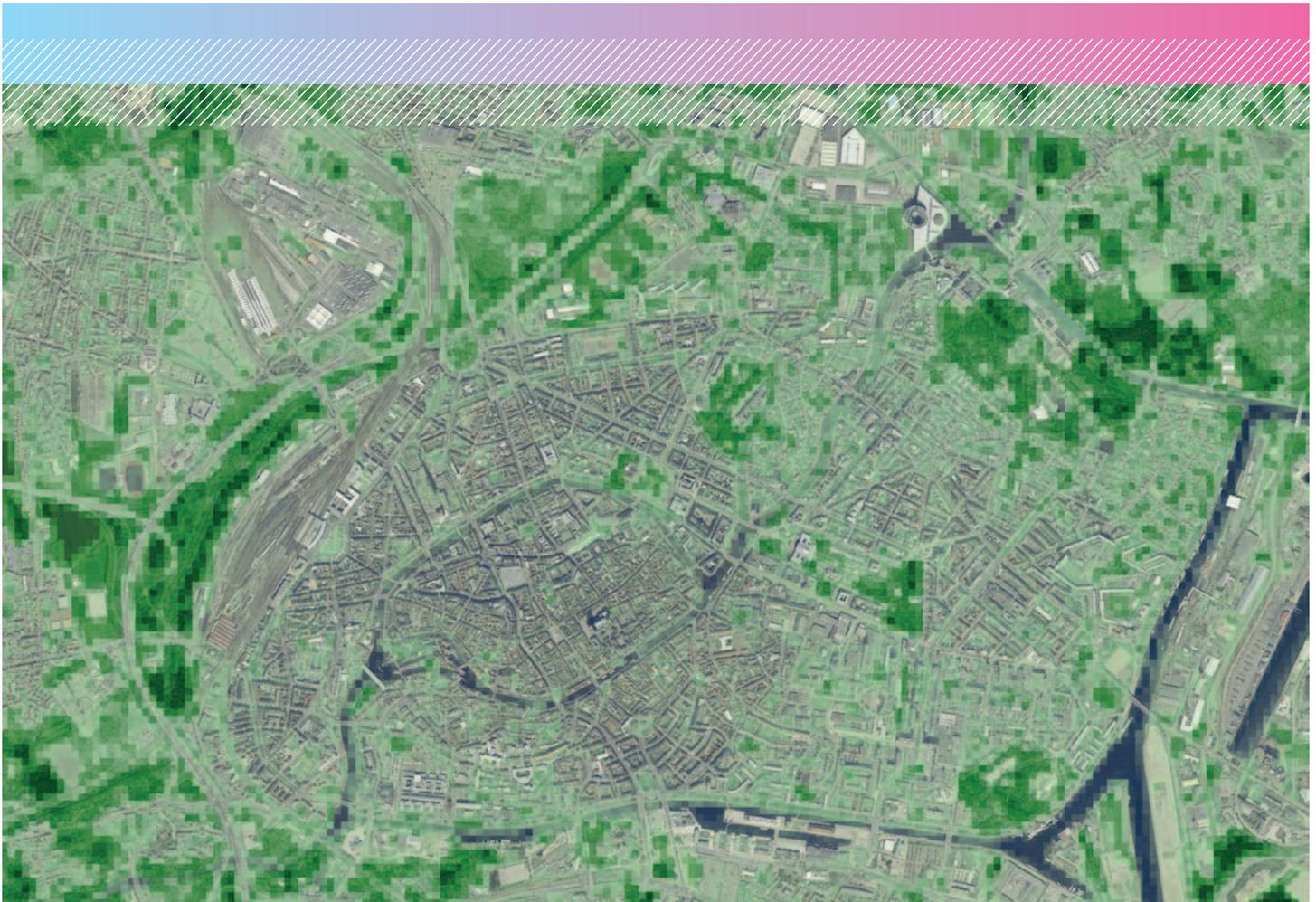


ET SI ON PLANTAIT DES ARBRES POUR ADAPTER LA VILLE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

190

DÉCEMBRE 2015

↖ ← ↑ ↗ ↘ ↙ ↚ ↛ ↜ ↝ ↞ ↠ ↡ ↢ ↣ ↤ ↥ ↦ ↧ ↨ ↩ ↪ ↫ ↬ ↭ ↮ ↯ ↰ ↱ ↲ ↳ ↴ ↵ ↶ ↷ ↸ ↹ ↺ ↻ ↼ ↽ ↾ ↿ ↺ ↻ ÉNERGIE / ENVIRONNEMENT



La vulnérabilité des villes aux canicules constitue un enjeu fort de santé publique et énergétique. Les villes sont exposées à un micro-climat où les températures de surface sont généralement plus chaudes dans le centre qu'en périphérie. On appelle ce phénomène l'îlot de chaleur urbain (ICU).

