



Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Détection et gestion des cavités sous itinéraires

Véronique Berche

Cerema Nord-Picardie

Date – Circonstance de la présentation

Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

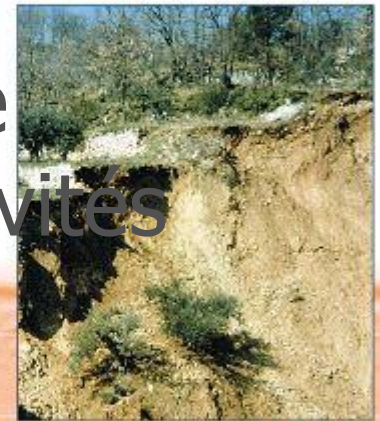
2 guides à paraître:

- Méthodes de reconnaissance des cavités
- Gestion préventive du risque de mouvements de terrain lié aux cavités souterraines sous infrastructures autoroutières



ISSN 1151-0535

techniques et méthodes
des laboratoires des ponts et chaussées



Guide technique

CRITERRE



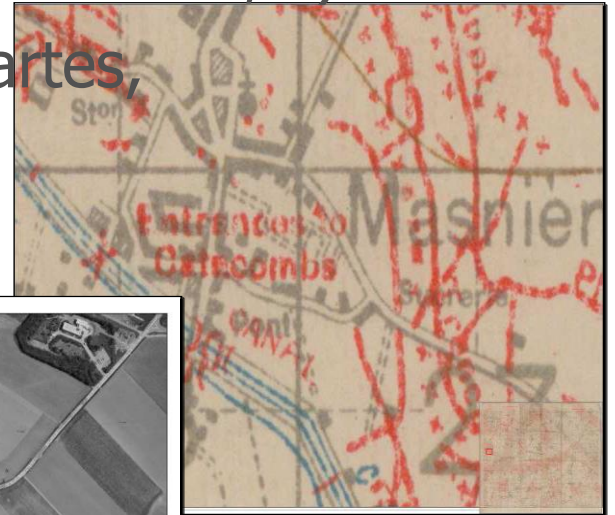
**Détection
de cavités souterraines
par méthodes géophysiques**



Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Etude préalable de connaissance de site

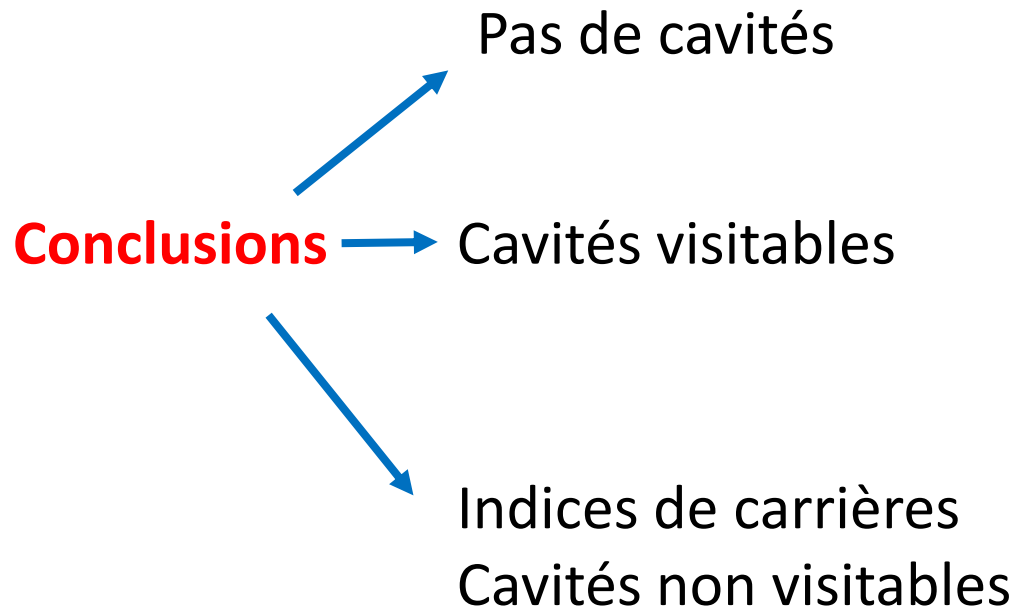
- Expertise géologique (Infoterre, thèses études,...)
- Recherche documentaire (données, cartes, plans d'archives, photos aériennes,...)
- Enquêtes orales,
- Visite de terrain



Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Etude préalable de connaissance de site

- Fiches explicatives



Recalage des plans d'archives

Lorsque la recherche d'archive a été fructueuse, les outils de type SIG permettent un recalage et une mise à l'échelle des plans retrouvés.

