

## DOSSIER :

# Vues sur la ville

## VILLES ET CLIMAT

### Sommaire

**EN VUE** 2  
**Villes et changements  
climatiques**

**DOSSIER** 3  
**Influence des villes sur le  
climat régional et local**

**BONNES  
PRATIQUES** 7

**PRE-VUES** 8

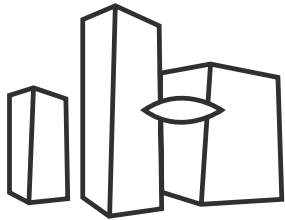
Avec la croissance de la population mondiale et urbaine, les agglomérations s'étendent et modifient de plus en plus l'occupation du sol. Or, les zones urbaines et industrialisées ont des propriétés bien différentes des zones rurales et naturelles, ce qui a des effets sur plusieurs paramètres du climat. En particulier, les surfaces construites en ville favorisent un réchauffement des températures par rapport aux zones rurales ou naturelles environnantes, créant ainsi des "îlots de chaleur urbains". Ils tendent à augmenter avec la taille des agglomérations. Les activités humaines rejettent également de la chaleur et des polluants par les chauffages, les industries et le trafic qui contribuent à renforcer ces îlots plus chauds dans les villes. Ces dernières émettent également des gaz à effet de serre comme le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) qui vont s'accumuler dans l'atmosphère durant plusieurs années et provoquer un réchauffement global du climat. Cependant, la majorité des scientifiques pensent aujourd'hui que les grandes villes influencent surtout le climat à l'échelle régionale et locale (pages 3-6).

D'après le 4<sup>ème</sup> rapport du Groupement Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) paru en février 2007, la température globale s'est élevée en moyenne de 0.7°C à la surface de la Terre durant le 20<sup>ème</sup> siècle consécutivement à l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les continents se sont davantage réchauffés que les océans. Les scientifiques estiment que la contribution de l'effet des îlots de chaleur urbain à ce réchauffement global n'atteint au maximum que 0.05°C. Bien que le climat dans les villes ne joue pas un rôle majeur dans l'évolution climatique de la Terre, il agit tout de même sur la plupart des gens vivant ou travaillant dans les agglomérations.

Les nombreuses études menées sur le climat dans les villes à travers le monde depuis les années 1960 ont notamment montré que les îlots de chaleur urbains peuvent influencer la ventilation régionale et piéger près du sol les polluants émis à l'intérieur des agglomérations. D'autre part, ces îlots de chaleur urbains augmentent aussi le risque de mortalité et l'inconfort des habitants en cas de grande chaleur. Or, le 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC prévoit que le réchauffement global du climat s'accélénera dans le futur et s'accompagnera de vagues de chaleur plus fréquentes. Face à cette nouvelle donne climatique, les études sur le climat urbain s'efforcent également de trouver des solutions pour atténuer les îlots de chaleur urbains là où ils engendrent un inconfort thermique croissant.

Parmi les diverses mesures proposées, une augmentation de la végétation en ville avec l'implantation de parcs verts ou de toitures végétalisées constitue un moyen efficace pour affaiblir ces îlots de chaleur et améliorer aussi la qualité de l'air (page 7). La végétalisation des villes s'inscrit dans la logique du développement durable et ne remet pas en cause le principe de densification urbaine recherché par la politique territoriale.

Le 27 octobre 2008 à Lyon, les maires de 135 villes européennes se sont engagés à mener des politiques plus respectueuses de l'environnement en signant la Déclaration d'Eurovilles sur le changement climatique. Elles visent notamment à limiter l'étalement urbain, à construire des bâtiments économes en énergie et à reverdir les villes. JMf



en vue

## Villes et changements climatiques

**Prof. Dr Martine Rebetez**, climatologue, Institut fédéral de recherches WSL de Lausanne et Institut de géographie de l'Université de Neuchâtel. Ses recherches portent sur les changements climatiques et sur leurs conséquences, particulièrement pour la Suisse et l'Europe.

Pour l'ensemble de la surface du globe, durant le XX<sup>e</sup> siècle, les températures ont augmenté en moyenne de 0,7°C. Les dix années les plus chaudes sont toutes survenues depuis 1991 et cinq des six années les plus chaudes ont été mesurées depuis 2001. Des mesures effectuées depuis plus de quarante ans montrent que l'atmosphère s'est réchauffée jusqu'à une altitude de 8'000 mètres. Le réchauffement touche aussi les océans : on l'a mesuré jusqu'à plus de trois kilomètres de profondeur.

