

## La vulnérabilité de la ville à la chaleur par l'approche Zones climatiques locales



Claude Abram/IAU îdF/Amphiphirion

**Dans un contexte de réchauffement climatique et d'augmentation des populations urbaines, l'effet global et local d'îlot de chaleur urbain interpelle. À partir du système de classification international «Local Climate Zones», l'IAU îdF a établi une base de référence sur la vulnérabilité des îlots à la chaleur.**

**L**a manifestation climatique la plus connue de l'influence du milieu urbain sur son climat est la formation d'un îlot de chaleur urbain (ICU), comme le soulignent les chercheurs qui s'intéressent à la climatologie urbaine. La ville – modelée et habitée par l'homme – par sa minéralité, ses matériaux, sa rugosité (cf. «Lexique» p. 6), ses carences en eau et en végétation, ses activités anthropiques émettrices de chaleur et de polluants, est source

de multiples perturbations : radiatives, thermiques, hydrologiques et aérologiques, qui influent sur le climat en réchauffant l'atmosphère. Les températures de l'air sont ainsi plus élevées dans une zone urbaine (centre urbain chaud) que dans son environnement immédiat (périphérie rurale plus froide).

Or, les villes conjuguent ce phénomène d'ICU avec un réchauffement climatique au niveau mondial – réaffirmé par le récent cinquième rapport 2013/14 du

Giec – et une densité humaine importante. Si les communautés internationales et locales sont tenues d'agir vite afin de limiter drastiquement les émissions de gaz à effet de serre (GES), au pouvoir de réchauffement durable, elles doivent également mener de front des actions d'adaptation visant à identifier et à diminuer leur vulnérabilité. Il devient impératif de représenter les effets les plus probables au niveau local de cette perturbation planétaire. Il est aussi crucial d'expliquer comment, en Île-de-France, les formes urbaines, la place donnée à l'eau et à la végétation en ville, l'activité et la densité métropolitaines pèsent sur le climat en aggravant les épisodes de vagues de chaleur. Une meilleure prise en compte de la spécificité territoriale des villes, des quartiers, des îlots, qui inter-

viennent dans la vulnérabilité aux effets d'ICU, permettra d'identifier les actions pertinentes et nécessaires d'adaptation.

### L'effet d'ICU, un problème plus spécifiquement francilien

Alors que les épisodes de canicule 2003 puis 2006 ont marqué particulièrement les Franciliens, le phénomène ICU devrait toucher une population de plus en plus importante, pouvant à l'avenir rendre pénible la vie en ville dans la période estivale. L'Institut de veille sanitaire (InVS), l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), l'Observatoire régional de santé d'Île-de-France (ORS) et l'Atelier parisien de la santé publique ont étudié le rapport entre la mortalité observée lors de la canicule 2003 et les décès survenus. Toutes ces instances font le constat que l'Île-de-France est la région où le taux de surmortalité a été le plus fort (de 127 à 171 %, selon les départements) et soulignent l'effet important d'ICU et de la dégradation de la qualité de l'air.

Les plans canicule mis en place par l'État dès 2004 ont montré leur efficacité. Mais la capacité à maintenir la robustesse du système d'alerte et de gestion de crise dans un contexte d'augmentation de la fréquence de ces épisodes pose la question de la performance du système préventif et des relais locaux, comme les dispositifs de recensement des populations sensibles de la responsabilité des maires (loi 2004-626 du 30 juin 2004).

La ville de Paris, par exemple, met à jour tous les ans le fichier Chalex (chaleur extrême) afin d'apporter une aide aux personnes âgées et handicapées qui en font la demande (plus de 24 000 inscrits à la fin de l'été 2011). Et comme le rappelle l'InVS, outre l'augmentation probable de l'intensité et de la fréquence des vagues de chaleur, le vieillissement de la population est une autre donnée importante à considérer (part des 75 ans et plus : de 15,6 % en 2050 contre 8,8 % en 2003, en Île-de-France). Un autre volet de la prévention est de lutter contre l'effet d'ICU. C'est l'un des grands défis franciliens retenus par le plan régional pour le climat d'Île-de-France (PRC), repris par le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) et le schéma directeur régional d'Île-de-France (Sdrif) 2013. En effet, au vu de la vulnérabilité déjà constatée et des éléments de prospective climatologique, sociodémographique et urbaine, ces documents de planification ont été amenés à traiter cette problématique urgente. La vulnérabilité des villes franciliennes aux vagues de chaleur estivales constitue donc un enjeu fort de santé publique et interroge plus largement tout

l'écosystème métropolitain : disponibilité de la ressource en eau, approvisionnement énergétique pour la climatisation, dégradation de la qualité de l'air (smog) et du confort thermique, altération de la nature en ville, fragilisation du bâti et des infrastructures. Ainsi, concilier plus de densification avec une diminution de la vulnérabilité aux vagues de chaleur en zone dense s'avère un défi des plus sérieux.

