

## **3D Geomodelling Contribution to the Mapping of Gravitational Hazards on the Hill of Croix-RousseE**

Elodie Scholastique, Catherine Pothier, Louis Vinet, Christophe Rigotti,  
Nicole Bouillod

► **To cite this version:**

Elodie Scholastique, Catherine Pothier, Louis Vinet, Christophe Rigotti, Nicole Bouillod. 3D Geomodelling Contribution to the Mapping of Gravitational Hazards on the Hill of Croix-RousseE. Journées Aléas Gravitaires (JAG), Oct 2017, Besançon, France. pp.1-4. hal-01596585

**HAL Id: hal-01596585**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01596585>**

Submitted on 28 Nov 2017

**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.

# **APPORT DE LA MODELISATION GEOLOGIQUE 3D DANS LA CARTOGRAPHIE DES RISQUES GRAVITAIRES DE LA CROIX-ROUSSE.**

## **3D GEOMODELLING CONTRIBUTION TO THE MAPPING OF GRAVITATIONAL HAZARDS ON THE HILL OF CROIX-ROUSSE.**

Elodie Scholastique<sup>1</sup>, Catherine Pothier<sup>2</sup>, Louis Vinet<sup>1</sup>, Christophe Rigotti<sup>3</sup>, Nicole Bouillod<sup>4</sup>

1 : Univ Lyon, INSA-Lyon, LGCIE - SMS ID, F-69621, France

2 : Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS, LIRIS, UMR5205, F-69621, France

3 : Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS, INRIA, LIRIS, UMR5205, F-69621, France

4 : Direction Prévention et Sécurité de la Ville de Lyon - Ville de Lyon - Lyon - France

**RÉSUMÉ** – Les balmes lyonnaises, zones fortement urbanisés, concentrent de nombreux risques gravitaires. L'objectif de cette étude est de présenter un modèle géologique 3D cartographiant la colline de la Croix-Rousse et ses versants périphériques. Cet outil d'information a pour but de cartographier la répartition des niveaux litho-stratigraphiques en 3D afin de distinguer celles dites « à risques ». Il peut donc constituer une aide supplémentaire de prévision et de gestion des risques sur la zone étudiée.

### **ABSTRACT**– version Elodie

The hills of Lyon are highly urbanized zones which concentrate many gravitational risks. The aim of this study is to present a 3D geological model of the Croix-Rousse hill. The purpose of this information tool is to map the distribution of lithologies in 3D to identify the endangering ones. Thus, it can be a further support for hazard forecasting and risk management in the studied area.

## **1. Introduction**

Depuis l'antiquité, les plateaux des collines de la Ville de Lyon, la Croix-Rousse au nord de la ville et Fourvière à l'ouest, ont été des zones d'habitation. Progressivement la ville s'est aussi développée sur les zones de Balmes, constituant les versants abrupts, talus ou pentes de ces collines. Pour ce faire, les pieds de ces collines ont été entaillés. De nos jours, ces zones sont le siège d'instabilités gravitaires liées à l'équilibre précaire des versants urbanisés ainsi qu'à des structures souterraines du type galerie.

Depuis la catastrophe du glissement de terrain sous Fourvière en 1930 (40 morts), ces zones sont sous surveillance puis ont été placées en ZRG (Zone à Risques Géologiques) en 1982. Chaque année cependant des instabilités gravitaires apparaissent (Pothier C. et al., 2016, Vinet L., 1991). Cet article a pour objectifs de présenter une modélisation géologique 3D de la colline de la Croix-Rousse. Le but de cette modélisation est d'améliorer la connaissance du sous-sol et de permettre une meilleure cartographie des zones à risques potentiels. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un partenariat entre l'INSA de Lyon et la Direction Prévention et Sécurité de la Ville de LYON au sein d'une structure consultative créée par cette Direction : la Commission des Balmes.

