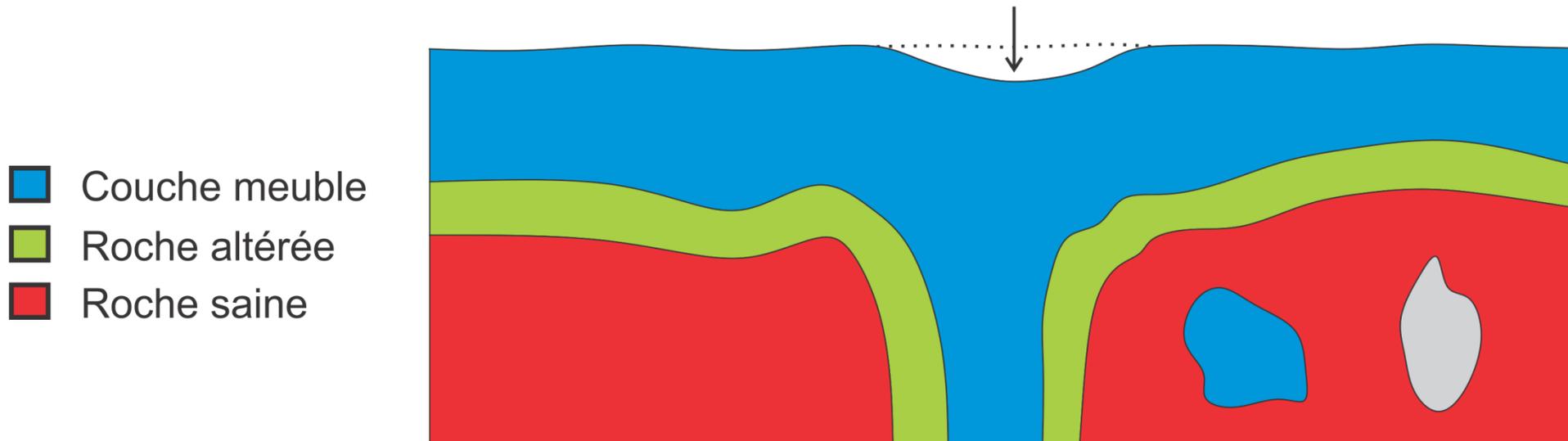
La karstification des roches calcaires résulte d'un processus lent mais qui peut s'accélérer localement

-  Couche meuble
-  Roche altérée
-  Roche saine



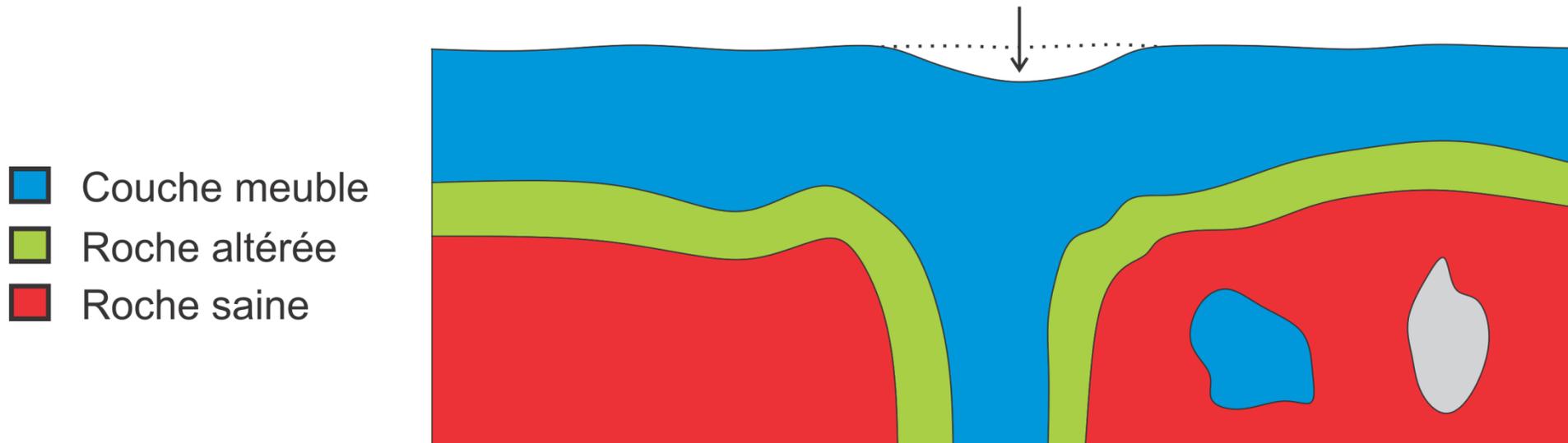
Contexte karstique

La karstification des roches calcaires résulte d'un processus lent mais qui peut s'accélérer localement



Contexte karstique

La karstification des roches calcaires résulte d'un processus lent mais qui peut s'accélérer localement

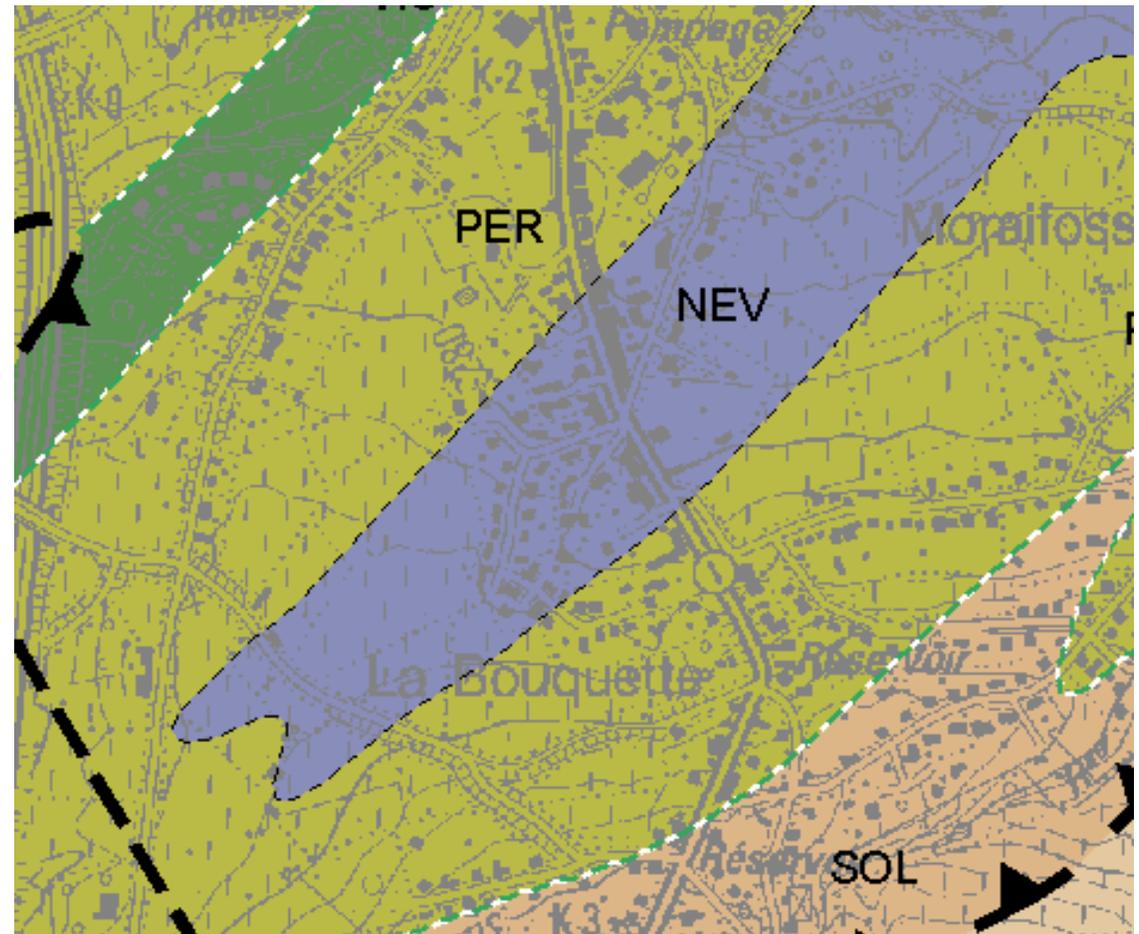


Hétérogénéité spatiale (Horizontalement et verticalement)

