



HAL
open science

Évaluation de l'aléa mouvement de terrain lié aux processus naturels de dissolution des roches

Arnaud Charmoille, Amélie Lecomte

► **To cite this version:**

Arnaud Charmoille, Amélie Lecomte. Évaluation de l'aléa mouvement de terrain lié aux processus naturels de dissolution des roches. Rapport Scientifique INERIS, 2012, 2011-2012, pp.60-62. ineris-01869426

HAL Id: ineris-01869426

<https://ineris.hal.science/ineris-01869426>

Submitted on 6 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Contributeurs



Arnaud Charmoille



Amélie Lecomte

ÉVALUATION DE L'ALÉA MOUVEMENT DE TERRAIN LIÉ AUX PROCESSUS NATURELS DE DISSOLUTION DES ROCHES

L'impact en surface du développement de cavités de dissolution dans des couches de gypse peut s'avérer très important pour les infrastructures [A] [B] [C] [D] [E].

En France, la région parisienne est fortement impactée par ces phénomènes de dissolution liés au gypse présent dans les terrains d'âges bartonien et lutétien. Le fonctionnement hydrogéologique y est très complexe, caractérisé par plusieurs aquifères superposés, intervenant dans le processus de dissolution.

La Direction des risques du sol et du sous-sol (DRS) mène depuis plusieurs années des travaux de recherche sur la dissolution des horizons géologiques solubles. L'un des objectifs de ces travaux est d'améliorer l'évaluation des risques de mouvement de terrain liés à ce type de mécanisme. Cette étude, réalisée en collaboration avec le département de Seine-Saint-Denis, a permis d'étudier dans le détail les mécanismes moteurs du processus de dissolution dans un contexte typique du Bassin parisien et de développer une méthodologie adaptée à l'évaluation de l'aléa mouvement de terrain dans ce type d'environnement.

Contexte

Le bois de la Tussion, situé sur la commune de Villepinte, à environ 15 km au nord-est de Paris, correspond à une zone forestière couvrant 18,6 ha [figures 1a et 1b]. Dans le secteur d'étude, au-dessous des marnes infragypseuses du Bartonien



Figure 1a

Localisation du secteur étudié (Google Earth).

supérieur, on trouve plusieurs couches de gypse englobées dans les trois aquifères sous-jacents [figure 2]:

- 0 à 5 m de gypse entre 10 et 15 m de profondeur, dans l'aquifère des marnes infragypseuses (Bartonien supérieur);
- moins de 1 m de gypse à 20 m de profondeur dans l'aquifère marno-calcaire de Saint-Ouen (Bartonien inférieur);
- 1 à 2 m de gypse à environ 50 m de profondeur dans l'aquifère des marnes et caillasses (Lutétien).

Fonctionnement du système de dissolution

Sur le plan hydrogéologique, les données recueillies permettent de caractériser les trois aquifères:

- l'aquifère des marnes supragypseuses, le plus superficiel, dont la morphologie de la surface piézométrique est restée sensiblement la même depuis dix ans;
- les aquifères des marnes et caillasses et du calcaire de Saint-Ouen, captifs et dont la charge dépasse celle de l'aquifère des marnes supragypseuses.

D'un point de vue hydrochimique, c'est l'aquifère du calcaire de Saint-Ouen qui possède le potentiel de dissolution du gypse le plus important (vitesse de dissolution de 0,17 g/jour d'après les mesures *in situ* réalisées au cours de l'étude) par rapport à l'aquifère des marnes infragypseuses (0,01 à 0,12 g/jour).

Les investigations géotechniques ont permis de répertorier 116 fontis et 134 affaissements dans la zone du bois actuellement fermée au public, révélant notamment une zone active d'affaissement au centre du bois (10 mm d'affaissement maximal entre 1998 et 2008).

Si l'on considère l'épaisseur de gypse cumulée et le potentiel de dissolution de l'aquifère du calcaire de Saint-Ouen, on estime que c'est l'eau de cet aquifère (sous-saturée), en surpression sous la 4^e masse de gypse, qui, par drainance, provoque les dissolutions les plus significatives.

Deux configurations peuvent se présenter [figure 3]:

En l'absence de la 3^e masse de gypse, la dissolution de la 4^e masse conduit à un affaissement de surface sans création de vides francs. Ces vides francs créés par dissolution ont tendance à apparaître lorsque les deux masses (3^e et 4^e) sont pré-



Figure 1b

Paysage à l'intérieur du bois de la Tussion.