Ces situations engendrent des besoins de réfrigération et de climatisation plus grands. La demande en énergie des habitants et des entreprises en ville augmente considérablement pendant l'été et atteint des pics pendant les canicules.

De fait, une climatisation accrue et généralisée peut entraîner des impacts climatiques : production de chaleur anthropique, émission de gaz à effet de serre...

Dans ce contexte, certains lieux, parcs ou berges végétalisées des rivières, offrent une température plus clémente. Ainsi, la végétation comme outil d'adaptation, tant au changement climatique qu'à la transition énergétique, offre des perspectives qui dépassent le simple effet paysager et récréatif.

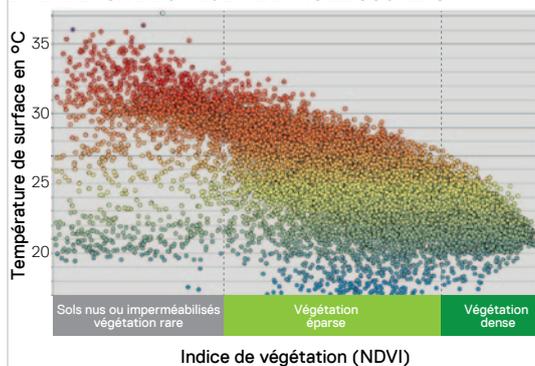
C'est dans cette perspective que l'analyse d'image satellite Landsat a été poursuivie afin de mettre en évidence le lien entre la présence de végétation et d'espace de fraîcheur dans l'agglomération strasbourgeoise et dans les communes du SCOTERS

Plus le végétal est dense, plus le territoire est frais

L'analyse de l'image satellite Landsat du 14 juillet 2013 montre une corrélation très forte entre l'occupation du sol et les écarts de température de surface observés. Ces températures, plus ou moins élevées, mettent en exergue des surfaces fortement génératrices d'îlot de chaleur et celles qui se maintiennent à une température plus fraîche (note ADEUS n° 140). En utilisant de nouvelles bandes spectrales, l'ADEUS a développé un indice de végétation (NDVI). Il permet une connaissance de la répartition quantitative de la végétation sur le territoire du SCOTERS. Plus sa valeur est élevée, plus le couvert végétal est dense ; plus la valeur est faible, moins il y a de végétation.

Les images obtenues montrent aussi une corrélation très forte entre la valeur de l'indice de végétation et l'abaissement de la température.

CORRÉLATION ENTRE LA TEMPÉRATURE DE SURFACE ET LA DENSITÉ DU VÉGÉTAL DANS LE SCOTERS



Chaque point du graphique représente l'indice de végétation et la température d'un carreau de 200 m x 200 m dans le territoire du SCOTERS.
Source : ADEUS

La mise en évidence d'îlots de fraîcheur est ici confirmée, entre des espaces très végétalisés (parc, berge de cours d'eau...) où la température est comprise entre 20 et 25 °C, et des espaces peu végétalisés du centre-ville de Strasbourg à 27-32 °C. Par contre, à densité végétale égale, un différentiel pouvant aller jusqu'à 5 °C est parfois observé entre des espaces ayant le même niveau de végétalisation.

DÉFINITIONS

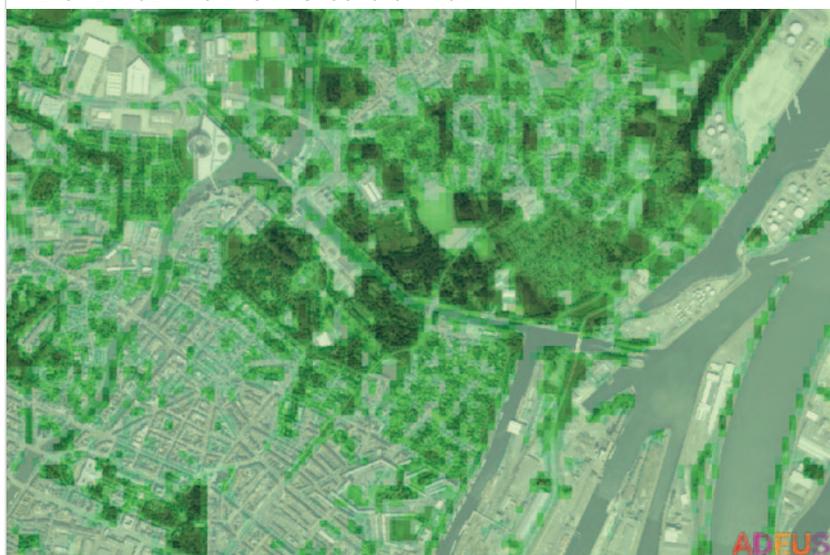
L'îlot de chaleur urbain (ICU) : phénomène d'élévation des températures enregistrées en milieu urbain par rapport aux zones périphériques et naturelles.

