



Visite de la carrière de Montdardier lors de la journée thématique



© IMT Mines Alès

## ► Une thèse sur l’approvisionnement en lauze calcaire à l’échelle du Massif central

La thèse sur l’approvisionnement en lauze calcaire à l’échelle du Massif central a pour objectifs de :

- > pérenniser la ressource en lauze calcaire (qualité et quantité) et donc la filière entière,
- > évaluer et analyser le potentiel des carrières déjà en place,
- > mettre au point un processus innovant et reproductible d’extraction, de stockage et de suivi qualitatif de la pierre pour exclure celles qui pourraient être gélives,
- > référencer des sites potentiels d’extraction supplémentaires.

### > Les résultats attendus

#### • A long terme

- un approvisionnement de qualité et continu en matériau pour les artisans,
- la rédaction de règles professionnelles allant de l’extraction jusqu’à la pose de la lauze calcaire permettant aux lauziers d’obtenir des assurances,
- la certitude pour les maîtres d’ouvrage d’avoir une toiture durable,
- la restauration du patrimoine vernaculaire des Causses dont la lauze calcaire est un élément incontournable par sa visibilité et son originalité, et parce que la toiture est le premier élément de préservation du bâti.

#### • A court terme (3 ans)

- une évaluation du potentiel des carrières existantes,
- la définition d’une méthode pour s’assurer de la non-géllivité de la lauze sortie de carrière,

- un référencement des gisements possibles pour la lauze calcaire avec une étude multicritère (géologie, impacts paysagers et environnementaux, étude foncière, caractérisation des lauzes potentielles...).

### > Les résultats obtenus

#### • Sur le plan scientifique

La lauze désigne un matériau naturel en plaquette sédimentaire (lauze calcaire, lauze de grès), métamorphique (lauze de schiste) ou magmatique (lauze de phonolite), obtenu par clivage le long des zones de fragilité horizontale de la roche. Cet éco-matériau est utilisé dans l’architecture vernaculaire et patrimoniale dans de nombreuses régions d’Europe. En France, notamment dans le Massif central, il constitue un élément clé des paysages culturels agropastoraux méditerranéens du périmètre «Causses et Cévennes» inscrit au patrimoine mondial de l’Unesco. La lauze calcaire soumise à des conditions environnementales rudes peut se retrouver endommagée, compromettant ainsi sa fonction d’étanchéification. La variété d’environnements propices à la formation des lauzes calcaires du Massif central fait qu’elles ont une diversité de caractéristiques diagénétiques (faciès). Selon de précédentes études, il a été démontré que ces caractéristiques diagénétiques contrôlent les processus d’endommagement des calcaires lorsqu’ils sont soumis à des cycles de gel/dégel. Cette thèse a pour objectif de caractériser et de comprendre les processus d’endommagement des lauzes calcaires notamment lorsqu’elles sont soumises à divers cycles (gel/dégel, absorption/séchage ou choc thermique) en se basant sur leur comportement en vibration et des observations au sein de



sa microstructure. Les résultats issus des travaux sont regroupés en 3 principaux points :

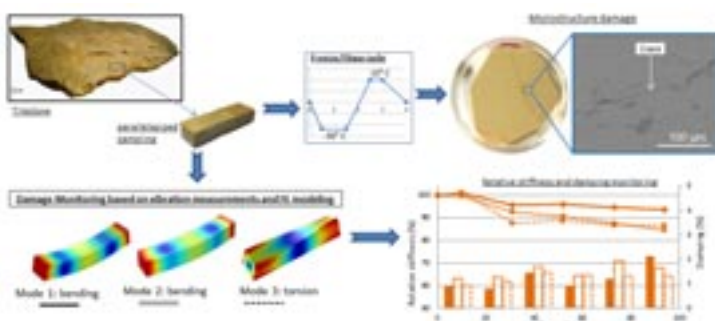
- les méthodes de surveillance de l'état des structures basées sur leur réponse en vibration représentent des méthodes pratiques, robustes, pertinentes et non-invasives pour l'étude des processus d'endommagement de ces géomatériaux. En effet, tandis que la variation des fréquences naturelles de vibration renseigne sur l'apparition d'endommagement et leur localisation au sein de la structure, le taux d'amortissement (atténuation des vibrations par dissipation de l'énergie qui les engendre) indique la sévérité de cet endommagement. Il a été possible de localiser les dégradations survenant pendant les cycles au niveau des stylolites (surfaces irrégulières résultant de la dissolution d'une partie de la roche et se développant à la suite de fortes pressions) ou des fissures pré-existantes. Ce résultat a fait l'objet d'un article scientifique publié dans la revue *Construction and Building Materials*<sup>1</sup> -



Expérimentations faites sur les lauzes calcaires du massif central réalisées au centre des matériaux des mines d'Alès et au Laboratório de Física das Construções de l'Université de Porto

part entraîner une diminution de la température de cristallisation et l'augmentation de la quantité de glace pouvant s'y former.

- Prédiction de la gélivité des matériaux calcaires  
Le savoir-faire traditionnel des artisans consistant à se servir du son produit par les lauzes s'avère être une technique pertinente pour caractériser et prédire la qualité de ces matériaux. En effet, en corrélant le comportement en vibration et la réponse sonore des lauzes calcaires, avec leur état mécanique initial et leur endommagement il a été possible de définir un critère permettant de prévoir la gélivité des lauzes calcaires. Par ailleurs, l'utilisation de la calorimétrie basse température pour déterminer la quantité de glace formée dans les défauts diagénétiques, a permis également de définir un critère pour prévoir la gélivité de ces matériaux. En effet, les échantillons qui ont présenté une augmentation de plus de 1,5 fois la quantité de glace dans leurs défauts diagénétiques par rapport à leur matrice saine ont été sensibles au gel. Si ce critère est confirmé avec d'autres essais, il peut constituer un indicateur pratique pour prédire rapidement et facilement la sensibilité des calcaires au gel. Cette méthode pourrait éventuellement remplacer l'essai normalisé de gel/dégel actuellement utilisé pour ces matériaux qui s'avère être inadapté (trop long, coûteux, inefficace, ...).