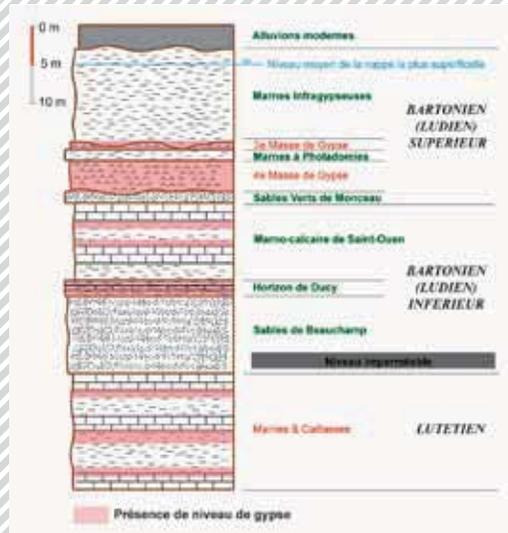


Figure 2

Log stratigraphique des terrains, représentatif du sous-sol du bois de la Tussion.

sentes, la résistance mécanique de l'ensemble non dissous (partie supérieure de la 4^e masse, marnes à pholadomies sus-jacentes et 3^e masse) étant suffisante pour maintenir la cavité ouverte. Lorsque sa taille devient critique et que l'épaisseur de gypse à son toit ne suffit plus à maintenir le poids des terrains sus-jacents, celle-ci s'effondre. Elle provoque la remontée d'une cloche de fontis qui peut atteindre la surface.

Élaboration et application d'une méthodologie d'évaluation de l'aléa mouvement de terrain

La méthodologie d'évaluation de l'aléa fontis et affaissement sur le secteur du bois de la Tussion est définie en fonction de la prédisposition à la dissolution, de la prédisposition à l'occurrence d'un type de désordre (affaissement ou fontis) et de l'intensité de ces désordres.

a. Évaluation de la prédisposition à la dissolution

La prédisposition à la dissolution s'appuie sur le croisement de trois critères indispensables à la mise en place d'un mécanisme de dissolution (existence du gypse, potentiel de dissolution de l'eau, écoulement **tableau 1**).

b. Évaluation de la prédisposition à l'occurrence d'un type de désordre (fontis ou affaissement)

Afin de déterminer la prédisposition à l'apparition d'un type de désordre (fontis ou affaissement), la prédisposition à la dissolution a été croisée avec un facteur aggravant représenté par la densité du nombre de désordres considérés calculée à partir des observations faites *in situ*. Sa valeur n'est prise en compte que lorsque sa classe est supérieure en gravité à la prédisposition à la dissolution déjà établie.

Tableau 1 - Critères d'évaluation de la prédisposition à la dissolution.

Critère	Niveau	Définition
Minéralogique : épaisseur de gypse cumulée (m)	peu sensible h < 1	Résidus de 4 ^e masse et/ou présence de lentilles dans les marnes infragypseuses ; absence de la 3 ^e masse
	sensible 1 < h < 3,5	4 ^e masse de gypse présente avec localement une épaisseur importante ; absence de la 3 ^e masse de gypse
	très sensible h > 3,5	3 ^e et 4 ^e masses de gypse présentes ; épaisseurs cumulées de gypse importantes
Hydrochimique : concentration en sulfates de la nappe des marnes infragypseuses (mg/l)	peu sensible 1200 < SO ₄ ²⁻ < 1600	Quasi-saturation avec le gypse ; eaux peu agressives vis-à-vis du gypse
	sensible 800 < SO ₄ ²⁻ < 1200	Concentrations intermédiaires représentatives de secteurs en cours de dissolution
	très sensible 350 < SO ₄ ²⁻ < 800	Potentiel de dissolution important vis-à-vis du gypse
Hydraulique : cote NGF de la nappe des marnes infragypseuses (m)	non affecté NGF > 55	Piézométrie de la nappe conforme à la piézométrie régionale
	peu sensible 54 < NGF < 55	Zone où le gradient hydraulique augmente du fait de la présence du talweg piézométrique
	très sensible 53 < NGF < 54	Zone où le gradient hydraulique est maximal

➔ c. Évaluation de l'intensité pour chaque type de désordre

Le critère habituellement retenu pour qualifier l'intensité d'un fontis est son diamètre. Si l'on se réfère aux données acquises lors des campagnes d'investigations géotechniques, la gamme de dimensions de fontis (environ 4 m de diamètre) représente une intensité de classe modérée [F].

L'intensité des affaissements a été évaluée à partir des dimensions de chaque désordre relevé lors de la campagne d'investigations géotechnique. La mise en pente moyenne des affaissements relevés à la surface du bois de la Tussion est supérieure à 6%. L'intensité résultante est de classe élevée [F].

d. Évaluation de l'aléa pour chaque type de désordre

La détermination des différents niveaux d'aléa **figure 4** à la surface du bois consiste à croiser la prédisposition déterminée pour chaque type de désordre avec son intensité associée. L'évaluation de l'aléa a permis de déterminer différentes zones de risque vis-à-vis de l'usager piéton pour chacun des deux types de désordre. Dans le cas étudié, c'est l'aléa fontis qui est le plus contraignant pour les personnes. Cette cartographie du risque a servi de base pour proposer différentes stratégies d'aménagement du bois, assorties ou non de mesures de surveillance.

