

Modélisation thermique de la végétation en environnement urbain

Travaux de stage

Contexte & Objectif

Ces dernières années, le **phénomène d'îlot de Chaleur Urbain (ICU)** a été observé en ville, sous la forme d'une température ambiante plus élevée que le milieu rural qui lui est proche. **L'écart de température peut aller en moyenne jusqu'à 10°C**, en journée et la nuit. La végétalisation de l'espace urbain s'avère être une solution de mitigation à haut potentiel, toutefois encore peu d'outils de modélisation intègrent son effet sur la thermique des espaces extérieurs.

L'objectif du stage est le développement d'un **outil d'évaluation des solutions de mitigation** adapté à la conception de ces espaces urbains, avec notamment la **prise en compte de la végétation** dans les échanges thermiques en extérieur.

L'îlot de Chaleur Urbain

Origine

Différents phénomènes sont mis en jeu et participent à la hausse des températures observées en ville.

illustrations	Principaux phénomènes en jeu	Principaux facteurs d'influence
	L'accumulation de l'énergie solaire et l'augmentation des réflexions le jour en milieu urbain.	Végétalisation Matériaux
	L'emprisonnement du rayonnement infrarouge irradié par le milieu urbain la nuit.	Forme urbaine Matériaux
	La diminution du phénomène d'évapotranspiration permettant le rafraîchissement de l'air.	Végétalisation
	La modification de l'écoulement du vent, lié à la forme urbaine.	Forme urbaine
	Le dégagement de chaleur anthropique lié aux activités humaines en ville.	Usages

Identification des phénomènes et des facteurs d'influence



Parvis de la gare de Strasbourg et son environnement bâti proche : modèle incluant arbres et plates-bandes végétales

Références

Musy, Marjorie, et al. EVA (Eau, Végétation, Albédo) Evaluation quantitative de l'impact sur le microclimat, les consommations énergétiques des bâtiments et le confort intérieur et extérieur de trois principes de rafraîchissement urbain. Application au quartier de la Part-Dieu à Lyon. Diss. ADEME; IRSTV FR CNRS 2488, 2017.

APUR-Atelier Parisien d'Urbanisme, "Les îlots de chaleur urbains à Paris." *Cahier 1* (2012): 35.

Morakinyo, Tobi Eniolu, et al. "Right tree, right place (urban canyon): Tree species selection approach for optimum urban heat mitigation-development and evaluation." *Science of The Total Environment* 719 (2020): 137461.

Sailor, David J. "A green roof model for building energy simulation programs." *Energy and buildings* 40.8 (2008): 1466-1478.

Missions et méthodologie

Nous avons choisi de partir d'un **modèle de simulation de l'environnement urbain** développé par L'hypercube et d'y **intégrer l'impact thermique de la végétation** :

1) Un état de l'art sur :

- les modèles climatiques existants
- La modélisation de la végétation
- Les phénomènes physiques en jeu
- Les solutions de mitigation

2) La mise au point d'un modèle via :

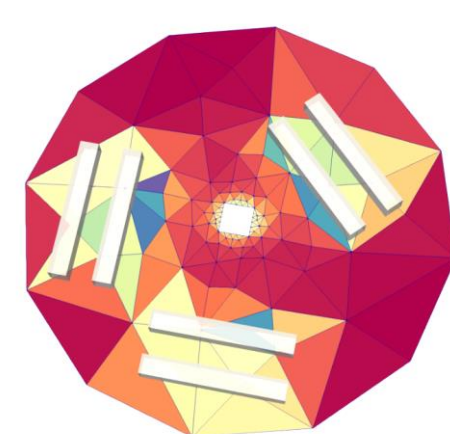
- L'intégration des paramètres influents (végétation, matériaux ...)
- L'optimisation des calculs et du maillage
- L'étude de sensibilité des paramètres du modèle
- La validation et les premiers résultats

Modélisation

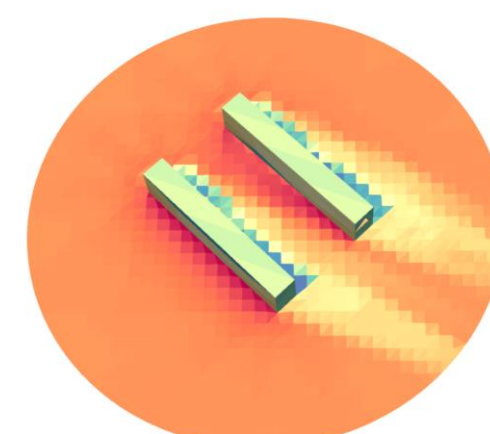
Moteur de calcul : EnergyPlus 8.7
Echelle spatiale : Rue / Parvis / Ilot urbain
Echelle temporelle : Annuelle, résolution horaire

