

DEVELOPPE

recommandations sur la prise en
compte de l'Environnement



**Surchauffe urbaine : De l'îlot de chaleur urbain au confort
thermique dans les bâtiments**

Marjorie Musy

webinaire du 26 mars 2020



air | pays de
la Loire
www.airpl.org

- 1 - La problématique de surchauffe urbaine
- 2 - La notion de confort thermique
- 3 - Les solutions de rafraichissement

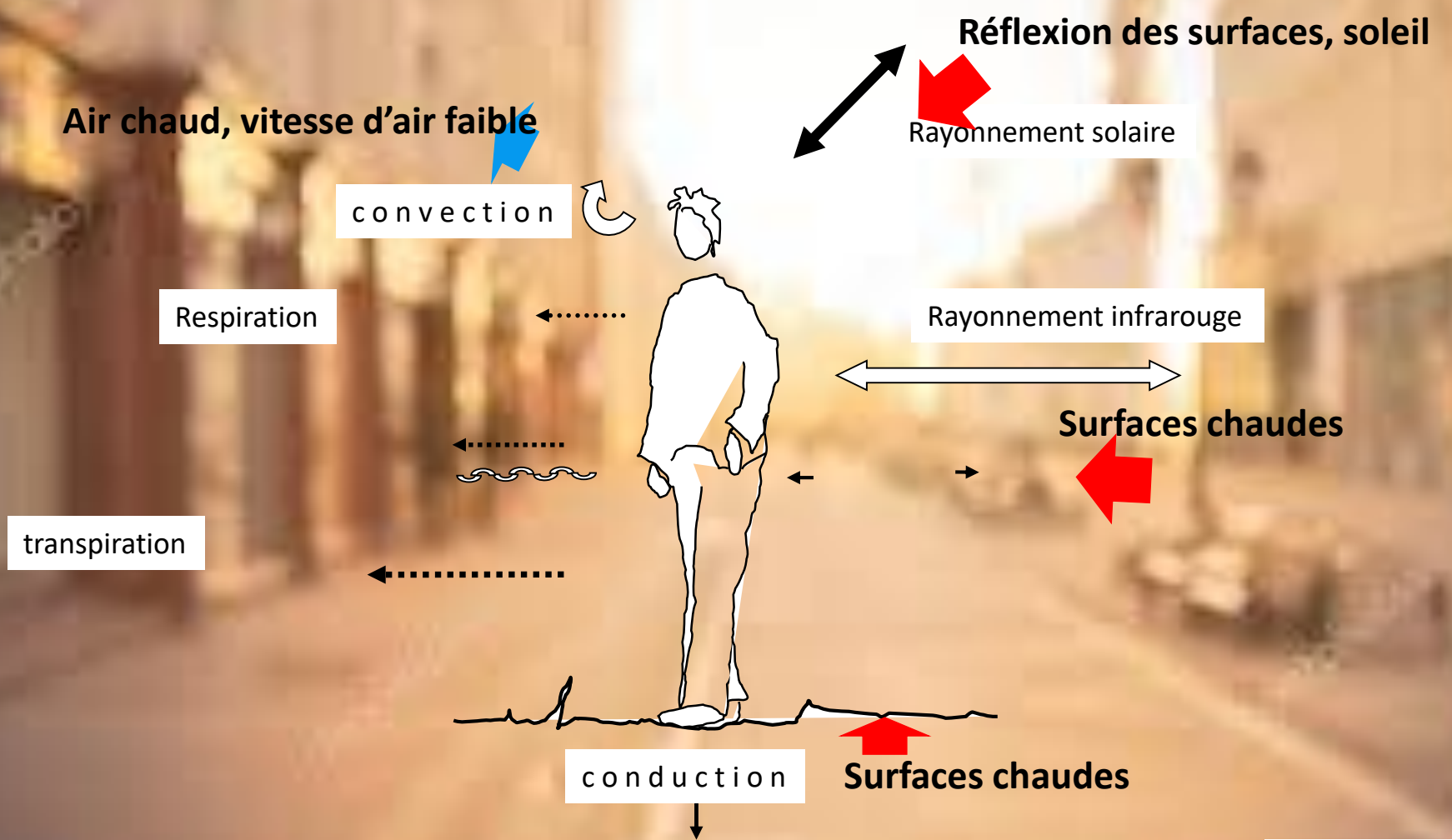
1- La problématique de la surchauffe urbaine