L'îlot de fraîcheur : lieu au sein du milieu urbain offrant un confort thermique aux habitants.

ÉCART DE TEMPÉRATURE DE SURFACE À STRASBOURG-ORANGERIE



NIVEAU DE VÉGÉTATION À STRASBOURG-ORANGERIE



A l'échelle d'un grand territoire : le SCOTERS

A l'échelle d'un grand territoire, l'indice de végétation ainsi obtenu montre que les zones arborées et les surfaces en eau maintiennent des températures plus fraîches. Sur le territoire du SCOTERS, cela revient à montrer que les espaces naturels et agricoles sont les meilleurs climatiseurs. La répartition des températures le 14 juillet 2013 est la suivante :

Comme pour l'agglomération strasbourgeoise, on remarque que les autres zones urbaines du SCOTERS font aussi l'objet de températures élevées ce jour-là. Elles ont néanmoins davantage de proximité avec des espaces agricoles ou naturels, où les températures sont plus clémentes.

TEMPÉRATURE DE SURFACE SUR LE TERRITOIRE DU SCOTERS


80 % des surfaces en eau ont une T °C inférieure à 22 °C


80 % des forêts et formations préforestières ont une T °C de 21-22 °C


80 % des cultures permanentes ont une T °C de 23-26 °C


75 % des secteurs d'habitat ont une T °C de 27-29 °C


80 % des cultures annuelles ont une T °C de 23-24 °C


95 % des grandes emprises (zones d'activités, infrastructures routières) ont une T °C de 28 °C

Source : ADEUS

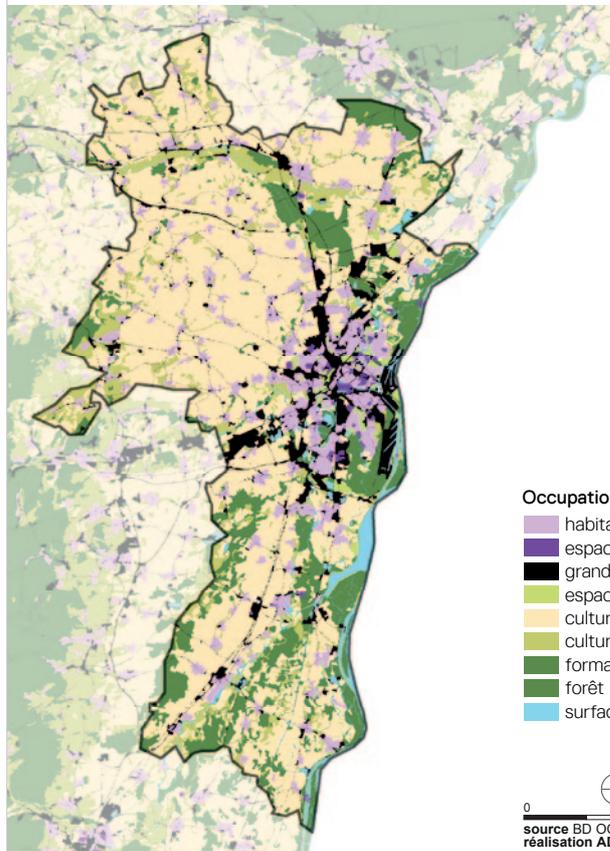
COMMENT ÇA MARCHE ?

La végétalisation permet de réduire l'absorption de la chaleur en milieu urbain minéralisé. Cette réduction, en créant des zones ombragées et par l'évapotranspiration (transpiration des végétaux) climatise naturellement l'air. Un certain nombre d'études (ADEME, APUR, IAU...)* ont constaté que l'effet de la végétation sur la température est d'autant plus marqué que :

- la quantité de végétation est élevée ;
- la végétation est plantée en pleine terre ;
- la proportion d'arbres est élevée.

* Marjorie Musy, coord., *Une ville verte, les rôles du végétal en ville*, Editions Gae, 2014.

