



Proposition d'un sujet de thèse en cotutelle 2026/2027

A. Porteur du sujet à l'Université Libanaise

1. Nom : KINAB
2. Prénom : Elias
3. Titre (Prof, HDR,) : Professeur
4. Laboratoire : Scientific Research Center in Engineering (CRSI)
5. Adresse Web : <http://www.ulfg.ul.edu.lb/research>
6. Etablissement : Université Libanaise, Faculté de Génie
7. Adresse Web : <https://ul.edu.lb/>
8. Domaines d'expertise :
 - Efficacité énergétique et énergies renouvelables.
 - Thermodynamique et transferts couplés de chaleur et de masse
 - Bâtiments écologiques
9. Publications importantes en relation avec le sujet proposé :
 - Wardeh Y., Rahme P., Escadeillas G., **Kinab E.**, Ginestet S. (2024). Thermophysical experimental characterisation of concrete cool pavements, International Journal of Pavement Engineering 25 (1), 2024, 2438851, <https://doi.org/10.1080/10298436.2024.2438851>
 - Wardeh Y., Rahme P., Escadeillas G., **Kinab E.**, Ginestet S. (2024). Cooling potential of cement concrete pavements based on their thermophysical properties, Case Studies in Construction Materials, Vol 21, 2024, e04018, ISSN 2214-5095, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e04018>
 - Georges Costantine, Elias Harb, Christophe Bliard, Chadi Maalouf, **Elias Kinab**, Boussad Abbès, Fabien Beaumont, Guillaume Polidori. (2020). Experimental characterization of starch/beet-pulp bricks for building applications: Drying kinetics and mechanical behavior, Construction and Building Materials, Volume 264, 2020, 120270, ISSN 0950-0618. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120270>.
 - Elias Harb, Chadi Maalouf, Christophe Bliard, **Elias Kinab**, Mohammed Lachi, Guillaume Polidori (2024). Hygrothermal performance of multilayer wall assemblies incorporating starch/beet pulp in France, Construction and Building Materials, Volume 445, 2024, 137773, ISSN 0950-0618. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137773>.
10. Adresse Web de votre page personnelle :
<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=3ubD59sAAAAJ>
11. Adresse e-mail : elias.kinab@ul.edu.lb



B. Partenaire à l'UPJV :

1. Nom : TRAN LE
2. Prénom : Anh Dung
3. Titre (PU, MCF, HDR, ...) : MCF, HDR
4. Laboratoire : Laboratoire des Technologies Innovantes (LTI - UR 3899)
5. Etablissement : Université de Picardie Jules Verne, France
6. Adresse Web : <https://www.u-picardie.fr>
7. Domaines d'expertise :
 - **Matériaux biosourcés** : Caractérisation et modélisation multi-physique et multi-échelle.
 - **Modélisation numérique** : Développement du modèles CHAMPS (Coupled Heat, Air, Moisture and Pollutant Simulation) à l'échelle paroi et bâtiment.
 - **Qualité de l'air intérieur (QAI)** : Etude des transport de polluants (COV) et son impact sur la QAI.
8. Adresse Web de votre page personnelle : [Profil Google Scholar](#)
9. Adresse e-mail : anh.dung.tran.le@u-picardie.fr

Co-encadrant UPJV

1. Nom : DOUZANE
2. Prénom : Omar
3. Titre (PU, MCF, HDR, ...) : MCF
4. Laboratoire : Laboratoire des Technologies Innovantes (LTI - UR 3899)
5. Etablissement : Université de Picardie Jules Verne, France
6. Adresse Web de votre page personnelle : [Profil Google Scholar](#) | [Profil Researchgate](#)
7. Adresse e-mail : omar.douzane@u-picardie.fr
8. Domaines d'expertise :
 - **Matériaux biosourcés** : Caractérisations thermique, hygrique et mécanique.
 - **Enveloppe et Ambiances** : Comportement thermohygrique dynamique des parois.
 - **Météorologie** : Instrumentation en laboratoire et suivi expérimental in situ.

