

Apprentissage automatique pour MODéliser le Risque d'altération du patrimoine bâti soumis au dérèglement climatique (AMOR).

Diyane David Nonon Saa¹, Céline Schneider², Hacène Fouchal¹, Patricia Vazquez² et Cyril Rabat¹

¹ Lab-I*, Université de Reims Champagne-Ardenne, France

² GE GENA, Université de Reims Champagne-Ardenne, France

Introduction

Le patrimoine bâti en pierre est fortement exposé aux effets du changement climatique, notamment aux variations de température et d'humidité. Ces phénomènes, amplifiés par le réchauffement global, accélèrent la dégradation des matériaux et menacent la durabilité des monuments historiques. Dans ce contexte, une étude est menée en milieu urbain à Reims et en milieu rural à Hermonville, où un réseau de capteurs de température et d'humidité a été déployé pour collecter des données environnementales locales. Ces données sont ensuite confrontées à différents scénarios climatiques afin d'anticiper l'évolution des altérations du patrimoine bâti face aux conditions futures.

Contexte

Problématiques

- Le patrimoine bâti de Reims et de ses environs est fragilisé par les effets du cycle gel-dégel et d'humidité.
- Le changement climatique accroît le risque de dégradation de ce patrimoine.

Challenges

- Préserver ce patrimoine bâti riche mais fragile, fortement exposé aux effets du changement climatique.
- Considérer les milieux urbain et rural dans l'évaluation de la dégradation du patrimoine bâti.
- Combinaison du patrimoine, la science des matériaux et l'IA pour concevoir des outils dédiés à la préservation du bâti.

Objectifs

- Anticiper les altérations de ce patrimoine bâti selon différents scénarios climatiques.
- Modélisation à long terme de l'altération des pierres.



La basilique Saint-Remi de Reims (milieu urbain)

L'église Saint-Sauveur d'Hermonville (milieu rural)



Données

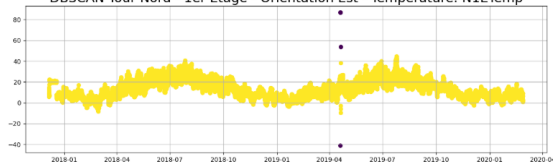
Trois types de données sont utilisés :

- Données de la **basilique Saint-Remi** de Reims collectées en 2018-2019 via un réseau de capteurs de température et d'humidité.
- Données climatiques locales issues du jeu de données **ERAS** (Copernicus), couvrant 1940 à aujourd'hui, autour de la basilique Saint-Remi.
- Données de projection climatique issues de la plateforme française **DRIAS**, fournissant des scénarios régionaux (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) jusqu'en 2100 autour de la basilique Saint-Remi.

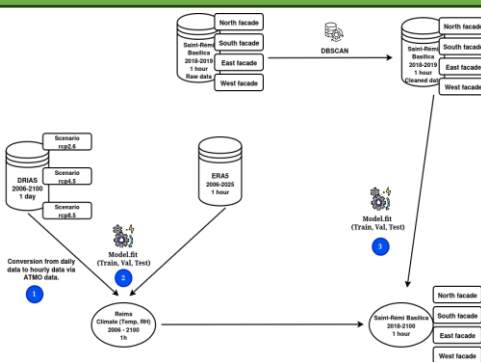
Traitement des données

Utilisation de l'algorithme DBSCAN afin de détecter et traiter les valeurs aberrantes présentes dans les données collectées.

DBSCAN Tour Nord - 1er Étage - Orientation Est - Température: N1Temp



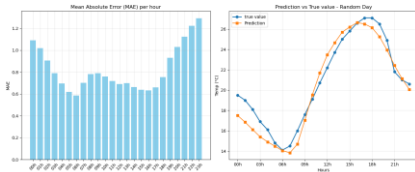
Méthodologie de Prédiction à long terme des données expérimentales de température et d'humidité



La méthodologie s'articule autour de trois étapes principales :

- Conversion des données :** Transformer les données climatiques journalières (DRIAS) en données horaires grâce à ERA5, pour obtenir une meilleure précision temporelle.
- Correction des biais :** Utiliser un réseau de neurones LSTM pour corriger les écarts entre les projections DRIAS et les observations réelles locales, afin d'améliorer la fiabilité des prévisions.
- Projections climatiques jusqu'en 2100 pour les monuments patrimoniaux - Étude de cas : la basilique Saint-Remi :** Un modèle séquentiel utilise les données corrigées pour estimer les conditions climatiques futures de la basilique Saint-Remi jusqu'en 2100 selon plusieurs scénarios.

Figure présentant les résultats de la conversion des données journalières de température DRIAS en séries horaires, effectuée à partir du jeu de réanalyse ERA5 utilisé comme référence.



Conclusion et perspective

Cette étude met en évidence la vulnérabilité du patrimoine bâti en pierre face aux variations de température et d'humidité, amplifiées par le réchauffement climatique à Reims (milieu urbain) et à Hermonville (milieu rural). En perspective, il s'agira de déterminer et de quantifier, à partir des résultats obtenus par la méthodologie développée, des « jours typiques » (ensoleillés, pluvieux frais, pluvieux chauds, de gel, etc.) afin d'identifier les processus d'altération favorisés selon les micro-climats.

Références

Huby, E. (2021). Réponse de matériaux à des contraintes thermo-hydriques obtenues par suivi climatique: étude de cas de la basilique Saint-Remi de Reims. Ph.D. thesis, Université de Reims Champagne-Ardenne, Reims, France. Supervi sors: C. Thomachot-Schneider and G. Fronteau.