## **2. Description de la géologie et des risques associés**

### **2.1. Topographie et genèse du relief**

La colline de la Croix-Rousse est un plateau culminant à 250m, qui comporte sur sa périphérie des pentes importantes de 30 à 50% en moyenne. Celles-ci peuvent se terminer par des falaises verticales d'une hauteur allant de 25 à 40m, occasionnés par des anatexites localisées (Mongereau N., 2010, Vinet. L, 1991). La stratigraphie de la Croix-

Rousse (Fig. 1) s'appuie sur un substratum granito-gneissique. Elle est composée essentiellement de dépôts miocènes et pliocènes dont les faciès varient du marin au continental. Ces lithologies sont surmontées par une couverture morainique principalement caillouteuse d'épaisseur conséquente, issue de la dernière glaciation würmienne. Ce plateau a été façonné par les différentes phases d'érosion. Durant la dernière glaciation würmienne, les conditions climatiques ont favorisé une érosion intense ainsi qu'un décapage de nouvelles vallées (David, L. 1967, Mongereau N., 2010, Vinet L. et al. 2010). La Croix-Rousse est limitée au Nord par le plateau de la Dombes, à l'Est par le fleuve du Rhône et à l'Ouest par la Saône.

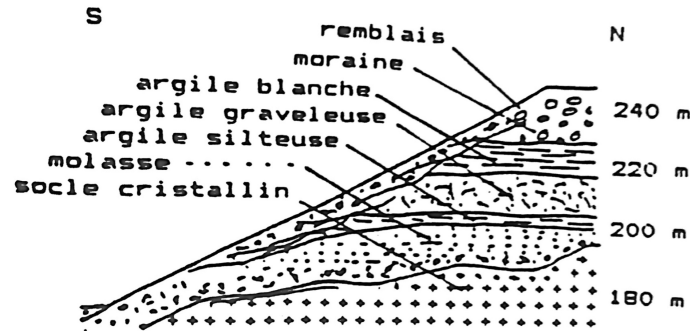


Figure 1. Formations géologiques lyonnaises dans leur contexte chronologique (Vinet L., 1991).

## 2.2. Géologie et risques gravitaires

Le risque principal sur les balmes lyonnaises s'est caractérisé par différents aléas gravitaires. Ces aléas reposent sur différents facteurs comprenant la nature des aménagements humains ainsi que les contraintes naturelles externes (climat) et internes du milieu (topographie, géologie, hydrogéologie) (Mongereau N., 2010, Vinet L., 1991).

L'origine géologique principale des mouvements de terrain provient de l'agencement horizontal ou vertical de lentilles plus ou moins consolidées. Concernant la Croix-Rousse, ce sont les terrains argileux qui ont le plus fort potentiel d'instabilité lors d'une imprégnation subite par de l'eau en cas de rupture de canalisation ou de fortes précipitations. Le niveau considéré comme le plus susceptible est celui du Miocène continental composé des argiles vertes. Cette lithologie constituée de lentilles sablo-graveleuses à argilo-graveleuses a une composante principalement argileuse, ce qui lui confère les propriétés d'un aquifère remarquable. Elle peut aussi être à l'origine de surface de décollement. (Vinet L. et al. 2010). Les formations colluvionnaires sont également sensibles car elles ont de faibles caractéristiques mécaniques.

## 3. Présentation du modèle géologique 3D.

### 3.1. Objectifs de la modélisation 3D

L'objectif est de créer un outil d'information géologique qui pourra être utilisé par des acteurs aux différentes compétences dans le domaine (architectes, maîtres d'œuvre, archéologues, experts et gestionnaires du risque). L'information collectée doit être concise. Il faut conserver les détails géologiques et géotechniques utiles afin de pouvoir distinguer chaque lithologie et leur attribuer des propriétés (Bourgine B, 2006). Ces propriétés, qui sont essentiellement l'angle de frottement et la cohésion, varient selon le public visé et le public destiné à son usage du modèle et doivent être alors définies en adéquation. Les propriétés du modèle doivent pouvoir reconstituer la zone étudiée dans sa continuité (3 dimensions spatiales) pour acquérir une vision d'ensemble de la zone afin de mieux appréhender les risques liés.