Ce recalage nécessite :

- d'identifier des points (entrée de cavité, bâtiments, ...) existant à la fois sur le plan d'archive et sur le plan ou la photographie aérienne servant au recalage
- de préciser l'échelle et l'orientation du plan
- d'évaluer les déformations subies par le plan, lors par exemple de copies successives.

Par ailleurs, les plans de carrières souterraines, sont par nature le reflet de l'état de l'exploitation au jour de leur établissement. Seul le plan de fermeture peut être considéré comme définitif, bien qu'il puisse être parfois imparfait, voire inexact pour des raisons de dépassement des droits d'exploitation par exemple.

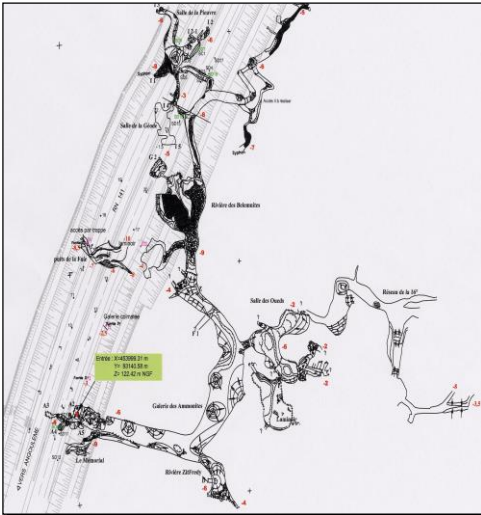
L'opération peut être délicate pour des plans anciens ou dans un mauvais état de conservation.

Rappelons que les systèmes de coordonnées comme le Nord magnétique (déclinaison) ont évolué au cours des années. Dans beaucoup de cas le système de coordonnées utilisé sur les anciens plans est un repère local, dont il faut déterminer la position par rapport au Nord actuel. Parfois le Nord reporté sur le plan n'est pas le Nord géographique ou magnétique, afin de « protéger » le secret de la position des « meilleurs filons ».

Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Reconnaissance par visite de la cavité

- Relevé de la géométrie
- Géomètre expert, arpentage , spéléologie
- techniques: UGPS, scan laser, photogrammétrie,



Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Reconnaitances par méthodes physiques : géophysique

(cavités non visitables ou indices)

- Tableau synthétique
- Fiches individuelles par technique
- renvois via liens internet
- Arbre décisionnel

Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Reconnaissances par méthodes physiques : sondages

- Sondages au tricône
- implantation, coupe sondage
- interprétation des diagraphies
- auscultation par moyens vidéc



Visualisation d'une galerie de carrière par caméra vidéo (Photographie Introvision - Île de France)



ctobre 2018

	Profondeur d'investigation indicative	Rendement	Type de cavités	Milieu urbain	Sensibilité au bruit	Sources de leurre	Conditions nécessaires de détection
Microgravimétrie	2R pour une sphère vide de rayon R	50 points de mesure/jour	Vides francs, cavités partiellement envoyées	Oui, mais contraintes fortes	Activité humaine, séismes, chocs	Hétérogénéités massiques du sol	Topographie connue au cm près en z
Sismique réflexion très hautes résolutions	Jusqu'à 50 m	Quelques centaines de mètres/jour, pour des dispositifs d'une centaine de mètres et une distance de 1 m entre géophones	Vides francs, carrières exploitées en chambre et piliers	non	Activité humaine, séismes, chocs, ondes de surface	Zone décomprimée, mauvais traitement	Présence d'un horizon réflecteur sous la cavité
Sismique réfraction	Entre 20 et 30 m			non			Milieu de vitesse croissant
Sismique en ondes de surface	10 m, dépend uniquement de la longueur d'onde dominante	Idem, plus si dispositif glissant	Vides proches de la surface, 10 m ² de section	oui	Activité humaine, séismes, chocs, ondes de surface	—	—
Radar géologique	Inversement proportionnelle à la conductivité. Jusqu'à 15 m	Plusieurs centaines de mètres à quelques km/jour	Cavités vides et cavités conductrices	oui	Faible sauf si antennes non blindées	—	Milieu encaissant supérieur à 100 Ωm
Slingram		Moyen, en général les mesures sont conduites à la vitesse de marche	Karst argileux avec remontée verticale (par cheminées argileuses)	Oui, mais contraintes fortes	Lignes et clôtures électriques	Environnement métallique	Milieu plutôt conducteur
VLF-R	Quelques mètres, comparable à celle obtenue en panneau électrique pour une anomalie ponctuelle	Faible si électrodes inductives piquées dans le sol, grand si électrodes capacitives tractées	Conducteurs ou vides avec remontée verticale (par exemple puits de catiche)	non	Émetteur radio, environnement métallique	Environnement métallique	Réception des émetteurs
VLF-EM		Moyen, en général les mesures sont conduites à la vitesse de marche	Karst argileux avec remontée verticale	non	Émetteur radio, environnement métallique	Environnement métallique	Réception des émetteurs
Infrarouge	Quelques mètres	Très grand rendement	Puits de manière et karsts affleurants	non	Activité humaine	Surfaces boisées, eau	Vol d'été après 17 h. Vol d'hiver en fin de nuit
Panneau électrique	Pour une sphère vide de rayon R, 1,5R pour une sphère conductrice de rayon R	Quelques centaines de mètres/jour, pour des dispositifs d'une centaine de mètres et une distance de 1 mètre entre électrodes	Plutôt anomalies conductrices (failles, pendage, stratification, etc.)	non	—	À-coups de prise	—

