

PROPOSITION DE SUJET POUR UN CONTRAT DOCTORAL

<p>Laboratoire Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement « LaSIE » La Rochelle Université – UMR 7356 CNRS</p>
<p>Titre de la thèse Développement de matériaux durables pour des bâtiments performants et à faible empreinte environnementale</p>
<p>Direction de la thèse directeur·trice·s (grade, HDR) et éventuels co-directeur·trices Rafik BELARBI Professeur La Rochelle Université (50 %), Ammar YAHIA Professeur Université de Sherbrooke Canada (50%)</p>
<p>Adéquation scientifique avec les priorités de l'établissement</p> <p>Cette thèse de doctorat s'inscrit dans le cadre des thématiques du LUDI moyennant le développement des matériaux innovants à faible empreinte environnementale ; des matériaux, efficace énergétiquement présentant des propriétés de transfert et de stockage adaptés. Elle s'insère dans une démarche de développement durable et d'économie circulaire (recherches pouvant contribuer aux objectifs de développement durable : ODD 7, 11, 12 et 13, avec comme objectif ultime de contribuer à améliorer les performances énergétiques des bâtiments. Il s'agit d'une priorité majeure pour décarboner le chauffage, le rafraîchissement, réhabiliter les bâtiments, réduire les îlots de chaleur urbains (sachant que les îlots de chaleur et fraîcheur rochelais sont déjà pour un littoral urbain résilient et neutre en carbone et de réussir ainsi à contribuer aux problématiques sociétales majeures dédiées aux transitions énergétiques, environnementales et pour faire face au dérèglement climatique.</p> <p>L'intégration du choix et de l'optimalité du matériau dans la phase de conception et la formulation demeure une étape essentielle avant sa mise à l'échelle du bâtiment. Ce projet de recherche doctorale comporte, d'une part, l'acquisition de connaissances fondamentales, afin d'accélérer la découverte de nouveaux matériaux à propriétés adaptée) et de la valorisation des connaissances, en développant des prototypes/systèmes innovants répondant aux enjeux des transitions énergétiques et environnementales.</p>
<p>Descriptif du sujet (<i>enjeux scientifiques, applicatifs, sociétaux...</i>)</p> <p>Pour pouvoir cerner les enjeux énergétiques et environnementaux dans le domaine du bâtiment et de l'urbanisme en France et au Canada, il est utile de rappeler quelques chiffres relatifs au poids de la construction et de la réhabilitation du patrimoine bâti entre les deux rives de l'Atlantique. Le secteur du bâtiment représente 44 % de l'énergie consommée en France [1] et 42 % au Canada [2], loin devant le secteur des transports et de l'industrie (31 % en France, 40 % au Canada). Ce secteur est responsable de l'émission de plus de 120 millions de tonnes équivalent CO₂ par an en France et 111 millions de tonnes équivalent CO₂ par an au Canada, ce qui constitue l'un des domaines prioritaires dans la lutte contre le dérèglement climatique et la transition énergétique et environnementale. Pour rendre le bâtiment plus performant et moins consommateur d'énergie, il est impérativement indispensable de rénover massivement le parc existant et de mettre en place des normes plus strictes concernant la consommation d'énergie pour les bâtiments neufs. C'est l'objet de la politique de l'énergie dans les bâtiments que ce soit en France ou au Canada. Plus globalement, les villes sont les points focaux de consommation énergétique : à l'échelle mondiale, les activités urbaines consomment environ 75 % de la production totale d'énergie fossile alors qu'elles ne concentrent que la moitié de la population. Elles sont également de grosses consommatrices d'autres ressources, avec toutefois des disparités fortes selon leur densité. L'accord de Paris lors de la <i>Conférence de COP 21</i> et récemment celle de Dubaï (COP 28) avaient bien pris la mesure de ces enjeux puisque ce domaine « bâtiment – urbanisme » correspondait à un des six grands chantiers des lois Grenelle; les premiers chapitres de ces lois assignaient notamment des objectifs énergétiques quantitatifs précis au secteur du bâtiment. À l'échéance 2050, il s'agira d'avoir divisé par quatre les émissions de CO₂ du secteur par rapport à 1990. Par ailleurs, le gouvernement fédéral du Canada s'est engagé dans sa <i>Stratégie pour un gouvernement vert</i> en préconnaissant des matériaux à faibles émissions de carbone, dont du ciment et du béton. Il est reporté que le béton était responsable en 2017 de 10,8 mégatonnes d'émission de GES chaque année, soit 1,5 % des émissions du pays. L'objectif sera alors de réduire les GES d'au moins 15 mégatonnes cumulatives d'ici 2030, puis d'au moins quatre mégatonnes par an par la suite. Par conséquent, le bâtiment constitue l'un des secteurs prioritaires pour mener, non seulement, des actions de recherche en matière d'efficacité énergétique et de développement durable, mais aussi de créer un label environnemental prenant en compte l'ensemble du cycle de vie</p>

