

Effets de la végétalisation des infrastructures sur la surchauffe urbaine

Marjorie Musy
Cerema - Nantes

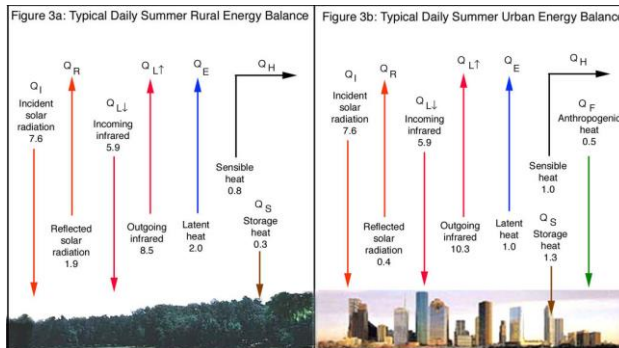


Surchauffe Urbaine : îlot de chaleur urbain et confort thermique

Effet d'îlot de chaleur urbain

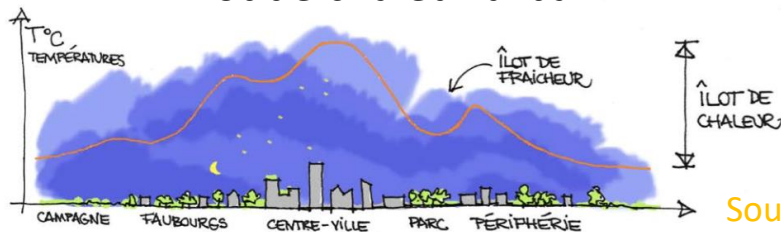
Des températures plus élevées dans les centres urbains à certains moments de la journée

Densification et imperméabilisation des centres urbains



Source Ronald L. Sass

Ilot de chaleur urbain



Source TRIBU

Augmentation des consommations énergétiques pour le rafraîchissement

Risques sanitaires



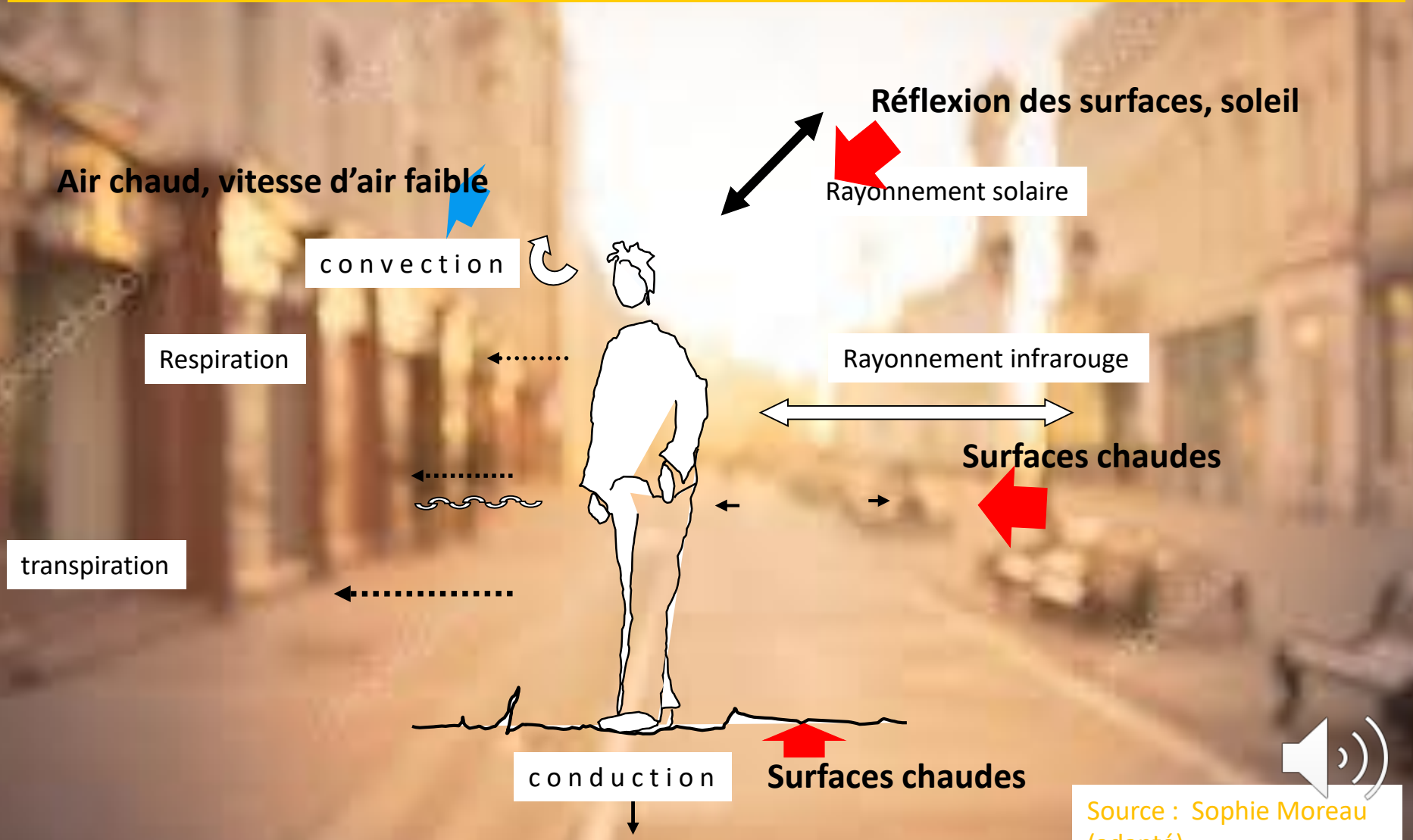
Surchauffe Urbaine : îlot de chaleur urbain et confort thermique