Besoin d'une investigation appropriée (étude géotechnique approfondie)

Recherche des informations disponibles

- Cartes géologiques



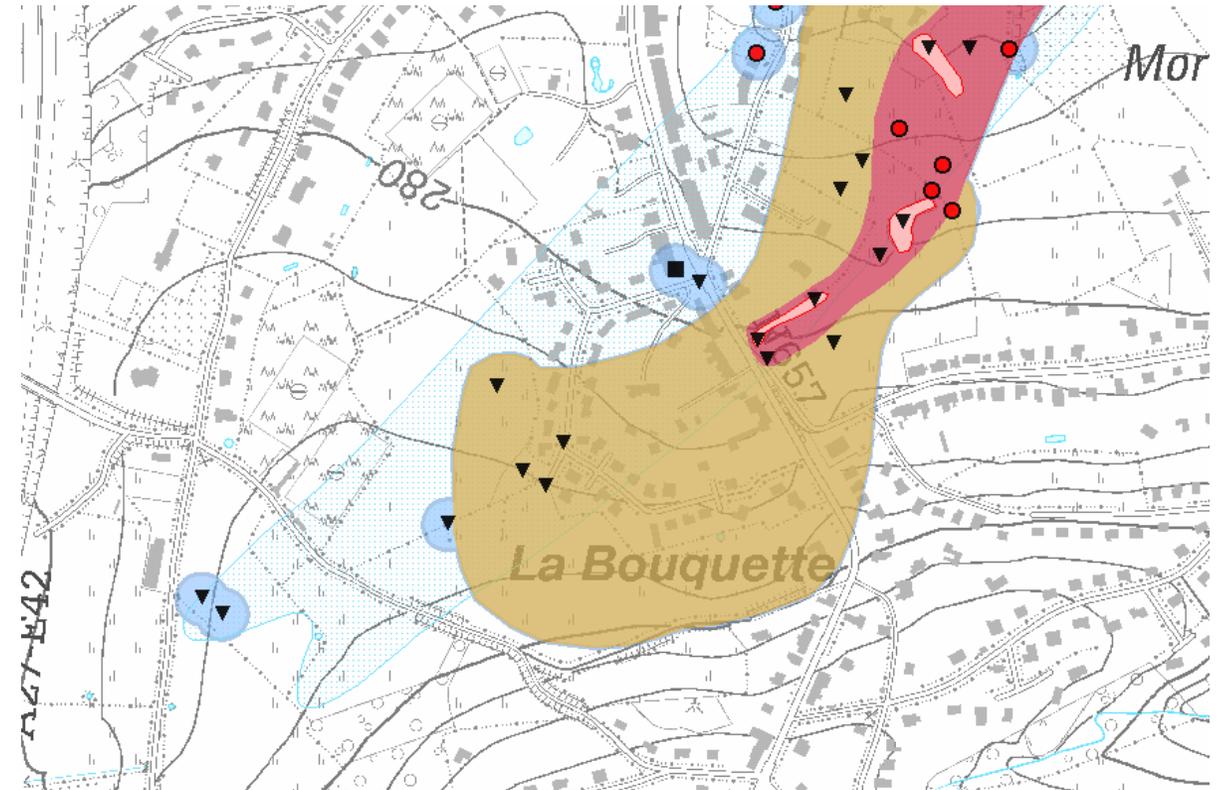
Formation de Névremont :
calcaires fins, gris clair, laminaires à la base, puis calcaires organoclastiques.



Formation de Pépinster :
schistes (shales et siltites) bordeaux, grès verts, grès kaolineux blancs, graveleux et conglomératiques.
A l'ouest de Fraipont, développement d'une barre quartzitique décamétrique dans la partie sommitale.

Recherche des informations disponibles

- Cartes géologiques
- Carte des thématiques du sous-sol
Portail SIG de la DGATLPE



Sites karstiques

Type de phénomène

- 🏠 Abri-sous-roche
- 👤 Cavité
- ▼ Doline-Dépression
- ⬇️ Dépression paléokarstique
- Perte-Chantoir
- 🏠 Puits houiller
- 🏠 Puits naturel
- Résurgence-Exsurgence
- Divers

Zones de consultation en liaison

- 🟦 avec les carrières souterraines
- 🟦 avec les phénomènes karstiques
- 🟦 avec les gisements et puits de mine
- 🟦 avec les minières de fer