Fauchard et Pothérat

Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Logigramme décisionnel



Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Gestion préventive du risque de mouvements de terrain lié aux cavités souterraines sous infrastructures autoroutières (2nd guide à paraître)

- schéma itinéraire,

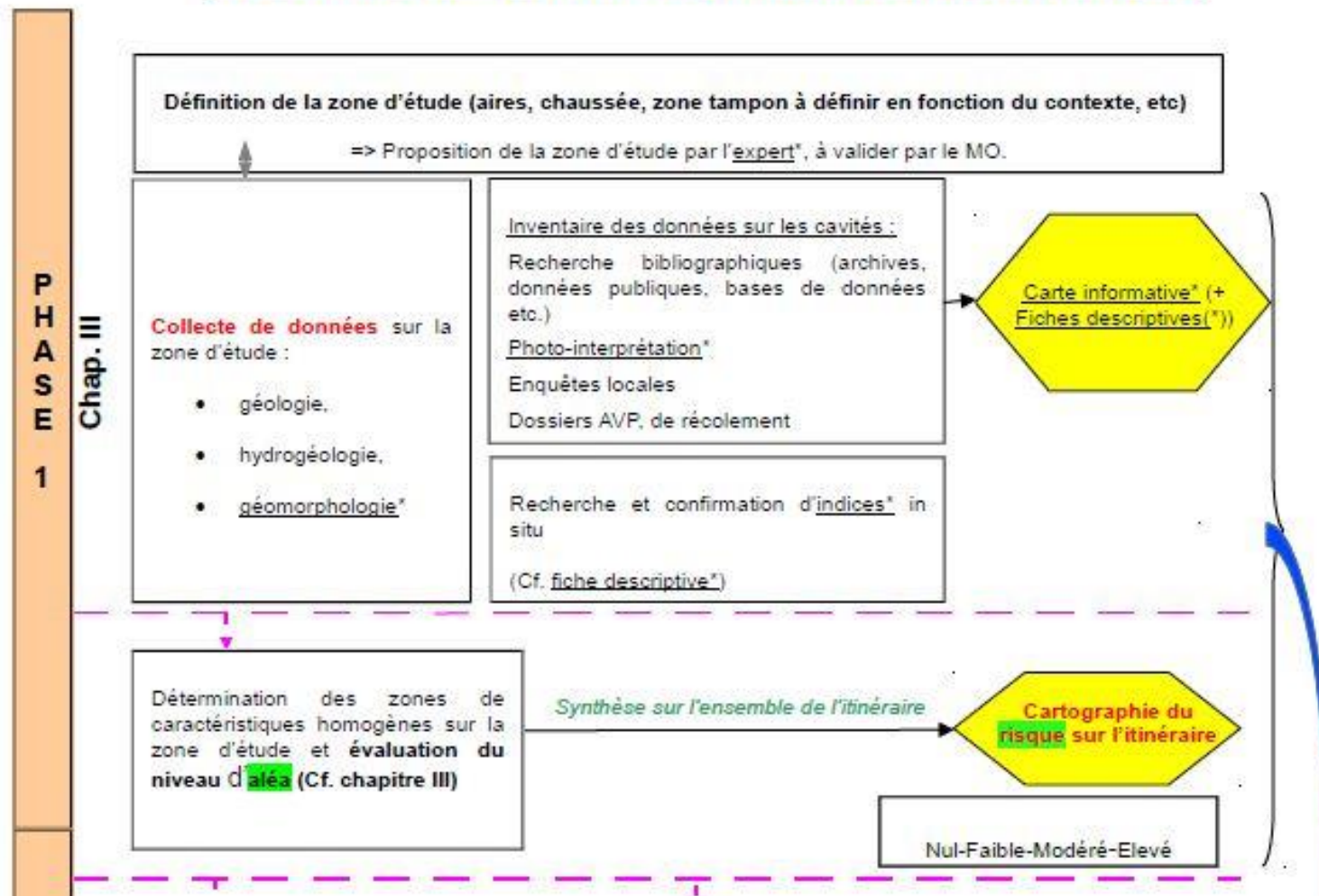
- Techniques de reconnaissances spécifiques au contexte autoroutier (décapage, géophysique, ...)
- Techniques de suivis et de comblement



