



Sujet proposé pour un début de contrat en Septembre 2013

---

## **TITRE du SUJET : L'archéo-sismicité : Etude des séismes enregistrés par un aqueduc romain (Antioche, Turquie)**

Directeur (trice) : de Sigoyer Julia, MCF, [sigoyer@geologie.ens.fr](mailto:sigoyer@geologie.ens.fr)

Co-directeur (trice) / Co-encadrant(e) : Carlut Julie, CR, [carlut@ipgp.fr](mailto:carlut@ipgp.fr), Dessales Hélène, MCF, [Helene.Dessales@ens.fr](mailto:Helene.Dessales@ens.fr)

Hubert Ferrari Aurélia, Pr., [aurelia.ferrari@ulg.ac.be](mailto:aurelia.ferrari@ulg.ac.be)

Equipe d'accueil : **ENS- Laboratoire de Géologie de l'ENS- UMR 8538**

Financement : **Contrat doctoral avec ou sans mission**

---

*Plus de renseignement voir : <http://ed109.ipgp.fr>, Rubrique : Offres\_de\_thèse  
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale*

---

### Développement du Sujet

L'objectif de cette thèse est double. Nous cherchons :

1. à connaître l'histoire sismique à l'intersection de la faille du Levant et de la faille Est Anatolienne à partir des dégâts causés par les séismes sur l'aqueduc romain d'Antioche sur l'Oronte (actuellement Antakya Turquie), afin de mieux évaluer l'aléa sismique d'Antakya (220 000 habitants).
2. à rendre compte des adaptations du bâti, sous l'empire Romain, dans une région soumise à un fort aléa sismique.

Nous devons pour cela :

- Documenter toutes les phases de construction et reconstruction de l'aqueduc, et les dater précisément.
- Caractériser les matériaux de construction, d'un point de vue pétrologique, pour connaître leur origine et leur mode de fabrication, mais également d'un point de vue mécanique, pour connaître leur résistance intrinsèque.
- Identifier les portions de failles responsables des dégâts causés sur l'aqueduc.
- Modéliser la réponse de l'aqueduc face aux séismes.

De précédentes expériences de collaborations entre archéologues et géologues de l'ENS, sur des aqueducs du bassin méditerranéen (Ostie, Pompéi, Arles-Barbegal), ont permis d'établir un protocole d'investigation et un dialogue fructueux entre les deux champs disciplinaires. Nos études ont, entre autre montré une phase de reconstruction liée à un séisme précédant l'éruption du Vésuve sur le site de Pompéi, et apporté des informations paléoenvironnementales à partir de concrétions calcaires de l'aqueduc.

Pour contraindre l'aléa sismique d'une région, il est important de documenter les séismes historiques qui l'ont affectée, qui nous renseignent sur leur temps de récurrence et le cycle sismique.

L'objet archéologique étudié dans ce projet est l'aqueduc romain de la ville d'Antioche, capitale romaine de la province de Syrie, située à 15 km de la faille du Levant. La ville d'Antioche et son aqueduc furent détruit par de violents séismes, on en dénombre 13 depuis l'Antiquité (7 à l'époque Romaine). Selon des sources écrites l'aqueduc aurait fonctionné jusqu'au VI<sup>e</sup> siècle ou au XII<sup>e</sup> siècle. Il constitue donc un

excellent marqueur temporel des événements sismiques et de l'histoire de la ville. Vital pour le fonctionnement de la capitale l'aqueduc a toujours été réparé. Ce sont ces phases de réparation que nous allons étudier.

Plusieurs approches seront déclinées afin de mener à bien cette étude intégrée et intrinsèquement pluridisciplinaire.

- L'approche archéologique consacrée à l'examen des bâtis encore observables, permettra de définir des phases de construction, de restauration et d'abandon de l'aqueduc. L'analyse fonctionnelle de chaque tronçon renseignera sur la place de l'aqueduc dans le réseau. Cette partie sera dirigée par l'archéologue Hélène Dessales (ENS), spécialiste du bâti hydraulique romain qui a déjà travaillé sur les aqueducs romains à Pompei, en Ostie (Rome), Barbegal/Arles (France).
- L'approche pétrologique comprendra l'étude des matériaux, leur datation et l'étude des concrétions calcaires. Elle sera conduite sous la direction de Julia de Sigoyer (ENS) pétrographe qui a travaillé sur Pompéi et Barbegal, à laquelle s'associera Julie Carlut (CR) de l'IPGP, spécialiste du champ magnétique et des concrétions calcaires.
  - L'étude des matériaux renseignera sur leur provenance et leur mode de fabrication.
  - L'âge de ces matériaux sera contraint par des datations au  $C^{14}$  des charbons contenus dans le mortier et les briques de restauration ou par la désaimantation magnétique des briques.
  - L'étude des concrétions calcaires tapissant l'aqueduc nous permettra d'identifier les sources de l'Aqueduc, de discuter de la qualité de l'eau, et peuvent constituer un marqueur environnemental et temporel.
- Les propriétés mécaniques des matériaux de construction et de réparations seront caractérisés (porosité, densité, résistance à la rupture), au laboratoire de géologie de l'ENS avec l'équipe de mécanique des roches, afin d'envisager l'évolution des matériaux pour faire face à l'aléa sismique.
- Modélisation de la réponse du bâtiment aux séismes.
  - Cette étude nécessite la mesure et la modélisation de l'accélération du sol liée aux séismes (menées avec A. Hubert Ferrari). Ces éléments associés à une modélisation 3D du bâti menée par J. Ponce (dépt. informatique de l'ENS) à partir de photogramétrie, serviront de base à modélisation de la réponse du bâti face à des secousses sismiques.
- L'étude paléosismologique: L'étude sédimentaire du Lac Amik, à quelques kilomètres au nord d'Antioche engagée par d'A. Hubert Ferrari (Prof. Université de Liège) complètera les données paléosismologiques.