En Suisse, au XX<sup>e</sup> siècle, les températures ont augmenté de 1.3 à 1.7°C en cent ans au nord des Alpes, de 1.0°C au Sud, et l'augmentation se poursuit en ce début de XXI<sup>e</sup> siècle. Pour la période 1975-2004, le réchauffement atteint 0.6°C par décennie.

On mesure logiquement de plus en plus de records de températures élevées. Durant la canicule de l'été 2003, en Europe, on a compté des milliers de morts en raison de la chaleur, presque exclusivement dans les grandes villes. La Suisse a aussi été concernée: un millier de morts excédentaires, principalement dans les villes de Bâle, Genève et Lausanne. Surtout des personnes de plus de 80 ans, mais aussi la classe d'âge des 40-60 ans touchés par des accidents cardio-vasculaires. Les villes sont doublement vulnérables face à la canicule, à la fois physiquement et socialement : les températures y sont plus élevées, jour et nuit, et on y trouve une part importante de la population à risque, âgée, isolée ou à faibles moyens financiers. L'architecture joue aussi un rôle important, la mauvaise isolation des bâtiments entraîne des températures très élevées en été, surtout aux derniers étages, alors que les bâtiments anciens, ou au contraire très récents ou bien rénovés, gardent la fraîcheur.

Dans les précipitations, la part des extrêmes a déjà changé de manière significative. En Suisse, au Nord et au Sud des Alpes, on observe une augmentation des événements de précipitations extrêmes. Cette tendance est appelée à se renforcer, entraînant un risque accru d'inondations.

Indépendamment de l'accroissement des précipitations extrêmes, l'augmentation des températures, et donc de l'altitude de la neige, est susceptible d'accroître la portée des événements de fortes précipitations: le décalage général de la limite de la neige augmente, à précipitations égales, la quantité d'eau susceptible de contribuer immédiatement à des crues dans les vallées.

Le lien entre les fortes précipitations et les inondations n'est toutefois pas forcément direct car il dépend pour

une grande part des aménagements humains, de la végétation, de l'état du lit des cours d'eau et des pentes.

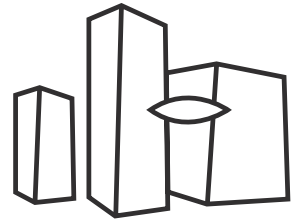
Depuis la crue du bassin de la Reuss le 24 août 1987, la gestion des bassins des rivières a fondamentalement changé en Suisse. La nouvelle loi de 1991 sur l'aménagement des cours d'eau se fonde sur la détermination de zones inondables : on veille à ce que les inondations touchent le moins possible les zones habitées et atteignent en priorité les zones naturelles puis les zones agricoles. Actuellement les villes restent vulnérables, particulièrement certains quartiers connus comme celui de la Matte à Berne, mais aussi des quartiers encore jamais touchés, proches de cours d'eau qui pourraient se transformer en laves torrentielles, comme ce fut le cas à Brigue en 1993. Les aménagements des torrents en amont des cités sont déterminants, mais en ville aussi, des réaménagements sont nécessaires pour rendre de l'espace aux rivières et éviter des obstacles comme certains ponts ou autres rétrécissements.

Les villes peuvent à première vue sembler les grandes responsables des émissions de gaz à effet de serre. Mais paradoxalement, elles les réduisent plus qu'elles ne les accroissent : concentrations d'habitants, de biens et de services, elles évitent de nombreux déplacements et la surface occupée et chauffée (ou rafraîchie) par personne est d'autant plus réduite que les prix sont élevés et la disponibilité rare.

Face aux changements climatiques, l'aménagement des villes est déterminant, pour éviter les émissions de gaz à effet de serre et pour parer aux conséquences de ces changements pour les sociétés. L'aménagement du territoire et des bâtiments sont des éléments clés dans la lutte contre les changements climatiques. Or cette lutte va devenir une question majeure de société au 21<sup>e</sup> siècle. *Mr*

### Pour en savoir plus :

Martine Rebetez, 2006 (3<sup>e</sup> édition revue et mise à jour) : La Suisse se réchauffe; effet de serre et changement climatique. PPUR, 144 pages format poche  
[http://www.wsl.ch/personal\\_homepages/rebetez](http://www.wsl.ch/personal_homepages/rebetez)



## Influence des villes sur le climat régional et local

En modifiant l'occupation du sol et en rejetant des polluants dans l'atmosphère, les villes influencent plusieurs paramètres du climat, en particulier la température et la ventilation, ce qui a des répercussions sur la qualité de l'air.

