


Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

**ALEAS GEOLOGIQUES EN WALLONIE**  
**LE KARST : QU'EST-CE QUE C'EST?**

	<p><b>GEENINCKX SARAH</b> Attachée – Géologue DGO1-61 Direction de la Géotechnique Rue Côte d'Or 253 à 4000 LIEGE Tél. : 04/231.64.55 Fax : 04/231.64.64 Email : sarah.geeninckx@spw.wallonie.be</p>
---	--

Résumé

1. LE KARST ?


Ce mot d'origine Slovène (ville de KRAS), désigne un ensemble de reliefs, **superficiels** et **souterrains**, façonnés par l'eau dans des roches solubles. En Wallonie, l'érosion karstique affecte les calcaires, les dolomies et les craies.

Dans les karsts, l'érosion des roches par l'eau se fait essentiellement par dissolution.

L'équation bilan des réactions chimiques responsables de la dissolution des carbonates :



Plusieurs facteurs sont nécessaires pour conduire à la karstification d'une roche :

- la présence d'eau, son abondance, sa concentration en  $\text{CO}_2$  ;
- la nature de la roche, son degré d'altération et de fracturation ;
- le gradient hydraulique (différence d'altitude entre les points d'entrée et de sortie de l'eau dans le système) est le moteur des circulations souterraines ;
- le climat ;
- le temps  .

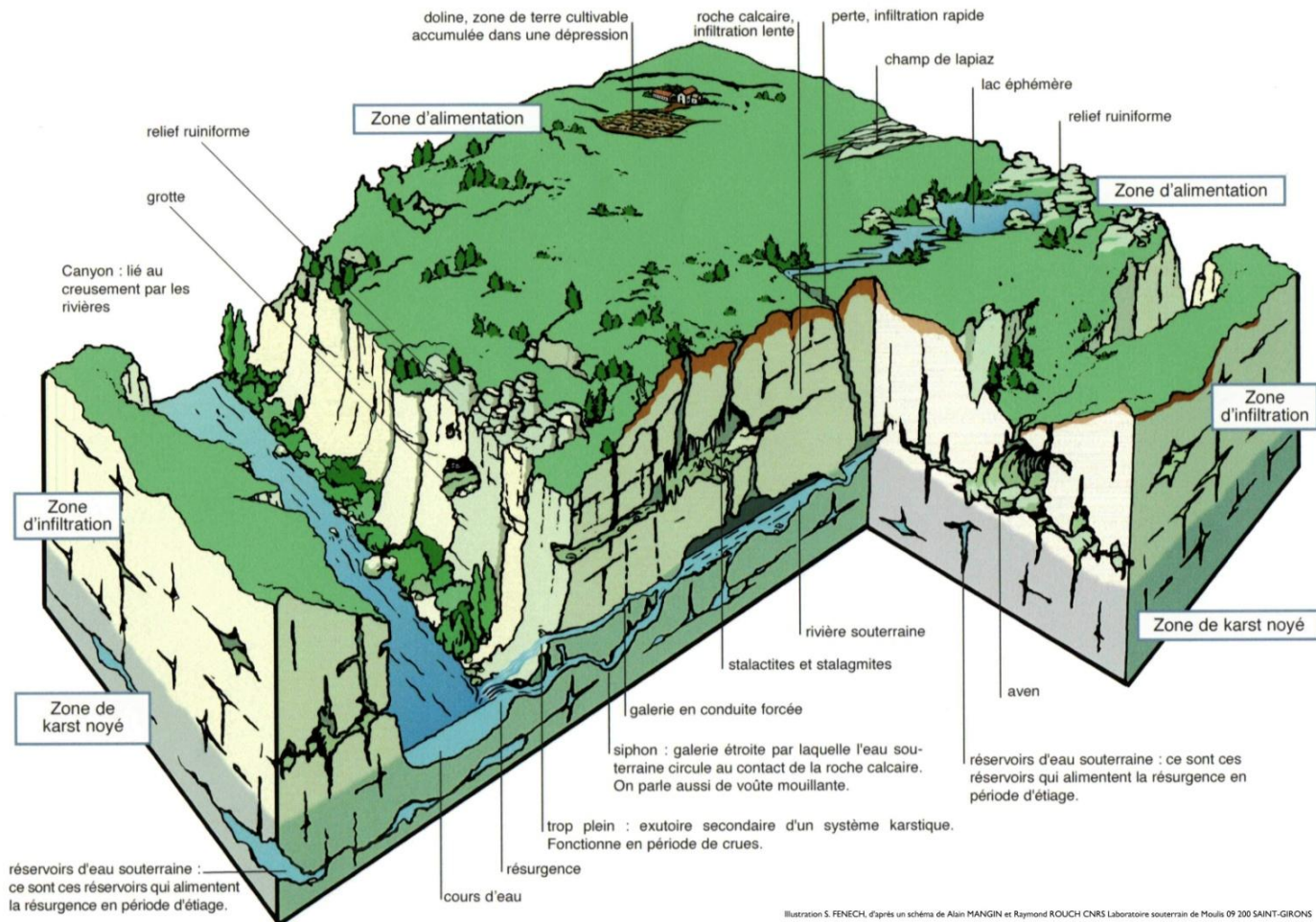
L'érosion karstique est un **phénomène continu**. Ce que nous observons aujourd'hui a déjà une longue histoire et évoluera dans le futur.

La Figure ci-dessous, illustre de façon schématique les principales structures qui peuvent être présentes dans une région karstique.

## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

On y notera principalement :

- un relief irrégulier ;
- la présence de cavités depuis la surface jusqu'en profondeur ;
- un réseau hydrographique essentiellement souterrain ;
- une zone d'infiltration ;
- une zone noyée.



