

# Projet de thèse EUL

**Titre de la thèse :** La résilience au changement climatique des bâtiments de la métropole de Lyon

**Sujet de la thèse :**

L'une des fonctions principales d'un bâtiment est d'assurer une ambiance interne confortable. Les bâtiments assurent cette fonction grâce à un dimensionnement de leur enveloppe et un choix de leurs systèmes de climatisation et de chauffage adaptés à leur climat.

Les scientifiques en charge de l'étude de l'évolution du climat prévoient un réchauffement global de la température sur la planète. Ce réchauffement global va se traduire par une évolution des caractéristiques climatiques locales, qui perturberont le comportement thermique des bâtiments.

L'élévation de la température en hiver entraînera une diminution des besoins de chauffage des bâtiments, qui *a priori* ne devrait pas être problématique. Par contre, l'élévation de la température en été devrait se traduire par une augmentation de la fréquence, de la durée, et de l'intensité des vagues de chaleur. Les bâtiments construits durant ces derniers siècles n'ont pas été conçus pour subir ces vagues de chaleur répétées. Ils risquent de perdre leur faculté à assurer un environnement intérieur confortable lors des décennies à venir.

La capacité d'un bâtiment à maintenir, sans augmenter sa consommation d'énergie, des ambiances intérieures confortables lorsque le climat extérieur évolue est appelée la résilience thermique du bâtiment. Ici, le terme résilience est un peu détourné de sa définition originale. En effet, il ne s'agit pas pour le bâtiment de retrouver ses fonctionnalités après un événement climatique extrême (tremblement de terre, inondation), mais de les conserver pendant cet événement extrême.

Le sujet de thèse proposé concerne l'étude de la résilience thermique de bâtiments non climatisés, en période estivale, et dans le contexte de la métropole de Lyon. La résilience thermique des bâtiments dépend bien sûr de la capacité d'adaptation des usagers, mais aussi et surtout de la conception de l'enveloppe thermique de ces bâtiments. Pour l'instant, aucune connaissance ne permet de savoir quelle orientation donner à la conception des bâtiments pour les rendre résilients. Par exemple, on vante les mérites de l'inertie thermique des bâtiments pour l'absorption de vagues de chaleur : mais est-ce que cette inertie restera efficace lorsque la durée des vagues de chaleur s'allongera ? Aussi, se pose la question de la capacité de résilience des bâtiments existants. Quels types de bâtiment risquent de souffrir le plus de l'évolution du climat ?

La notion de résilience thermique des bâtiments est très jeune. Le sujet de thèse proposé consistera en une étude pionnière sur cette notion. Elle visera tout d'abord à élaborer des indicateurs pertinents pour quantifier la capacité de résilience thermique des bâtiments. Ensuite, le doctorant devra effectuer un diagnostic de la résilience des bâtiments de la métropole de Lyon. Une analyse fine des données de simulations issues de ce diagnostic devrait permettre d'apporter des connaissances sur les mécanismes de transferts qui devraient affecter les bâtiments durant les années à venir.

Contact : [damien.david@insa-lyon.fr](mailto:damien.david@insa-lyon.fr) (avant le 01/05/2019)

# Organisation de la thèse et événements

## Financement de la thèse

Ce projet de thèse sera proposé à l'appel à projet de thèse de l'EUL (Ecole Urbaine de Lyon). Le site de cet appel à projet est le suivant : <https://ecoleurbainedelyon.universite-lyon.fr/formation/financements-de-these-par-l-ecole-urbaine-de-lyon-29472.kjsp>

Si le projet est accepté, le salaire du doctorant ainsi que ses frais de déplacement et d'expérimentation seront couverts par l'EUL.

## Encadrement de la thèse

La thèse sera encadrée principalement par Damien DAVID, enseignant chercheur au laboratoire CETHIL (Centre de Thermique et d'Énergétique de l'INSA de Lyon) de l'INSA de Lyon, et membre du Thème ThEBE (Thermique et Énergétique du Bâtiment dans son Environnement).

La thèse sera codirigée par un membre habilité du laboratoire CETHIL, et un membre d'un autre laboratoire. Pour l'instant, l'identité des deux directeurs de thèse n'est pas définie.

## Lieu de la thèse et mobilité

La thèse aura lieu dans les locaux du CETHIL, qui sont situés dans le bâtiment Sadi Carnot de l'INSA de Lyon.

Une mobilité de 6 mois à l'étranger sera prévue pour le doctorant. Le doctorant devra identifier, au travers de son travail bibliographique, les chercheurs étrangers les plus pertinents pour effectuer cette mobilité. Il se peut que cette mobilité ait lieu au Royaume-Uni, où des équipes de recherche ont déjà entamé des travaux concernant la résilience thermique des bâtiments.

## Événements

Les problématiques abordées par la thèse ont un écho de plus en plus retentissant dans le monde civil. Cependant, nous sommes forcés de constater que, d'une part les citoyens n'ont pas une connaissance précise des enjeux liés au réchauffement climatique, d'autre part qu'ils ont tendance à prôner des solutions souvent stéréotypées et pas nécessairement adaptées à ces problématiques (généralisation du solaire photo-voltaïque, etc)

Un travail pédagogique sur le sujet est nécessaire. Il pourra avoir lieu lors de présentations en marge de mouvements citoyens tels que les marches pour le climat.