### FORMATION DES ÎLOTS DE CHALEUR URBAIN

Les villes engendrent un réchauffement des températures et la formation d'îlots de chaleur urbain par rapport à la campagne environnante qui reste plus fraîche. Les causes de ces îlots de chaleur urbains sont multiples (Escourrou, 1991).

Les villes rejettent de la chaleur et des polluants dans l'atmosphère par l'intermédiaire des chauffages, du trafic et des industries. Ces rejets augmentent avec la taille de l'agglomération et le nombre d'industries ; ils sont aussi plus importants en saison froide dans les moyennes et hautes latitudes.

D'autre part, les surfaces bâties en ville (asphalte, béton, tuiles...) ont des propriétés thermiques et hygrométriques différentes que les zones rurales ou naturelles (prés, champs, forêts). Tout d'abord, l'albédo (= quantité d'énergie solaire réfléchi en direction de l'espace) est en moyenne un peu plus faible en ville qu'en campagne, sauf pour les bâtiments clairs. Par conséquent, une plus grande quantité d'énergie solaire va réchauffer la surface du sol, puis l'air ambiant en ville.

Les bâtiments stockent également davantage de chaleur que les zones vertes : ils captent et emmagasinent 25 à 50% de la chaleur transmise par le soleil durant le jour, contre seulement 5% en campagne, puis ils la restituent progressivement durant la nuit. Il en résulte un refroidissement nocturne plus lent en ville qu'en campagne.

Enfin, les surfaces du sol sont imperméables en ville et elles s'assèchent rapidement après un épisode pluvieux, car l'eau est évacuée en direction des cours d'eau par les égouts et les canalisations. L'évaporation est ainsi plus faible en ville qu'en campagne où l'humidité des sols est plus grande grâce à l'infiltration d'une bonne partie des eaux de pluie. De plus, une végétation verdoyante en campagne évapore aussi beaucoup d'eau par transpiration végétale. Or, l'évapotranspiration qui englobe l'évaporation et la transpiration végétale nécessite beaucoup d'énergie. Cette énergie est puisée dans celle transmise par le soleil et elle n'est pas utilisée pour réchauffer l'air près du sol. Le

réchauffement de l'air est ainsi plus important en ville qu'en campagne, notamment en saison chaude avec un temps bien ensoleillé favorable à une forte évapotranspiration en campagne. Ces différences dans l'évapotranspiration représentent une des causes majeures de la formation d'un îlot de chaleur au-dessus des villes en été. En hiver, les rejets de chaleur par l'homme sont la principale cause des températures plus élevées en ville.

### CARACTÉRISTIQUES DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

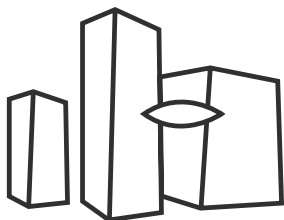
On mesure généralement les températures moyennes les plus chaudes au centre ville, car elles augmentent avec la densité du bâti. Mais les types de surface influencent aussi les températures. Ainsi, les surfaces bétonnées, goudronnées ou métalliques dans les zones industrielles ou les gares se réchauffent fortement au soleil en été et favorisent des températures de l'air plus élevées que dans les centres-villes denses avec des rues étroites et plongées dans l'ombre durant une partie de la journée. À l'opposé, la présence de plans d'eau ou de parcs avec une végétation abondante provoque des espaces de fraîcheur à l'intérieur du centre-ville durant les journées chaudes et ensoleillées, car ils atténuent le réchauffement de l'air durant le jour à cause d'une plus grande évapotranspiration.

La topographie influence aussi les températures dans les villes situées en terrain accidenté. Par exemple, de l'air froid peut redescendre les pentes durant la nuit et s'accumuler ensuite en certains endroits de la ville. Durant le jour, les pentes bien exposées au soleil vont fortement se réchauffer par ciel clair et générer des espaces plus chauds. Ainsi, la structure d'un îlot de chaleur urbain varie d'une ville à l'autre en fonction de l'occupation du sol et de la topographie.