### Schéma théorique d'une région karstique.

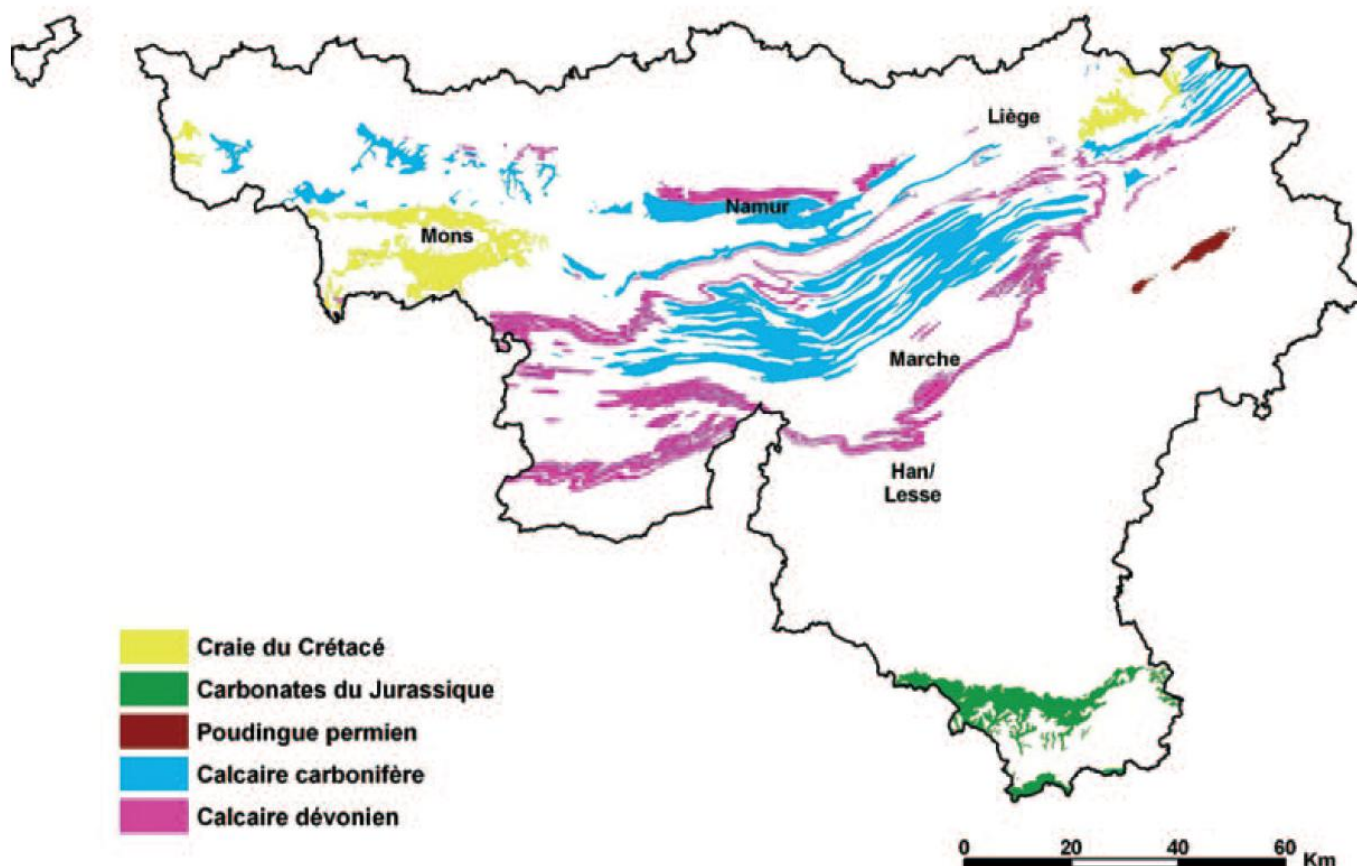
Les structures karstiques portent divers noms suivant les régions ou les pays :

Grotte - Gouffre - Doline - Fontis - Chantoir - Perte - Adugeoir - Résurgence - Cause - Lapiez - Ouvala - Poljé - ...

## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

### 2. EN WALLONIE

En Wallonie, ~1/3 du sous-sol est constitué de roches carbonatées (calcaires, dolomies, craies, marnes), et est fortement ou modérément affecté par du karst. Les roches carbonatées affectées de phénomènes karstiques sont représentées sur la figure ci-dessous.



*Les roches potentiellement karstifiées en Wallonie (K. EK).*

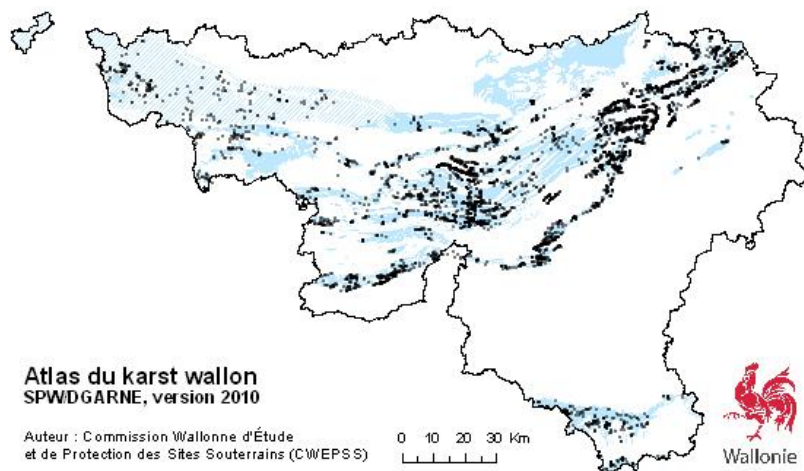
Sur 262 communes, 153 (58%) sont concernées par la présence de phénomènes karstiques sur leur territoire.

La majorité des cavités sont datées de la fin du Tertiaire (+/- 5 millions d'années) et du Quaternaire (+/- 1,75 à aujourd'hui). Cependant, certaines sont bien plus anciennes et datent, entre autres du Jurasique (+/- 175 millions d'années) et du Viséen (+/- 300 millions d'années).



## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

Un total de 6250 phénomènes karstiques (2011) ont été recensés et sont figurés (points noirs) sur la carte ci-dessous.



### *Les roches carbonatées en Wallonie et localisation des phénomènes karstiques.*

### 3. OU CHERCHER DES INFORMATIONS ?

Les principales sources d'informations utiles dans la localisation de phénomènes karstiques sont les **cartes géologiques** et **l'atlas du karst**.

Elles son disponibles sous la forme de webgis ou de cartes consultables ou téléchargeables sur le site de **WalOnMap** ou sur le site du **Service Géologique de Wallonie**.