### L'étude de la morphologie urbaine et ses effets sur le climat

Depuis la première mise en évidence d'un climat spécifique urbain par Luke Howard, pharmacien britannique qui publia entre 1818 et 1820 *Le Climat de Londres*, la connaissance a fait son chemin<sup>(1)</sup>. Howard rapportait une différence des températures nocturnes de l'ordre de 3,70 °C entre le centre de Londres et sa campagne, ce que l'on nomme aujourd'hui « îlot de chaleur urbain ». Les causes de l'effet d'ICU sont actuellement bien documentées par la communauté scientifique mondiale : elles représentent toutes une modification urbaine des bilans radiatifs et énergétiques des surfaces (cf. encadré « Les causes de l'effet d'ICU »).

En Île-de-France, la constitution de l'îlot de chaleur a commencé à être bien étudiée dans les années 1990 par des chercheurs en climatologie s'intéressant aux effets de l'urbanisation sur le climat régional (Gisèle Escourrou). La genèse de brises thermiques ou de vents faibles et leur action sur la pollution atmosphérique, ou le risque orageux de saison chaude consécutif du renforcement de l'instabilité des masses d'air chaudes et humides, passant au-dessus de la ville chaude et « rugueuse », avaient été soulignés<sup>(2)</sup>.

Ainsi, le contour de l'ICU fluctue selon la force et la direction des vents dominants et des brises thermiques, et le moment de la journée. Il est plus intense l'été et surtout la nuit. En effet, pendant la période nocturne, le refroidissement de l'air est moins rapide à cause du dégagement de chaleur par les matériaux, sous forme de rayonnements infrarouges, eux-mêmes piégés par les surfaces verticales des bâtiments compacts et denses. Or, la nuit est un moment crucial pour permettre aux organismes de récupérer de la chaleur. Un indicateur territorialisé de température de nuit tropicale (au-dessus de 20 °C) peut aider à visualiser ce contour d'ICU.

Au-delà de l'ICU métropolitain, dont il est intéressant de suivre la dynamique, l'intensité et la délimitation, notamment *via* des exercices de modélisation et de prospectives tels qu'Épicéa<sup>(3)</sup> et Muscade<sup>(4)</sup>, des contrastes thermiques existent au sein même de l'agglomération, opposant des îlots de chaleur à des îlots de fraîcheur<sup>(5)</sup>. Les villes, les

(1) CORDEAU Erwan, VALETTE Emmanuelle, *Les îlots de chaleur urbains. L'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines*, tome 1, Répertoire de fiches connaissance, tome 2, IAU îdF, novembre 2010.