- Des enjeux de confort thermique jusqu'à des enjeux sanitaires, dans les bâtiments et à l'extérieur
- Une problématique très complexe à aborder car résultante de l'interaction de nombreux phénomènes avec la forme urbaine
- Une nécessaire composition avec la densification des villes
- Des solutions encore peu documentées

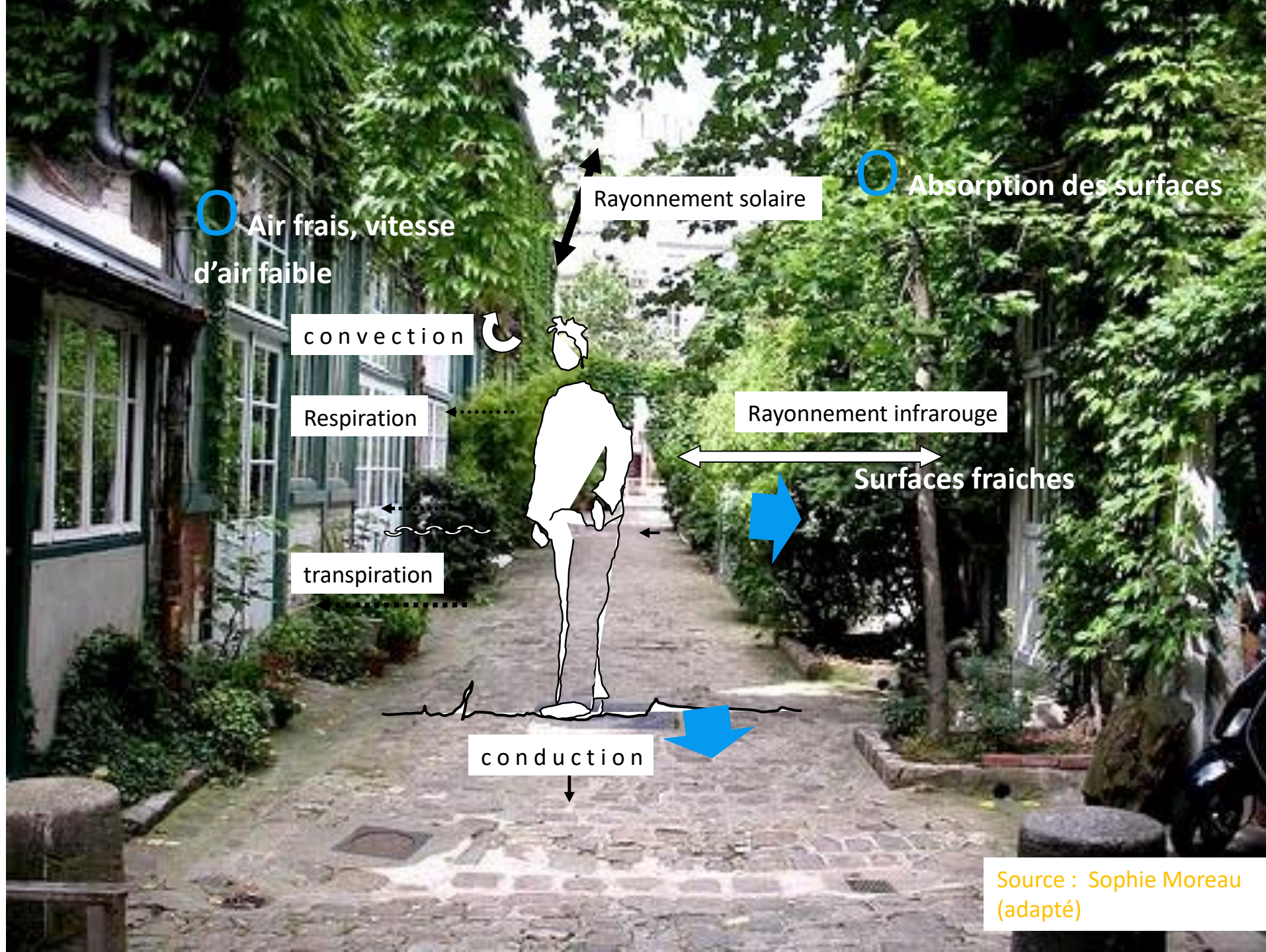
2- La notion de confort thermique

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

Cette notion est à bien différencier de celle d'ICU qui est à considérer à grande échelle, même si les phénomènes et certaines solutions d'adaptation sont les mêmes