Confort thermique

Une notion qui implique un bilan thermique du corps et des réactions physiologiques : elle dépend de l'environnement proche

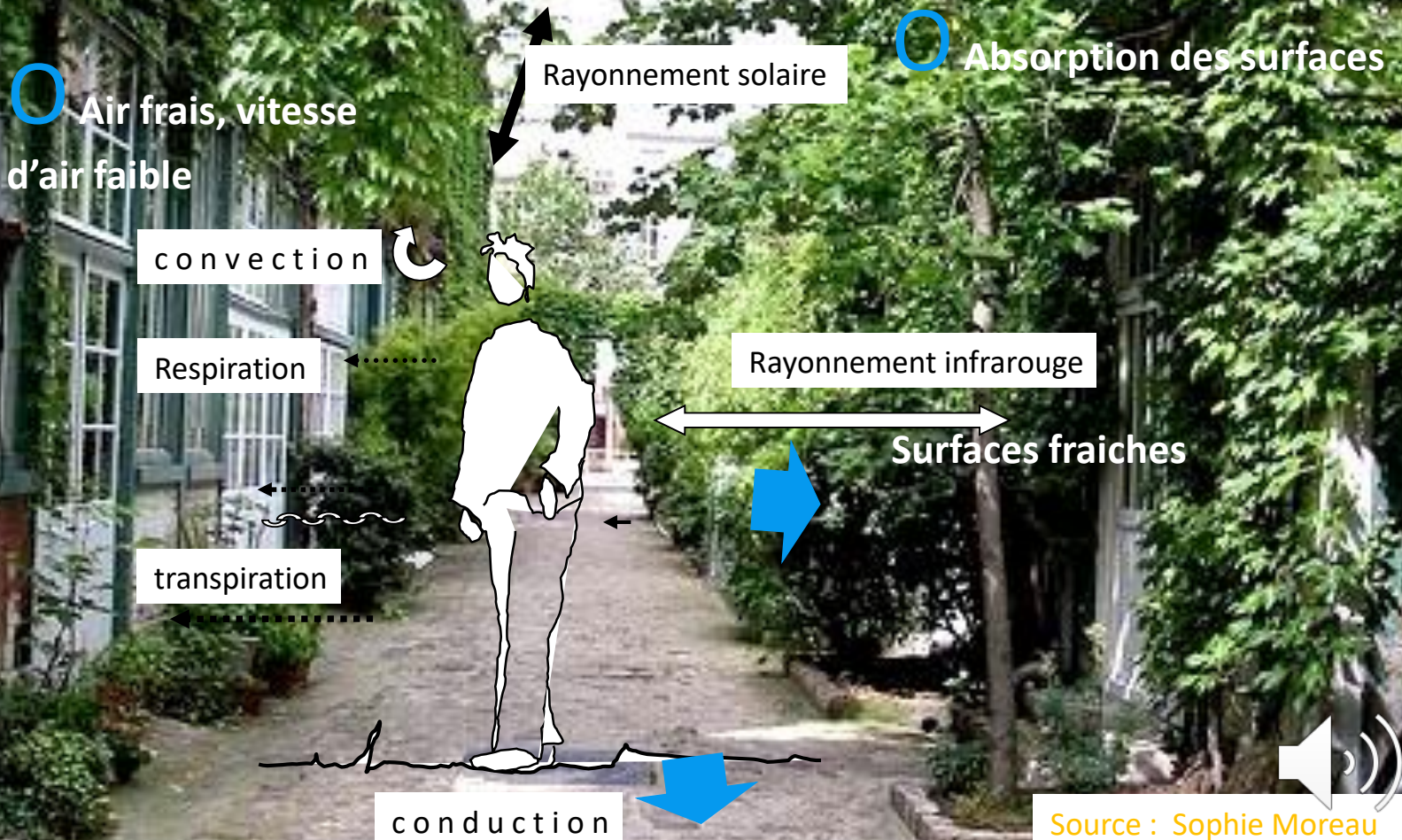


Surchauffe Urbaine : îlot de chaleur urbain et confort thermique



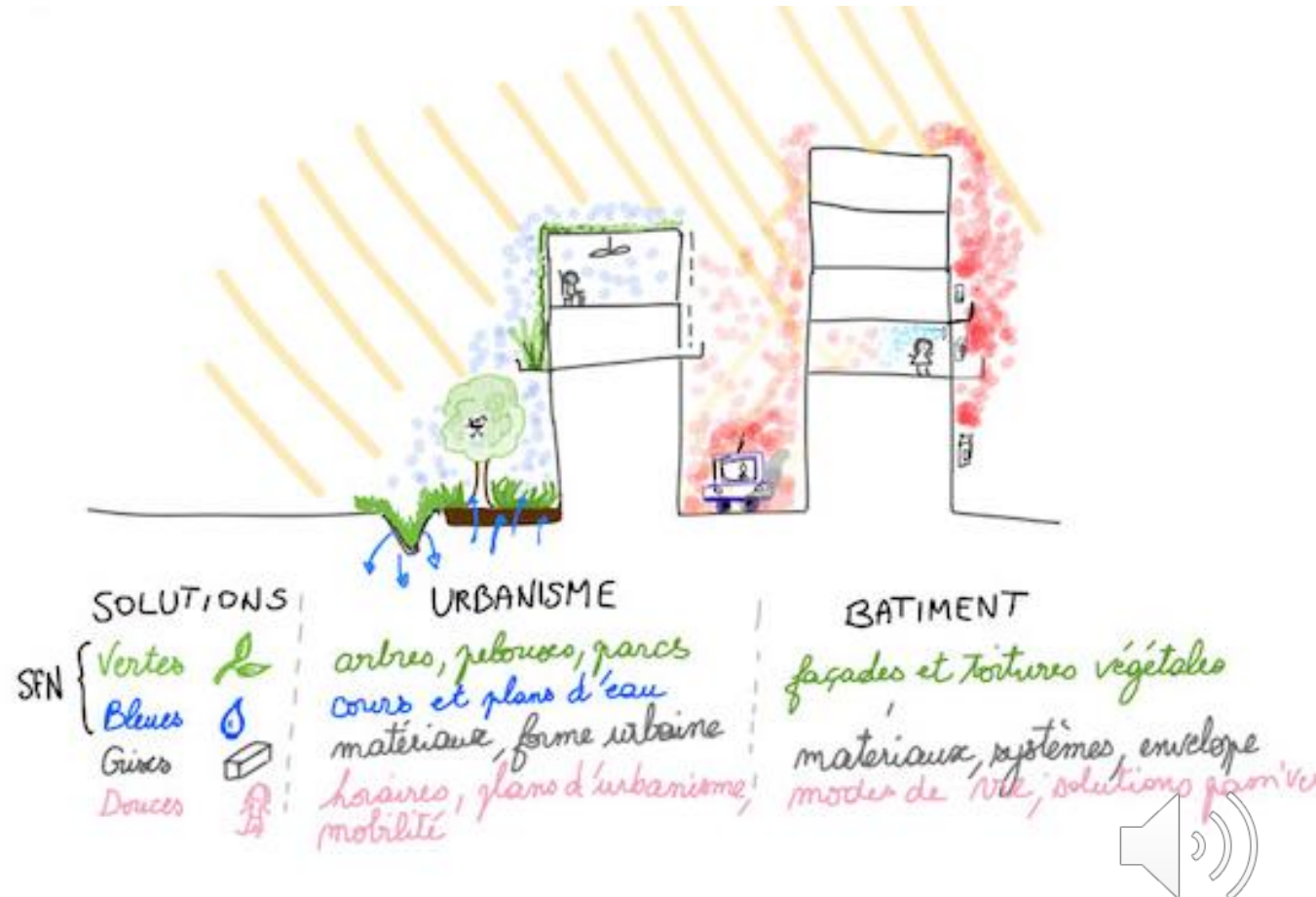
Source : Sophie Moreau (adapté)