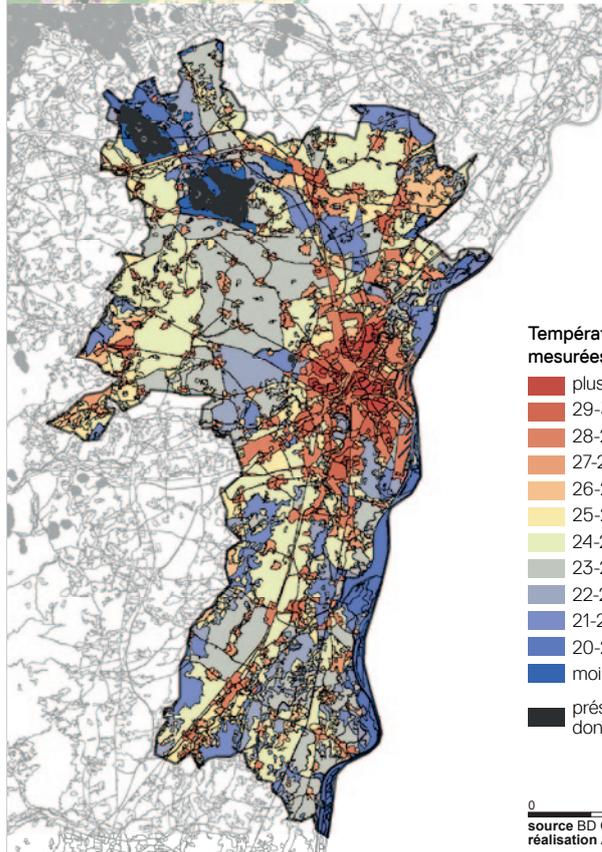
LA TEMPÉRATURE DE SURFACE LIÉE À L'OCCUPATION DU SOL DANS LE SCOTERS



Occupation du sol dans le SCOTERS

-  habitat
-  espace urbain spécialisé
-  grande emprise
-  espace vert artificialisé
-  culture annuelle
-  culture permanente
-  formation pré-forestière
-  forêt
-  surface en eau


0 15 km ADEUS
source BD OCS 2012, BD Thermo ADEUS 2013
réalisation ADEUS, mai 2015



Températures de surface mesurées le 14 juillet 2013

-  plus de 30 °C
-  29-30 °C
-  28-29 °C
-  27-28 °C
-  26-27 °C
-  25-26 °C
-  24-25 °C
-  23-24 °C
-  22-23 °C
-  21-22 °C
-  20-21 °C
-  moins de 20 °C
-  présence de nuages données inexplotables


0 15 km ADEUS
source BD OCS 2012, BD Thermo ADEUS 2013
réalisation ADEUS, mai 2015



A l'échelle des quartiers

La typomorphologie urbaine est la connaissance des formes urbaines à travers la voirie, le parcellaire, les volumes et l'implantation des bâtiments (note ADEUS n° 133). Conduite en 2012 sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg, elle a servi de base pour mener une analyse comparant les différents tissus urbains et le niveau de température et de végétation.

Des différences nettes sont observées, notamment entre le tissu résidentiel et le tissu d'activité : 75 % de l'activité est au-dessus de 29 °C (dont 17 % au-dessus de 33 °C), alors que 75 % du résidentiel se situe dans une fourchette de 27 à 29 °C. Néanmoins, en observant les profils de température dans chaque tissu, on remarque que ce n'est pas tant la compacité ou la densité du bâti qui influence la température de surface, mais bien l'agencement du quartier, le ratio et la répartition bâti/végétal.

Dans un territoire comme l'Eurométropole, où les vents sont plutôt faibles et les immeubles peu hauts, les effets de circulation d'air semblent avoir peu d'influence sur la température de surface. Ainsi, l'abondance et la qualité de végétation dans et à proximité immédiate d'un quartier sont des paramètres importants à prendre en compte pour favoriser une diminution de température¹.

LE CONFORT THERMIQUE DES POPULATIONS : DES QUESTIONS QUI INTERPELLENT

Les températures de surface constatées sont à mettre en lien directement avec la température ressentie et le confort d'été de chaque individu. Il s'agit d'une notion complexe et globale puisque plusieurs paramètres interagissent. S'il est impossible de définir un type d'environnement thermique qui réponde aux exigences de tous, un intervalle de température ressentie « de bien être » est compris entre 20 et 26 °C.

Le 14 juillet 2013, à 10h30 au moment de la prise de l'image satellite, 95 % de la population du SCOTERS habite dans une zone où, à cette heure-là, la température de surface est déjà supérieure à 26 °C. 40 % de la population vit même dans un secteur dépassant les 30 °C.

Les populations sensibles sont également affectées : 3 % des enfants de moins de 3 ans et 6 % des personnes de plus de 65 ans vivent dans des secteurs dépassant les 30 °C à 10h du matin.