Conclusion

Un modèle de fonctionnement hydrogéotechnique du sous-sol du bois de la Tussion a été établi à partir d'une approche couplée intégrant des données hydrogéologiques, hydrochimiques et géotechniques acquises *in situ*. L'expérience de la DRS dans l'évaluation de l'aléa a permis le développement d'une méthodologie spécifique d'évaluation de l'aléa mouvement de terrain lié à la dissolution tout en intégrant les données quantitatives du site.

Au-delà de son application au site du bois de la Tussion, le travail méthodologique réalisé au cours de cette étude ouvre des perspectives à l'échelle du département ou d'une région, comme celle de l'Ile-de-France, quant à l'évaluation des aléas liés aux processus de dissolution naturelle. ●

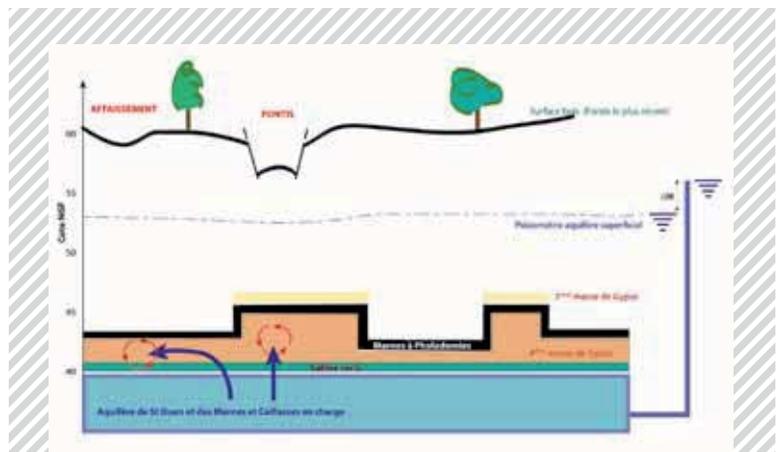


Figure 3

Schéma conceptuel du fonctionnement hydrogéotechnique du système de dissolution identifié dans le sous-sol du bois de la Tussion.

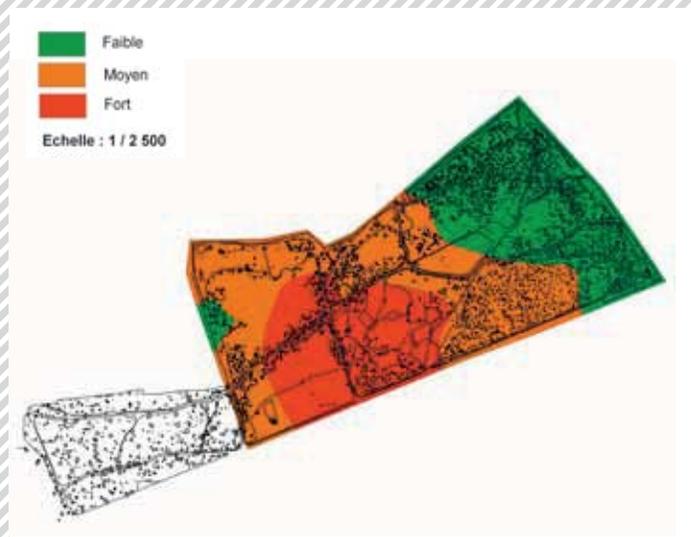


Figure 4

Carte de l'aléa fontis établi sur le territoire du bois de la Tussion.

Abstract

The Tussion Wood, close to Paris is affected by regular sinkholes development due to gypsum dissolution. The insufficient knowledge concerning formation and evolution of these natural origin sinkholes makes it difficult to apply suitable protective solutions for inhabitants safety. In order to develop this knowledge,

INERIS has performed a hydrogeological and geotechnical studies of this area. They aim to evaluate the "ground movement" risk. As these are evolutive phenomena, it is necessary to have extensive knowledge on the hydrogeological functioning of the site, the underground water flows being at the origin of the dissolution.

Références

- A Toulemont M. *Les risques d'instabilité liés au karst gypseux lutétien de la région parisienne – Préviation en cartographie*. Bull. de liaison P et Ch, n° 150/151, réf. 3192, 1987, pp. 109-116.
- B Klimchouk A. et al. *Dissolution of gypsum from field observations*. International Journal of Speleology, 1996, 25 (3-4), pp. 37-48.
- C Klimchouk A. *Hydrogeology of gypsum formations*. International Journal of Speleology, 1996, 25 (3-4), Chapter 1.6, pp. 83-89.
- D Gutiérrez F., Cooper A. H. *Identification, prediction and mitigation of sinkhole hazards in evaporite karst areas*. Environ Geol, 2007, 53, réf.: doi10.1007/s00254-007-0728-4, pp. 1007-1022.
- E Thierry P., Rivet F., Vanoudheusden E. *Scénarios risque mouvements de terrain (y compris effondrement de cavités) dans les agglomérations urbaines: développement méthodologique*. Rapport BRGM RP-56243-FR, 2008.
- F Didier C. *L'élaboration des plans de prévention des risques miniers (PPRM)*. Guide méthodologique, INERIS DRS-06-51198/R01, 2006.