du bâtiment et du microclimat urbain en intégrant l'énergie contenue dans les matériaux, ses besoins en énergie, en eau, ses émissions de CO₂, de polluants, la qualité de l'air intérieur, la quantité de déchets produits, la qualité d'usage et le confort des usagers. Un premier verrou concerne la rénovation de l'enveloppe des bâtiments existants à un coût économiquement viable et l'industrialisation des modes constructifs. Les concepts d'efficacité énergétique et la construction durable doivent également se développer afin de simplifier la vie des usagers tout en assurant une énergie dépensée minimum pour un service et un confort donné. De fait, la maîtrise de l'énergie est aussi, pour une large part, une affaire d'usages et de comportements associés, ce qui amène les chercheurs en sciences humaines et les entreprises du bâtiment à développer une approche centrée sur l'utilisateur, ainsi que sur la formation des acteurs dans ce domaine. Le domaine de l'urbain n'est pas pour autant resté indemne, avec un renforcement des objectifs de développement durable : limitation de l'étalement urbain, réduction des gaz à effet de serre, préservation des ressources naturelles, de la biodiversité et des écosystèmes sont désormais inscrits dans les documents d'urbanisme. Ainsi, si l'efficacité énergétique est le pilote fort qui permettra d'engager le changement nécessaire du secteur, celui-ci ne doit pas être exclusif et doit impérativement intégrer aujourd'hui les problématiques des usages, de la santé, du confort, de la sécurité des usagers et de la durabilité des matériaux et des infrastructures à deux niveaux d'échelle, d'une part à celle intrinsèque du bâtiment et d'autre part à celle de son environnement (quartier et urbanisation). Le développement durable des bâtiments et des villes représente également un enjeu fort d'équité sociale si l'on remarque que les 10 % des ménages les plus pauvres consacrent 38,5 % de leurs revenus aux dépenses du logement, au détriment des autres postes. Par ailleurs, selon le plan directeur en transition, innovation et efficacité énergétiques du Québec 2018-2023 et du Plan pour une économie verte, des efforts pour « réviser les processus réglementaires sur l'énergie et de s'assurer d'avoir une réglementation flexible, efficace et économiquement viable » à l'horizon 2030 sont consacrés. Pour pallier ces constats alarmants, atteindre ces objectifs et pour contribuer à lever un certain nombre de verrous scientifiques et techniques dans ce secteur, notre programme de recherche doctorale a pour ambition d'atteindre les objectifs suivants :

- Développement, formulation et caractérisation multi échelle de nouveaux biomatériaux durables à forte capacité de stockage d'énergie.
- Investigations expérimentale et numérique à l'échelle de la paroi du bâtiment et du microclimat urbain afin de mieux appréhender l'empreinte énergétique et environnementale de ces matériaux en évaluant leur effet, d'une part, sur la consommation énergétique dans les bâtiments et, d'autre part, sur les îlots de chaleur urbains.

Contexte partenarial (*cotutelle internationale, EU-CONEXUS, partenariat avec un autre laboratoire, une entreprise...*)

Ce travail sera entrepris dans le cadre d'une cotutelle internationale entre l'Université de Sherbrooke (Canada) et La Rochelle Université (France).

Impacts (*scientifiques, technologiques, socio-économiques, environnementaux, sociétaux...*)

Le travail doctoral s'inscrit dans un cadre favorisant les innovations dans un domaine essentiel pour contribuer à l'économie à travers l'élaboration et l'utilisation de nouveaux matériaux durables pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. Ce travail de thèse doctorale, piloté conjointement par les deux universités de Sherbrooke et de La Rochelle, offre des bénéfices sociétaux, économiques et écologiques. Elle permettra donc de répondre aux différentes exigences de nouvelles réglementations mondiales axées sur une démarche de développement durable (transitions énergétiques et environnementales). Ce travail permettra aux deux structures d'amorcer d'autres actions conjointes de recherche et de développement dans le cadre des appels à projets nationaux et internationaux (FRNQT, ANR, programme CNRS, GDRI, programmes européens, etc.).