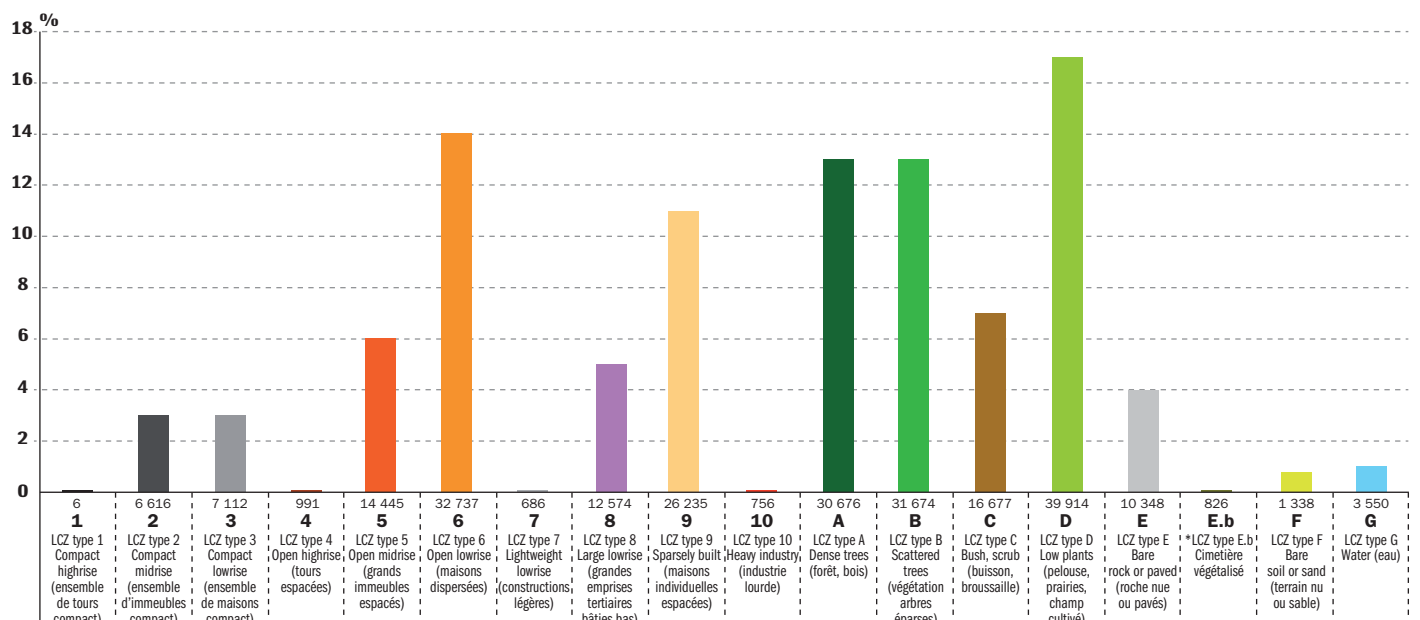
(2) CORDEAU Erwan, ESCOURROU Gisèle, « Climat et microclimat urbain, pollutions atmosphériques et nuisances météorologiques localisées », *Note rapide*, n° 6, laurif, 1995.

(3) Projet Épicéa : étude pluridisciplinaire des impacts du changement climatique à l'échelle de l'agglomération parisienne, menée conjointement par Météo France, le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et la mairie de Paris.

(4) Muscade : Modélisation urbaine et stratégies d'adaptation au changement climatique pour anticiper la demande et la production énergétiques. Projet de l'Agence nationale pour la recherche (ANR) 2009-2013, coordonné par le Groupe d'études de l'atmosphère météorologique (Game), associant le Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (Cired), le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), l'unité de recherche Littoral, environnement et sociétés (LIENSs), le Laboratoire de recherche architecturale (LRA), l'IAU îdF et l'Atelier parisien d'urbanisme (Apur).

(5) CORDEAU Erwan, « Caractériser les zones sujettes aux îlots de chaleur urbains », dans *Les Cahiers*, n° 170-171, IAU îdF, septembre 2014, pp. 80-81.