Source : Sophie Moreau (adapté)



○ Air frais, vitesse d'air faible

○ Absorption des surfaces

Rayonnement solaire

convection

Respiration

Rayonnement infrarouge

Surfaces fraîches

transpiration

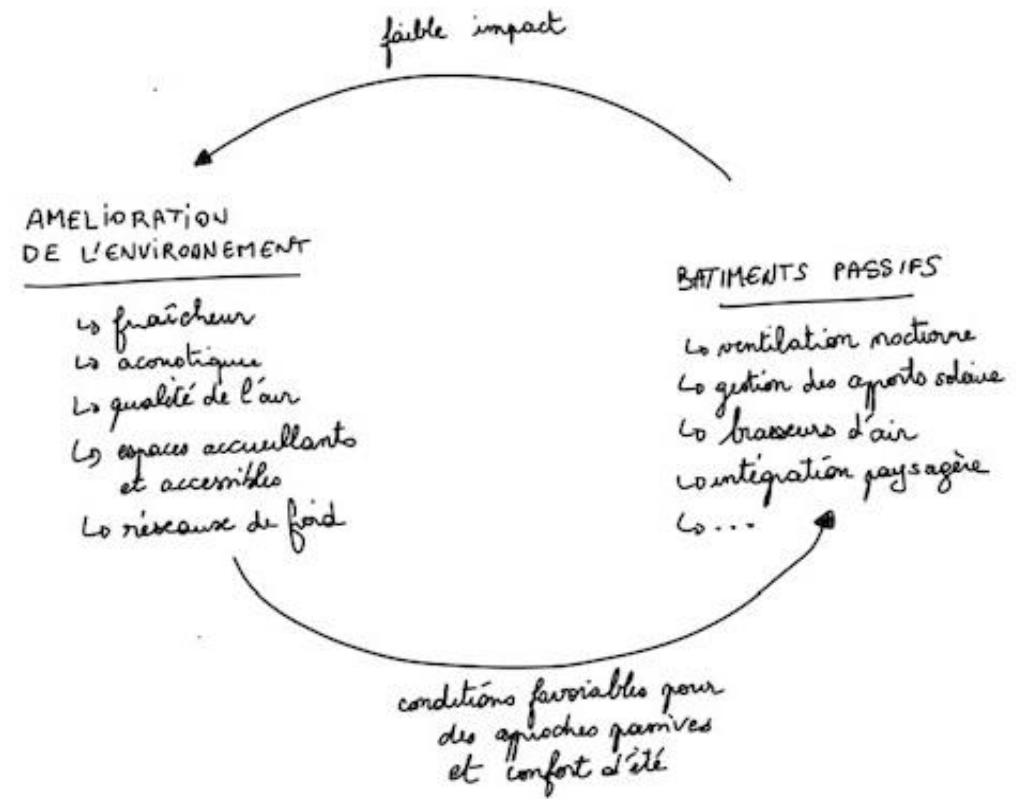
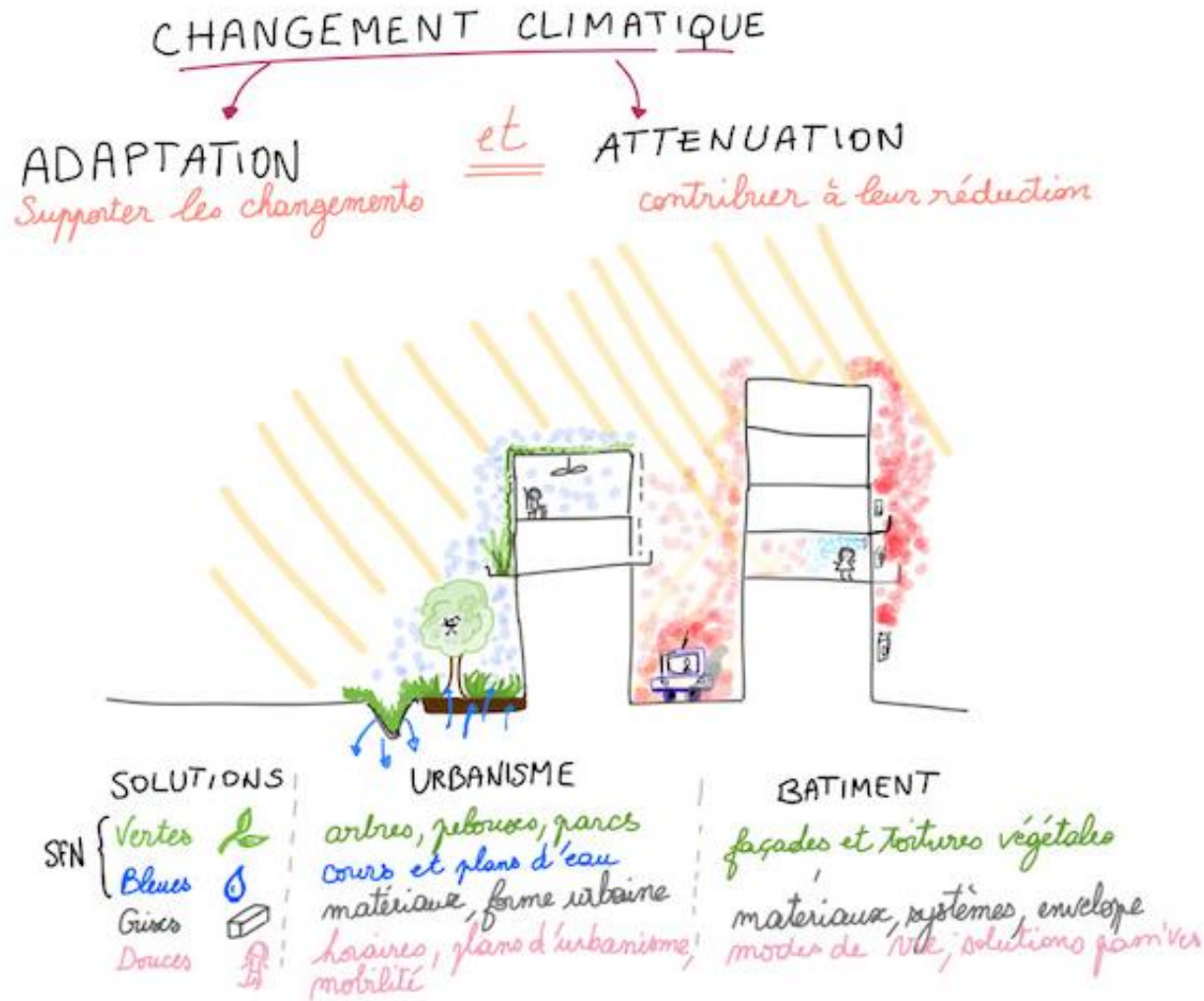
conduction