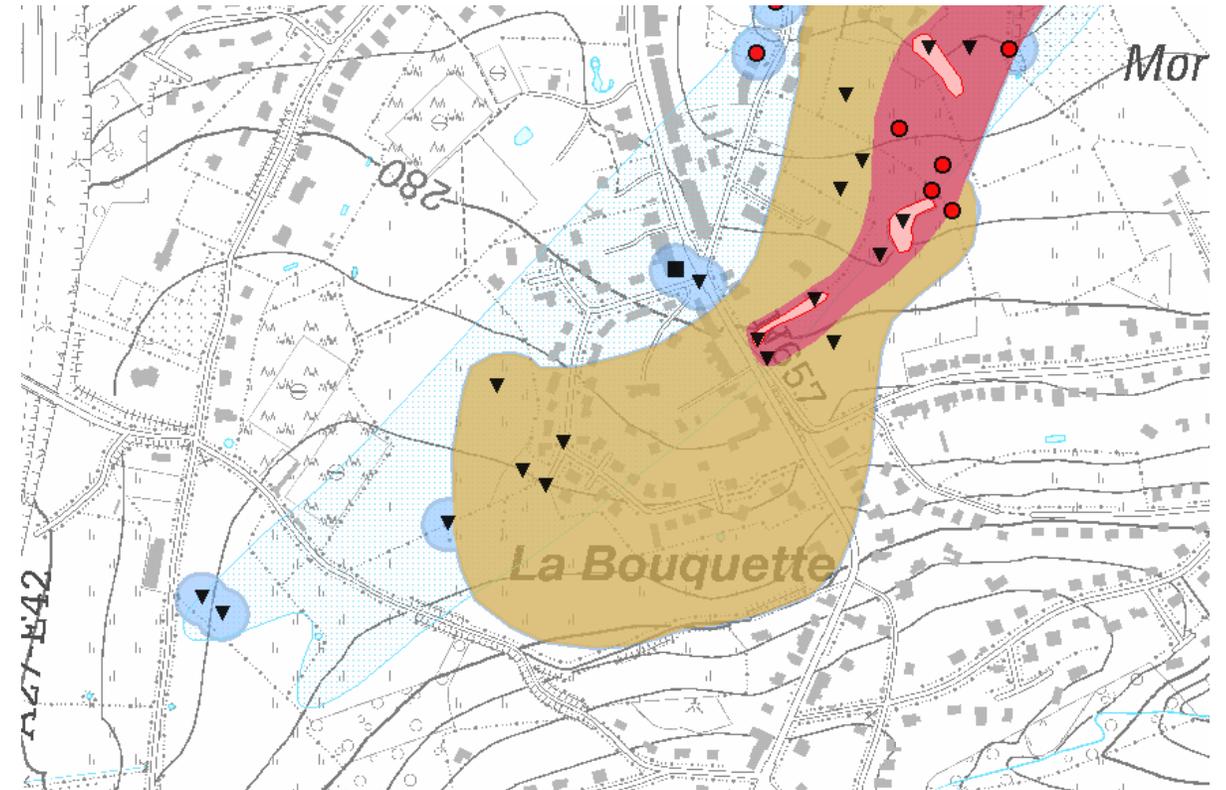
Périmètres de contraintes karstiques

Niveau de contrainte

- 🟡 contrainte faible
- 🟠 contrainte modérée
- 🔴 contrainte forte

Recherche des informations disponibles

- Cartes géologiques
- Carte des thématiques du sous-sol
Portail SIG de la DGATLPE
- Visite sur le terrain (doline, chantoir)



Sites karstiques	
Type de phénomène	
	<i>Abris-sous-roche</i>
	<i>Cavité</i>
	<i>Doline-Dépansion</i>
	<i>Dépression paléokarstique</i>
	<i>Perte-Chantoir</i>
	<i>Puits houiller</i>
	<i>Puits naturel</i>
	<i>Résurgence-Exurgence</i>
	<i>Divers</i>

Zones de consultation en liaison	
	avec les carrières souterraines
	avec les phénomènes karstiques
	avec les gisements et puits de mine
	avec les minières de fer

Périmètres de contraintes karstiques	
Niveau de contrainte	
	contrainte faible
	contrainte modérée
	contrainte forte

Méthodes de détection – Investigation géotechnique

Méthodes de détection – Investigation géotechnique

- Essais de pénétration



Caractérisation des couches meubles

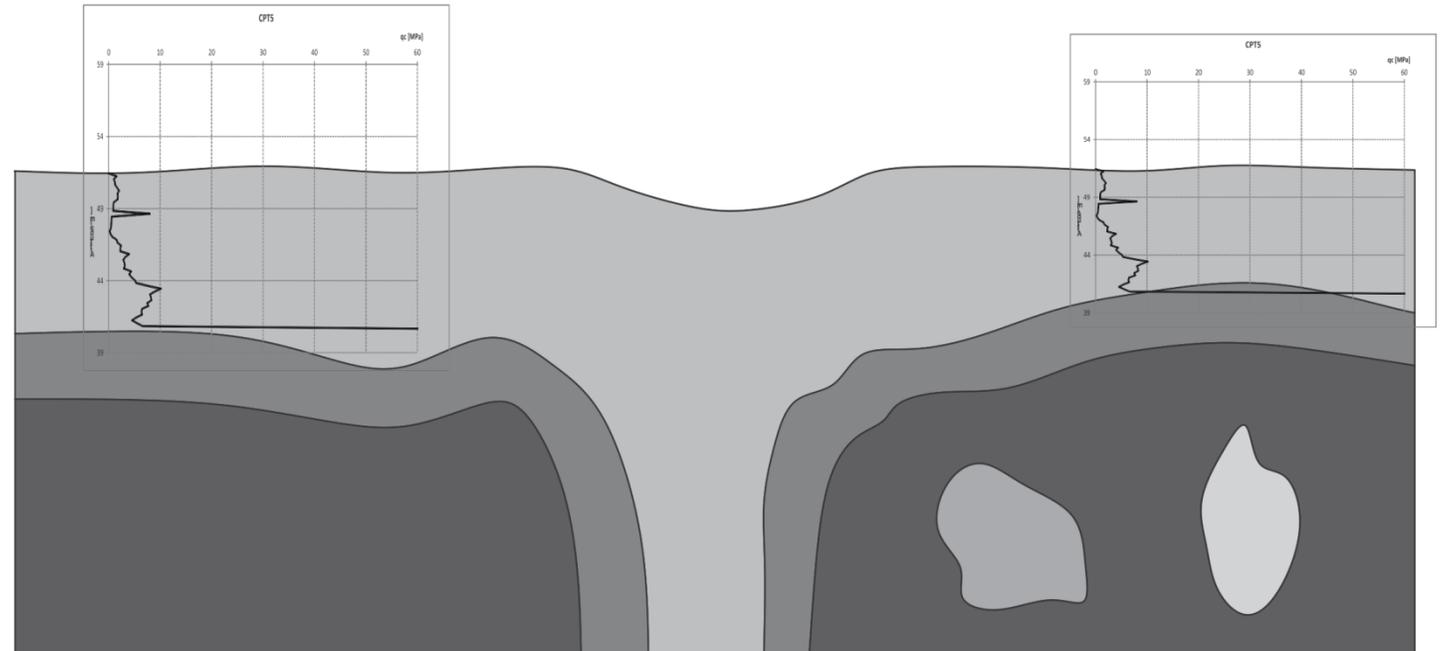
Niveau bedrock altéré

Essai par nature ponctuel



Pas de détection de cavité

Pas d'information sur l'état de la roche



Méthodes de détection – Investigation géotechnique

- Forage diagraphique



Caractérisation du BD altéré/sain

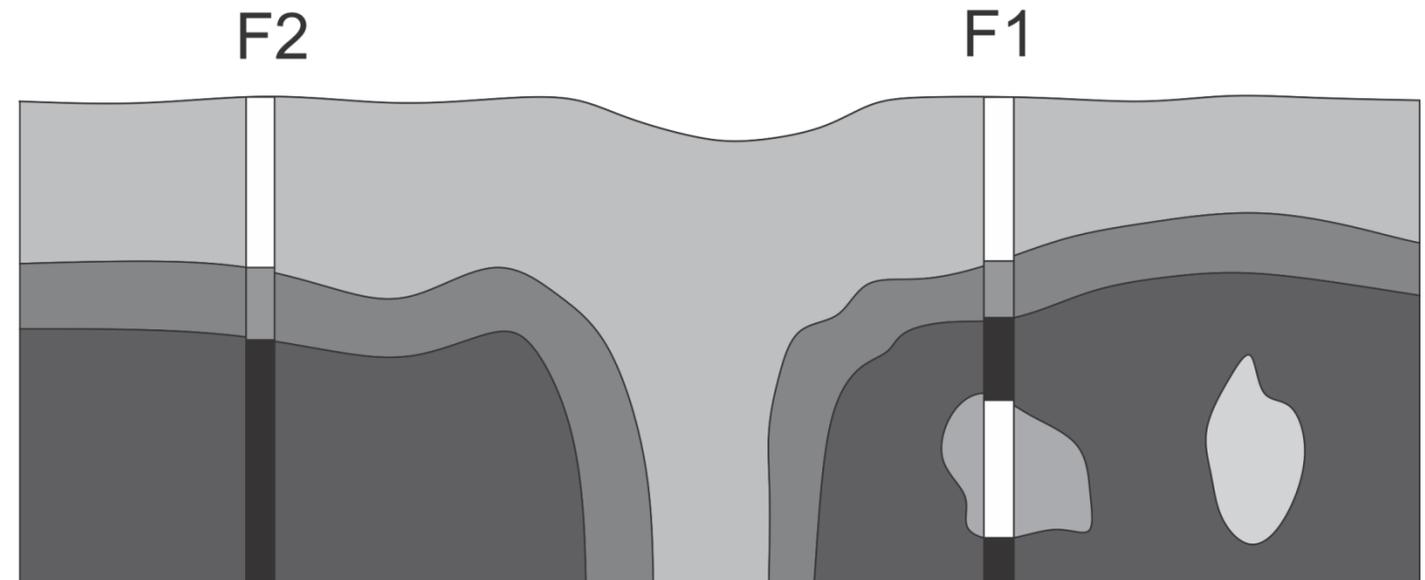
Possibilité détection cavité

Essai par nature ponctuel



Peu d'information sur le terrain meuble

Conditions de forage compliquées



- Roche saine ou peu fracturée
- Roche moyennement à fortement fracturée
- Roche broyée, nombreux remplissages argileux