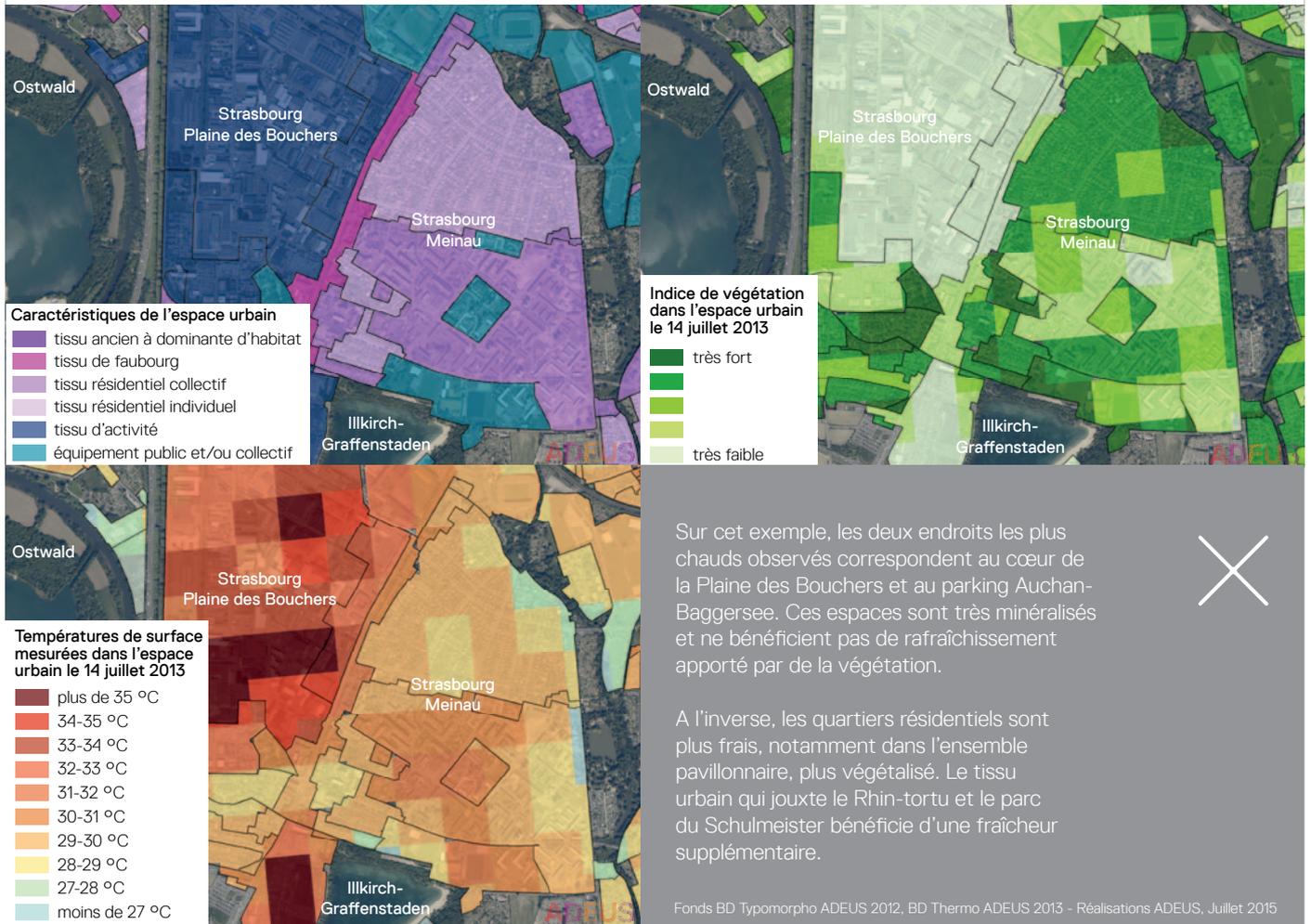
Qu'en est-il à 16h quand la température de l'air est de 28 °C ? Combien de zones du territoire dépassent le seuil de 26 °C ? Celles déjà à 30 °C à 10h ont-elles atteint un niveau impliquant un stress thermique élevé de la population ? Ces populations ont-elles à proximité un îlot de fraîcheur directement accessible ?

Ces points nous interrogent sur l'ampleur du phénomène à l'échelle du SCoT et sur la nécessaire intégration de ces problématiques dans les politiques des collectivités, et en particulier celles qui concernent l'aménagement du territoire.