L'ampleur de l'îlot de chaleur urbain, à savoir les écarts de température entre le centre ville et la campagne environnante, augmente en moyenne avec la taille des agglomérations (Escourrou, 1991). Ces écarts restent toutefois plus faibles dans les villes des pays en voie de développement, car la densité du bâti et la végétation en campagne influencent aussi l'ampleur d'un îlot de chaleur urbain. Ces villes se caractérisent par un bâti plus lâche que celles des pays industrialisés. Les rejets de chaleur par l'homme (chauffages) sont également plus importants dans les villes des pays industrialisés situées dans les moyennes ou hautes latitudes. La végétation de la

### Références :

- 1 Alcoforado M.J., 2005 : Réflexions sur l'application de la climatologie urbaine à l'aménagement. Actes du 18ème colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Gênes, 7-11.09.2005, p. 13-16.
- 2 Alcoforado M.J., 1996 : Comparaison des ambiances bioclimatiques estivales d'espaces verts à Lisbonne. Publications de l'Association Internationale de Climatologie, Volume 9, p. 273-280.
- 3 Boucheriba F., Bourbia Pr. F., 2007 : Impact de la géométrie des canyons urbains sur le confort thermique extérieur dans un climat semi-aride : cas du Coudiat de Constantine (Algérie). Actes du 20ème de l'Association Internationale de Climatologie, Carthage(Tunis), 3-8.09.2007, p.122-127.
- 4 Escourrou G., 1991 : Le climat et la ville. Nathan Université – Géographie d'aujourd'hui, Ed. J.-R. Pitte, Luçon, 190 p.



## dossier

### Référence :

- 5 Fezer Fritz, 1995 : Das Klima der Städte. Justus Perthes Vorlag, 199 p.
- 6 Oke T.R., 1987 : Boundary Layer Climates. Methuen London & New York, 435 p.
- 7 Rosenzweig, C., W. Solecki, L. Parshall, S. Gaffin, B. Lynn, R. Goldberg, J. Cox, and S. Hodges 2006. Mitigating New York City's heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces. Presentation at 86th American Meteorological Society Annual Meeting, Jan. 31, 2006, Atlanta, Georgia.
- 8 Wanner H., Hertig J.-A., 1984 : Urban climatological properties of small cities in complex terrain. Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol. 23, n°12, p. 1614-1625.

campagne est moins verdoyante autour des villes des régions méditerranéennes et tropicales sèches que dans les autres régions du globe. Or, une végétation abondante et verdoyante évapotranspire davantage et se réchauffe moins fortement le jour au soleil qu'une végétation clairsemée ou desséchée. Pour toutes ces raisons, les îlots de chaleur urbains atteignent une ampleur plus grande dans les zones tempérées des latitudes moyennes que dans les zones méditerranéennes ou tropicales pour des villes de même dimension.

Pour toutes les villes, l'îlot de chaleur urbain varie beaucoup en fonction de la saison et des situations météorologiques. Dans les grandes agglomérations des latitudes moyennes, il atteint son ampleur maximale par situation anticyclonique avec des vents faibles et un temps ensoleillé qui permet l'accumulation de l'air chaud et des polluants rejetés par l'homme. Une forte nébulosité atténue l'intensité du rayonnement solaire au sol et entrave de ce fait le développement d'un îlot de chaleur urbain. Il en va de même pour un vent modéré à fort, même par ciel clair, car il transporte l'air plus chaud de la ville vers l'extérieur (Fezer, 1995).

Dans les grandes agglomérations des latitudes moyennes, l'îlot de chaleur urbain est généralement le plus prononcé par situation anticyclonique en hiver avec des températures très basses et un air très stable. Dans ce cas, les rejets de chaleur et de polluants par les chauffages et les industries s'accumulent et réchauffent l'air environnant en ville. Les différences de températures entre le centre ville et la campagne proche peuvent alors dépasser 10°C dans les grandes villes d'Amérique du Nord. Les situations anticycloniques en été avec un fort rayonnement solaire favorisent des îlots de chaleur presque aussi importants pour ces grandes agglomérations.

Pour les moyennes et petites agglomérations des latitudes moyennes comme celles de Suisse, on observe les îlots de chaleur les plus importants par situation anticyclonique en saison chaude, car les rejets de chaleur et de polluants d'origine anthropique sont trop faibles en hiver pour provoquer un réchauffement important de l'air à l'intérieur de ces villes. Les îlots de chaleur urbains peuvent ainsi atteindre une ampleur de 7°C en été dans les grandes agglomérations de Suisse comme Zurich et de 5°C dans les villes moyennes comme Bienne ou Fribourg. Par contre, il dépasse rarement 1°C en hiver dans ces villes moyennes en Suisse (Wanner & Hertig, 1984).

