



HAL
open science

Vulnérabilité, conséquences des aléas accidentels et naturels sur les biens

Matthieu Caudron

► **To cite this version:**

Matthieu Caudron. Vulnérabilité, conséquences des aléas accidentels et naturels sur les biens. Rapport Scientifique INERIS, 2011, 2010-2011, pp.85-87. ineris-01869398

HAL Id: ineris-01869398

<https://ineris.hal.science/ineris-01869398>

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.



Matthieu
Caudron



Contributeur

Vulnérabilité, conséquences

des aléas accidentels et naturels sur les biens

Références

- [1] Boscardin M.D. & Cording E.G. 1989. *Building response to excavation-induced settlement*, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 115(1): pp. 1-21.
- [2] Dimmock P.S. and Mair R.J. 2008. *Effect of building stiffness on tunneling-induced ground movement*, Tunneling and Underground Space Technology, 23: pp. 438-450.
- [3] Caudron M., Hor B., Emeriault, F. and Al Heib M. 2010. *A large 3D physical model: a tool to investigate the consequences of ground movements on the surface structure*, 14th Int. Conf. on Experimental Mechanics, EDP sciences, Poitiers, France, 6, 22001, pp. 1-8.
- [4] Hor B., Caudron M., Al Heib M. & Emeriault F. 2011. *Effectiveness of a mitigation technique for buildings subjected to ground subsidence*. ICAGE. Perth. 7-9 November 2011
- [5] Peng S.S., Luo Y. and Dutta D. 1996. *An Engineering Approach to Ground Surface Subsidence Damage Due to Long-wall Mining*, Mining Technology, 78(900), 1996, pp. 227-231.
- [6] INERIS-DRS-08-95042-13683A. *Recommandations pour l'évaluation et le traitement des conséquences des mouvements du sous-sol sur le bâti*. 2008. 73 p. (disponible sur www.ineris.fr).

Notre société est confrontée de manière répétée aux aléas naturels (séisme, inondation, tempête, mouvements de terrain) et aux risques qui en découlent. Ces aléas ont des conséquences sur notre société, nos activités et notre environnement. Par exemple, les images de structures et infrastructures, habitats, voies de communication, industrie... durablement touchés par un séisme, par la sécheresse géotechnique, par une inondation ou par un effondrement minier nous sont familières.

La solution la plus évidente est de se soustraire à ces aléas, de s'implanter dans des zones non exposées. Dans un contexte d'expansion démographique, d'accroissement de la pression immobilière et par la nature même de certains aléas, cela n'est pas forcément possible ou envisageable. La société doit s'habituer et s'adapter pour vivre avec le risque.

Ainsi, parallèlement aux travaux qui sont réalisés pour mieux connaître l'aléa (le phénomène, son intensité, sa propagation...), il est nécessaire de bien connaître la réponse et la vulnérabilité des constructions exposées pour s'assurer de leur comportement sous une sollicitation donnée. Un exemple de cette démarche est le génie parasismique qui, de manière succincte, cherche à préserver la stabilité, voire l'intégrité des ouvrages en choisissant la localisation des zones fusibles afin de protéger les occupants et pouvoir réhabiliter/remettre en service celui-ci, à moindre frais, par la suite. Ce type de démarche, performante, est encore peu répandu dans le domaine de la construction.

Par ailleurs, les constructions sont exposées généralement à plusieurs aléas, qui ne se produisent pas forcément de manière concomitante: par exemple, inondation et mouvements de terrain ou séisme et sécheresse géotechnique... Il y a donc une nécessité de prendre en compte la combinaison des vulnérabilités aux différents aléas auxquels une construction est exposée afin de pouvoir apprécier la performance de l'une ou l'autre technique de protection dans un contexte multi-aléas.

La direction des risques du sol et du sous-sol pilote un axe de recherche « Évaluation et réduction de la vulnérabilité des biens aux aléas naturels et miniers ». À travers cet axe de recherche, sont étudiés et développés des moyens permettant d'évaluer la vulnérabilité de constructions (maisons, immeubles, mais aussi infrastructures: voies de communication, installations industrielles...) vis-à-vis de différents aléas, notamment les mouvements de terrains [1]. Par la suite, des techniques et méthodes permettant de réduire la vulnérabilité de ces enjeux, par rapport aux aléas considérés, sont évaluées en termes de performance et de compatibilité dans un environnement multi-aléas.

L'étude des conséquences des aléas de type mouvement de terrain sur les structures et infrastructures est menée grâce à la modélisation physique à échelle réduite et à la modélisation numérique [2, 3].