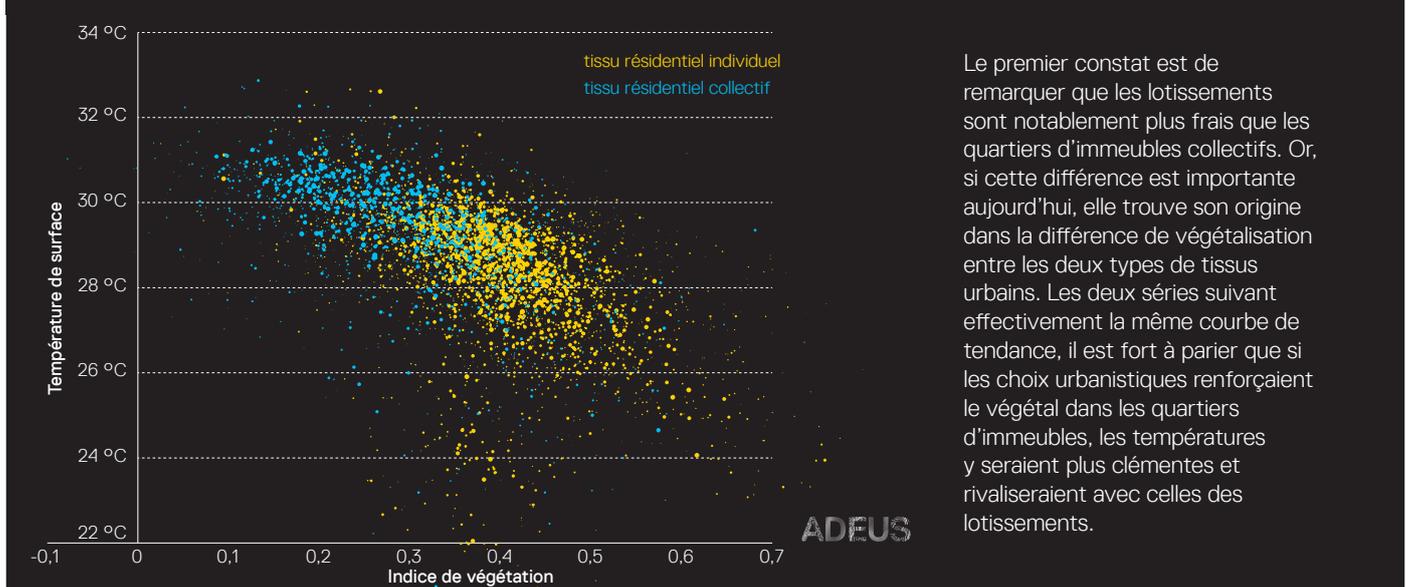
1. Agence d'Urbanisme, région nîmoise et alsésienne, *Agir contre les îlots de Chaleur Urbains (ICU)*, 2014.



LIEN ENTRE LA FORME URBAINE, LE VÉGÉTAL ET LA TEMPÉRATURE DE SURFACE



INFLUENCE DE LA VÉGÉTATION DANS LES TEMPÉRATURES OBSERVÉES DANS LES QUARTIERS D'IMMEUBLES OU DE LOTISSEMENT



Chaque point du graphique représente l'indice de végétation et la température d'un morceau du territoire, à tissu urbain constant, dont la surface est proportionnelle à la taille du cercle. Source : ADEUS

Vers une ville bioclimatique, apportant un vrai confort d'été

Ne pas s'opposer au climat, mais composer avec lui

L'apport de végétation dans les espaces urbanisés offre des gains importants de fraîcheur, dans un rapport efforts/résultat satisfaisant. Une seule rangée d'arbres diminue la température de l'air environnant de 1 °C, tandis que la création d'un parc en centre-ville génère une baisse de température de l'air environnant comprise entre 2 et 6 °C². Les efforts à fournir sont, par conséquent, à la portée des collectivités mais, pour être réellement efficaces, nécessitent de s'inscrire dans une véritable stratégie de végétalisation au sein des projets de développement.

Dans un contexte de changement climatique, les territoires doivent donc réfléchir aux moyens les plus pertinents de s'adapter aux canicules d'été et aux intempéries, qui risquent d'être plus fréquentes et plus intenses. La mise en valeur des effets bénéfiques des îlots de fraîcheur s'inscrit naturellement dans cet objectif et nécessite une réévaluation des politiques d'urbanisme et des stratégies de court, moyen et long terme en matière énergétique. Pour y parvenir, les objectifs suivants sont de bons exemples :

- favoriser la climatisation passive et l'architecture bioclimatique, pour limiter les climatiseurs électriques ;
- adapter les matériaux de construction, en préférant les surfaces blanches ou de couleur claire et les matériaux réfléchissants ;
- mieux gérer l'eau pluviale en l'accompagnant de végétal (systèmes de noues ou zones humides qui peuvent réévaporer cette eau) ;
- veiller à ce que des prescriptions d'aménagement garantissent une circulation optimale de l'air dans la ville et dans les logements ;
- asseoir la place du végétal au sein des villes et de leurs abords (trame verte et bleue, parcs et jardins, places et voiries, terrasses et murs végétalisés, etc.)³.

Ce dernier objectif se traduit notamment à travers les documents de planification et de gestion du territoire. C'est bien sûr le cas de tous ceux qui concernent l'aménagement, qu'ils entrent dans le cadre de la réglementation (SCoT, PLU) ou qu'ils soient d'initiative locale (Agenda 21).

Identifier et valoriser les îlots de fraîcheur existants

Au préalable, une cartographie des températures, se basant idéalement sur des données couvrant plusieurs moments de l'année, est nécessaire. Elle permet de dresser l'inventaire des espaces végétalisés du territoire, qui ont un rôle stratégique pour le rafraîchissement en ceinture de ville/bourg ou au sein du tissu bâti.

L'enjeu ici serait d'inscrire ces principaux îlots de fraîcheur dans les documents d'urbanisme, pour les préserver et pérenniser leurs effets au bénéfice de la population. Pour maximiser leur appropriation, il est indispensable d'évaluer l'accessibilité des populations aux différents espaces et de vérifier la proximité des populations vulnérables à un îlot de fraîcheur.