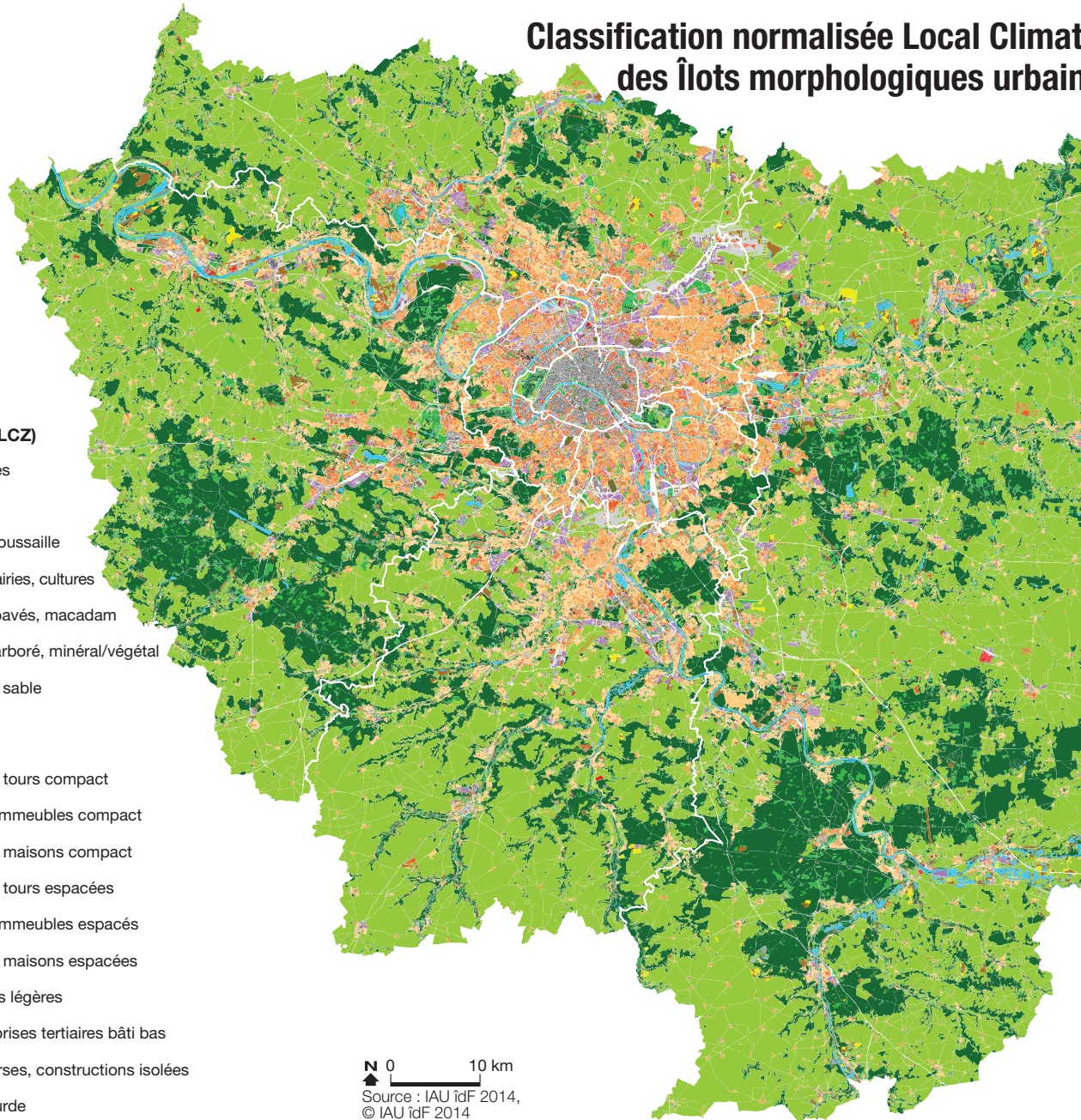
## La classification Local Climate Zones (LCZ) des îlots morphologiques urbains (IMU) en Île-de-France



# Classification normalisée Local Climat des Îlots morphologiques urbains

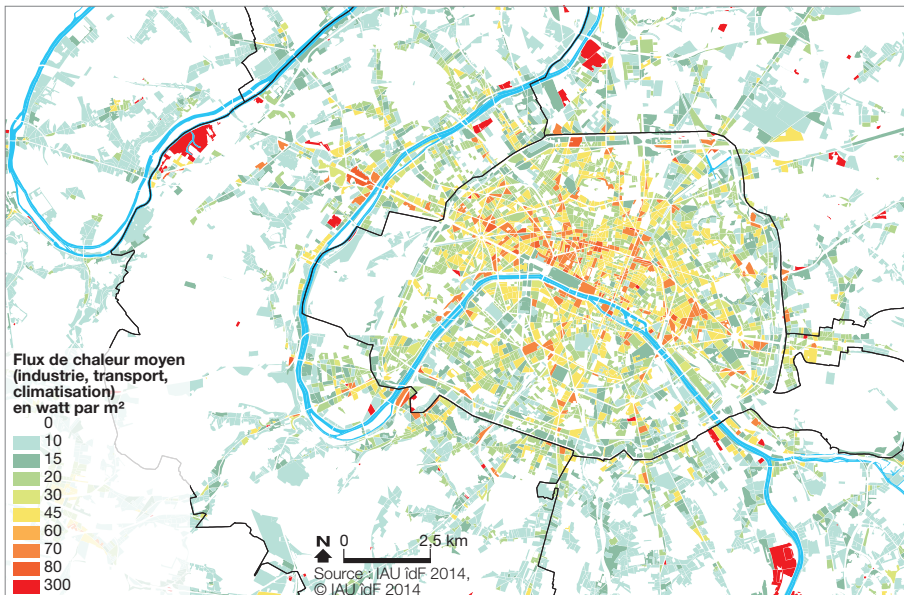
## Local Climate Zones (LCZ)

- A - Arbres denses
- B - Arbres épars
- C - Buissons, broussaille
- D - Pelouses, prairies, cultures
- E - Roche nue, pavés, macadam
- E.b - Cimetière arboré, minéral/végétal
- F - Terrain nu ou sable
- G - Eau
  