10. Publications importantes en relation avec le sujet proposé :

- Freppel, W., Promis, G., **Tran Le, A.D.**, **Douzane, O.**, Langlet T. (2022). Development of a Novel Experimental Facility to Assess Heating Systems' Behaviour in Buildings. *Energies* 2022, 15, 4615. <https://doi.org/10.3390/en15134615>
- **Tran Le, A.D.**, Zhang, J.S., & Liu, Z. (2021). Impact of humidity on formaldehyde and moisture buffering capacity of porous building material. *Journal of Building Engineering*, 36, 102114. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102114>
- **Tran Le, A.D.**, Zhang, J.S., Liu, Z., Samri, D., & Langlet, T. (2020). Modeling the similarity and the potential of toluene and moisture buffering capacities of hemp concrete on IAQ and thermal comfort. *Building and Environment*, 180, 107455. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107455>
- Rahim, M., **Douzane, O.**, **Tran Le, A.D.**, Promis, G., & Langlet, T. (2017). Experimental investigation of hygrothermal behavior of two bio-based building envelopes. *Energy and Buildings*, 139, 608–615. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.058>
- **Tran Le, A.D.**, Maalouf, C., **Douzane, O.**, Promis, G., Mai, T.H., & Langlet, T. (2016). Impact of the combined moisture buffering capacity of a hemp concrete building envelope and interior objects on hygrothermal comfort in a building. *Journal of Building Performance Simulation*, 9(6), 589–605. <https://doi.org/10.1080/19401493.2016.1160434>
- **Douzane, O.**, Promis, G., Roucoult, J.M., **Tran Le, A.D.**, & Langlet, T. (2016). Hygrothermal performance of a straw bale building: in situ and laboratory investigations. *Journal of Building Engineering*, 8, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2016.10.002>
- **Tran Le, A.D.**, Maalouf, C., Mai, T.H., Wurtz, E., & Collet, F. (2010). Transient hygrothermal behaviour of a hemp concrete building envelope. *Energy and Buildings*, 42, 1797–1806. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.016>



Université Libanaise



C. Description du sujet de thèse proposé : (3 à 5 pages)

1. Discipline : Génie Civil / Physique du Bâtiment

2. Titre et Résumé :

Jumeau numérique et expérimental pour l'analyse couplée des transferts hygrothermiques et de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments biosourcés

Résumé :

Ce projet de thèse porte sur le développement d'une plateforme de co-simulation avancée, articulant l'expérimentation à l'échelle 1 et la modélisation numérique, pour l'analyse couplée des transferts hygrothermiques et de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les bâtiments biosourcés. L'originalité de l'approche repose sur une analyse multi-échelle, allant de la paroi au bâtiment, intégrant les interactions complexes entre l'enveloppe, les propriétés intrinsèques des matériaux, les occupants et les systèmes de ventilation.

La méthodologie s'appuie sur le couplage des outils de référence Open Source EnergyPlus¹ (pour les transferts hygrothermiques et la simulation thermique) et CONTAM² (pour la qualité de l'air intérieur), permettant de simuler simultanément les phénomènes thermiques, aérodynamiques et de transport de masse.

Une attention particulière est portée aux phénomènes de sorption/désorption de l'humidité et des composés organiques volatils (COV), paramètres critiques pour comprendre et prédire le confort hygrothermique et la QAI. En combinant des modèles numériques et des dispositifs expérimentaux instrumentés, la plateforme garantit la validation rigoureuse des résultats et accroît la fiabilité des simulations prédictives. L'application de cette approche novatrice permet de lever des verrous scientifiques majeurs identifiés dans la littérature, notamment l'évaluation de l'impact des matériaux biosourcés sur le confort hygrothermique, la qualité de l'air intérieur et l'efficacité énergétique globale des bâtiments. Ce travail vise ainsi à fournir un outil d'aide à la décision robuste pour la conception de bâtiments durables, performants et résilients.