Modélisations physique et numérique

Un modèle réduit physique, conçu à l'INERIS, est utilisé pour reproduire, de manière →

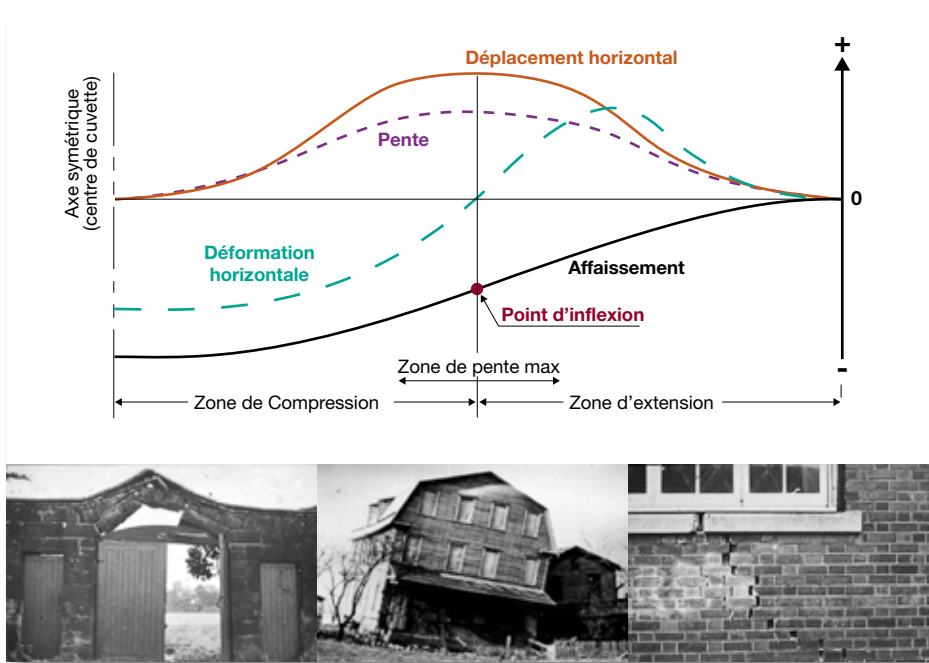


Figure 1

Principales caractéristiques des mouvements de terrain pour un affaissement et leurs conséquences sur les structures.

Figure 3

Dispositions constructives applicables à la structure, à la fondation ou au sol [6].

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES		Affaissement		Fontis	
		Neuf	Ancien	Neuf	Ancien
Sol	Comblement	x	x	x	x
	Tranchées périphériques	x	x		
	Renforcement par injection	x	x	x	x
	Renforcement par géotextiles			x	
Fondation	Types de fondation	x		x	
	Interfaces horizontales sous l'ouvrage	x			
	Adaptation du système des fondations		x		x
	Reprise en sous-œuvre sous chaînage				x
Structure	Types d'ouvrage	x		x	
	Implantation	x		x	
	Architecture d'ensemble	x		x	
	Dimensions et conception des structures	x		x	
	Matériaux employés	x		x	
	Joints verticaux	x			
	Renforcement de l'ouvrage	x	x	x	x



Figure 2

Carrière (à droite).
Falaise sous cavée (à gauche).

→ répétable, différentes formes de mouvements de terrain et étudier leurs conséquences sur une structure en surface. À l'échelle géométrique 1/40, une cuvette d'affaissement est, par exemple, simulée avec un ensemble de caractéristiques données (affaissement vertical, profil de déplacements et déformations horizontaux...). Une maquette de structure, représentative du comportement macroscopique d'une maison d'habitation individuelle, est utilisée

pour étudier le phénomène d'interaction sol-structure et le comportement de la structure en fonction de sa position au sein de la cuvette d'affaissement.

En complément, un modèle numérique est réalisé à partir d'un code de calcul aux éléments finis. Après une phase initiale de calage, cet outil permettra d'étendre les résultats obtenus par la modélisation physique en s'affranchissant des limites inhérentes à cet outil. Ainsi, des études paramétriques pourront être menées plus aisément. Ce modèle numérique permet de représenter le mouvement de terrain, la structure, le phénomène d'interaction sol-structure ainsi que la présence éventuelle de techniques de protection visant à réduire la vulnérabilité du bâti.

Vulnérabilité du bâti et solutions techniques de protection

La première phase a consisté en l'étude et la caractérisation des processus régissant le phénomène d'interaction sol-structure. Plus précisément, il s'agit de bien comprendre comment les déformations qui se développent dans le sol se transmettent à la structure en surface, et comment la présence de celle-ci, par sa géométrie, sa masse, peut modifier les déformations apparaissant dans le sol. Différentes positions de la structure au sein d'une cuvette d'affaissement ont été simulées, permettant d'apprécier le comportement au cours de différentes sollicitations transmises à la structure. Cette première partie a permis de vérifier que la raideur relative de la structure par rapport au sol, sa position sont des paramètres régissant le transfert des déformations depuis le sol de fondation vers le bâti.