Surchauffe Urbaine : îlot de chaleur urbain et confort thermique



Les solutions de rafraîchissement urbain

Les différents types de solutions répondant aux enjeux d'adaptation



Les solutions de végétalisation pour le rafraîchissement urbain

- **Parcs arborés et/ou enherbés**
- **Arbres**
- **Toitures et façades végétales**
- **Noues végétalisées**



Performance des Parcs arborés et/ou enherbés

Effet dans le parc

- Plus la **couverture arborée** est importante, plus les parcs sont frais. Les parcs enherbés peuvent être plus chauds que les zones minérales alentour.
- **La taille du parc** est corrélée à l'effet de rafraîchissement. La relation n'est pas linéaire, et certains auteurs font apparaitre une taille seuil à partir de laquelle il n'y a plus d'effet supplémentaire.
- **La forme du parc** : les petits parcs de forme allongée et irrégulière ont peu d'effet de rafraîchissement



Parc des Grands Moulins à Paris

Ordres de grandeur

Göteborg en Suède : $D_{\text{tair-max}} = 5,9^{\circ}\text{C}$

(Konarska et al., 2016)

Parc Olympique de Pékin

- zones enherbées non irriguées $D_{\text{tair-max}} = 0,15^{\circ}\text{C}$

- zones enherbées, irriguées $D_{\text{tair-max}} = 0,7 \text{ à } 1,3^{\circ}\text{C}$

- Zones arborées $D_{\text{tair-max}} = 4,2^{\circ}\text{C}$

(Amani-Beni et al., 2018)



Performance des Parcs arborés et/ou enherbés

Effet au delà du parc

- **Couverture** : une étude sur Londres montre que la distance de rafraîchissement est corrélée à la couverture arborée, son intensité est corrélée à la couverture basse
- **Taille du parc** : Dans la majorité des études, la taille du parc est positivement corrélée avec l'intensité du rafraîchissement de l'environnement.
- **Forme du parc** : l'effet de rafraîchissement est généralement plus intense et plus étendu dans la direction de la plus grande épaisseur du parc.

Ordres de grandeur

Göteborg en Suède : distance d'effet = 1,1 km (Konarska et al., 2016)

Mexico, distance d'effet = 2km (Yu et al., 2020)

Singapour : différence de 1,3°C mesurée en moyenne autour des parcs (Wong & Yu, 2006)



Performance des Arbres

A l'échelle de l'arbre

Effet d'ombrage ou d'évaporation lequel domine ?

- Pour un arbre isolé, l'effet d'ombrage est plus important que l'effet d'évaporation

Les paramètres qui modulent l'effet de rafraîchissement des surfaces

- L'effet de rafraîchissement est corrélé à la densité de feuillage
- Mais la capacité des arbres à rafraîchir peut varier d'un facteur 1 à 4 selon l'espèce et l'environnement (sol, albédo des surfaces, disponibilité en eau...).
- La sélection soigneuse des arbres est donc nécessaire.
- Les études s'accordent sur un effet maximal de 3°C sur la température d'air pour les arbres plantés dans des parcs dans des villes de latitude moyenne.



Eucalyptus, quartier
Bottier-Chénaie, Nantes



Performance des Arbres

A l'échelle de la rue

- L'effet d'ombrage est prédominant.
- L'effet de rafraîchissement dépend de la forme des arbres et de la forme des rues.
- Des effets de 2 à 3°C peuvent être relevés.
- Des recommandations (selon Morakinyo et al., 2020) :
 - Rues étroites et hautes (facteur de vue du ciel faible $SVF < 0,45$) non prioritaires
 - Rues de SVF moyen (0,45-0,6) : arbres de faible hauteur, avec un tronc haut, si l'espace le permet la largeur de la canopée peut être étendue.
 - Rues les plus larges : arbres petits, de forte densité de feuillage, un tronc haut et un houppier large



Arbres d'alignement à Nantes
(Magnolias)

A l'échelle de la ville

- Paris : simulation d'une couverture des surfaces disponibles au sol à 75% par des arbres associés à une strate basse, induit un rafraîchissement de l'air de 2,5°C pour la canopée de 2003 (de Munck, 2013).