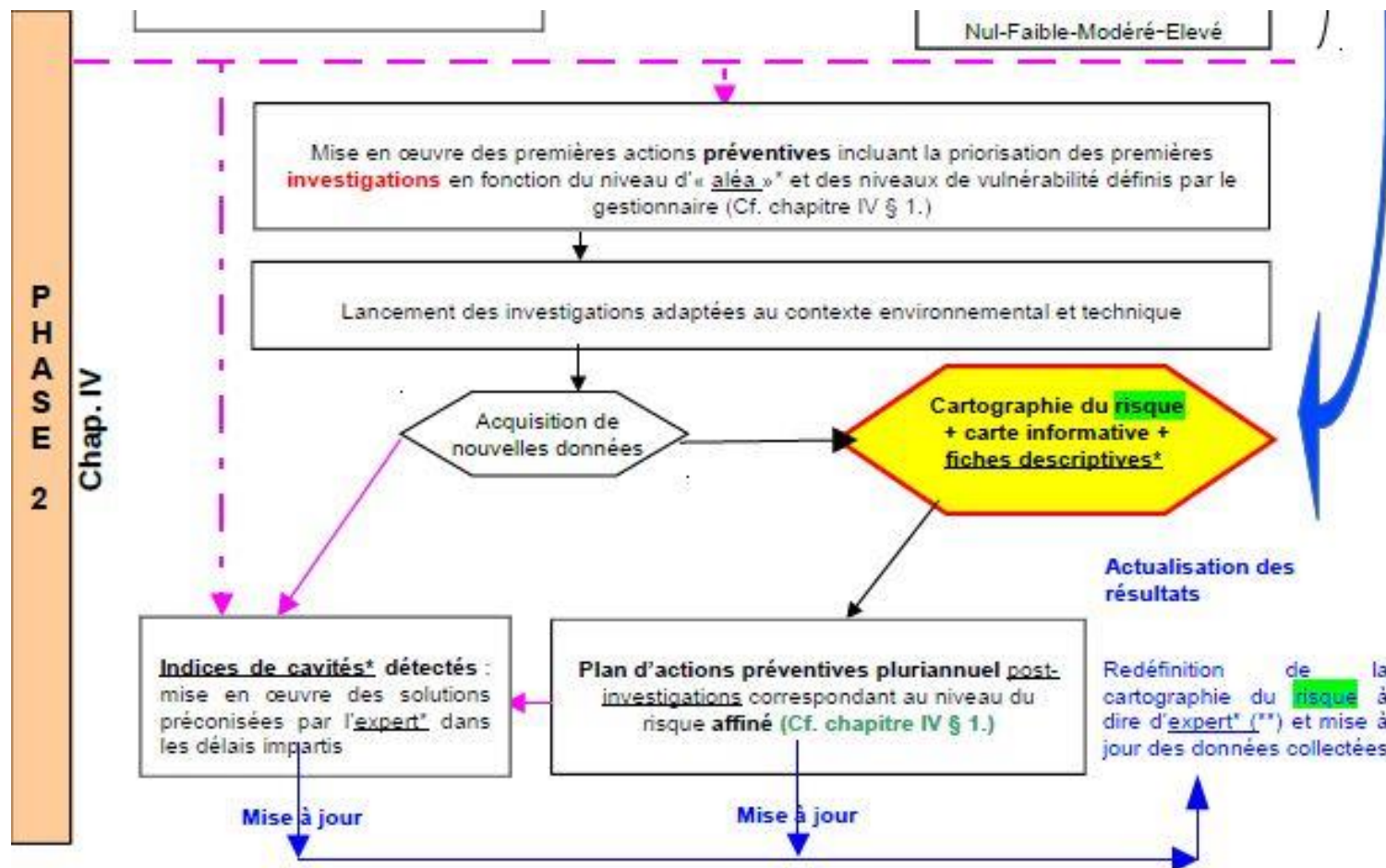
Méthodes de reconnaissance des cavités

SOU

LOGIGRAMME D'UNE DEMARCHE PREVENTIVE EN PHASE D'EXPLOITATION



Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines



Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Exemple de
fiche de suivi

Niveau de risque mis à jour	Proposition de mesures préventives suite aux investigations	Mesures préventives communes aux trois niveaux de risque non nuls
Nul	Sans objet	Sans objet
Faible	• Tout constat d'<u>indices</u>* potentiellement en lien avec une cavité dans une zone doit faire l'objet d'une visite immédiate d'<u>expert</u>* ; • Diagnostic visuel régulier** ; • L'adaptation de l'assainissement (étanchéification des bassins et absence d'infiltration, etc.) est une option envisageable (*)	<u>Sensibilisation</u>* des agents patrouilleurs, surveillance régulière** ;
Modéré	• Diagnostic visuel régulier** sur l'emprise de la zone d'étude incluant l'infrastructure (dépendances, aires etc.) ; • Campagne de détection (par investigations in situ) régulière** ; • Étanchéification des bassins de rétention, pas d'assainissement en infiltration, etc. (*)	Tout constat d'évolution d'une zone => visite d'<u>expert</u>* immédiate avec mise à jour des données et éventuellement du niveau d'<u>aléa</u>* ;
Élevé	• Diagnostic visuel régulier** sur l'emprise de la zone d'étude incluant l'infrastructure (dépendances, aires etc.) ; • Campagne de détection régulière** ; • Étanchéification des bassins de rétention, pas d'assainissement en infiltration, etc. (*) ; • Mise en place de moyens de suivis en continu (Cf. § 4.1.3 de ce chapitre).	Anticipation, dans le plan des actions pluri-annuel, de la possibilité d'intervention d'une entreprise compétente en cas d'<u>urgence d'une cavité</u>*.