¹ <https://energyplus.net/>

² <https://www.nist.gov/services-resources/software/contam>



Université Libanaise



3. Sujet :

a. Description du sujet (contexte scientifique, problématique et verrous scientifiques)

Face à l'urgence climatique et environnementale planétaire, la transition vers des pratiques de construction durable et décarbonée est devenue une priorité absolue des politiques publiques. Selon le rapport « *Global Status Report for Buildings and Construction (Buildings-GSR), 2024/2025* » publié par l'UNEP et la GlobalABC, le secteur du bâtiment est responsable d'environ 32 % de la consommation énergétique mondiale et de 34 % des émissions de CO₂ liées à l'énergie et aux matériaux de construction. Ces chiffres positionnent la rénovation et la construction biosourcée comme des leviers clé stratégiques majeurs au cœur des trajectoires de neutralité carbone.

Dans ce contexte de rupture technologique, les matériaux biosourcés s'imposent comme des alternatives crédibles aux solutions conventionnelles, grâce à leur faible énergie grise et leurs propriétés hygrothermiques remarquables. Les bétons végétaux (à base de chanvre, colza ou miscanthus) se distinguent par une structure poreuse complexe leur conférant une haute capacité de régulation de l'humidité ambiante et une aptitude à réguler les polluants intérieurs, notamment les composés organiques volatils (COV), améliorant ainsi significativement le confort et la Qualité de l'Air Intérieur (QAI).

Cette cotutelle repose sur une collaboration unique : elle associe l'expertise française en mesures de haute précision à la maîtrise libanaise en modélisation thermodynamique et optimisation des systèmes. Ensemble, les deux laboratoires vont créer un jumeau numérique et expérimental capable de garantir des bâtiments sains et économes en énergie, aussi bien sous le climat de la France que celui du Liban.

Cependant, l'analyse de la littérature scientifique révèle un verrou méthodologique critique : la majorité des études reste focalisées sur des matériaux étudiés isolément, sans intégrer la dynamique réelle incluant les systèmes de ventilation, l'occupation et la complexité des parois multicouches du bâtiment. Ces interactions complexes impactent significativement les performances globales de la paroi, **en particulier sur la capacité tampon hygrique et les COV des bétons biosourcés qui la constituent**. A ce jour, à notre connaissance, il n'existe aucune étude développant une plateforme intégrée de co-simulation, à la fois expérimentale (à l'échelle 1) et numérique, pour traiter de manière couplée les transferts hygrothermiques et la qualité de l'air intérieur (QAI). Cette synergie est rendue possible par la complémentarité des compétences des équipes de l'Université Libanaise et de l'Université de Picardie Jules Verne. Cette thèse permettra donc de combler ce verrou scientifique et technique.



Université Libanaise



Pour atteindre ces objectifs, une méthodologie hybride alliant expérimentation et modélisation numérique multi-échelle sera développée. L'objectif est d'approfondir la compréhension des mécanismes de transfert (chaleur, humidité, COV) dans les matériaux et à l'interface paroi-ambiance afin d'identifier les paramètres clés nécessaires à la mise au point de modèles numériques prédictifs. Enfin, cette démarche s'inscrit dans une perspective de résilience climatique, offrant ainsi une portée internationale aux résultats obtenus pour les deux pays partenaires.

b. Approche méthodologique

L'approche adoptée dans cette thèse repose sur une démarche scientifique combinant études expérimentales et modélisation numérique. Le projet est structuré en quatre Work Packages (WP) :

WP1. Etat de l'art et fondements théoriques

- Tâche 1.1 : Réalisation d'une revue bibliographique approfondie et critique sur la construction durable, les matériaux biosourcés et les phénomènes couplés de transfert de chaleur et de masse. Cette étude couvrira l'état de l'art des modèles numériques (EnergyPlus, CONTAM), les méthodes de mesure, ainsi que les modes constructifs, afin de poser des bases solides théoriques solides pour ce travail de thèse.
- Tâche 1.2 : Synthèse des connaissances, rédaction d'un article de revue et élaboration du premier chapitre du manuscrit de thèse.

WP2. Plateforme expérimentale à l'échelle 1

- Tâche 2.1 : Sélection de la formulation des matériaux étudiés (béton de chanvre, béton de miscanthus et enduits adaptés) sur la base des conclusions du WP1. Une phase d'optimisation des formulations pourra être envisagée si nécessaire.
- Tâche 2.2 : Conception et mise en œuvre de parois multicouches à l'échelle 1.
- Tâche 2.3 : Instrumentation et intégration des systèmes de ventilation dynamique ainsi que des équipements de simulation de l'occupation (sources de chaleur et d'humidité) au sein de la plateforme expérimentale disponible au LTI.
- Tâche 2.4 : Analyse des protocoles de mise en œuvre et rédaction de la partie 1 du chapitre 2 de la thèse.