Performance des Toitures végétalisées

A l'échelle de la toiture

- Les toitures extensives de sedum, mal couvertes par les plantes, ont un faible refroidissement par évapotranspiration. Le toit peut ainsi être plus chaud que l'air (stockage limité de l'humidité dans substrat > évapotranspiration faible et lente des plantes).
- Les toitures intensives permettent un rafraîchissement de l'air qui se limite en général à 1m autour de la toiture.

A l'échelle de la ville

- La majorité des travaux concluent que l'effet d'atténuation de l'ICU au niveau des piétons est négligeable dans tous les climats étudiés (Taleghani, 2018) (Susca, 2019)

Toiture verte intensive (parc) sur un centre commercial, Porto, Portugal
© European Federation of Green Roof Associations (EFB)



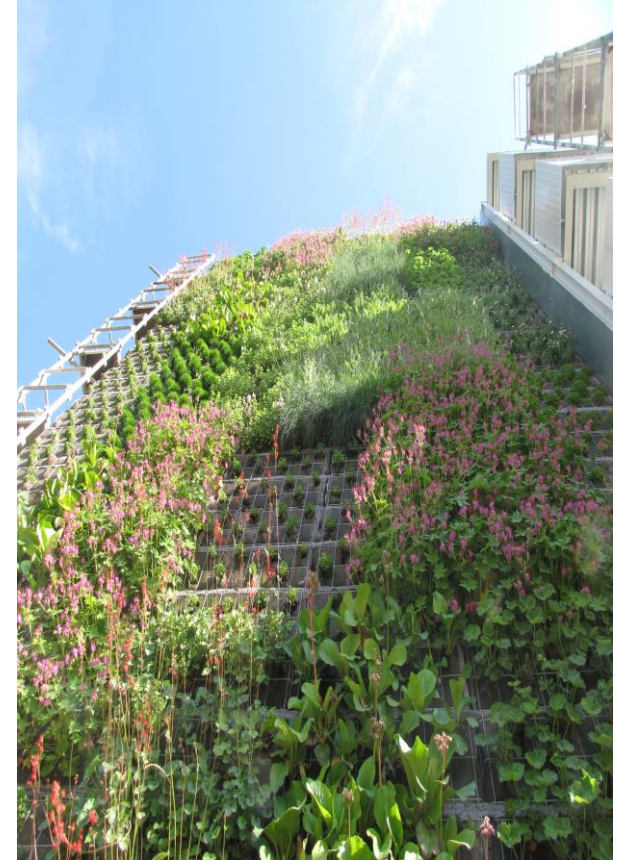
Performance des Façades végétalisées



Façade végétale de grimpantes, Vienne (source M. Musy)



Façade végétale de jardinières, Vienne (source M. Musy)



Mur vivant, Nantes (source M. Musy)



Performance des Façades végétalisées

A l'échelle de la façade

Murs vivants :

- Permettent de réduire fortement les températures de surface
- Réduisent fortement la température de l'air à proximité de la façade, mais l'effet s'atténue vite et est insignifiant à 1m. La température d'air est augmentée la nuit, car le mur vivant se refroidit plus lentement qu'un mur sans plantes.
- Ces effets dépendent fortement de l'irrigation du substrat.
- Réfléchissent moins de rayonnement vers les façades des bâtiments voisins et piétons.

Grimpantes :

- Les effets sur la température d'air sont moindres, mais l'effet sur le confort est présent du fait d'une température de surface faible.

Ordre de grandeur

Température du mur vivant inférieure de 30 °C par rapport aux murs traditionnels dans des conditions climatiques semi-arides – Santiago du Chili (Victorero et al., 2015).



Conclusion

- **Des effets locaux (confort) à bien différencier des effets à grande échelle (ICU)**
- **Des résultats qui dépendent de la disponibilité en eau**
- **Les solutions « dans le sol » plus performantes que les solutions « hors sol »**
- **Un impact important de l'environnement urbain (matériaux, forme urbaine)**



Merci de votre attention

Marjorie Musy

Equipe de Recherche Bâtiments Performants dans leur Environnement

Cerema - Nantes

marjorie.musy@cerema.fr