<http://geoportail.wallonie.be>



<http://geologie.wallonie.be>

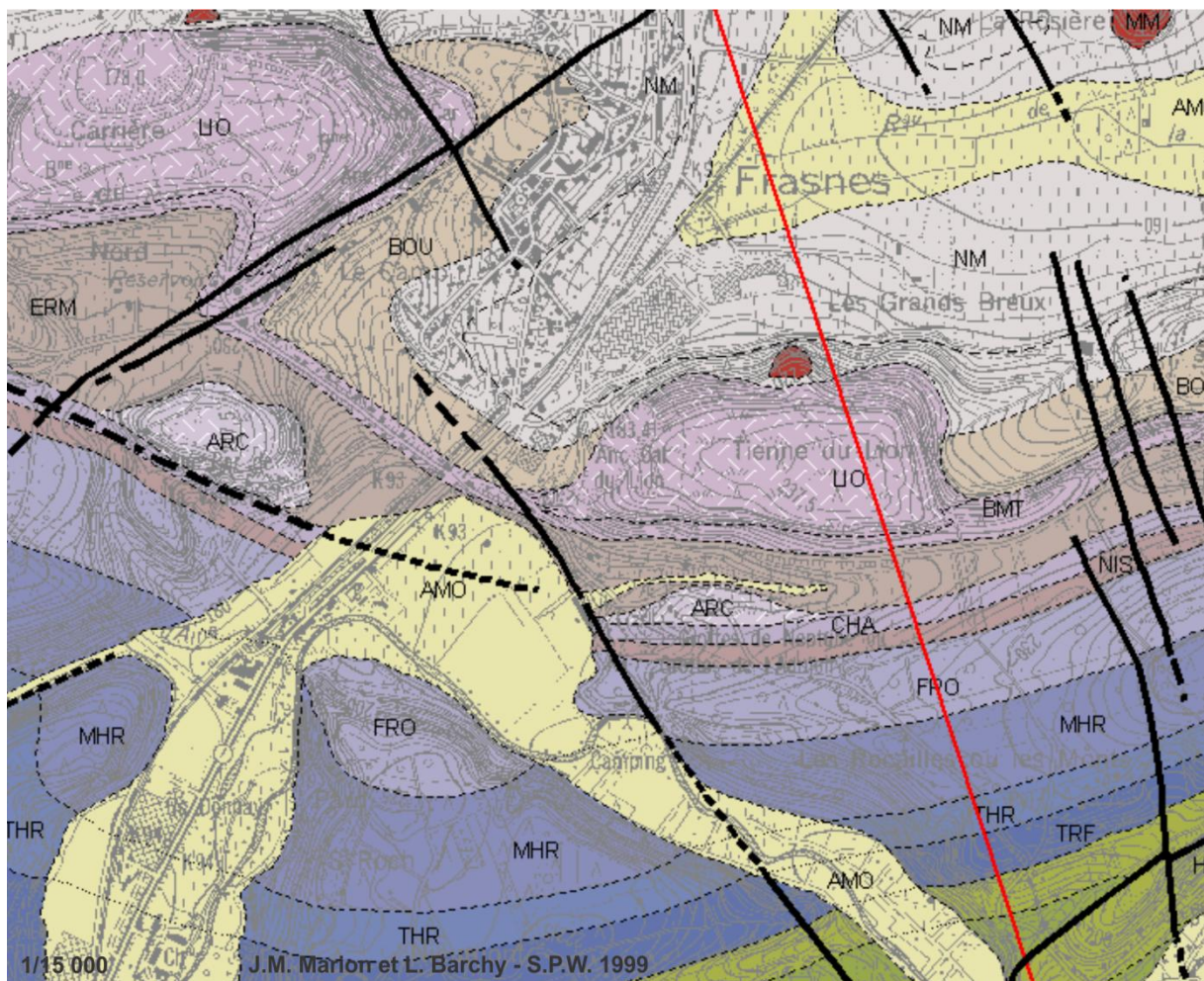
## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

### 3.1. Les cartes géologiques

Il s'agit d'une carte topographique sur laquelle sont représentées par des couleurs ou des figurés, les diverses roches dont est constituée la surface de la région considérée, ainsi que leur géométrie.

Ces cartes sont levées au 1/10 000<sup>ème</sup>, sont des interprétations scientifiques réalisées avec les informations disponibles au moment de leur réalisation.

La figure ci-dessous est un extrait de la carte géologique Chimay – Couvin, au sud de Frasnes-Les-Couvin, sur laquelle on peut identifier des terrains calcaires, notés LIO, ARC, FRO, MHR, THR et TRF.



**Extrait de la carte géologique 57/7-8 – Chimay – Couvin.**

Sur la carte géologique d'une région, le fond topographique permet de localiser un chantier.

Cependant, si cette carte ne renseigne pas les phénomènes karstiques reconnus, il sera possible, dans une première approche, de savoir si des roches carbonatées sont présentes.