Université Libanaise



WP3. Étude expérimentale du comportement hygrothermique et de la QAI

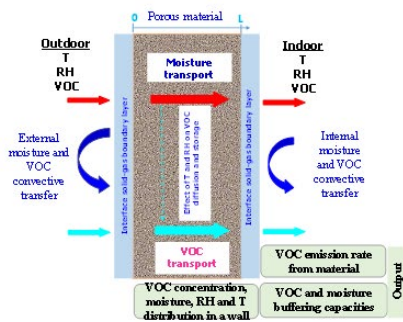
- Tâche 3.1 : Monitoring expérimental du comportement hygrothermique et chimique à l'échelle de la paroi, sous différentes conditions climatiques contrôlées (température et humidité relative).
- Tâche 3.2 : Suivi expérimental de la température, de l'humidité relative et de la cinétique de concentration des polluants (QAI) au sein de la plateforme expérimentale, afin d'évaluer la performance globale du système sous différentes sollicitations.
- Tâche 3.3 : Analyse approfondie des résultats expérimentaux obtenus.
- Tâche 3.4 : valorisation des résultats par la rédaction d'articles scientifiques et du chapitre 3 de la thèse.

WP4. Co-simulation, validation et optimisation

- Tâche 4.1 : Développement d'une co-simulation entre les logiciels EnergyPlus et CONTAM.
- Tâche 4.2 : Validation du modèle à l'échelle de la paroi et au niveau du local.
- Tâche 4.3 : Optimisation de la performance hygrothermique et chimique des parois multicouches exposées à différentes conditions climatiques en France et au Liban.
- Tâche 4.4 : Élaboration de recommandations pour l'utilisation des matériaux biosourcés dans la construction selon le mode constructif et le type de climat.
- Tâche 4.5 : Recommandations pratiques et optimisation des modèles numériques prédictifs pour l'évaluation du confort, de la QAI et de l'efficacité énergétique.
- Tâche 4.6 : Rédaction des articles scientifiques et du chapitre 4, ainsi que finalisation de la thèse en vue de la soutenance au sein de l'UPJV en France

c. Résultats attendus

Le résultat majeur de ce projet de thèse est le développement d'une **plateforme innovante de co-simulation**, intégrant à la fois des données expérimentales et des modèles numériques prédictifs (Figure en bas).



Plateforme innovante (échelle 1) jumeau numérique et expérimentale

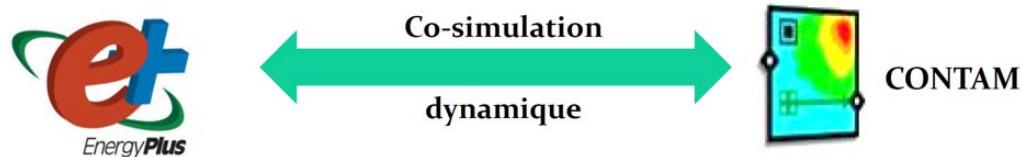


Figure : Plateforme expérimentale et numérique développée dans cette thèse

Au-delà de cette innovation centrale, les résultats suivants sont attendus :

- **Validation multi-échelle :** Validation expérimentale et numérique des modèles prédictifs pour différents matériaux biosourcés et configurations de parois.
- **Expertise hygrothermique et sanitaire :** Acquisition d'une connaissance fine de l'impact des matériaux et des enduits sur le comportement hygrothermique et la qualité de l'air intérieur (QAI).
- **Base de données scientifique :** Création d'une base de données expérimentales pour le développement et l'optimisation des modèles de transfert couplé de chaleur et de masse.
- **Aide à la conception :** Élaboration d'un guide d'optimisation des parois multicouches, adapté aux spécificités climatiques et tenant compte de leur impact sur la QAI.
- **Production scientifique :** valorisation du travail par la publication trois articles dans des revues scientifiques de rang A d et la présentation de trois communications dans des conférences.
- **Synthèse doctorale :** Rédaction du manuscrit final de thèse, intégrant l'ensemble des résultats et conclusions, ainsi que la présentation de la plateforme expérimentale et numérique développée.