Méthodes de détection – Investigation géophysique

Méthodes de détection – Investigation géophysique

- Tomographie électrique: mise en évidence des contrastes de résistivité

Vision 2D/3D le long de plans



Contraste roche saine/roche altérée

Contraste cavité (remplie eau/sédiment) / roche saine

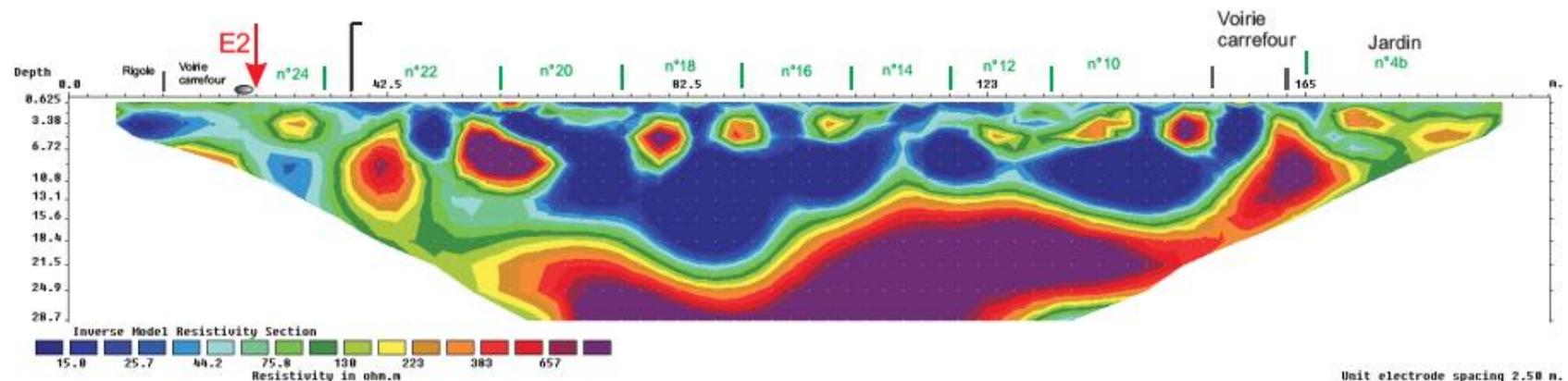
Contraste cavité (vide) / roche saine peu visible

Pas d'information sur les propriétés mécaniques



Transition des couches pas toujours évidente

Emprise importante en zone urbanisée



Méthodes de détection – Investigation géophysique

- Sismique: mise en évidence des contrastes de vitesses de propagation

Vision 2D/3D le long de plans



Contraste roche saine/roche altérée

Contraste roche altérée/couche meuble

Contraste cavité (vide ou remplie) / roche saine pas toujours visible



Présence de blocs rocheux dans couche meuble pas toujours visible

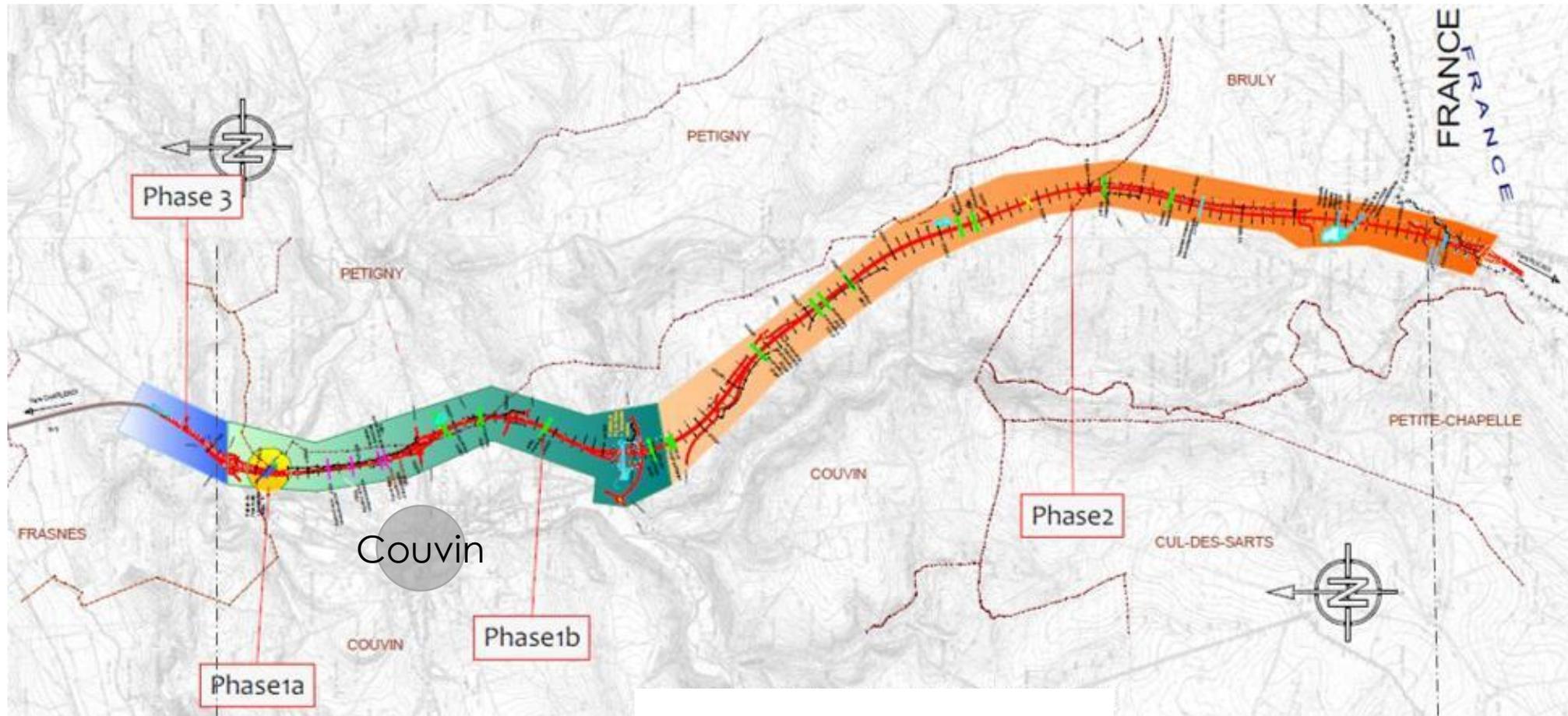
Emprise au sol et source d'énergie pour générer les ondes

