



## Avis de Soutenance

**Madame Dalal BADREDDINE**

### Génie Civil

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Restauration du patrimoine bâti : compatibilité et durabilité des matériaux pierres-mortiers du site de Volubilis au Maroc

dirigés par Monsieur Muzahim AL MUKHTAR

Co-tutelle avec l'université "Université Moulay Ismael - MEKNES" (MAROC)

Soutenance prévue le mardi 07 janvier 2020 à 14h00

Lieu : ENSAM-Meknès, B.P. 15290, Al Mansour, 50000, Meknès, Maroc.

Salle :

#### Composition du jury proposé

M. LAHBIB BOUSSHINE LAHBIB	Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique (ENSEM) Université Hassan II (Casablanca)	Examineur
Mme Sylvie YOTTE	Université de Limoges	Rapporteur
Mme Anne PANTET	IUT du Havre	Rapporteur
Mme Rachida MAHJoubi	Université Moulay Ismail	Rapporteur
M. Toufik CHERRADI	Ecole Mohammadia d'ingénieurs	Rapporteur
M. Moulay Ali CHAABA	Université de My Ismail	Co-directeur de thèse
M. Kevin BECK	Université d'Orléans	Co-directeur de thèse
M. Xavier BRUNETAUD	Université d'Orléans	Examineur

Mots-clés : Pierre, Consolidation, Durabilité, Vieillessement,

Résumé :

RESTAURATION DU PATRIMOINE BÂTI : COMPATIBILITÉ ET DURABILITÉ DES MATÉRIEAUX PIERRES/MORTIERS DU SITE DE VOLUBILIS (MAROC) Cette thèse s'inscrit dans le thème de la préservation et conservation du patrimoine bâti, avec une application particulière au site archéologique de Volubilis. Ce site marocain est l'un des plus importants patrimoines de l'UNESCO de l'Afrique du Nord (Maroc). L'objectif principal est de proposer des solutions d'intervention spécifiques qui garantiraient la durabilité et la stabilité du site tout en préservant son authenticité. En effet, le site présente des désordres au niveau des structures, mais aussi au niveau des matériaux de construction (pierres et mortiers). Avant d'intervenir sur le site, il est important d'anticiper et d'étudier de manière quantitative et qualitative les solutions proposées à la conservation du site. Dans un premier temps, une caractérisation complète des matériaux de construction est nécessaire. Ainsi, les pierres principales du site (calcarénite beige-jaunâtre et calcaire gris) sont testées afin de déterminer leur composition minéralogique et leur comportement hydrique et mécanique. Ensuite, un mortier de restauration proposé (appelé mortier Orléans) est testé et comparé avec le mortier utilisé habituellement lors des

travaux de restauration sur le site (mortier Volubilis) afin de déterminer lequel paraît être le plus compatible à la pierre prépondérante du site, la calcarénite. La compatibilité est définie comme la capacité du mortier à garder ses performances, d'adhérer à la pierre et à résister aux conditions environnementales agressives sans provoquer la dégradation de la pierre. Pour ce faire, dans un premier temps, la compatibilité est étudiée par comparaison des propriétés jugées les plus pertinentes des deux mortiers avec celles de la pierre. Dans un deuxième temps, l'interaction pierre-mortier est étudiée grâce à des essais d'adhérence puis des essais de vieillissement en laboratoire, menés sur des modèles de maçonnerie (murets). Les cycles de vieillissement appliqués reposent sur des processus de dégradation tels que les variations thermo-hygriques, les chocs thermiques, la cristallisation de sels  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et  $\text{NaCl}$ , afin de reproduire, de manière artificielle et accélérée, les sollicitations environnementales que subissent les matériaux de la maçonnerie lors de leur mise en place. Ceci a permis de déterminer une formulation de mortier durable et compatible, faite à base de produits locaux (chaux, sable dolomitique et poudre de brique), pour la reconstruction des structures effondrées du site. Afin de tester des protocoles de conservation des pierres, l'utilisation d'une solution à base de nanochaux a été étudiée. Il s'agit d'une suspension de particules de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dans de l'éthanol. Le produit a été testé comme traitement curatif, appliqué à des échantillons de pierres fissurées et dégradées par perte de matière à la surface, mais aussi comme traitement préventif, appliquée à des échantillons de pierres saines qui pourraient limiter la dégradation future de ces dernières. Si le nanochaux a démontré une bonne capacité à traiter la perte de cohésion surfacique observée sur certaines pierres, son utilisation comme traitement préventif risque d'accélérer la dégradation des pierres du site.