Niveau de modélisation	Nature de la modélisation	Phénomènes physiques pris en compte	Non inclus dans le modèle
Environnement urbain proche	Géométrie 3D Matériau	Rayonnement infrarouge Inter-réflexion du rayonnement solaire	Écoulement de l'air
Bâtiment	Géométrie 3D Matériau	Stockage et inertie thermique Albedo	Chaleur anthropique
Sol	Géométrie 2D Matériau	Stockage et inertie thermique Albedo	Évaporation et stockage de l'eau
Végétation haute (arbre)	Géométrie 3D Avec planning de transmission du rayonnement	Albedo Masque partiel contre le rayonnement solaire et infrarouge	Évapotranspiration Stockage et inertie thermique Rayonnement infrarouge
Végétation basse (plate-bande)	Géométrie 2D végétation (Hauteur, densité de feuillage, planning d'arrosage, ..)	Evapotranspiration Inertie et stockage thermique Albedo Stockage de l'eau Comportement radiatif	Croissance des plantes

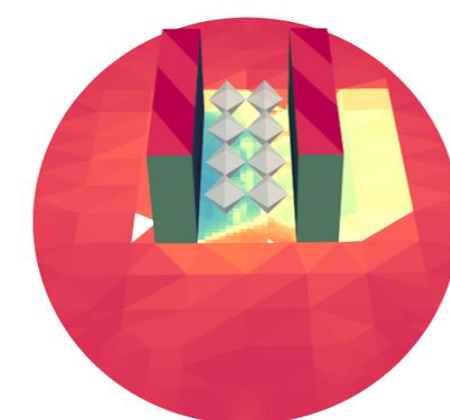
Evaluation du modèle



Modélisation de 3 rues canyon
Modèle initial



Modélisation d'une rue canyon
Modèle amélioré



Modélisation de la végétation haute :
Arbres



Modélisation de la végétation basse :
Plates-bandes

Perspectives d'amélioration

En cours pour 2020

- Intégrer le calcul des vitesses de vent locales.
- Coupler les résultats à notre modèle de confort en vue de générer une cartographie des températures ressenties.

À l'avenir

- Augmenter le nombre d'essences de végétation simulables
- Prendre en compte l'évapotranspiration et la thermique de la végétation haute (arbres).
- Calculer la température de l'air et les rejets anthropiques.

Étudiant.e : Carla Delmarre
Niveau d'études : Master 2
Spécialité : Génie Civil et Urbanisme
Tuteur.rice école : Florent Prunier

Durée : 26 semaines
Période : Du 02.2020 à 08.2020

Entité AREP : L'hypercube
Tuteur.rice AREP : Edouard Walther, Séverine Huet

EMC2B



Ces travaux ont permis de mettre en évidence l'impact de ces stratégies de mitigation en milieu extérieur urbain et de définir un ordre de grandeur du **potentiel de diminution des températures de surface** induit par des bonnes pratiques d'aménagement.

Le tableau ci-après mentionne l'**écart de températures de surface** observé entre une bonne et une mauvaise pratique pour une rue canyon, en journée et la nuit.

LE JOUR

Diminuer l'emprisonnement du rayonnement solaire en journée

LA NUIT

Favoriser l'évacuation de la chaleur la nuit.

Matériaux

jusqu'à -50°C*



jusqu'à -6°C*

En journée, un **matériau clair et réfléchissant** renvoie le rayonnement solaire vers le ciel et emmagasine peu de chaleur. La nuit, un **matériau à forte émissivité** se refroidit plus facilement en libérant cette chaleur emmagasinée.

Végétal

de -15 à -20°C*



jusqu'à -4°C*

La journée comme la nuit, une **surface végétalisée** est toujours plus fraîche qu'une surface minérale.

jusqu'à -4°C*



jusqu'à +0,2°C*

En journée, le rayonnement solaire atteint plus difficilement le sol en **présence d'arbres** ce qui le préserve d'un échauffement. La nuit, les arbres font obstacle au rayonnement infrarouge du sol, ce dernier se refroidit plus difficilement. Compte tenu des résultats, ce phénomène est négligeable.

Typologie de la rue

de -10 à -20°C*



jusqu'à +0,6°C*

En journée, une **rue canyon étroite** est en moyenne plus fraîche qu'une rue canyon large car elle est plus opaque au rayonnement solaire incident. La nuit, une rue canyon étroite libérera plus difficilement son propre rayonnement infrarouge comparé à une rue plus largement ouverte sur la voûte céleste. Ici il est difficile de conclure car les résultats ne prennent pas en compte la chaleur anthropique ni le vent

Orientement de la rue

jusqu'à -3°C*



jusqu'à -0,5°C*

Une **rue canyon Nord-Sud** est plus fraîche qu'une rue canyon orientée Est-Ouest mais ses bâtiments sont exposés à un risque de surchauffe en intérieur plus élevé. Il est donc difficile de conclure à ce stade.

*Impact sur la température de surface