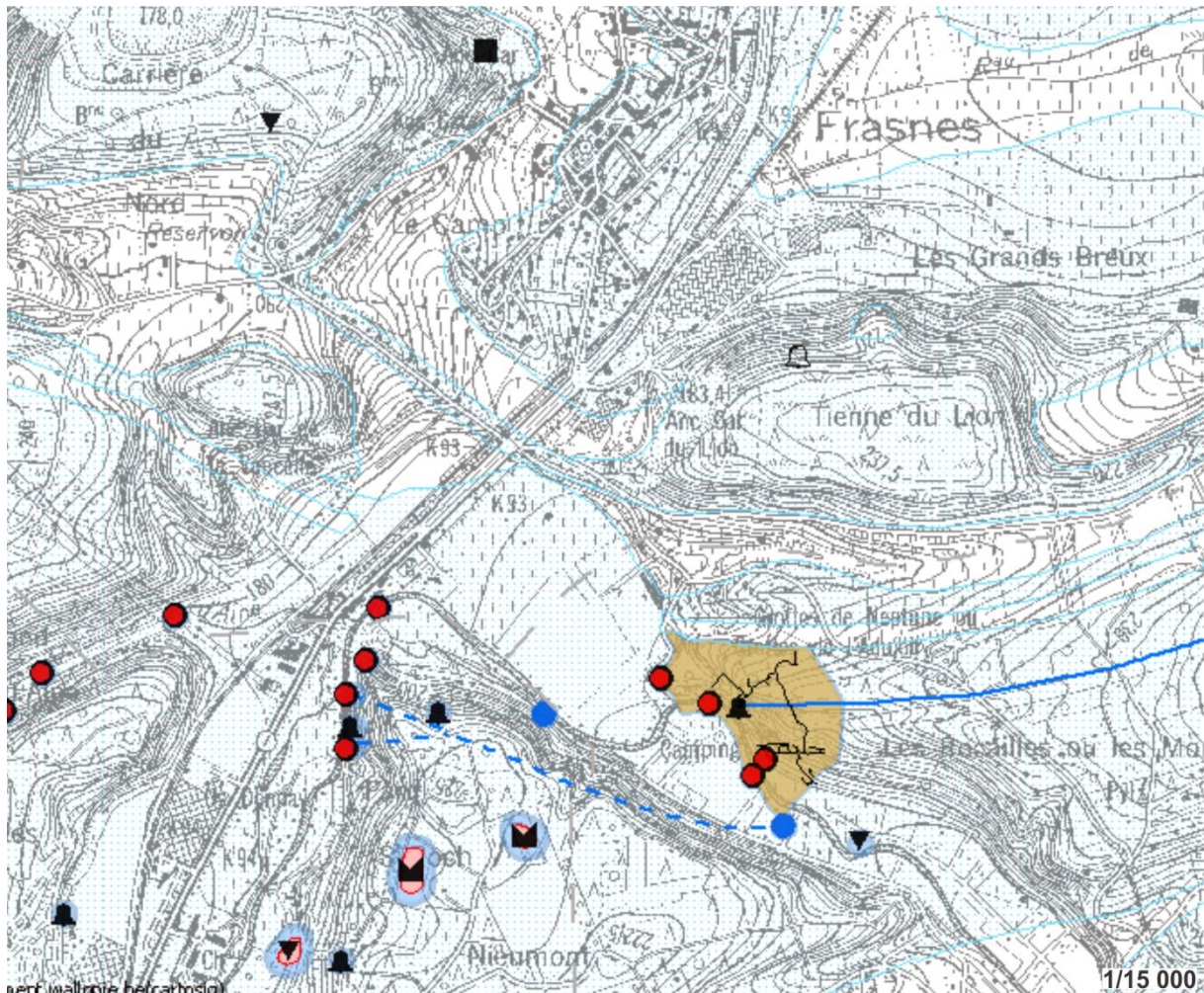


## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

### 3.2. L'atlas du karst

C'est sur le web gis des thématiques sous-sol, que sont localisés les ~6250 phénomènes karstiques **connus et cartographiés à ce jour**. Une fiche explicative en présente la localisation et la description.

La carte, ci-dessous, présente les sites karstiques connus au sud de Frasnes-les-Couvin, dans la même zone que la carte géologique.



**Extrait des thématiques sous-sol - risques karstiques (Frasnes-Les-Couvin).**

La géométrie des conduits et autres cavités ne peut être connue que si une exploration détaillée a pu être réalisée par des spéléologues. Il va donc de soit que la géométrie des espaces trop petits pour être visités demeure inconnue.

## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

---

### 3.3. En bref !



**L'absence de preuve n'est pas la preuve de l'absence.**

Considérons un terrain localisé en zone calcaire et situé à proximité (jusqu'à plusieurs centaines de mètres) d'un phénomène karstique reconnu et cartographié.

Ce site est affecté par l'érosion karstique à un degré qui reste à déterminer et qui varie entre une érosion relativement modérée à la présence d'un phénomène karstique important et demeuré jusqu'à présent inconnu.

## 4. LES RECONNAISSANCES

Tous les travaux de construction **doivent** bénéficier de reconnaissances du sous-sol.

Il existe plusieurs moyens de reconnaissance directs et indirects dont la géophysique (tomographie électrique, tomographie sismique, radar, gravimétrie, ...), les forages et les essais de pénétration, l'analyse de la morphologie et de la topographie des terrains de surface, ainsi que des affleurements rocheux.

Il est important de noter que les résultats obtenus sont représentatifs de l'endroit et du moment où ils ont été réalisés, les aléas géologiques étant évolutifs dans le temps.

Quelles que soient les méthodes de prospection, les résultats doivent être intégrés dans un contexte géotechnique qui comprend entre autres :

- la géologie ;
- l'hydrogéologie
- la consultation de résultats d'études anciennes sur le site ou dans l'environnement immédiat ;
- l'histoire du site, ...



**Des chiffres sortis de leur contexte environnemental ne veulent rien dire.**

L'importance des reconnaissances varie en fonction de l'importance du projet de construction et doivent être programmées dès le début du projet et en fonction des aléas géotechniques potentiels du site, dont les aléas karstiques.

La connaissance d'un site permettra de rédiger un cahier des charges le plus précis possible et diminuera de manière importante les « surprises » en cours de réalisation, ainsi que le risque d'incidents futurs.

**Restons humbles devant la nature infiniment variable de notre sous-sol,** une reconnaissance approfondie d'un site de donnera jamais une image aussi précise qu'une radiographie du genou, par exemple.

Le tout est de garder en mémoire les aléas potentiels d'un site et de prendre les mesures nécessaires dans le calcul d'un ouvrage et dans le cahier des charges pour qu'avec un aléa donné, il soit possible de faire diminuer au maximum le risque pour les usagers et pour l'ouvrage.

Pour plus de détails sur ce sujet, je vous invite à consulter le résumé de mon collègue Geoffrey JASPAR : « **Comment maîtriser les risques karstiques lors de la conception et du dimensionnement de nos ouvrages?** ».