### 3.2. Base de données géologique

La réalisation d'un modèle géologique 3D se fait à partir d'une base de données d'informations géologiques ponctuelles et localisées. Une base de données géologiques de plus de 400 sondages verticaux a été constituée au fil des années (1998 à 2016) par la Ville de Lyon. Ces données, regroupant sondages géologiques carottés et sondages destructifs avec prélèvements, sont extraites des dossiers de permis de construire examinés chaque mois par la Commission des Balmes et de travaux plus anciens. Les sondages sont interprétés par des experts géotechniciens et géologues de l'INSA dans le cadre d'un partenariat. Cette base comporte également des sondages horizontaux, dont le plus long dépasse 800m, effectués lors du doublement du tunnel de la Croix-Rousse en 2009. Elle a aussi été augmentée par les données disponibles dans la Base de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM pour la zone de plateau. Pour limiter les erreurs en phase de modélisation, une étape importante de nettoyage et de consolidation des données a été effectuée en se basant d'une part sur l'épaisseur et la cote d'apparition de chaque formation, et d'autre part sur la vraisemblance du log lithostratigraphique.

### 3.3. Description du modèle.

Afin de réaliser dans un premier temps une visualisation 3D des différents sondages, ces derniers ont été représentés graphiquement dans l'espace en matérialisant l'épaisseur apparente des couches en profondeur ainsi que la nature des contacts lithologiques. La figure 2 montre la visualisation 3D des données entrées dans le modèle (plus de 400 sondages effectués entre 1954 et 2014). Les sondages étant ponctuels, la qualité et la résolution du modèle ne peut être la même en tous points. Dans les zones où il y aurait moins d'informations, certaines hétérogénéités géologiques pourraient être ignorées faute de données les renseignant (Aug C., 2004). Ainsi, la principale difficulté est d'obtenir un modèle cohérent expliquant le plus justement possible les variations lithologiques de la colline de la Croix-Rousse. Afin de spatialiser l'information en 3D en tous points du modèle, il est intéressant de poursuivre par une modélisation géométrique. Une approche intéressante en cours d'étude est d'assembler les volumes élémentaires comme le préconise la méthode développée par Courrieux (Courrieux *et al*, 2001) sur une décomposition par diagrammes de Voronoï.

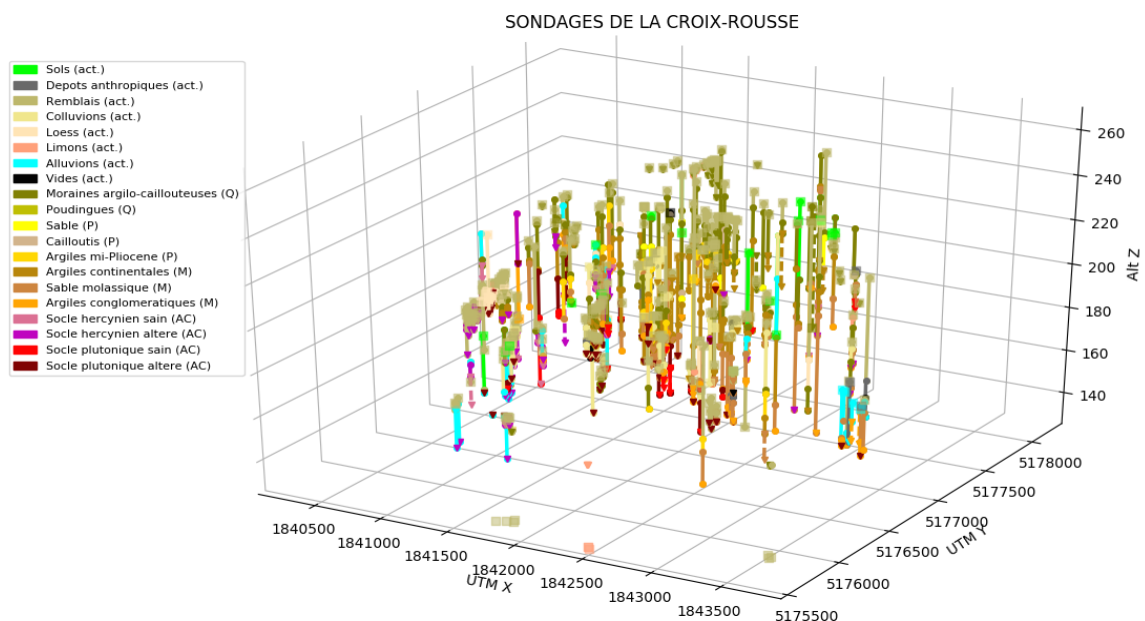


Figure 2. Représentation 3D des sondages géologiques sur la zone de la Croix-Rousse.