- 1 - Ensemble de tours compact
- 2 - Ensemble d'immeubles compact
- 3 - Ensemble de maisons compact
- 4 - Ensemble de tours espacées
- 5 - Ensemble d'immeubles espacés
- 6 - Ensemble de maisons espacées
- 7 - Constructions légères
- 8 - Grandes emprises tertiaires bâti bas
- 9 - Maisons éparses, constructions isolées
- 10 - Industrie lourde

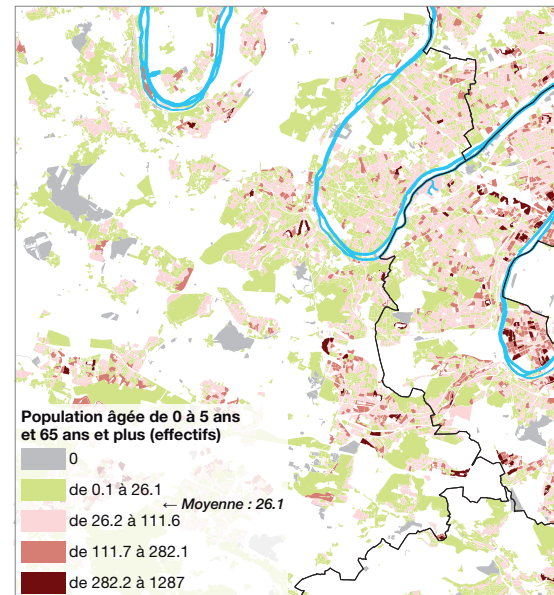


N 0 10 km  
 Source : IAU idF 2014,  
 © IAU idF 2014

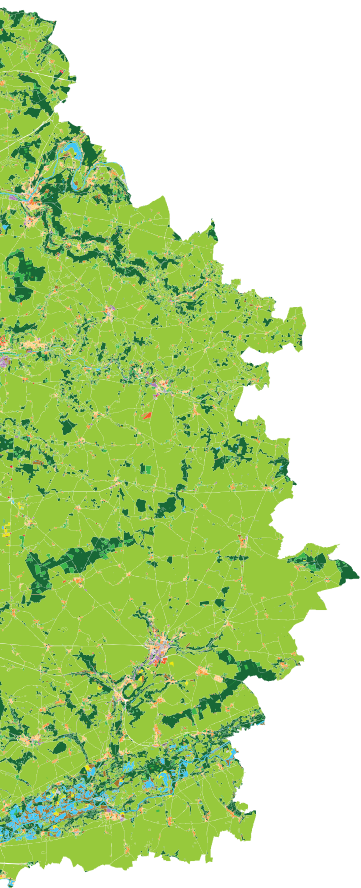
## Exemple de propriété LCZ: l'indicateur de flux de chaleur anthropogénique



## La sensibilité à l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU)




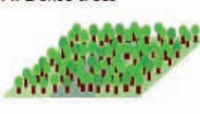







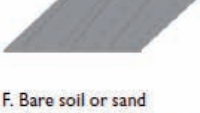
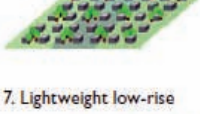

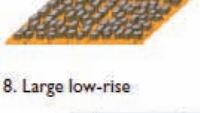



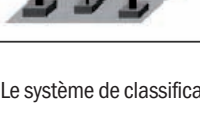
# Les Zones Climatiques Locales (LCZ) de l'Institut de Climatologie (IMU)



selon l'âge



## La classification Local Climate Zones (LCZ) de Iain D. Stewart et Timothy R. Oke

Built types	Definition	Land cover types	Definition
 <p>1. Compact high-rise</p>	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	 <p>A. Dense trees</p>	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
 <p>2. Compact midrise</p>	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	 <p>B. Scattered trees</p>	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
 <p>3. Compact low-rise</p>	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	 <p>C. Bush, scrub</p>	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
 <p>4. Open high-rise</p>	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	 <p>D. Low plants</p>	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
 <p>5. Open midrise</p>	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	 <p>E. Bare rock or paved</p>	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
 <p>6. Open low-rise</p>	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	 <p>F. Bare soil or sand</p>	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
 <p>7. Lightweight low-rise</p>	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	 <p>G. Water</p>	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
 <p>8. Large low-rise</p>	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	<b>VARIABLE LAND COVER PROPERTIES</b>	
 <p>9. Sparsely built</p>	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
 <p>10. Heavy industry</p>	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	<p>b. bare trees</p>	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
		<p>s. snow cover</p>	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		<p>d. dry ground</p>	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		<p>w. wet ground</p>	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Le système de classification LCZ des sites urbains et ruraux selon leur différenciation thermique a été établi par Iain D. Stewart et Timothy R. Oke (Department of Geography, University of British Columbia, Vancouver, Canada).

