

Offre de Thèse

Intitulé de la thèse : Amélioration de la prévision court-terme du microclimat urbain à l'aide de mesures IRT : modélisation inverse du bilan énergétique à l'échelle quartier et validation expérimentale

Discipline de rattachement et spécialités : Génie – civil / Urbanisme, télédétection

Mots clés : prévision, microclimat, canicule, télédétection, infrarouge thermique, modélisation inverse

Structure ou laboratoire d'accueil où sera localisé le doctorant : Cerema BPE (Nantes)

École doctorale et établissement d'enseignement supérieur : ED SDU2E (<http://sdu2e.obs-mip.fr/>)

Directrices : Laure Roupioz, Marjorie Musy

Co-Encadrement : Auline Rodler, Xavier Briottet

Démarrage espéré : 1^{er} octobre 2022 au plus tard, plus tôt si possible

Financement : Cerema

Contexte et objectifs

Du fait du changement climatique, des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses sont attendues. Dans les milieux urbains, ces vagues de chaleur sont amplifiées par le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU), évalué en estimant l'écart de température d'air (indice UHI : Urban Heat Island) ou de surface (indice SUHI : Surface Urban Heat Island) entre la ville et son environnement rural. L'ICU influence de façon importante le confort et la santé des habitants en ville.

L'indice UHI peut être estimé à partir de suffisamment de mesures de la température d'air en ville. Cette méthode coûteuse en temps et en matériel peut être remplacée par des résultats de simulations de modèles de microclimatologie urbaine à grande échelle (*TEB, ARPS Canopée, etc*). Ces derniers nécessitent une connaissance fine de la morphologie urbaine et de la nature des surfaces urbaines. Cependant, les résultats obtenus dépendent directement de la bonne connaissance des propriétés thermiques et radiatives des surfaces urbaines. Une alternative est d'utiliser des acquisitions spatiales dans l'infrarouge thermique (IRT) donnant accès à la température de surface et qui ont pour avantage de couvrir l'ensemble d'une ville et de son environnement rural mais pour inconvénient de ne pas fournir la température de l'air. De plus, de telles mesures sont disponibles avec des résolutions de hectométriques à kilométriques. De telles résolutions sont insuffisantes pour estimer cet indice à l'échelle du quartier. Enfin, les données de télédétection à haute résolution spatiale ont des taux de revisite faibles (de quelques jours à un mois), ce qui constitue un véritable handicap pour la prévision des ICU.

Les travaux de thèse proposés se déroulent dans le cadre du projet ANR DIAMS¹ qui vise à préparer l'utilisation des données infrarouge thermique satellitaires à haute résolution spatiale et temporelle en support à la modélisation pour le diagnostic et la prévision court-terme du microclimat urbain en période de canicule. L'imagerie IRT permet d'estimer la température de surface (LST : Land Surface

¹ DIAGnostic, Modélisation & gestion de la Surchauffe urbaine en période de canicule : apports croisés des outils de simulation microclimatique et de l'imagerie IRT

Temperature) d'une zone géographique donnée et par conséquent d'estimer l'indice SUHI d'une zone urbaine. L'objectif à terme du projet DIAMS est d'exploiter ces températures de surface à l'échelle du quartier pour en déduire des températures locales de l'air et des indicateurs de confort thermique urbain en s'appuyant sur la modélisation microclimatique. L'assimilation des LST dérivées des images satellites lors des simulations permettra de recalibrer les valeurs de température de surface calculé par le modèle, corrigeant ainsi les incertitudes liées au paramétrage des propriétés thermiques et radiatives des matériaux, souvent difficile à obtenir en milieu urbains.