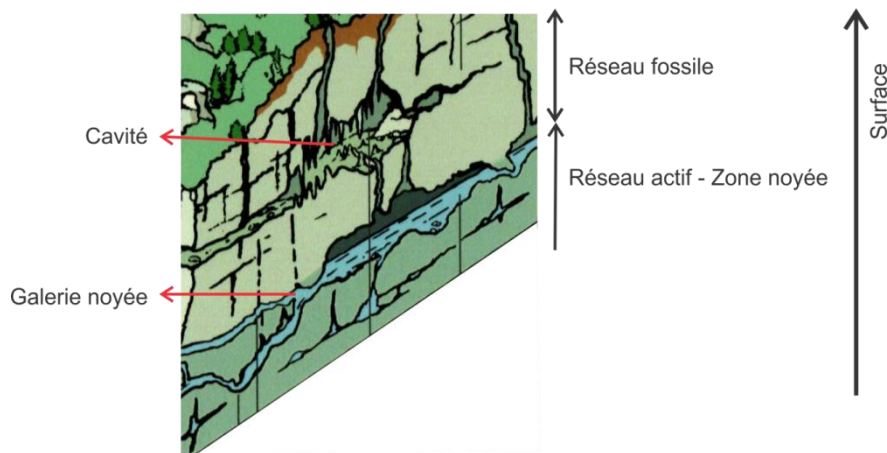
## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

### 5. DES EXEMPLES

Après toutes ces considérations théoriques, je vous présente ci-après, quelques exemples, tous wallons. Nous sommes loin de phénomènes faisant la une des journaux télévisés internationaux mais tout de même !

#### 5.1. Les cavités :

En Wallonie, les cavités sont présentes depuis la proche surface jusqu'à plus de 100 mètres de profondeur, comme illustré dans le schéma ci-après. Elles ont des dimensions extrêmement variables allant de moins d'un m<sup>3</sup> à plusieurs milliers de m<sup>3</sup>.



#### ***Cavités et galeries.***

Si de telles galeries n'ont pas été explorées par des spéléologues, il est possible de recouper des vides lors de reconnaissances par forages. Mais ceux-ci ne permettent pas d'en estimer le volume exact. Il n'est pas rare, vu le nombre fini de forages dans un programme de reconnaissance de « passer à côté » de telles cavités. C'est dans ce cas, que le contexte géotechnique a toute son importance : « Aucune cavité n'a été détectée, mais vu l'environnement géologique, cela reste possible ».

L'impact de telles cavités sur la surface peut être minime, si :

- elles sont situées bien en profondeur ;
- si aucune importante d'excavation n'est prévue ;
- qu'elles n'ont pas de lien direct, via des galeries, même mineures, ou des fissures vers la surface.



## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

---

### 5.2.1. Les grottes de Han

Avec ses **10 kilomètres de réseau karstique** exploré, c'est le plus long de Wallonie. La « grotte du Père Noël » illustre parfaitement le volume que ces cavités peuvent atteindre.

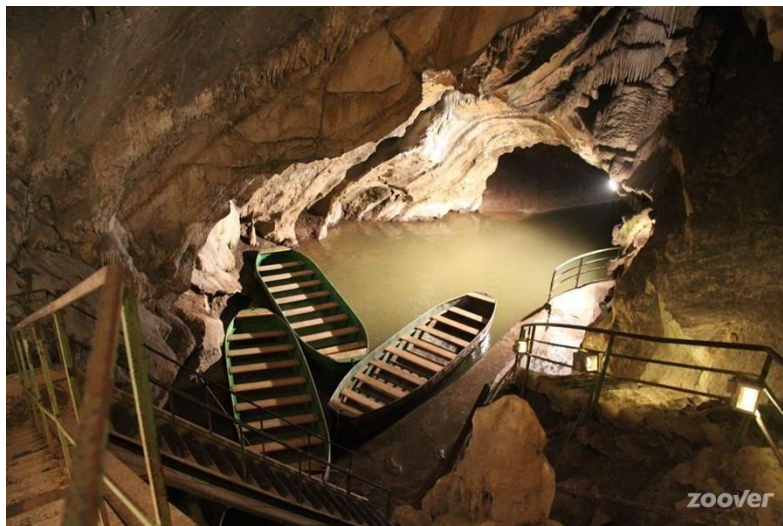


*La grotte du Père Noël (grottes de Han – Han-Sur-Lesse).*

### 5.2.2. Les grottes de Remouchamps

Pour ce réseau, il y a le côté touristique qui permet de visiter un réseau de galeries partiellement noyées.

Il est important de noter, que le niveau de l'eau dans des cavités souterraines est variable en fonction des saisons mais également à l'occasion de pluies intenses.