Les documents d'urbanisme peuvent traduire ces enjeux par des mesures réglementaires, en particulier dans les PLU :

- quantitatives : zonage limitant la constructibilité, espace boisé à conserver...
- qualitatives : orientation d'aménagement pour prévoir les accès à l'îlot de fraîcheur...

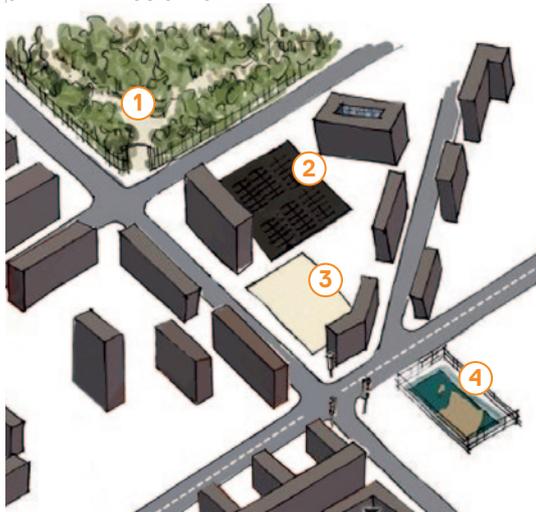
Si une cartographie des températures permet de localiser les îlots de fraîcheur existants, certains espaces libres représentent des îlots de fraîcheur en devenir. Cette approche est importante dans les quartiers et bourgs où les îlots de fraîcheur sont rares. Aussi, un croisement avec les enjeux de confort d'été est nécessaire pour identifier les secteurs où ils seraient les plus pertinents. Où sont les quartiers les plus chauds ? Où sont les populations les plus vulnérables ?

2. A. Dimoudi, M.Nikolopoulou, *Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits*, Energy and Buildings, Vol. 35, No. 1, pp. 69-76, 2003.

3. Institut national de santé publique du Québec, *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains*, 2009.



UNE VILLE PLUS CHAUDE



1. Trame verte non intégrée au quartier
2. Revêtement de sol imperméabilisé favorisant l'îlot de chaleur
3. Place piétonne avec sol très réfléchissant et sans espaces ombragés
4. Bassin de rétention des eaux pluviales du quartier non intégré et ne profitant pas à la population

Partout, renforcer la présence du végétal dans les quartiers...

Les documents d'urbanisme pourraient aussi intégrer des réflexions sur l'augmentation du végétal dans le tissu et la traduire par des mesures réglementaires, en particulier les PLU :

- quantitatives : coefficient de végétation de pleine terre pour les nouvelles opérations d'aménagement, nombre exigé de strates de végétation...
- qualitatives : orientation d'aménagement sur la forme du végétal attendue, nécessité d'utiliser des essences locales adaptées au climat...

Si le document d'urbanisme ne peut réglementer et lister les essences végétales à autoriser, il peut être intéressant de travailler avec les promoteurs immobiliers et les services Espaces verts des collectivités pour mener à bien des réflexions sur ce sujet. Quelles essences pour quels effets de fraîcheur, en fonction de la saisonnalité du feuillage ? Quelles mesures pour maximiser les ombrages sur les bâtiments et les voiries en été sans limiter l'ensoleillement l'hiver ?

...et particulièrement l'intégrer dans les futures opérations d'aménagement

Au sein du PLU, la première action pourrait être de sélectionner un site « bioclimatique » pertinent pour l'urbaniser. Ceci est spécialement vrai lorsque la collectivité a le choix entre plusieurs sites qu'elle

UNE VILLE PLUS FRAÎCHE



1. Jeux d'eau participant à la réduction de l'îlot de chaleur
2. Plantation d'arbres créant un îlot de fraîcheur en façade nord
3. Intégration de la végétation dans le quartier (trame verte)
4. Toiture végétalisée
5. Intégration de l'eau et gestion alternative des eaux pluviales (trame bleue)
6. Infiltration d'eaux pluviales sur une aire de parking

Source : R. Franck, G. Jover, F. Hovorka, L'efficacité énergétique du bâtiment, Édition Eyrolles, 2014

souhaite ouvrir à l'urbanisation. Pour cela, la collectivité doit disposer d'études lui permettant d'appréhender l'orientation du site par rapport au soleil, le régime des vents dominants (plutôt faible en Alsace), la proximité d'eau et d'humidité, la présence de végétation sur le site ou à proximité, les effets des îlots de chaleur présents à proximité.