#### 4. Discussion et conclusion

Ce modèle synthétise plus d'un demi-siècle de sondages géologiques effectués sur la Colline de la Croix-Rousse et permet de mieux appréhender globalement la géologie très spécifique de cette zone de Lyon. Son utilisation peut apporter lors d'étude de cas (constructions nouvelles, projets souterrains, découvertes de zones instables ou décomprimés..) ou lors d'accidents gravitaires (éboulement, glissements..) des informations importantes sur la géologie superficielle et profondes. Sur la Croix-Rousse, les glissements de terrains meurtriers d'Herbouville en 1932 (30 morts), en 1977 (3 morts), ou le glissement de l'observance en 2013 sur une zone voisine sont des exemples d'accidents où la connaissance du sous-sol liées à celles des structures anthropiques aurait pu permettre une meilleure prévention.

Une connaissance de la géologie en 3D permettra de mieux identifier la répartition des lithologies « à risques ». Cette information, jointe aux études de site, pour la cartographie des risques gravitaires facilitera l'identification des zones sensibles.

À terme, la gestion des risques gravitaires reposera sur un travail constant d'études, de reconnaissances et d'entretiens de l'ensemble des outils et dispositifs couvrant les collines lyonnaises. La cartographie et la prévision des zones sensibles en sont les piliers. Dans ce contexte, les perspectives de développement et d'utilisation de ce modèle géologique 3D sont nombreuses.

#### 5. Remerciements

Les auteurs remercient la Direction Prévention et Sécurité de la Ville de Lyon. C. Pothier, C. Rigotti et L. Vinet sont membres du LabEx IMU (ANR-10-LABX-0088) qui soutient également ce projet.

#### 6. Références bibliographiques

- Aug C. (2004). Thèse : Modélisation géologique 3D et caractérisation des incertitudes par la méthode du champ de potentiel. *École Nationale Supérieure des Mines de Paris*.
- Bourgine B., Dominique S., Marache A., Thierry P. (2006) Tools and methods for constructing 3D geological models in the urban environment: the case of Bordeaux. IAEG 2006 – Nottingham, 6th– 10thseptember 2006, paper No 72
- David, L. (1967) Formations glaciaires et fluvio-glaciaires de la région lyonnaise, *Documents des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon*, ISSN 0076-1672 ; 22. : p. 160
- Courrioux G., Nullans S., Guillen A., Boissonnat J-D, Repousseau P., Renaud X., and Thibaut M. 3D (2001) Volumetric modelling of Cadomian terranes (Northern Brittany, France): an automatic method using Voronoi diagrams. *Tectonophysics*, 331:181-196.
- Mongereau N. (2010). *Géologie de Lyon*. Editions Lyonnaises d'Art et d'Histoire. 143 p.
- Vinet L., Pothier-Elisei C., Emeriault F., (2010) les faux amis ou hétérogénéités géologique dans les formations détritiques de la région lyonnaise. JNGG 2010 – Grenoble 7-9 juillet 2010.
- Pothier C., Vinet L., Bouillod N., Delvalet A. (2016) Modèle de compréhension d'une coulée boueuse en site urbain, cas du conservatoire de Lyon. JNGG 2016 – Nancy, 6-8 juillet 2016
- Vinet L. (1991). *Typologie et prévention des risques et accidents géotechniques en site urbain : les collines de la Ville de Lyon entre 1977 et 1990*. Thèse Laboratoire Géotechnique. Lyon : INSA de Lyon, pp 331.