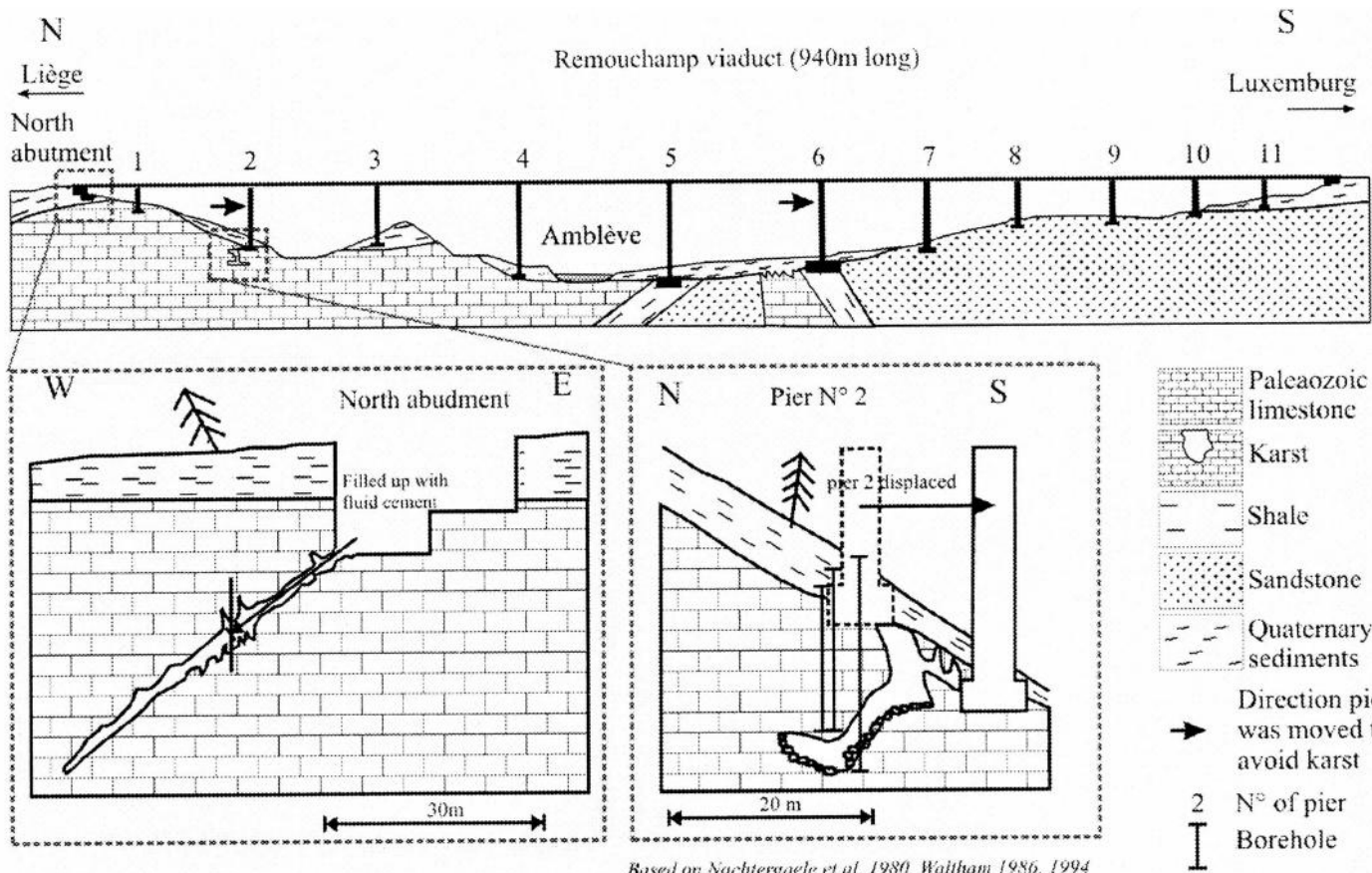


*Galerie partiellement inondée - Grottes de Remouchamps.*

Mais il y a également le côté ouvrage d'art, avec le viaduc de Remouchamps, sur la E25, dont la construction s'est achevée en 1980. Il illustre parfaitement les problèmes rencontrés, lorsque des cavités importantes sont situées proche de la surface.

**Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art**

La schéma ci-après illustre les difficultés auxquelles il a fallu faire face lors de la construction. Au niveau de la culée nord, une cavité karstique a dû être remplie de béton. La localisation de la pile numéro 2, initialement prévue, était située au droit d'une très importante cavité. Elle a été déplacée plus au sud, où se trouvaient des terrains sans sains.



Based on Nachtergaele et al. 1980, Waltham 1986, 1994

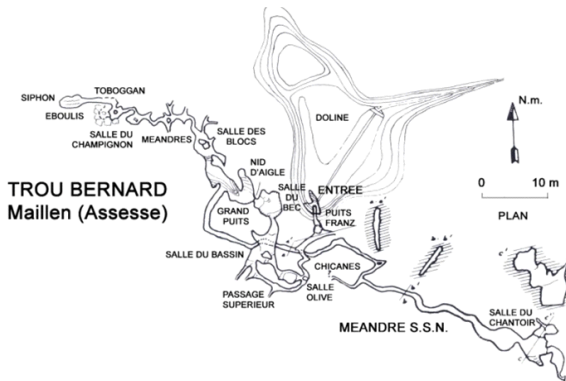
Schmitz & Schroeder Line infrastructure and the role of engineering geology in the Belgian karst belt - Ingeokring 2003

**Construction du viaduc de Remouchamp en terrain karstique.**

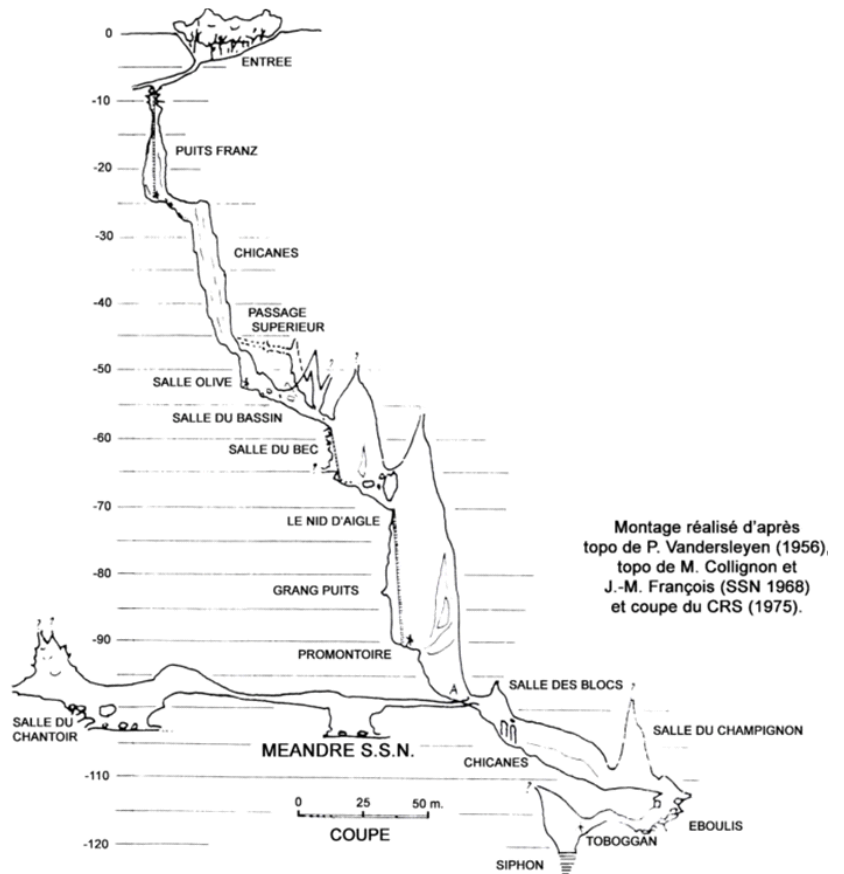
## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

### 5.2.3. Le trou Bernard

Ce réseau karstique a été découvert en 1949, grâce à des excavations dans le fond d'une doline à Maillen (Assesse). La figure ci-dessous montre la configuration typique, « anarchique », d'un réseau karstique.