Le doctorant contribuera à ce projet en répondant aux objectifs scientifiques suivants :

- Proposer une méthode robuste, adaptée aux milieux urbains, pour exploiter les données acquises par télédétection IRT et obtenir des températures des surfaces et d'air à l'échelle du quartier, aboutissant à des cartographies d'îlot de chaleur urbain.
- Il s'agira à partir des LST (Land Surface Temperature) dérivées des images et de l'outil microclimatique, de mettre en place un modèle inverse permettant d'identifier les paramètres importants qui devront être utilisés en entrée du modèle de prévision.
- Proposer une méthode de prévision courts termes (en temps réel ou jusqu'à horizon 2 voire 3 jours) des conditions de surchauffe dans un quartier en période de vague de chaleur.

Une fois ces objectifs atteints, les applications associées suivantes seront envisagées :

- Production des indicateurs permettant de détecter les espaces sensibles aux surchauffes ainsi que les zones extérieures plus fraîches dans le quartier.
- En cas de canicule annoncée, réalisation de simulations de prévision microclimatique sur différentes zones à l'échelle du quartier en appliquant les images satellites en conditions initiales et des prévisions météorologiques en entrée.

Déroulement de la thèse et démarche

La thèse se déroulera en 4 étapes principales :

La première étape contribuera à un état de l'art sur l'utilisation de modèles microclimatiques développés en laboratoire (Solene-Microclimat, ProLB, etc.) conjointement à des images IRT ainsi que sur la prévision court-terme des variables microclimatiques. Un benchmark entre outils microclimatiques sera réalisé dans le projet ANR qui permettra d'identifier le modèle le plus pertinent, qui sera ensuite utilisé dans cette étude.

La deuxième étape consistera à étudier la capacité de modèle microclimatique à intégrer les données IRT sur des configurations réalistes et à assimiler les températures de surfaces provenant du traitement des données de l'IRT. Lors de cette étape, différentes approches pour assimiler des données satellitaires d'une résolution spatiale de l'ordre de 60m à un modèle travaillant à une échelle plus fine seront envisagées.

En troisième étape, il s'agira de réaliser des analyses de sensibilité :

- à l'attribution spatiale des LST obtenues à partir d'images IRT (identique sur toutes les surfaces ; différenciation toits, sols, façades ; différenciation des façades selon leur orientation) et aux incertitudes sur les températures de surface imposées. La température d'air en milieu urbain pourra être déduite à partir de ces simulations

- aux paramètres auxquels les températures de surfaces calculées par le modèle après l'assimilation sont sensibles. Une fois les paramètres classés selon leur influence, une méthode inverse permettra de les identifier. Ces paramètres seront notamment les caractéristiques des quartiers et serviront à paramétrer le modèle de l'outil de prévision des conditions de surchauffe.
- au pas de temps d'assimilation des températures de surface sur l'estimation de la température de l'air. Des pas de temps d'assimilation des LST allant de 3 heures à quelques jours seront testés avec nos jeux de données.
- à la résolution spatiale de l'image IRT. La résolution de 60m de la future mission satellite IRT TRISHNA sera choisie mais d'autres résolutions pourront être testées.

La quatrième étape consistera à explorer deux méthodes de prévisions sur un cas test:

1. L'utilisation directe du modèle microclimatique avec les paramètres identifiés à l'échelle du quartier en intégrant des prévisions météorologiques.
2. La construction d'un métamodèle du quartier qui pourra être initialisé à partir des LST et des paramètres identifiés grâce au modèle microclimatique Solene-microclimat.

La première méthode de modélisation permettra d'estimer l'évolution des variables climatiques dans le quartier, la seconde ne donnera accès qu'aux valeurs moyennes. Les deux approches seront testées et comparées sur différents quartiers puis une seule approche sera retenue. L'incertitude de la prédiction de la température de l'air sera également évaluée.

Candidature

Contacts : Laure.Roupioz@onera.fr, marjorie.musy@cerema.fr

Dossier de candidature :

- Curriculum vitae
- Papier d'identité
- Notes de Master
- Dernier diplôme obtenu
- Lettre de motivation
- Lettre de recommandation