



École nationale supérieure
d'architecture Paris-Malaquais



Doctorante : **Ola Nashed Kabalan**

Laboratoire de recherche : Laboratoire Géométrie Structure Architecture - ENSA Paris Malaquais

École doctorale : ED 621- Ingénierie des Systèmes, Matériaux, Mécanique, Énergétique - Mines Paris – PSL

Sous la direction de : Robert Le Roy (dir.), Professeur HDR ; Thierry Ciblac, Professeur (GSA, ENSA Paris-Malaquais) et Sandrine Marceau, HDR (Université Gustave Eiffel)

Titre de la thèse : **Évaluation de la fabrication additive en terre crue du matériau à l'architecture**

Résumé :

Les crises environnementales et sociales, auxquelles nous sommes confrontés aujourd'hui, sont toujours en croissance. Le secteur de la construction prenant une part significative dans les atteintes à l'environnement, un enjeu important est d'impliquer les architectes dans la recherche de solutions. La piste explorée ici est de valoriser les déchets dans la logique de transformer les matières indésirables en objets de désir, et toutes les initiatives pour réduire les déchets de demain. A ce titre, la terre d'excavation dans les chantiers de grands ouvrages présente un grand potentiel pour représenter le matériau d'avenir durable utilisable localement. Quoique la terre crue soit un matériau à la fois local, recyclable, écologique grâce à sa très faible empreinte carbone et qu'elle a des propriétés physiques intéressantes pour assurer le confort thermique dans l'espace intérieur, l'image dominante de sa vulnérabilité structurelle et sa sensibilité à l'eau a retardé son utilisation généralisée.

La thèse vise à profiter des technologies de construction avancée, comme la fabrication additive robotisée et des méthodologies d'écoconception. Cela a pour finalité de généraliser l'utilisation de la terre crue, de répondre au besoin d'une architecture soutenable et pérenne et de proposer un processus de construction plus durable et intégrant une composante sociale. En fait, cette nouvelle façon de construire en terre crue devrait offrir de nombreux avantages, comme : 1) la rapidité et la précision d'exécution, 2) la possibilité d'une infinité de solutions architecturales, 3) la valorisation de métiers exercés in-situ. Les propositions concrètes qui seront proposées seront non seulement évaluées sur l'ensemble de leur cycle de vie mais également en fonction de l'organisation sociale des travaux sur le chantier (tenabilité, complexité, organisation du chantier...).

Pour valider ces méthodes de conception/construction, la première question scientifique concerne l'adaptation du matériau local aux contraintes structurelles et de longévité tout en préservant l'empreinte écologique faible du matériau. La piste explorée dans la thèse vise à consolider le matériau avec la cellulose bactérienne (CB). La deuxième question concerne la proposition d'une méthodologie de mise au point rhéologique du matériau stabilisé adapté à la fabrication additive. La troisième question porte sur

l'exploration du potentiel de la fabrication additive pour améliorer la durabilité de la terre crue imprimée et sa résistance vis-à-vis de l'érosion par l'eau ou la combinaison eau-vent. Ceci en s'inspirant de la nature, de l'architecture vernaculaire, et en travaillant sur la morphologie, la texture et la modénature de la façade, d'un point de vue expérimental à différentes échelles. Un prototype à échelle 1 est prévue en 3ème année comme preuve de concept.

Mots clés : Ecoconception, Terre crue, Économie circulaire, méthodes de construction durables, Fabrication additive, conception paramétrique.