*Vue en plan du trou Bernard.*



*Coupe du trou Bernard.*

Lorsque des fondations profondes sont nécessaires, en milieu karstique, une question qui revient assez souvent est : « A quelle cote se trouve la roche saine ? ». La coupe du trou Bernard, ci-dessous permet de répondre que dans ce cas précis, elle se trouve à minimum 140 mètres sous la surface du sol (record de Wallonie), tout en gardant en tête que c'est la profondeur atteinte par l'exploration.



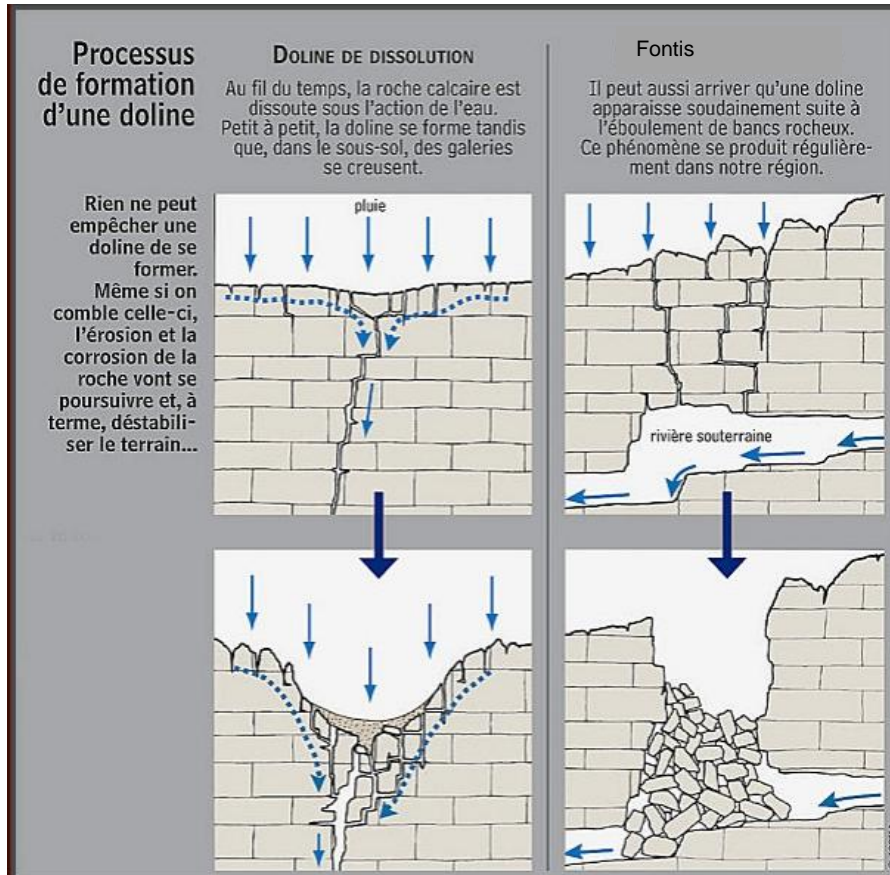
**Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art**

5.3. Doline - fontis - chantoir

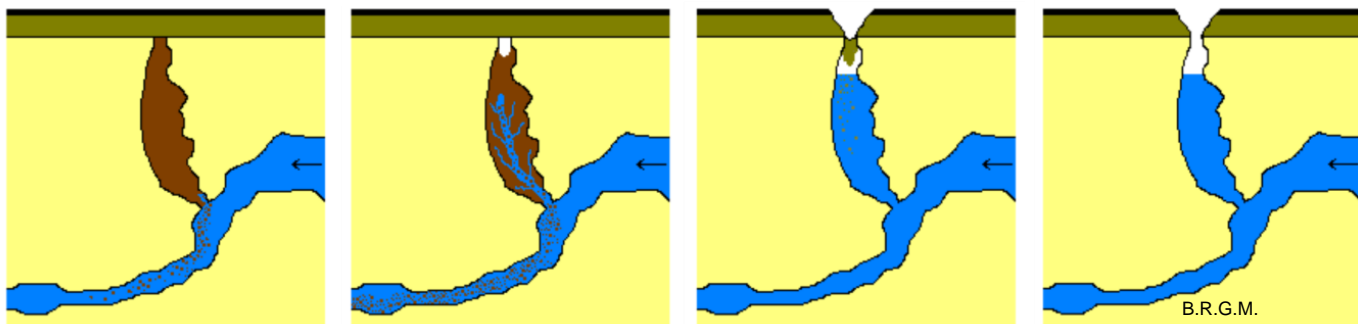
Ces phénomènes représentent la partie visible, depuis la surface, d'un réseau karstique.

Une *doline* est une dépression circulaire, dont le fond est souvent occupé par des argiles et des sables, voir des blocs rocheux ; résidus de la dissolution des calcaires.

Un *fontis* est un effondrement brutal et localisé se manifestant, en surface, par un entonnoir.



**Mécanisme de formation d'une doline par dissolution localisée du massif calcaire et d'un fontis, par la rupture du toit d'une cavité.**



**Mécanisme de formation d'un fontis par débouillage.**

Un *chantoir* est une dépression marquée dans la topographie où un ruisseau quitte la surface et poursuit son cheminement sous terre.

## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

---

### 5.3.1. Doline à Louveigné



***Doline dans une prairie à Louveigné .***

Les dolines sont le plus souvent de petites dépressions, parfois à peine visibles dans le paysage, quand elles ne sont pas comblées au fur et à mesure de leur affaissement par les propriétaires des terrains, par des matériaux d'origine souvent « suspecte ».

A une autre échelle, un fontis est apparu brusquement en novembre 2002 dans une prairie du village d'Amostrenne (Esneux), à proximité des habitations, au niveau d'une doline préexistante. Le volume de cet effondrement a été estimé à ~400 m<sup>3</sup>.



***Fontis/Doline à Amostrenne (Esneux) – C. Ek.***



## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art



**Vue aérienne du site 2015 - WalOnMap S.P.W..**

### 5.3.2. Le chantoir de Grandchamps (Louveigné).

Ce chantoir, illustre de manière remarquable les dimensions impressionnantes que peuvent atteindre ce type de structure.