Ainsi, les retombées et perspectives du travail doctoral sont décrites comme suit :

- Valoriser les sous-produits industriels et agricoles.
- Développer une nouvelle génération d'éco matériaux à faible empreinte environnementale.
- Utiliser les matériaux développés pour la construction et la rénovation des bâtiments, tout en assurant un meilleur confort des occupants et une consommation minimale d'énergie.
- Réduire les émissions des gaz à effet de serre et protéger les ressources fossiles.
- Valoriser les résultats obtenus (rapport, articles, conférences).
- Promouvoir l'utilisation des matériaux innovants en enrichissant les bases de données relatives aux principales propriétés de ces matériaux innovants, utilisées comme données d'entrées des modèles mathématiques de prédiction du comportement des bâtiments vis-à-vis de la performance énergétique, le confort des occupants et la protection de l'environnement.
- Élaboration des outils d'aide à la décision, à destination des différents acteurs de la construction (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, bureaux d'études, formateurs) afin de promouvoir l'utilisation des matériaux durables testés dans les bâtiments neufs et anciens en rénovation et de développer les actions de recyclage, notamment en milieu urbain. De plus, des outils d'aide à la décision quant à l'avantage procuré par ces matériaux, à destination des différents acteurs de la construction, seront développés.
- Organiser des ateliers et des écoles d'été entre les universités françaises et canadiennes.

- Mettre en place un guide d'utilisation des éco matériaux qui répondent aux exigences des différentes normes et codes de calcul (ASTM, BSE 810, NF, etc.).
- Mettre en place, à terme, un laboratoire commun entre La Rochelle Université et l'Université de Sherbrooke sur le développement des biomatériaux verts et durables.
- Développer une équipe pluridisciplinaire ayant pour objectif la formation de personnels hautement qualifiés et le transfert de connaissances, nouvelles technologies et du savoir-faire.
- Sensibiliser et mettre en évidence l'empreinte carbone des matériaux via une analyse de leur cycle de vie.

Programme de travail du doctorant (*tâches confiées au doctorant*)

Ce projet doctoral est pluridisciplinaire et fait appel à des connaissances en sciences des matériaux, sciences de l'écoulement et de la déformation de la matière (rhéologie) et à la modélisation des transferts couplés de chaleur, d'air et d'humidité à l'échelle du bâtiment et à l'interface bâtiment-microclimat urbain. Il est organisé, outre d'une tâche dédiée à une synthèse bibliographique, autour de cinq tâches complémentaires :

Tâche 01 : Identification & Interaction MCP/Liant composé, incluant les ajouts cimentaires et liants alternatifs

Tâche 02 : Développement et optimisation des formulations du matériau composite

Tâche 03 : Caractérisation multi échelle du matériau développé

Tâche 04 : Modélisation expérimentale et numérique : Développement d'un modèle numérique de prédiction du comportement hygrothermique - validation à l'échelle du matériau et de la paroi

Tâche 05 : Étude des performances des matériaux développés sur les performances énergétiques et environnementales des bâtiments et le microclimat urbain

Calendrier de réalisation

L'échéancier du travail de thèse doctorale est donné par le tableau suivant :

Tableau 1. Échéancier du travail de thèse doctorale

	Principales tâches	Période estimée					
		6mois	6 mois	6 mois	6 mois	6 mois	6 mois
Tâche 0	Etat de l'art						
							
Tâche 1	Caractérisations physico-chimiques et rhéophysiques des constituants						
	Comportement rhéologique et mécanique des formulations						
Tâche 2	Optimisation de la formulation						
	Élaboration des échantillons (échelle du matériau et de paroi)						
Tâche 3	Mesures des propriétés physico-chimiques et microstructurales						
	Mesures des propriétés hydriques, thermiques et mécaniques						
Tâche 4	Modélisation du comportement hygrothermique						
	Confrontation des résultats numériques avec ceux expérimentaux						
Tâche 5	Simulations à l'échelle du bâtiment						
	Effet des matériaux durables sur la performance des bâtiments et sur les îlots de chaleur urbains						

Accompagnement du doctorant / Fonctionnement de la thèse (*accompagnement humain, matériel, financier, en particulier pour la prise en charge du fonctionnement de la thèse et des dépenses associées*)

Pour assurer le bon déroulement du travail de thèse, le ou la doctorant (e) sera entouré (e) de ses encadrants et d'une équipe de recherche constituée de de post-doctorats et des assistants techniques ayant tous une chaîne de compétences sur la thématique du travail doctoral. De plus, le LaSIE de La Rochelle Université et l'Université de Sherbrooke disposent de nombreux dispositifs de caractérisation, des plateformes expérimentales à différentes échelles utilisées pour la collecte des données utiles pour une meilleure connaissance de la morphologie des matériaux, pour la validation des modèles et des outils numériques comportement hygrothermique & mécaniques permettant au doctorant de bien entreprendre son travail de recherche dans les délais impartis. L'équipe de recherche dispose de moyens financiers (projets régionaux, nationaux et internationaux ainsi qu'un partenariat industriel) permettant de prendre en charge toutes les dépenses de fonctionnement nécessaires au bon déroulement de la thèse et permettant au doctorant de participer à au moins une conférence nationale et une internationale et d'entreprendre une mobilité internationale vers un laboratoire partenaire : Université de Sherbrooke (Canada)