Figure 4

Modèle physique permettant la reproduction de mouvements de terrain (INERIS).

Dans un second temps, une solution technique de protection des constructions vis-à-vis de l'aléa affaissement est étudiée dans le cadre de cet axe de recherche. Il s'agit de la tranchée périphérique, un élément que l'on vient placer dans le sol, autour de la structure, afin d'absorber une partie des déformations causées par l'affaissement. L'objectif de l'étude est de préciser les performances que l'on peut attendre de cette technique de protection en fonction de plusieurs paramètres tels que ses caractéristiques géométriques (épaisseur, profondeur, distance de la structure) et donc indirectement son coût, les caractéristiques de la structure et du sol de fondation.

Un modèle réduit de tranchée périphérique a été développé afin de reproduire son fonctionnement réel. Ainsi, un modèle réduit d'un bâtiment protégé par une tranchée périphérique est soumis à un affaissement en utilisant différentes configurations des paramètres. La comparaison des déformations qui apparaissent dans la maquette de structure en l'absence de la tranchée et en présence de celle-ci permet d'évaluer, de manière directe, sa performance en termes de réduction de la vulnérabilité de la structure [4]. De ces essais menés avec le modèle physique réduit, les résultats sont aussi utilisés pour valider un outil basé sur la modélisation numérique qui facilitera la réalisation d'études paramétriques. Quelques performances obtenues avec les différentes configurations de tranchée périphérique sont présentées (figure 6). Elles sont parfaitement comparables aux résultats obtenus lors d'essais en vraie grandeur [5]. Pour les directions les plus sollicitées en fonction de la



Figure 5

Exemple d'application de la tranchée périphérique dans le cadre d'une expérience conduite aux États-Unis [5].

Figure 6

Performance de la tranchée périphérique - Réduction des déformations apparaissant dans différents côtés de la structure.

		Position en pente maximale		Position en extension maximale		
		Tranchée à 1,6 m		Tranchée à 0,6 m		
		Bord haut	Bord haut	Bord droit	Bord haut	Bord droit
ε ^h , moy (%)	Sans tranchée	-0,21	-0,26	-0,16	-0,24	-0,16
	Avec tranchée	-0,13	-0,18	-0,06	-0,20	-0,09
Réduction		38 %	31 %	63 %	20 %	44 %

position de la structure dans la cuvette d'affaissement, la réduction des déformations apparaissant dans la maquette de structure atteint 38 à 63 %, ce qui témoigne d'une efficacité intéressante de cette technique de protection.

PERSPECTIVES

Pour la suite de cet axe de recherche, il est prévu de poursuivre deux axes de développement. Le premier porte sur l'étude de la vulnérabilité des structures à d'autres aléas, tels le retrait-gonflement des argiles. Des modifications du modèle physique seront réalisées afin de le rendre capable de reproduire, en surface du massif de sol, un champ de déformations similaires à celui engendré par la sécheresse géotechnique. Parallèlement, une maquette de structure plus proche de la réalité sera conçue avec les caractéristiques principales suivantes: un système de fondation, des éléments de

superstructures de type voile de maçonnerie et la présence d'ouvertures (porte, fenêtre). De plus, d'autres moyens techniques, permettant de réduire la vulnérabilité de ces enjeux vis-à-vis des différents aléas pris en compte, seront étudiés et caractérisés afin de pouvoir évaluer leur performance: l'utilisation de géotextile, par exemple [6]. La modélisation numérique sera de même employée pour étendre les résultats obtenus.

Le deuxième axe de travail porte sur la compatibilité des techniques de protection dans un contexte multi-aléas tel qu'évoqué précédemment. En effet, il n'est pas rare qu'un bâtiment soit, par exemple, exposé au risque sismique (compte tenu de la nouvelle réglementation parasismique) et au risque lié au retrait-gonflement des argiles ou au risque mouvement de terrain lié à la présence d'une cavité souterraine (mine, carrière...).

ABSTRACT

Population growth constrains the society to build in areas that have been avoided earlier because they can be impacted by different natural hazards (for instance, earthquakes, floods, storms, grounds movements, landslides). Beyond the knowledge of these phenomena, it became necessary to assess and reduce the vulnerability of structures to such hazards. It is in this context that INERIS uses physical and numerical modeling in order to analyze specifically the impact of ground movements on buildings. This study is performed in order to propose some methods to reduce the vulnerability of structures. This is achieved by the way of testing several proposed technical solutions and determining the more important parameters driving their effectiveness. Further developments are mainly based on a small scale physical testing apparatus which allows the study of the structure subjected to several and complex natural loadings.