Source : Sophie Moreau (adapté)

Evaluer le confort en extérieur est difficile

- Grande variabilité spatiale et temporelle
- Il faudrait connaître la température de toutes les surfaces (Température radiante moyenne = Température d'une surface qui générerait le même environnement radiatif, rend compte de la contribution de toutes les surfaces 'vues' par le corps humain (parois, ciel, soleil...))
- Grande variabilité de perception des individus

3- Les solutions de rafraîchissement



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 apparaître 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 : $D_{\text{air-max}} = 5,9^{\circ}\text{C}$

(Konarska et al., 2016)

Parc Olympique de Pékin

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

- zones enherbées, irriguées $D_{\text{air-max}} = 0,7 \text{ à } 1,2^{\circ}\text{C}$

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

(Amani-Beni et al., 2018)

Performance des Parcs arborés et/ou enherbés

Effet au delà du parc

- Couverture arborée : 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, 2005).

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

Densité de feuillage et effet de rafraîchissement des surfaces

- L'effet de rafraîchissement est corrélé à la densité de feuillage : chaque unité de LAI permet de rafraîchir de 4°C les surfaces environnantes (gamme de densité de feuillage LAI < 2 : faible, 2 < LAI < 4 : moyenne, LAI > 4 élevée).
- 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 soignée 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.



A pied de la Tour Agbar, Barcelone

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 canicule 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 rafraichissement 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)

Noues végétalisées

Rivières & plans d'eau

...

Performance des Bassins, Fontaines & Brumisation

A la différence des grandes masses d'eau comme les rivières et les lacs, **les sources d'eau isolées comme les fontaines et bassins ont un effet très ponctuel**. L'abaissement de la température de l'air est rapidement dissipé en présence de vent et l'incidence sur le confort thermique moins perceptible que celle procurée par les arbres.