Méthodes de détection – Investigation approfondie

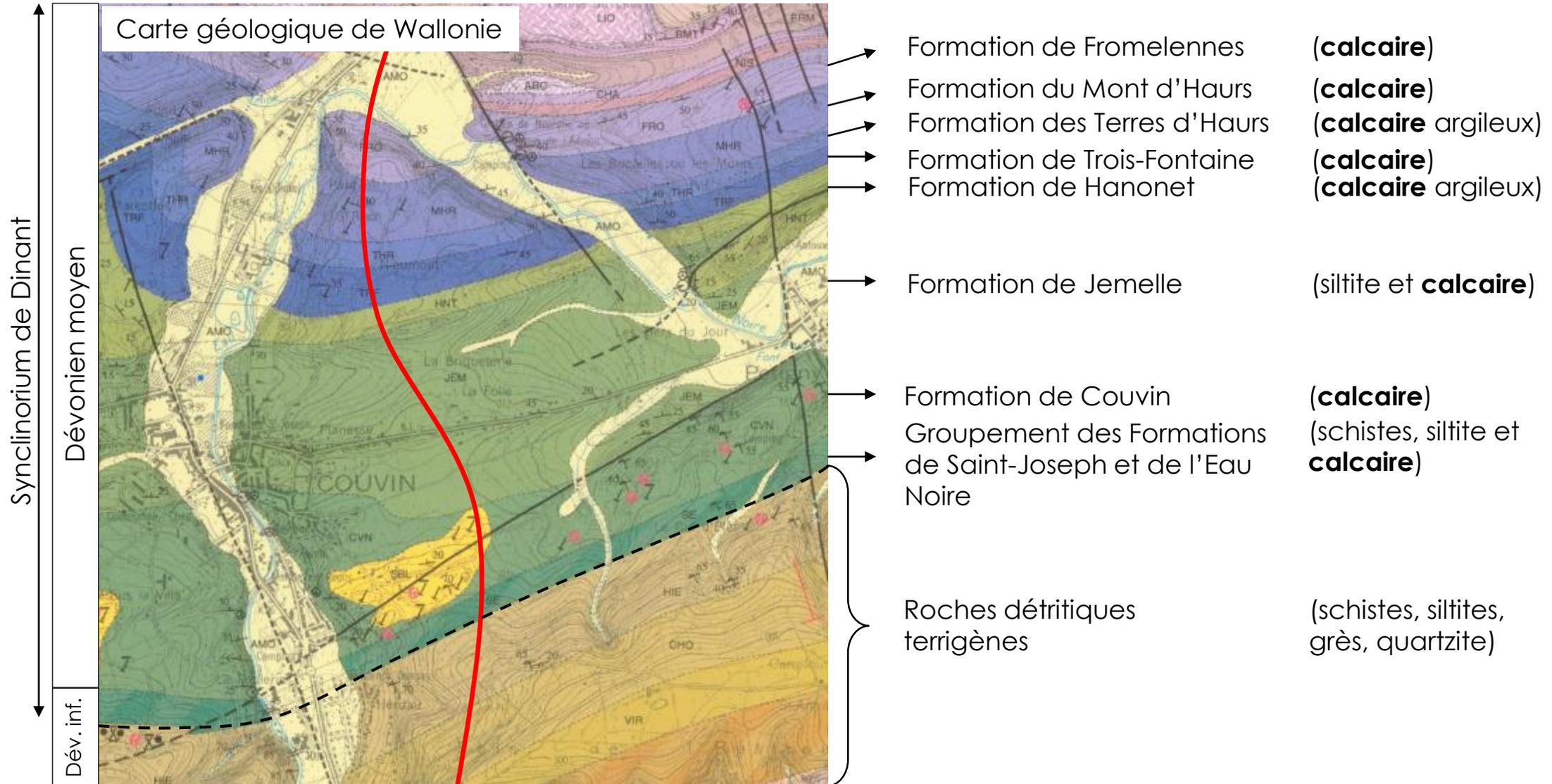
- Un site en contexte karstique présente à priori une forte hétérogénéité
- Une investigation approfondie permet d'éviter de nombreux problèmes en cours de chantier
- Cette investigation doit combiner des méthodes géotechniques et géophysiques
- Un suivi en cours de chantier peut s'avérer utile.