L'ampleur de l'îlot de chaleur urbain varie aussi fortement durant la journée par situation anticyclonique en été : il est le plus prononcé durant le soir et la nuit dans les grandes agglomérations lorsque les bâtiments relâchent dans l'air la chaleur transmise par le soleil durant le jour. Ce faisant, ils accentuent l'inconfort thermique des habitants durant les nuits tropicales avec des températures supérieures à 20°C. Ces rejets de chaleur par les bâtiments sont plus modestes pour les petites agglomérations, si bien que l'îlot de chaleur est plus marqué durant l'après-midi, lorsque le réchauffement des surfaces urbaines par le soleil et l'évapotranspiration en campagne sont maximaux.

Dans les grandes villes des régions tropicales, l'ampleur des îlots de chaleur urbains dépend fortement de l'ensoleillement. Ils sont plus importants durant la saison sèche en hiver et au printemps lorsque le soleil brille et favorise un fort réchauffement des sols le jour. Les écarts de températures entre le centre ville et la campagne peuvent alors grimper jusqu'à 8°C. Durant la saison des pluies en été et en automne, ces îlots de chaleur restent souvent peu marqués à cause de la forte nébulosité et ils dépassent alors rarement 2°C (Escourrou, 1991).

### INFLUENCE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN SUR LA VENTILATION RÉGIONALE

Les îlots de chaleur urbains vont influencer la ventilation et la dispersion des polluants de plusieurs manières. Tout d'abord, ils favorisent le développement d'ascendances d'air et la formation d'un dôme chaud au-dessus des villes. Il peut revêtir plusieurs formes selon l'ampleur et la dimension de l'îlot de chaleur urbain, la vitesse du vent général et la stabilité de l'air. Par vent très faible et un air relativement stable, l'air plus chaud en ville génère un appel d'air et une convergence des courants près du sol depuis la campagne environnante en direction du centre ville (= brise de campagne). Un courant de retour s'établit en altitude de la ville à la campagne et il en résulte une circulation d'air fermée (cf. fig. 1 en bas).

Selon la taille de la ville, 2 ou plusieurs cellules de convection peuvent se former à l'intérieur du dôme chaud, ce qui aboutit à des schémas de circulation d'air plus ou moins complexes. Ces situations avec des cellules de convection sont naturellement les plus critiques au niveau des polluants émis par la ville, car ils restent piégés à l'intérieur du dôme chaud. Elles se limitent habituellement aux grandes villes situées en terrain plat ou dans des cuvettes abritées. On les rencontre surtout par situation anticyclonique en hiver avec un air très stable et pour les grandes agglomérations des latitudes moyennes susceptibles de générer un îlot de chaleur suffisamment important à ce moment de l'année (Oke, 1987).

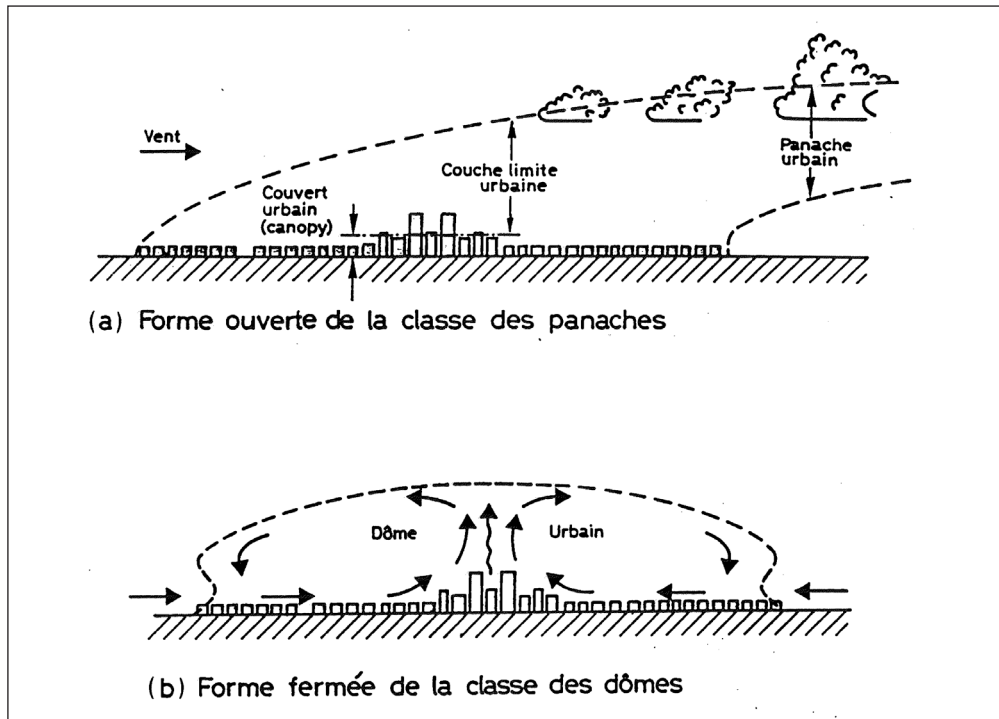
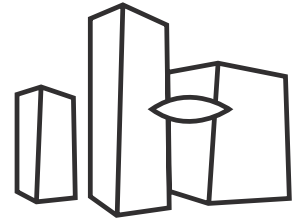