# Planning scientifique détaillé de la thèse

## Travaux préparatoires

### Scénarios météorologiques

Il s'agit ici de produire des fichiers de données météorologiques représentatifs de l'évolution du climat dans les décennies à venir sur le territoire Lyonnais. Plusieurs fichiers météorologiques devront être produits : selon l'avancement du processus de réchauffement (scénario 2030, 2050, etc), et selon le scénario du GIEC considéré RCP2.6 à RCP8.6)

Il existe déjà plusieurs outils pour produire ces données météorologiques. Tous ces outils semblent être corrects quant à leur capacité à prédire l'évolution de la température moyenne de la localité concernée. Par contre, ils n'ont pas la même capacité à produire des scénarii de température extrêmes représentatifs. Le doctorant devra donc sélectionner avec soin l'outil qui lui permettra de définir les données météorologiques.

### Sélection des cas d'étude

Un cas d'étude comporte un type de bâtiment et un type d'implantation urbaine. Le doctorant devra sélectionner plusieurs cas d'étude pour être représentatif des bâtiments et de leurs implantations dans le tissu Lyonnais.

Ce travail nécessitera un recensement des bâtiments de la métropole, qui seront distingués selon leur date de construction, leur surface, et leur fonction (commercial, résidentiel ou tertiaire). Il nécessitera aussi un recensement de la morphologie du tissu urbain dans lequel le bâtiment est implanté (largeur des rues, etc). Ce recensement est en cours de réalisation dans le cadre du projet IMU CoCoVN.

### Définition des indicateurs de résilience

On rappelle que, dans le contexte précis de cette étude, la résilience est la capacité d'un bâtiment à maintenir un environnement habitable perçu comme confortable par l'utilisateur dans un contexte de réchauffement climatique. Cela nécessite deux mesures : la mesure du degré de perception du confort dans l'habitat, et la mesure de l'intensité de réchauffement climatique. Le doctorant devra effectuer un inventaire des indicateurs permettant de quantifier le confort des habitants et de mesurer l'intensité de réchauffement climatique.

Le rapport de ces deux mesures quantifie la capacité d'un bâtiment à être thermiquement résilient. Le doctorant devra alors effectuer un inventaire des indicateurs définis dans la littérature pour quantifier la résilience thermique des bâtiments. Après une analyse critique de ces indicateurs de résilience recensés, il aura le choix entre : soit sélectionner un ou plusieurs indicateur(s) existant(s) qu'il jugera pertinent dans le cadre de son étude, soit développer un ou plusieurs nouvel(eaux) indicateur(s).

# Simulations et analyse des résultats

## Première étape de simulation : diagnostic de résilience

Le doctorant effectuera dans un premier temps une série de simulations de bâtiments existants, dans des configurations urbaines existantes, pour dresser un diagnostic du degré de résilience du parc de bâtiment du grand Lyon. Les simulations seront effectuées à l'aide d'une chaîne d'outils adaptée à la simulation thermique de bâtiments urbains. Une première version de cette chaîne d'outil est en cours d'élaboration dans le cadre du projet IMU CoCoVN.

Pour chaque cas d'étude, plusieurs simulation seront effectuées pour plusieurs étapes du processus de réchauffement climatique. A chaque étape, le degré de résilience du bâtiment sera évalué au travers de l'indicateur défini précédemment. Cette première étape de simulation devra permettre une première identification des typologies de bâtiments dont le comportement thermique pourrait s'avérer problématique dans les décennies futures.

## Seconde étape de simulation : analyse des flux

Cette étape n'est pas une étape de simulation en soit, mais une analyse plus fine des résultats de simulations obtenus dans l'étape précédente.

Il s'agira d'abord de reconstituer des données météorologiques locales aux bâtiments (flux solaires incidents, température radiative ambiante, température vitesse et humidité de l'air). *A priori*, ces données dépendront essentiellement de l'environnement externe au bâtiment.

Ensuite, le doctorant devra analyser l'évolution de l'amplitude des flux thermiques échangés entre le bâtiment et son environnement. Cette analyse s'effectuera en distinguant notamment la nature des transferts de chaleur (convection sur les parois de l'enveloppe, la ventilation, l'absorption et la réémission du rayonnement infra-rouge, et l'absorption de rayonnements solaires).

Cette analyse fine devrait permettre de déterminer la sensibilité des différentes typologies de bâtiment aux variations de sollicitations externes dues au réchauffement climatique, et d'expliquer leurs scores selon les indicateurs de résilience définis précédemment.

## Troisième étape de simulation : analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité visera à quantifier la part des différents paramètres de design de bâtiment ainsi que des paramètres physiologiques des occupants sur la capacité d'un bâtiment à être thermiquement résilient.

Pour effectuer cette analyse, le doctorant devra définir une liste des paramètres de design (taille et position des fenêtres, degré d'isolation des parois, etc) et physiologiques (plages d'acceptation de température), qu'il fera varier pour analyser leur impact sur la valeur des indicateurs de résilience. *A priori*, le doctorant utilisera une méthode d'analyse de sensibilité classique pour effectuer son étude (type méthode de Morris).