d. Calendrier et mobilité de cotutelle

La thèse en cotutelle, d'une durée totale de trois ans, sera réalisée selon un modèle de mobilité alternée. Ce rythme de six mois par an dans chaque laboratoire (LTI-France et CRSI-Liban) garantit une

immersion totale et un transfert de compétences bilatéral optimal. Le planning détaillé de cette thèse en cotutelle est établi en tenant compte de la situation politique actuelle et est prévu comme suit :

		Pays	WP & tâche
Année 1	Mois 1-6	Liban	WP1 (T1.1 et T1.2) WP4 (T4.1)
	Mois 7-12	France	WP2 (T2.1, T2.2, T2.3 et T2.4) WP3 (T3.1 et T3.2)
Année 2	Mois 1-6	Liban	WP3 (T 3.3 et T3.4) WP4 (4.1 et 4.2)
	Mois 7-12	France	WP4 (T4.2, T4.3 et T4.4)
Année 3	Mois 1-6	Liban	WP4 (T4.3 et T4.4)
	Mois 7-12	France	WP4 (T4.5 et T4.6)

e. Mots clés

Jumeau numérique, Co-simulation, Plateforme expérimentale échelle 1, Efficacité énergétique, Construction durable, Qualité de l’Air Intérieur (QAI), Matériaux biosourcés, Approche multi-échelle, Transfert de chaleur et de masse.

f. Possibilité de financement (Justificatif éventuel)

Ce projet de thèse s’appuie sur une infrastructure de recherche solide et un soutien financier sécurisé, garantissant une viabilité immédiate des travaux. Le cœur expérimental du projet repose sur la plateforme à l’échelle 1 déjà opérationnelle au sein du LTI (UPJV), ce qui permet un démarrage sans délai des campagnes de mesures et fiabilité des protocoles d’essais. Par ailleurs, ce travail de thèse bénéficie du soutien direct du projet ANR HygroPo-BBM (porteur : A. D. Tran Le), actuellement en cours, qui assure le financement global pour l’acquisition de matériels et des matériaux nécessaires. La synergie entre les moyens expérimentaux du LTI et l’appui du projet ANR en cours offre un cadre technologique et financier idéal pour lever les verrous scientifiques identifiés et maximiser l’impact de cette cotutelle. De plus, les résultats obtenus dans le cadre du projet ANR constitueront un levier majeur pour la réussite de cette thèse.

Bibliographie

1. Dong, W., Chen, Y., Bao, Y., & Fang, A. (2020). A validation of dynamic hygrothermal model with coupled heat and moisture transfer in porous building materials and envelopes. *Journal of Building Engineering*, 32, 101484. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101484>
2. Douzane, O., Promis, G., Roucoult, J.M., Tran Le, A.D., & Langlet, T. (2016). Hygrothermal performance of a straw bale building: in situ and laboratory investigations. *Journal of Building Engineering*, 8, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2016.10.002>
3. Effect of connection methods on hygrothermal performance of prefabricated concrete building walls. (2024). *Journal of Building Engineering*, 90, 109518. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109518>
4. Chima Cyril Hampo, Leah H. Schinasi, Simi Hoque (2025). Indoor temperature and humidity prediction in residential buildings using white-box and data-driven models. *Energy and Buildings* 290, 114125. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.114125>
5. Hameury, S., & Escadeillas, G. (2019). Simultaneous hygrothermal performance assessment of an air volume and surrounding highly hygroscopic walls. *Building and Environment*, 148, 677–688. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.031>
6. Harb, E., Maalouf, C., Bliard, C., Kinab, E., Lachi, M., & Polidori, G. (2024). Hygrothermal performance of multilayer wall assemblies incorporating starch/beet pulp in France. *Construction and Building Materials*, 445, 137773. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137773>
7. Higo, Y., Rhee, K., & Kim, J. (2022). Numerical evaluation of indoor hygrothermal behavior with heat and moisture transfer in walls by analytical conditions. *Applied Thermal Engineering*, 216, 119150. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119150>
8. Hannu, V., Vinha, J., Salminen, K., Ojanen, T., Peuhkuri, R., Paajanen, L., & Lähdesmäki, K. (2010). Moisture and bio-deterioration risk of building materials and structures. *Journal of Building Physics*, 33(3), 201–224. <https://doi.org/10.1177/1744259109343511>
9. Qin, M., Lohan, D., & Dear, R. (2011). Simulation of whole building coupled hygrothermal airflow transfer in different climates. *Energy Conversion and Management*, 52(2), 1470–1478. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.10.010>
10. Rahim, M., Douzane, O., Tran Le, A.D., Promis, G., & Langlet, T. (2017). Experimental investigation of hygrothermal behavior of two bio-based building envelopes. *Energy and Buildings*, 139, 608–615.
11. R. Walker, S. Pavia, & R. Mitchell. (2014). Mechanical Properties and Durability of Hemp-Lime Concretes. *Construction and Building Materials*, 61, 340–348. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.02.065>