Méthodes de reconnaissance des cavités souterraines

Objectif Méthodes Critères		A/ Traitement des vides									B/ Protection des enjeux		
		A-1/ Maintien des vides			A-2/ Suppression des vides						B-1/ Renforcement de la structure Radier	B-2/ Structure souple Géogrille	
		Surveillance		Consolidation de la cavité Maçonnerie ...	Remplissage				Terrassement	Effondrement			
		Visuelle	Instrumentée		Partiel		Total			Pilonnage			Foudroyage
				par le fond	Injection	par le fond	Injection						
Accessibilité	oui					1		1	1	1		1	1
	non												
Profondeur	faible (<15)	2c	2c		2a	2a/1	3a	1					
	moyenne(15-40)								2b		2b		
	grande (>40)										2c	2d	2d
Supersficie	limitée (> 1ha)												
	Importante (< 1ha)		2c	2d	2d	2d		1					
Volume	limité (<8.000m³)												
	important (>8.000m³)		2c	2c		1		1				2d	2d
Caractère stratégique			3a	3a	3a	3a				3b	3b		3a
Maintien de la circulation				3c	3c		3c						
Milieu	rural												
	urbain								4b				2b
Environnement					4a	4a	4a	4a	4b	4b	4b	4b	4b

bien adaptée
 précaution particulière
 inadaptée



méthodes à retenir lors d'apparition de désordres en surface

- 1 solution économiquement discutable
- 2 adéquation technique non garantie (2a : réactivité trop faible si évolution, 2b : problème d'emprise, 2c : limite de la méthode, 2d : renforcement potentiellement insuffisant)
- 3 niveau de sécurité insuffisant (3a : évolution possible, 3b : impact possible sur les avoisinants, 3c : sécurité pour les ouvriers)
- 4 incidence potentiellement néfaste sur l'environnement (4a : pollution possible, 4b : nuisances en phase travaux)

Tableau 5 : Possibilités d'emploi et les contraintes particulières associées à chaque méthode.



Cerema

Merci de votre participation