Ensuite, il s'agit de réfléchir aux futures formes urbaines et aménagements (point d'eau, végétation, etc.) qui favorisent les apports solaires en hiver et apportent de la fraîcheur en été. Ainsi, la création ou la rénovation d'un quartier doit intégrer une réflexion sur la densité et la répartition de la végétation au sein de l'opération, ainsi que l'accessibilité aux espaces de fraîcheur situés à proximité.

A l'échelle de l'opération d'aménagement, la fraîcheur du bâti dépend notamment du type d'isolation, du type de toiture en place, de l'efficacité thermique des fenêtres et de la présence de végétation, sur ou près des bâtiments. Là encore, penser à implanter du végétal est fondamental. Pour exemple, une étude québécoise⁴ a montré qu'un toit végétalisé diminuait de près de 100 % les demandes de climatisation.

4. Sébastien Jacquet, *Performance énergétique d'une toiture végétalisée au centre-ville de Montréal*, Mémoire de fin d'étude, 2011.

Conclusion

Des besoins de fraîcheur dans un avenir plus chaud

Les périodes de canicule plus fréquentes et la concentration des températures chaudes dans les villes ne permettent plus le confort thermique des populations.

Enjeu d'adaptation au changement climatique d'abord, il en devient un enjeu fort de santé publique pour l'avenir, pour permettre notamment aux populations sensibles de supporter le plus confortablement possible les étés caniculaires.

Une offre en espaces de fraîcheur qui s'appuie sur les cours d'eau et la végétation

Les cartographies des températures de surface et de la végétation d'un territoire sont le premier outil indispensable pour pouvoir élaborer une véritable stratégie d'adaptation au changement climatique. Le temps de la seule « climatisation technique » est fini. Véritable climatisation naturelle, le végétal en ville doit trouver sa place dans les aménagements futurs : parcs, alignement d'arbres, balcons fleuris, toitures végétalisées...

De nombreux moyens d'adaptation et de régulation pour préserver le végétal

Les outils de la planification sont le premier cadre où il est possible de réfléchir à une véritable stratégie de végétalisation. En réaménageant les quartiers existants ou en appliquant des principes bioclimatiques dans des nouveaux quartiers, chaque occasion est bonne pour y réfléchir. Les toitures végétalisées, l'assainissement végétalisé et le respect des îlots de fraîcheur par la conception adéquate des formes urbaines ne devraient plus être des exceptions dans notre paysage urbain.

Veiller à la quantité et à la qualité de végétation au cœur des villes et agglomération vont d'ailleurs dans le même sens que l'ensemble des objectifs de la transition énergétique et écologique. Face aux enjeux de biodiversité et à la demande grandissante de la population pour plus de nature en ville, il paraît opportun de relier l'agréable à l'utile.

Bibliographie

- Cécile de Munck, *Modélisation de la végétation urbaine et stratégies d'adaptation pour l'amélioration du confort climatique et de la demande énergétique en ville*, Thèse, 2013.
- A. Dimoudi, M. Nikolopoulou, *Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits*, Energy and Buildings, Vol. 35, No. 1, pp. 69-76, 2003.
- Institut national de santé publique du Québec, *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains*, 2009.
- Agence d'Urbanisme et de Développement des Régions Nîmoise et Alésienne, *Agir contre les Îlots de Chaleur Urbains (ICU)*, 2014.
- Sébastien Jacquet, *Performance énergétique d'une toiture végétalisée au centre-ville de Montréal*, Mémoire de fin d'étude, 2011.
- Marjorie Musy, coord., *Une ville verte, les rôles du végétal en ville*, Editions Gae, 2014.
- R. Franck, G. Jover, F. Hovorka, *L'efficacité énergétique du bâtiment*, Ed. Eyrolles, 2014

Pour aller plus loin

- *Les îlots de fraîcheurs dans la ville*, Les Notes de l'ADEUS n° 140, novembre 2014

MÉTHODE UTILISÉE : EXPLOITATION D'IMAGES SATELLITAIRES

Les bandes thermiques rouge et proche infra-rouge d'une image satellitaire (Landsat 8, image du 14 juillet 2013) ont été transformées en indice de végétation (NDVI). L'Indice de Végétation Différence Normalisée est un indicateur graphique simple qui permet de mesurer la quantité de végétation chlorophyllement active. Il est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation, mais ne donne pas d'information sur la forme du végétal. Les formations végétales ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7, les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.



L'Agence
de Développement
et d'Urbanisme
de l'Agglomération
Strasbourgeoise

Directrice de publication : **Anne Pons, Directrice générale**
Validation : **Yves Gendron, Directeur général adjoint**
Équipe projet : **Anais Gsell-Epailly (chef de projet),
Don Binh Nguyen, Janine Ruf, Stéphanie Martin.**
PTP 201X - N° projet : **1.4.4.2**
Photos et mise en page : **Jean Isenmann**

© ADEUS - Numéro ISSN 2109-0149
Notes et actualités de l'urbanisme sont consultables
sur le site de l'ADEUS www.adeus.org