Extrait graphique de l'article publié dans la revue *Construction and Building Materials*

- Le rôle et l'importance des processus hydriques et thermiques dans les mécanismes de dégradation de ces matériaux, vis-à-vis des caractéristiques géologiques des lauzes calcaires. Des mesures de calorimétrie basse température et des observations au microscope électronique à balayage, réalisées sur des échantillons contenant des stylolites, a permis de montrer que les dégradations survenant dans les lauzes calcaires sont liées à la morphologie de ces défauts et aux processus de formation de glace pouvant s'y produire. En effet, en fonction de leur taille, la présence de stylolite peut induire une augmentation de porosité au niveau de ces défauts. Ce qui peut avoir pour effet d'une part de rendre cette zone moins résistante aux contraintes, et d'autre

- Sur le plan technique
- **Un référencement des carrières locales, caractéristiques du matériau, et plan d'actions**

Département	Commune	Nom	Caractéristiques quantitatives	Caractéristiques qualitatives	Plan d'action
Lozère (48)	Léval-de-Tam	Carrière SAS Le LAUZAS	17 000 m <sup>3</sup>	Lauze de bonne qualité	Prévoir l'extension de la carrière
Gard (30)	Montbardier	Carrière de Montbardier	Supérieur à 50 000 m <sup>3</sup>	Lauze de bonne qualité sous réserve d'un tri sélectif	Travailler sur la méthode de tri
Aveyron (12)	Sautières	Carrière ALLA	Supérieur à 30 000 m <sup>3</sup>	Lauze de bonne qualité sous réserve d'un tri sélectif	Travailler sur la méthode de tri

*Autres carrières potentielles (liste non exhaustive)*  
 Carrière Sud Pompadour (Pompadour-Moncaup) (34), Robert Cole et Fils (Pompadour - Moncaup) (34), Wayne Tradition (Leyrieux) (34), Docteur Pierre (Cahors- Lot) (46), La Pierre de Doyssac (Cressac-Lot) (46), Pierre Maurice de Bourgnone (Moulès-Bourgnone) (46)

- **Une rencontre avec les carriers intéressés et la création d'un groupe de travail**

Une première rencontre a été organisée le 3 novembre 2016 à Alès. Cette journée thématique « Pierre ornementale : consolidation de filière » a rassemblé différents acteurs institutionnels, scientifiques et associatifs sur la question des leviers nécessaires à la réanimation et à la consolidation des filières lauze et pierre sèche.

- **Le processus d'extraction et d'élimination des lauzes gélives**

La méthode envisagée, et dont la mise en œuvre sera discutée avec les carrières productrices de lauzes s'appuie sur les étapes suivantes :

- 1<sup>e</sup> étape : caractérisation du matériau en laboratoire,
- 2<sup>e</sup> étape : extraction sélective (extraction à la pelle mécanique, clivage et tri manuel),
- 3<sup>e</sup> étape : stockage en champ à l'air libre avant la mise en palette.
- **Référencement des gisements potentiels d'extraction supplémentaires**

Grâce à des déplacements sur le terrain, et des recherches bibliographiques, des gisements potentiels pour produire la lauze calcaire ont été identifiés dans les départements de l'Aveyron, du Gard, du Lot et de la Lozère. A partir des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) couplés aux méthodes d'analyse multicritères, il est possible de trouver la meilleure solution d'approvisionnement en matériaux locaux (approvisionnement en carrière ou en création d'un site d'extraction) pour un chantier. Cette méthode s'applique sur les parcelles cadastrales et se base sur des critères tels que : le statut réglementaire de la parcelle (relatif aux PLU), la présence de la ressource, la qualité de la ressource s'y trouvant, les exigences environnementales auxquelles la parcelle est soumise, les risques naturels potentiels, et les aspects économiques du gisement (proximité au chantier, accessibilité, le prix au m<sup>2</sup>).

*Thèse de Yannick Igor Fogue-Djambou*



### Fiche d'identité

Créée en 1843 à Alès, **IMT Mines Alès** s'est développée et adaptée aux évolutions du monde industriel et de la société. Fondée pour former des cadres pour l'industrie minière, elle est devenue une grande école d'ingénieurs pluridisciplinaire au rayonnement international. L'IMT Mines Alès est membre de l'Institut Mines-Télécom, de l'Institut Carnot M.I.N.E.S ; de la Conférence des Grandes Écoles et membre associé de la COMUE Languedoc-Roussillon. L'école dispose de 3 centres de haut niveau scientifique et technologique, qui œuvrent dans les domaines des matériaux et du génie civil (centre C2MA), de l'environnement et des risques (centre LGEI),

de l'intelligence artificielle et ingénierie système (centre LGI2P). Les centres de recherche assurent 3 fonctions complémentaires au sein de l'école : la recherche, la formation et le développement économique (qui inclut le transfert technologique). L'un de ses objectifs est de contribuer au développement de structures plus écologiques et durables grâce à la gestion rationnelle des ressources, l'augmentation de la part de matériaux recyclés, l'optimisation de l'utilisation des matériaux traditionnels tout au long du cycle de vie des ouvrages, et la réduction du bilan carbone des matériaux de construction par la conception de nouveaux matériaux.

[www.mines-ales.fr](http://www.mines-ales.fr)