Le contournement de Couvin

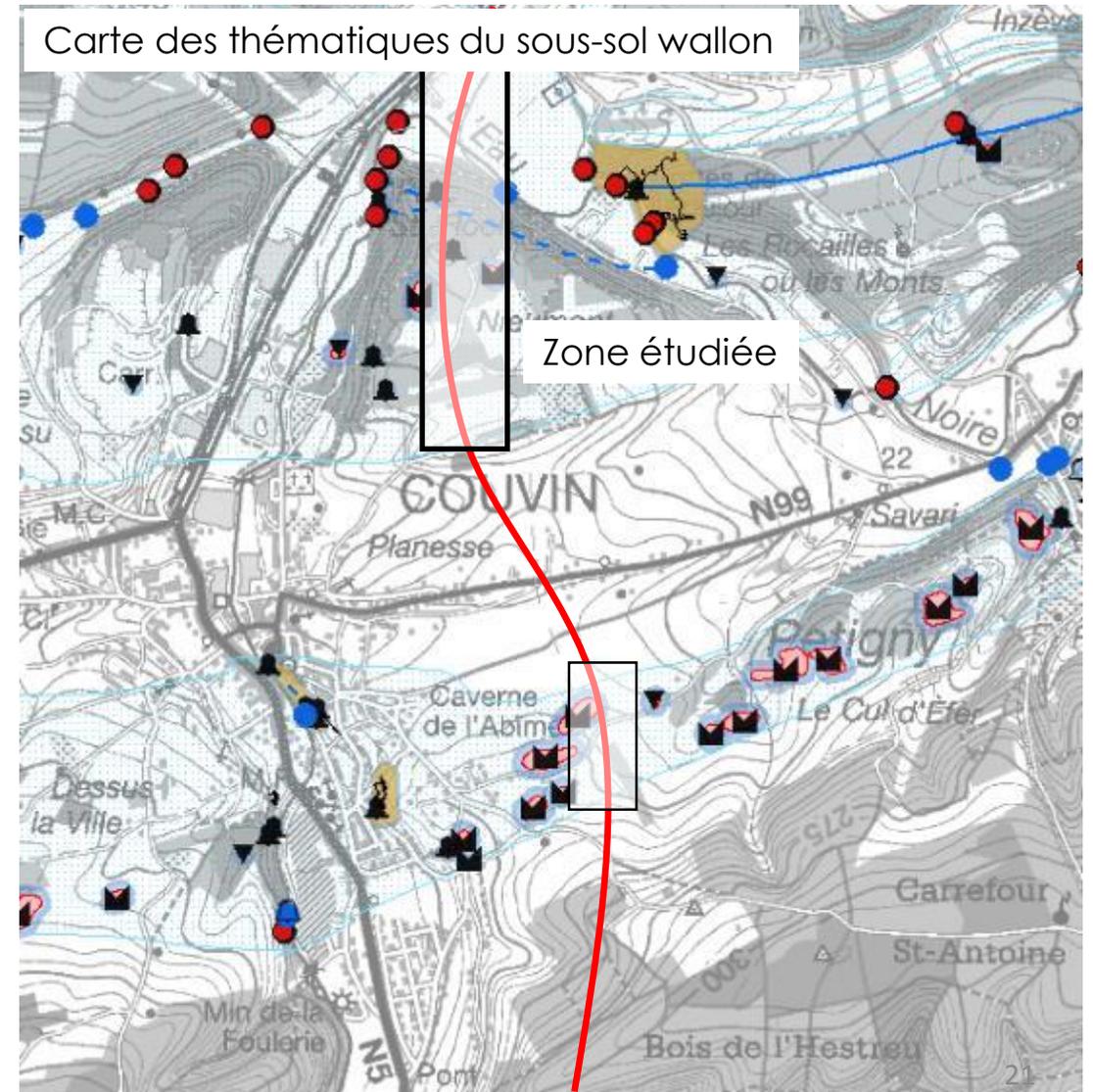
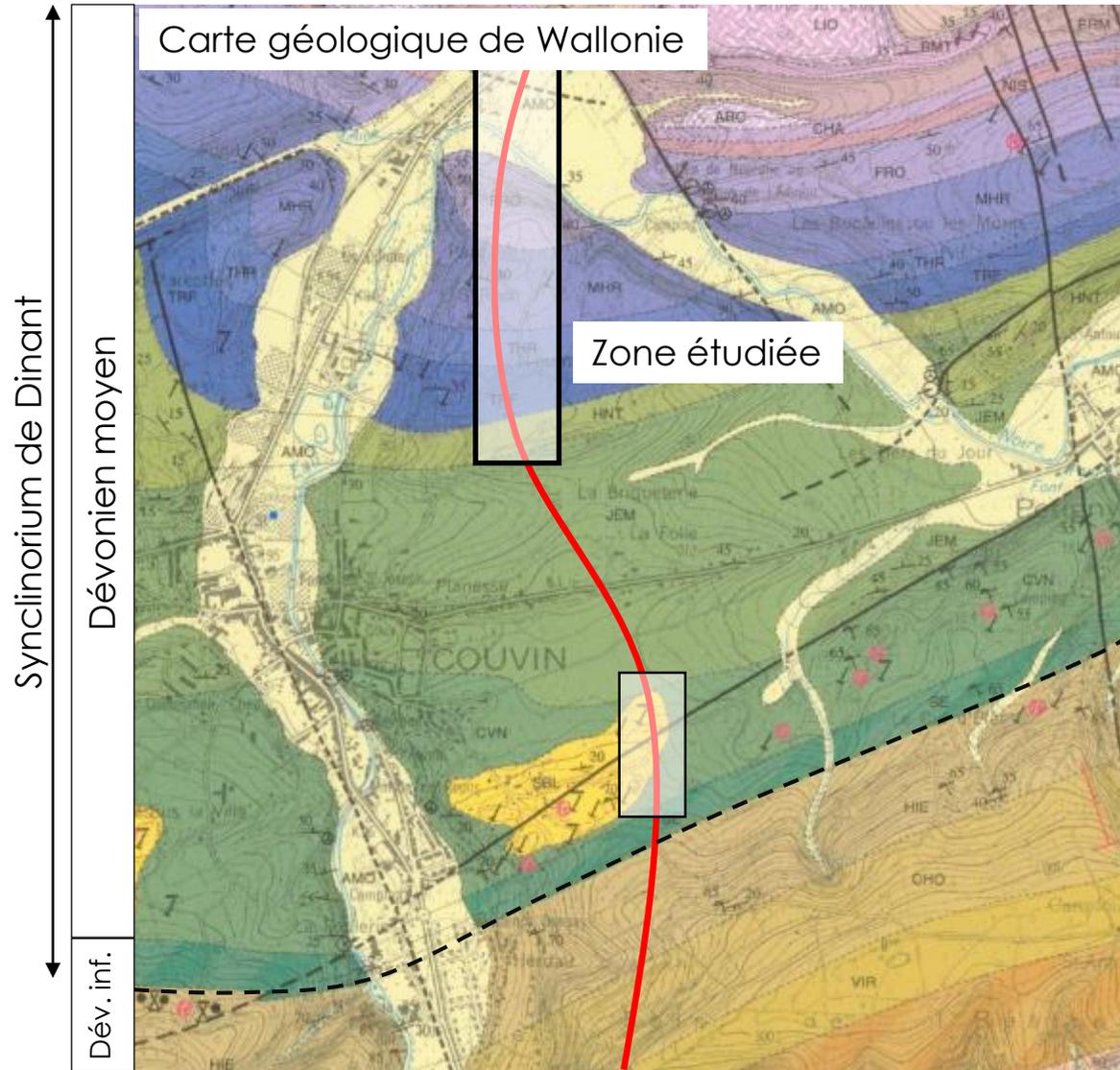
Axe autoroutier de près de 14 km de long



Nombreuses formations carbonatées recoupées



Nombreux édifices karstiques à proximité



Découverte d'une cavité en phase de chantier

Le tronçon autoroutier est en déblais.

Le terrassement est réalisé par minage.

Minage



Effondrement des déblais dans une cavité karstique



La zone continue à s'affaisser

Une fois le fond de coffre de l'autoroute atteint, une zone de 40 m² continue à s'affaisser.



Que faire?

Un pontage de la zone au moyen d'une dalle est proposé.

→ Quels appuis?

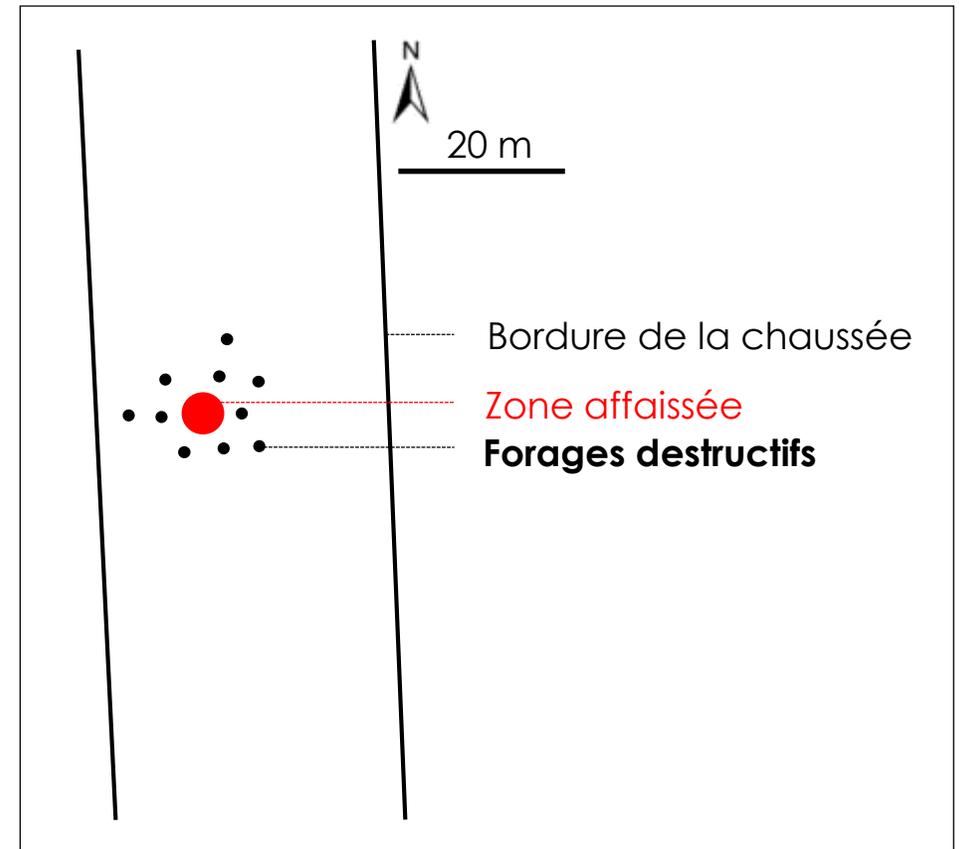
Première solution : dalle sur pieux.