Endroit incultivable et dangereux pour le bétail, les chantoirs sont souvent des zones boisées. On observe sur la photo aérienne ci-après, un bosquet de forme arrondie. La coupe montre la variation de la topographie au travers de ce chantoir.



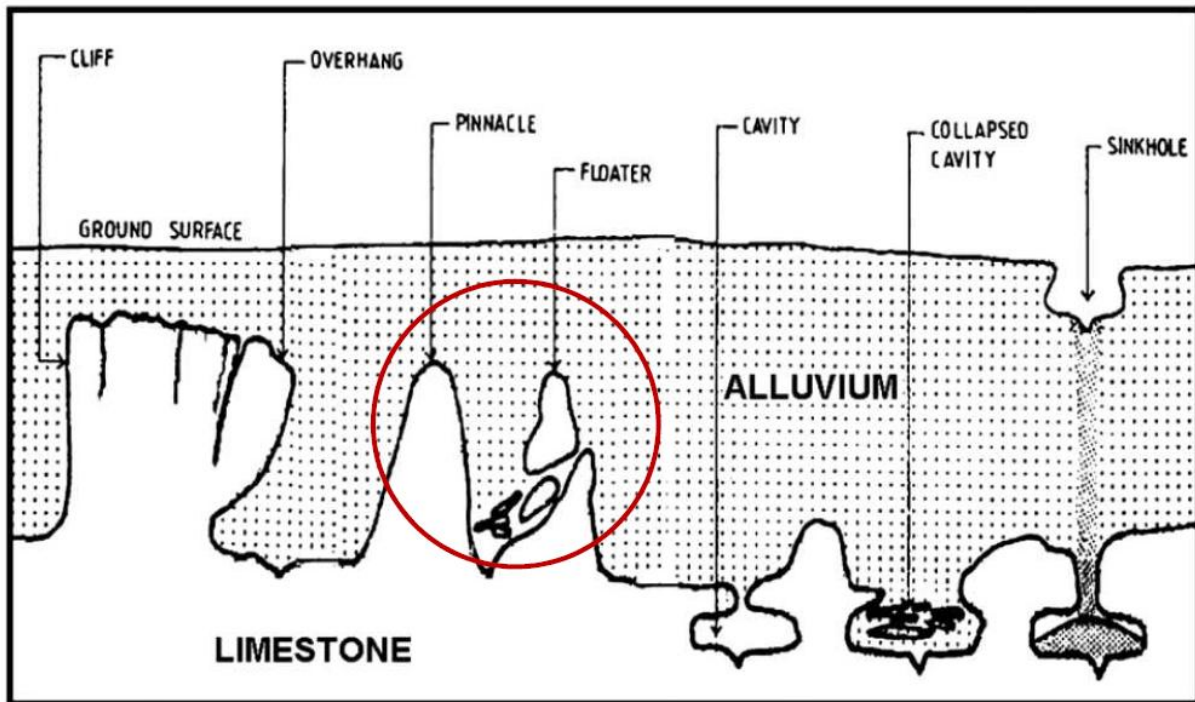
**Chantoir de Grandchamps (Louveigné) - WalOnMap S.P.W.**



## Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art

### 5.3.3. Construction de l'hôpital de Mont-Godinne

Dans le chapitre 1. Le Karst ?, j'ai évoqué, le relief irrégulier des zones karstifiées, mais il est souvent peu visible en surface. Le plus souvent, c'est la cote du toit du bedrock rocheux qui varie fortement et ceci sur de très faibles distances. Ceci est illustré dans la figure ci-dessous.



*Le sommet irrégulier du sommet d'un massif calcaire karstifié - M.L. Abu-Shariah.*

Au-dessus du bedrock, se trouve une épaisseur extrêmement variable d'un mélange lui-même extrêmement variable de sable et d'argile, qui sont les résidus, non solubles de l'altération du calcaire. Des blocs, parfois de taille très importante peuvent se trouver au sein des terrains meubles.

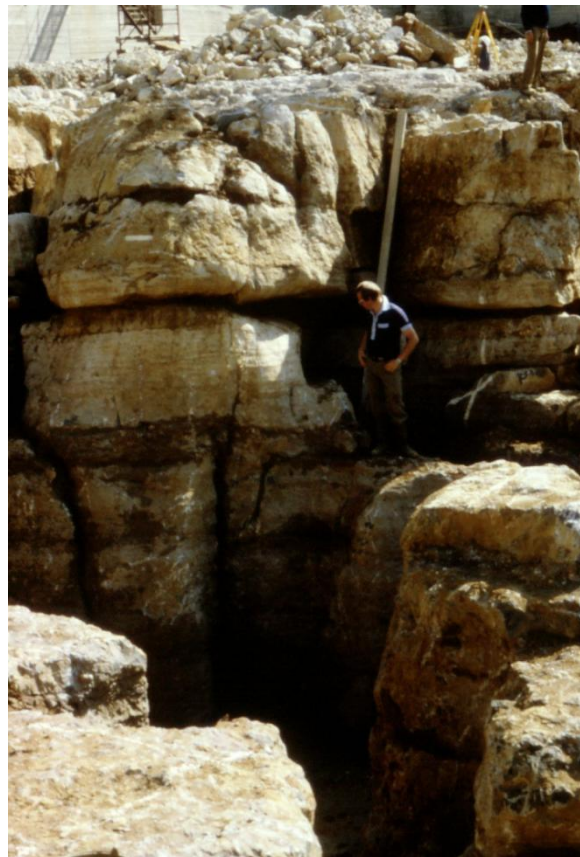
Une reconnaissance par essais de pénétration (C.P.T.) verra des profondeurs de refus de même très variable.

Ce n'est pas parce que à la fin d'un forage, 1 mètre de calcaire sain a été rencontré, que le massif calcaire lui-même a été atteint. En effet, les blocs « erratiques » peuvent atteindre des volumes de plusieurs m<sup>3</sup>.

**Journée d'information sur la gestion des ouvrages d'art**

---

Les photos reprises ci-dessous illustrent parfaitement ce propos. Elles ont été prises lorsque le toit du massif calcaire a été mis à nu, au moment de la construction des fondations de l'hôpital de Mont-Godinne.



**Sommet du bedrock – hôpital de Mont Godinne**