Université Libanaise



12. Tran Le, A.D., Maalouf, C., Douzane, O., Promis, G., Mai, T.H., & Langlet, T. (2016). Impact of the combined moisture buffering capacity of a hemp concrete building envelope and interior objects on hygrothermal comfort in a building. *Journal of Building Performance Simulation*, 9(6), 589–605.
13. Tran Le, A.D., Zhang, J.S., & Liu, Z. (2021). Impact of humidity on formaldehyde and moisture buffering capacity of porous building material. *Journal of Building Engineering*, 36, 102114. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102114>
14. Tran Le, A.D., Zhang, J.S., Liu, Z., Samri, D., & Langlet, T. (2020). Modeling the similarity and the potential of toluene and moisture buffering capacities of hemp concrete on IAQ and thermal comfort. *Building and Environment*, 180, 107455. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107455>
15. Zhou, X., Liu, Y., & Wang, S. (2022). Hygrothermal dynamics for developing energy-efficient buildings: Building materials and ventilation system considerations. *Energy and Buildings*, 260, 111932. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111932>
16. Wardeh Y., Rahme P., Escadeillas G., Kinab E., Ginestet S., Thermophysical experimental characterisation of concrete cool pavements, *International Journal of Pavement Engineering* 25 (1), 2024, 2438851, <https://doi.org/10.1080/10298436.2024.2438851>
17. Wardeh Y., Rahme P., Escadeillas G., Kinab E., Ginestet S., Cooling potential of cement concrete pavements based on their thermophysical properties, *Case Studies in Construction Materials*, Volume 21, 2024, e04018, ISSN 2214-5095, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e04018>
18. Harb E., Maalouf C., Bliard C., Kinab E., Lachi L., Polidori G, Elias Harb, Hygrothermal performance of multilayer wall assemblies incorporating starch/beet pulp in France, *Construction and Building Materials*, Volume 445, 2024, 137773, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137773>
19. Wardeh Y., Kinab E., Escadeillas G., Rahme P., Ginestet S., Review of the optimization techniques for cool pavements solutions to mitigate Urban Heat Islands, *Building and Environment*, Volume 223, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109482>
20. Sassine, E., Kinab, E., Cherif, Y. et al. Thermal performance of lightweight concrete applications in building envelopes in Lebanon. *Build. Simul.* (2021). <https://doi.org/10.1007/s12273-021-0762-2>
21. Costantine G., Harb E., Bliard C., Maalouf C., Kinab E., Abbès B., Beaumont F., Polidori G., Experimental characterization of starch/beet-pulp bricks for building applications: Drying kinetics and mechanical behavior. *Construction and Building Materials Journal*, Volume 264, 20 December 2020, 120270. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120270>
22. Costantine, G., Maalouf, C., Moussa, T., Kinab, E., & Polidori, G. (2020). Hygrothermal evaluation of hemp concrete at wall and room scales: Impact of hysteresis and temperature dependency of sorption curves. *Journal of Building Physics*. <https://doi.org/10.1177/1744259119896380>