- Le vent est un élément important de l'efficacité de rafraîchissement des bassins.
- Les fontaines et bassins peuvent réduire la température d'air localement de 1°C tandis que les brumisations peuvent la réduire de 4°C (Santamouris et al., 2017)
- Les systèmes les plus efficaces ont les gouttelettes les plus fines (brumisateurs)



Miroir d'eau à Lorient (<https://patrimoine.lorient.bzh>)

Les revêtements à albédo élevé

Les revêtements à albédo élevé sont caractérisés par leur fort pouvoir réfléchissant. Le plus souvent de couleur claire, ils peuvent être mis en place sur les sols, les murs, les toitures.



A l'échelle locale

- Façades et toitures réfléchitives très efficace sur le confort dans le bâtiment
- Pour le confort du piéton à l'échelle de la rue, leur efficacité est discutée : ils améliorent la température d'air, mais peuvent dégrader le ressenti thermique en augmentant l'énergie solaire renvoyée vers le piéton.

Ordres de grandeur

- 4°C à Athènes, c'est l'effet de rafraîchissement de l'air en journée généré par le passage d'un revêtement foncé asphalté (albédo 0,04) à un revêtement blanc (albédo 0,55) pour les sols (Synnefa et al., 2011)
- + 3 à 6° ressentis A Milan, c'est l'effet de l'augmentation de l'albédo de 0.5 de toutes les surfaces urbaines sur la température ressentie (Falasca, 2019)

Les revêtements à albédo élevé

A l'échelle du quartier et de la ville

- Les études convergent vers l'efficacité de l'albédo pour réduire l'effet d'ICU
- L'effet d'une augmentation de l'albédo en toiture est le plus prononcé pour les quartiers très denses.
- Inversement, l'effet de l'augmentation de l'albédo des revêtements de sol est plus importante pour les secteurs ouverts au ciel et donc moins denses.

Ordres de grandeur

- 0.25 à - 0.5°C A Melbourne et à Sydney, c'est la réduction moyenne de la température d'air en ville pour une augmentation de 0.1 de l'albédo des toits (Imran et al., 2018; Santamouris et al., 2018)
- 0.4 à - 0.8°C A Milan, c'est la réduction moyenne de la température d'air en ville pour une augmentation de 0.1 de l'albédo de toutes les surfaces urbaines, ce qui correspond au passage de revêtements marron/gris à des revêtements blancs. (Falasca, 2019)

Impact des Panneaux solaires



Les Panneaux solaires sont conçus pour absorber une grande quantité de rayonnement solaire. Cependant, leur efficacité pour transformer cette énergie en électricité, ou chaleur utilisée dans le bâtiment n'est que de l'ordre de 30%, ils peuvent donc contribuer au réchauffement de la ville.

- **Localement** les PV augmentent la température de l'air (Barron-Gafford et al., 2016)
- **A l'échelle du quartier**, l'utilisation de PV en substitution de surfaces sombres permet de réduire légèrement la température de l'air (Efthymiou et al., 2016) (Cortes et al., 2015)
- **A l'échelle de la ville pour Paris**, (Masson et al., 2014) montrent que les panneaux solaires thermiques permettent une réduction de l'UCI de 0,2 à 0,3°C la nuit.
- Pour Los Angeles, (Taha, 2013) montre un effet de rafraîchissement maximal de l'air de 0,2°C pour un déploiement de PV sur 70% des toitures, un taux de conversion élevé des PV (30%). Il montre également que des PV à faible rendement peuvent mener à une augmentation de la température de l'air.

Revêtements drainants / poreux

Matériaux à changement de phase

Inertie / isolation des bâtiments

Systemes d'ombrage

Arrosage des rues

...

Les solutions douces

Les solutions douces agissent sur les usages et pratiques de la ville, à l'échelle individuelle comme à l'échelle collective. Ces solutions agissent sur deux dimensions :

- La limitation des apports de chaleur anthropiques liés aux activités humaines : **réduction d du trafic routier et des moteurs thermiques ou limitation de la climatisation**
- **L'adaptation des comportements individuels et collectifs pour limiter la vulnérabilité des habitants à la surchauffe.**

Conclusion

Nécessité de

- bien comprendre les phénomènes en jeu
- bien distinguer les effets sur l'ICU et sur le confort thermique

De nombreuses solutions qui peuvent être composées sur un même espace en fonction des objectifs de confort thermique intérieur et extérieur, de l'usage des espaces et de la forme urbaine

A paraître mai 2021 - ADEME

Rafraîchir les villes recueil des solutions