Les LCZ sont définies comme des entités spatiales uniformes par leur distribution des températures de l'air et de surface comprise entre 100 et 1000 m sur un plan horizontal.

Chaque LCZ exprime une géométrie caractéristique et une occupation du sol qui génère un climat spécifique – une température de surface unique – par temps calme et ciel dégagé.

Les zones sont différenciées par leurs propriétés de surface, qui influencent directement la température de référence (1,5 à 2 m au-dessus du sol), telle que la part de végétalisation, la hauteur et l'espacement du bâti et des arbres (rugosité/compacité), l'humidité du sol, et les flux de chaleur anthropogéniques. Selon ces différenciations, le continuum urbain-rural aboutit à une hiérarchie de 17 zones climatiques :

- 10 LCZ de type « bâti » (« building ») ;
- 7 LCZ de type « non bâti » (« land cover »).

quartiers, les îlots urbains présentent en effet des différences morphologiques qu'il est précieux de renseigner. Approfondir cette connaissance devient stratégique comme le soulignent les plans climat-énergie territoriaux récemment adoptés.

En appui à la mise en œuvre du PRC, l'IAU îdF a cherché à déterminer plus précisément les zones sujettes à l'effet d'ICU en Île-de-France pour identifier le niveau de vulnérabilité de ces zones aux vagues de chaleur. Parler de vulnérabilité, c'est chercher à faire le lien entre l'aléa climatique aggravé par l'effet d'ICU, la sensibilité des territoires qui y sont soumis et leur capacité à y faire face. Le défi méthodologique est posé : caractériser la vulnérabilité des zones à effet d'ICU pour guider l'action d'adaptation suppose de mobiliser nombre de données géographiques urbaines dans des registres variés.

### Les zones à effet d'îlot de chaleur urbain par l'approche LCZ

Sans données d'observations météorologiques ou climatologiques, le parti pris a été d'utiliser le nouveau système de classification des Local Climate Zones (LCZ) de Iain D. Stewart et Timothy R. Oke (cf. p. 4) pour caractériser les îlots urbains (typomorphologie, comportement thermique ou radiatif, potentiel de rafraîchissement) afin d'évaluer leur influence cli-

matique. Ce référentiel apporte une assise à la recherche pour les études des ICU et normalise les échanges au niveau mondial concernant les observations de températures urbaines<sup>(6)</sup>.

Un premier enjeu méthodologique aura été de s'accorder sur une entité de référence territoriale qui fait sens : l'îlot morphologique urbain (IMU) ou « pâte de maisons ». La réalité descriptive du terrain est ainsi privilégiée par rapport à l'approche par maille régulière, couramment utilisée pour la modélisation. Définir le contour et les caractéristiques principales de chaque IMU à partir des bases de données urbaines de référence a permis de constituer une nouvelle couche d'information numérique du système d'information géographique (SIG) de l'IAU îdF<sup>(7)</sup>.

Parmi la quarantaine d'indicateurs typomorphologiques calculés pour chaque IMU, certains sont retenus pour aider à définir le type LCZ correspondant parmi les 17 zones climatiques du référentiel : occupation du sol dominante, compacité et hauteur moyenne du bâti pour la rugosité urbaine, taux d'imperméabilisation, présence d'eau, indice de végétation, etc.

À partir de cette première étape de classification des îlots urbains en LCZ est opéré un calcul « théorique » de 10 propriétés déterminantes dans la genèse et l'intensité de l'effet d'ICU.

### Les causes de l'effet d'ICU par Timothy R. Oke (1982)

- Une plus grande absorption du rayonnement solaire à cause des multiples réflexions et piégeages des rayonnements par les surfaces verticales et les murs des immeubles dans la ville (multiplication des surfaces, albédo (cf. « Lexique », p. 6) plus faible des matériaux urbains).
- Une plus grande rétention des rayonnements infrarouges dans les rues canyons (immeubles hauts et compacts), la nuit, à cause d'une vue du ciel albédo (cf. « Lexique » p. 6) « au rayonnement froid » réduite.
- De plus grands emmagasins et retards dans la restitution de la chaleur par les immeubles et surfaces revêtues dans la ville (propriétés thermiques des matériaux, piégeage des rayonnements solaires et infrarouges, pertes par convection réduites au niveau de la canopée, où le flux d'air est retardé).
- Une plus grande fraction du rayonnement solaire absorbé à la surface est convertie en chaleur sensible (échauffement des surfaces) plutôt qu'en chaleur latente (changement d'état physique d'une matière sans changement de température). Cet effet est dû au remplacement des sols humides et des plantes par des surfaces revêtues et imperméables avec, pour conséquence, une baisse de l'évaporation en surface.
- Une plus grande émission de chaleur sensible et latente due à la combustion de pétrole des transports urbains, aux procédés industriels et au chauffage/refroidissement des espaces habités.