→ Report des charges au droit des appuis, en profondeur dans le terrain.

→ Réalisation de **forages destructifs diagraphiques**.

Objectif :

S'assurer de la présence de roche saine en profondeur

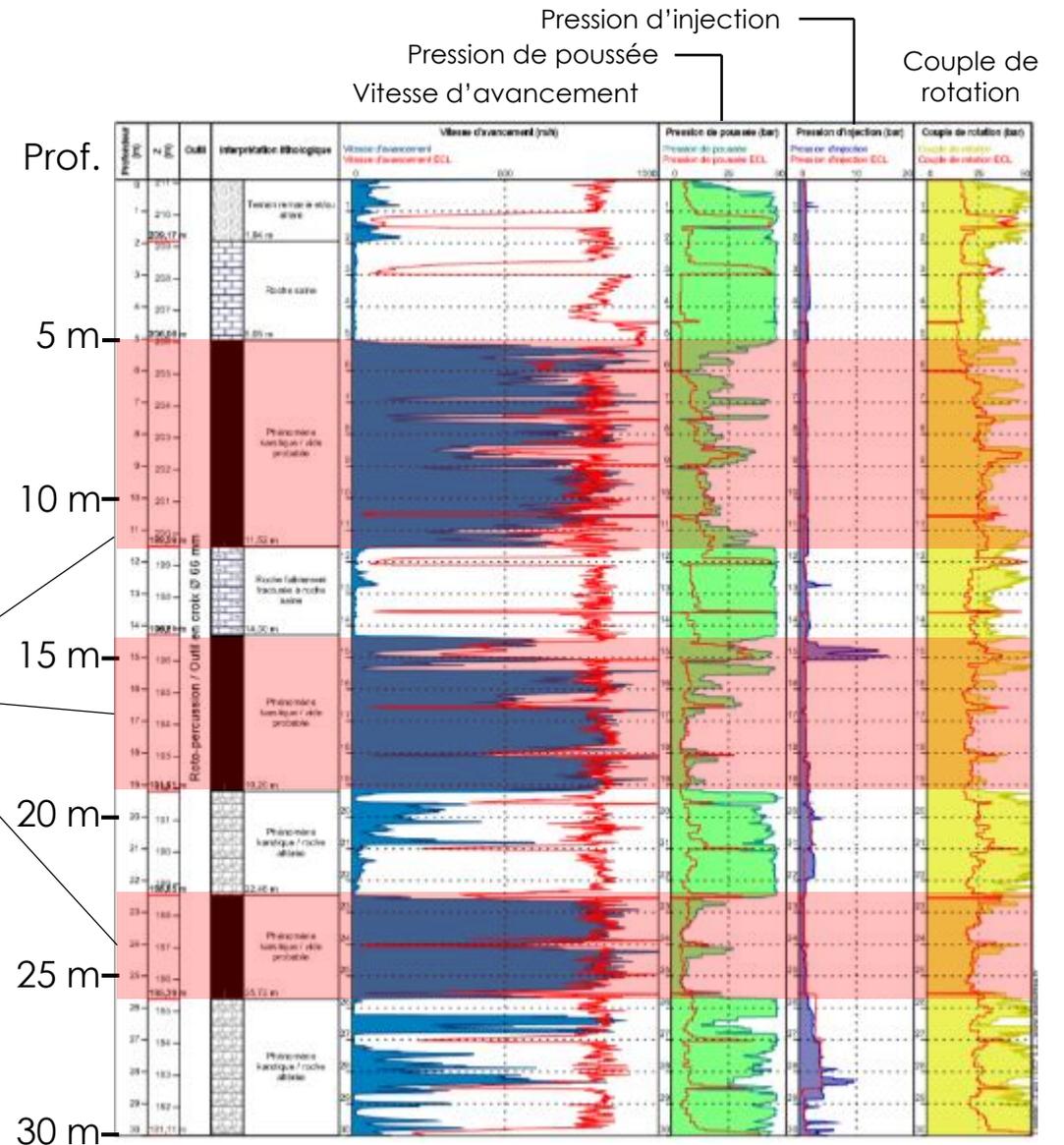


Évidences de la présence de vides en profondeur

Résultats des forages diagraphiques :

- Des vides sont détectés jusqu'à des profondeurs supérieures à 25 m.
- Milieu très hétérogène.
- Roches en trop mauvais état pour recevoir une charge ponctuelle.

Vitesse d'avancement élevée et pression de poussée faible
→ **Roches déconsolidées et/ou sédiments meubles**



Que faire?

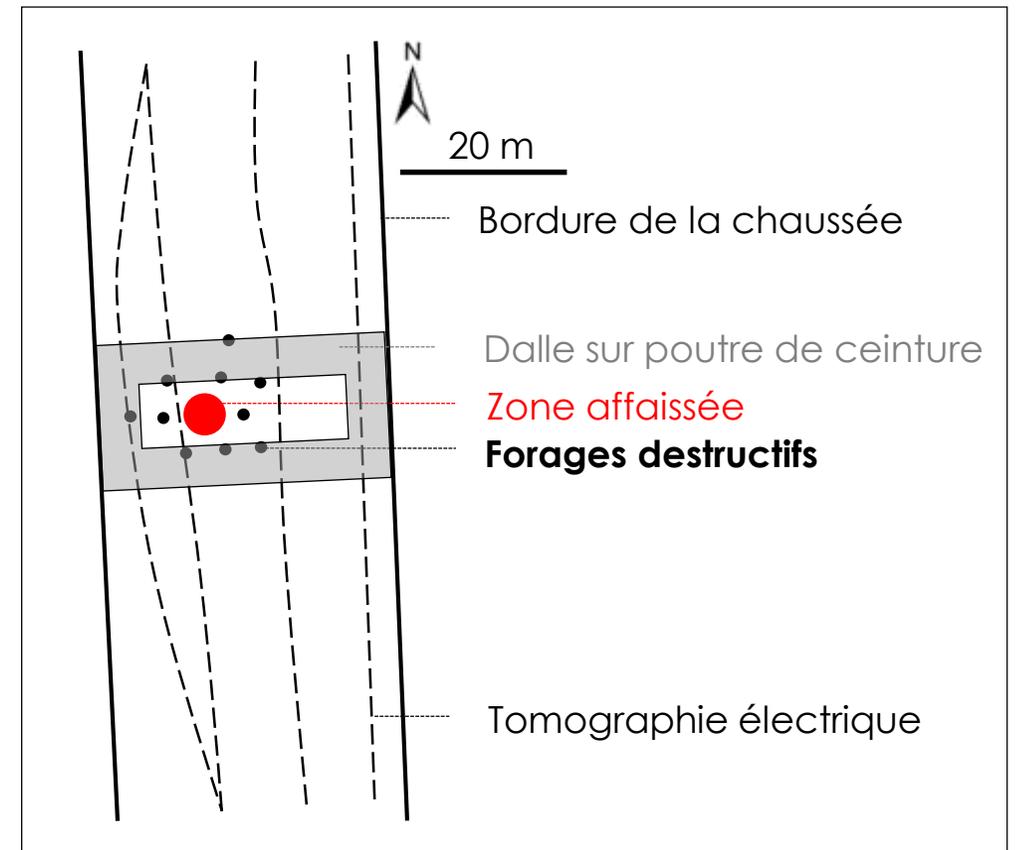
Deuxième solution : dalle sur poutre de ceinture.