Les sept propriétés relatives aux caractéristiques géométriques et à la nature des surfaces, comme le facteur de vue du ciel (cf. « Lexique », p. 6), sont spécifiées directement ou indirectement à partir des attributs de l'IMU. Pour les propriétés radiatives et thermiques (albédo moyen et capacité de la surface à emmagasiner et dégager de la chaleur), les valeurs forfaitaires renseignées pour chaque type LCZ par Stewart et Oke sont utilisées.

Enfin, le flux de chaleur anthropogénique est la résultante d'un indicateur composite qui a considéré la présence d'activité industrielle, les émissions linéaires de CO<sub>2</sub> du trafic routier (Source : Airparif, 2010) et

la consommation énergétique du bâti tertiaire pour la climatisation, la cuisson et l'électricité spécifique (Visiau Énergie CENTER, 2005).

L'ensemble, typologie et propriétés LCZ, précise ainsi l'interaction potentielle des formes d'urbanisme et d'occupation des sols avec le climat, rendant compte, en particulier, des déterminants actuels propices ou non à la formation et au renforcement de l'effet d'ICU à l'échelle des îlots.

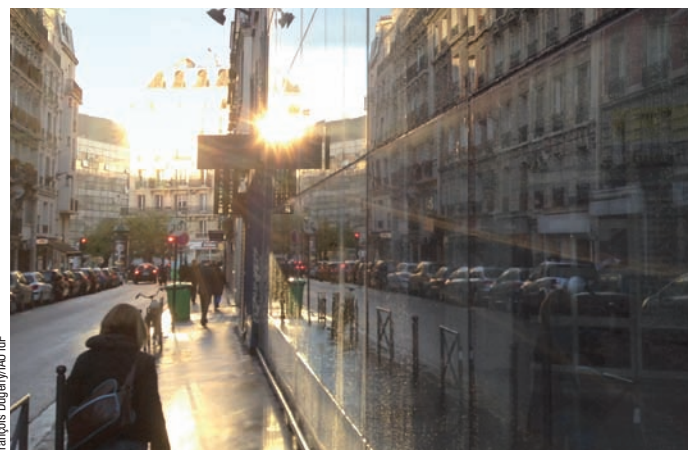
(6) STEWART Iain D., OKE Timothy R., « Local climate zones for urban temperatures studies », *Bulletin of the American Meteorology Society*, december 2012.

(7) CORDEAU Erwan, « Caractériser l'environnement urbain à l'échelle de l'îlot », *Les Cahiers*, n° 168, IAU îdF 2013, pp. 61-63.



Paul Lecroart/IAU îdF

La minéralité de la ville, ses surfaces verticales et son sol imperméabilisé, sont des éléments fondamentaux dans la formation de l'îlot de chaleur urbain (ICU).



François Dugeny/IAU îdF

La rue canyon est un exemple de « piégeage » des rayonnements infrarouges libérés la nuit par les surfaces, et d'obstacle à la circulation des masses d'air.

## De la classification LCZ à l'évaluation du risque sanitaire potentiel

Ce n'est qu'en s'intéressant à l'ensemble du diagnostic – zone à effet d'ICU, sensibilité, capacité à faire face – que des actions d'aménagement efficaces peuvent être proposées. *L'étude des impacts socio-économiques de l'adaptation au changement climatique* (Artelia & RCT pour le compte de la région Île-de-France et de l'Ademe, octobre 2012) et les *Indicateurs de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique. Recueil de littérature internationale* (Ademe, février 2013) apportent des enseignements sur les indicateurs de sensibilité et de résilience aux vagues de chaleur les plus pertinents à considérer.

Compte tenu du nombre d'enjeux associés au risque ICU (confort thermique et santé des populations, disponibilité de la ressource en eau, approvisionnement énergétique, fragilisation du bâti et des infrastructures, etc.), plusieurs registres de vulnérabilité seraient à étudier. Nous avons fait le choix de commencer par la vulnérabilité sanitaire.

Le défi méthodologique est là encore de pouvoir mobiliser les données à l'échelle de l'IMU pour opérer des croisements géographiques qui font sens. Pour les indicateurs de sensibilité, nous avons retenu la présence de jeunes enfants (0 à 5 ans), de personnes âgées (65 ans et plus, 75 ans et plus),

### Lexique

- **Albédo** : cette valeur physique représente la part de l'énergie réfléchie par une surface par rapport à l'énergie solaire reçue par cette même surface. Plus le rayonnement solaire est renvoyé vers l'espace (plus l'albédo tend vers 1), moins il sert à chauffer la planète.
- **Effet vue du ciel (Sky View Factor, SVF)** : le facteur de vue du ciel correspond à la portion de ciel observable à partir de la surface considérée. Il varie entre 0 et 1 (cas d'une surface plane sans obstacle).
- **Rugosité urbaine** : paramètre implicitement lié aux effets d'agglomération du bâti sur l'écoulement de l'air ; plus forte est la rugosité, plus le frottement de l'air sur le sol est important, ralentissant la masse d'air.

ainsi que la densité humaine (population résidente + emplois). Pour les indicateurs de capacité à faire face, l'accès à des équipements hospitaliers, à des espaces verts publics de proximité ou encore les ressources financières des habitants (proportion de ménages au-dessus du seuil de bas revenus) seront retenus.

Ce travail de caractérisation de la vulnérabilité achevé, la finalité de l'étude est de proposer un outil de cartographie interactive permettant l'interrogation géographique de chaque IMU : caractéristiques, types et niveaux de vulnérabilité aux effets ICU.

De premières solutions d'adaptation appropriées peuvent ainsi être proposées, comme des mesures physiques ou d'amélioration de l'organisation urbaine :

- augmentation de la couverture végétale, des surfaces d'ombrage, des surfaces en eau ;
- utilisation de matériaux à propriétés thermiques et optiques adaptées ;
- diminution des sources de chaleur anthropogéniques ;

- morphologie, configuration des différentes zones d'aménagement, trames vertes et bleues ;
- services de santé, de réseaux de froid, de gestion de l'eau, etc.

L'amélioration des connaissances de la vulnérabilité actuelle des zones sujettes à effet d'ICU, à cette échelle locale, en Île-de-France, et des principes d'adaptation pourrait aider la décision régionale (hiérarchisation) et locale, en particulier les diagnostics et la formulation d'actions pour les plans climat-énergie territoriaux (PCET).

Erwan Cordeau ■

## Pour en savoir plus

- CORDEAU Erwan, « Caractériser les zones sujettes aux îlots de chaleur urbains », dans *Les Cahiers*, n° 170-171, IAU îdF, septembre 2014, pp. 80-81.
- CORDEAU Erwan, « Caractériser l'environnement urbain à l'échelle de l'îlot », *Les Cahiers*, n° 168, IAU îdF, 2013, pp. 61-63.
- CORDEAU Erwan, VALETTE Emmauelle, *Les îlots de chaleur urbains. L'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines*, tome 1, *Répertoire de fiches connaissance*, tome 2, IAU îdF, novembre 2010.

*L'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines*, tome 1



*Répertoire de fiches connaissance*, tome 2



- CORDEAU Erwan, ESCOURROU Gisèle, « Climat et microclimat urbain, pollutions atmosphériques et nuisances météorologiques localisées », *Note rapide*, n° 6, laurif, 1995.
- Plan régional pour le climat (PRC) <http://bit.ly/1u1kTyrK>
- Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) <http://bit.ly/1fYtKOU>



Les espaces verts, grâce à l'évapotranspiration du sol naturel et des végétaux, consomment de l'énergie et rafraîchissent l'air.



Autrefois synonyme d'insalubrité, l'eau est « réhabilitée » : par son évaporation, elle permet également de lutter contre l'ICU.

**Directrice de la publication :**  
Valérie Mancret-Taylor

**Auteur :** Erwan Cordeau  
Sous la direction de Christian Thibault

**Rédactrice en chef :** Isabelle Barazza  
**Maquette :** Vay Olivier

**Cartographie :** Jean-Eudes Tilloy  
Sous la direction de Frédéric Theulé

**Diffusion par abonnement**  
80 € par an (= 40 numéros) - 3 € le numéro

**Service diffusion-vente**  
Tél. : 01 77 49 79 38  
15, rue Falguière 75015 Paris

ISSN 1967 - 2144  
ISSN ressource en ligne 2267-4071

[www.iau-idf.fr](http://www.iau-idf.fr)