- Report des charges en surface, autour de la zone affaissée.
- Prise en compte de l'hétérogénéité du terrain de façon continue (2D).
- Réalisation de **tomographies électriques**.

Objectif :

Cartographier les zones de résistivités électriques élevées (roches) et

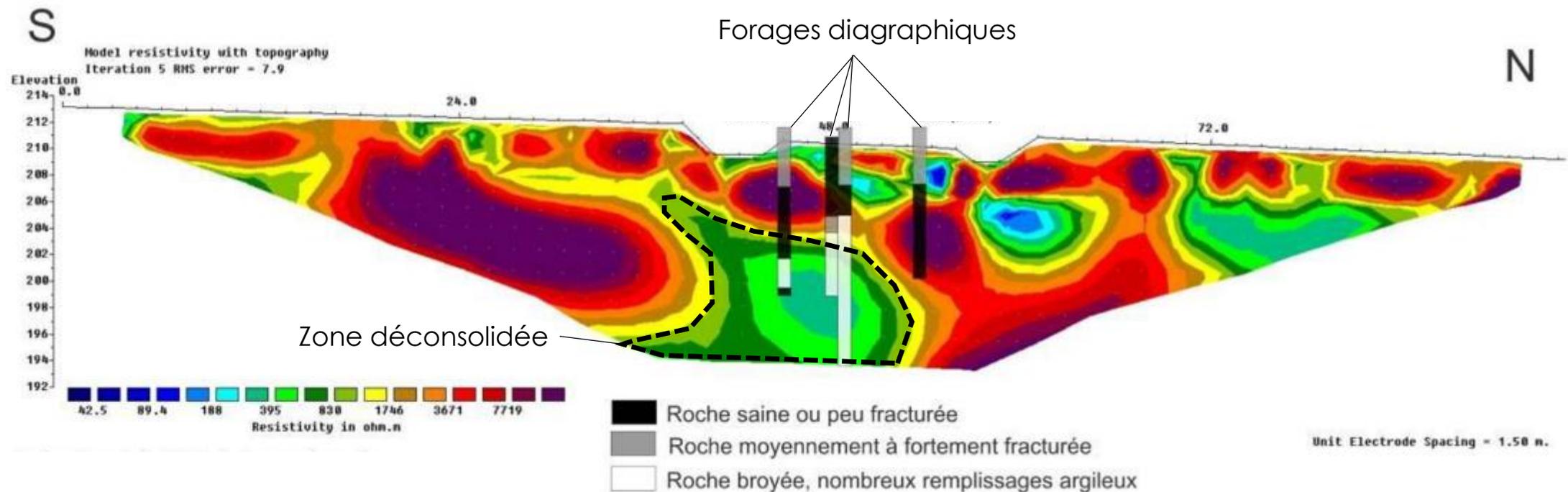
les zones de résistivités électriques faibles (poches déconsolidées et/ou meubles)



Corrélation avec les forages diagraphiques

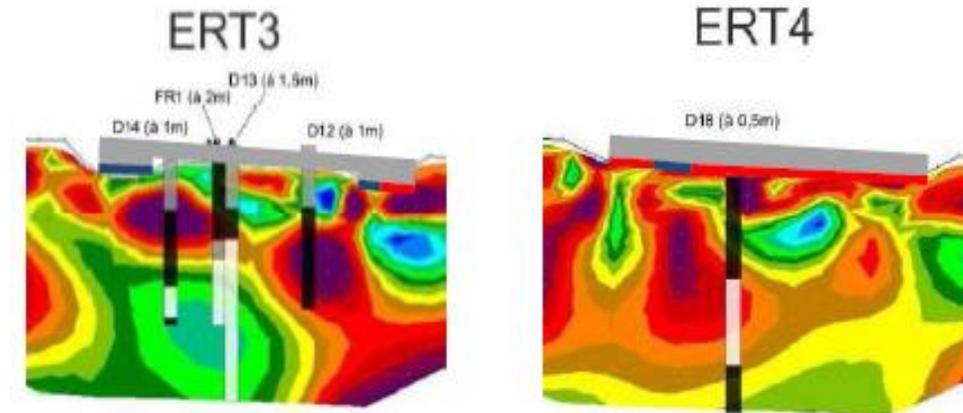
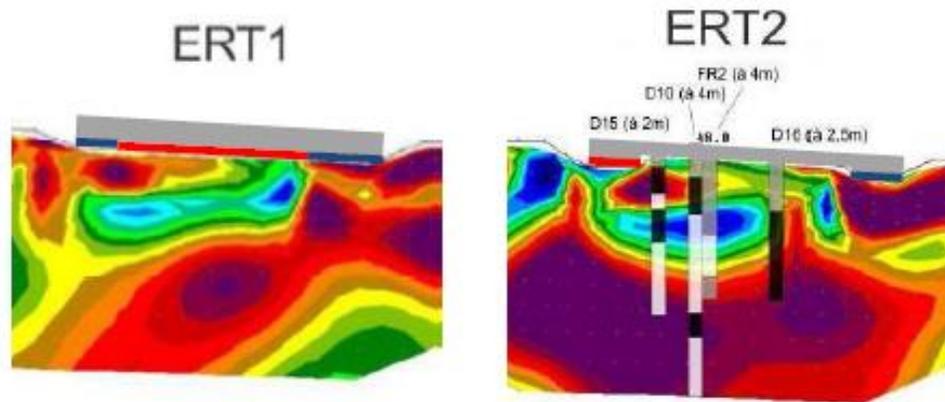
→ Information sur l'hétérogénéité du terrain.

→ Identification de la zone déconsolidée sous la dalle.



Identification des zones portantes

Août 2014

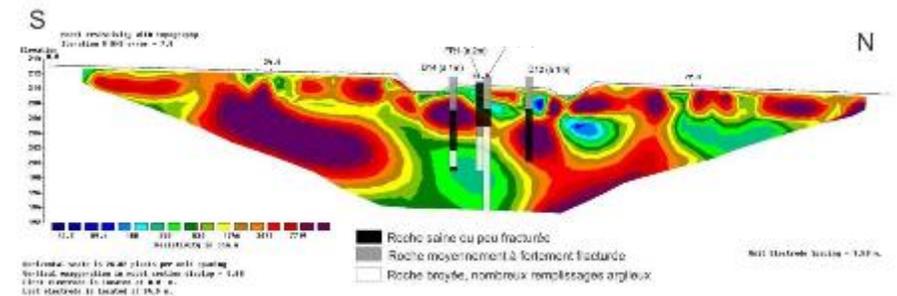


Février 2017



Conclusions

- Particularité du milieu karstique :
 - Hétérogénéité importante
 - Présence de zones déconsolidées sous une zone saine
- Complémentarité entre les essais :
 - Essais de pénétration statique (CPT)
 - Forages (carottés ou destructifs)
 - Tomographies électriques



Nous vous remercions pour votre attention