Figure n° 1 : Influence de l'îlot de chaleur urbain sur la ventilation régionale pour un air assez instable (en haut) et stable (en bas) (Oke, 1987).

Si le vent général se renforce ou l'instabilité de l'air s'accroît, les cellules de convection fermées se cassent et le dôme chaud prend l'allure d'un panache dans lequel les polluants émis par les villes sont transportés. On observe alors une « plume de pollution » sous le vent de la ville et une qualité de l'air moins critique près du sol que dans le cas précédent, car les polluants sont emportés hors de la ville. Un tel panache se forme aussi par situation anticyclonique lorsque d'autres courants thermiques plus puissants comme les brises de vallée, de mer ou du lac se superposent aux brises de campagne dans les villes : on rencontre notamment ce genre de situation pour la plupart des villes suisses le jour en saison chaude (Wanner et Hertig, 1984).

#### AUTRES INFLUENCES DES VILLES SUR LE CLIMAT RÉGIONAL ET LOCAL

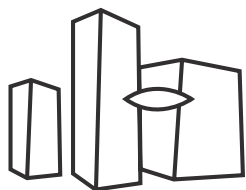
Les villes exercent également une influence dynamique sur les vents. La rugosité du sol et le frottement affaiblissent la vitesse générale des vents dans les basses couches de l'atmosphère jusqu'à une certaine altitude. Cet affaiblissement est plus prononcé au-dessus d'un sol avec une forte rugosité. Or, celle-ci est plus grande

en ville qu'en campagne à cause des bâtiments. Ces effets augmentent avec la taille de la ville, ainsi qu'avec la densité et la hauteur du bâti : ils peuvent être ressentis jusqu'à au moins 500 m au-dessus du sol dans les grandes villes. Il en résulte une ventilation et une dispersion des polluants moins bonne en ville qu'en campagne. D'autre part, les rues canalisent les courants qui peuvent s'accélérer s'ils soufflent parallèlement à ces dernières ou si elles se rétrécissent. Ils s'affaiblissent au contraire si les rues et les bâtiments sont orientés perpendiculairement aux courants dominants.

Mis à part les gaz à effet de serre qui agissent à l'échelle planétaire, les villes rejettent encore des polluants qui influencent d'autres paramètres du climat à l'échelle locale et régionale. Ainsi, les particules émises dans l'atmosphère favorisent une légère augmentation de la nébulosité et des précipitations en ville, car elles constituent des noyaux de condensation pour la vapeur d'eau. La fréquence du brouillard et du smog hivernal a ainsi diminué durant le 20<sup>ème</sup> siècle dans les grandes villes d'Europe et d'Amérique du Nord consécutivement à une réduction des émissions des particules et des polluants primaires. Par contre, ces émissions ont augmenté dans

Dr Jean-Michel Fallot, Maître d'Enseignement et de Recherche (MER) à l'IGUL et collaborateur dans le bureau Hertig et Lador SA ([www.hetl.ch](http://www.hetl.ch)).

Ses recherches portent sur la topoclimatologie, les événements climatiques extrêmes (précipitations, vents) et la pollution de l'air.



## dossier

d'autres villes du monde en pleine croissance comme Pékin en provoquant une détérioration de la qualité de l'air et une fréquence accrue du brouillard et du smog.

### INCIDENCES POUR L'AMÉNAGEMENT URBAIN

D'une manière générale, les îlots de chaleur urbains constituent un élément négatif pour le confort des habitants en climat chaud et un élément positif en climat froid. Dans les latitudes moyennes, les îlots de chaleur urbains sont plutôt défavorables en été et favorables en hiver. La politique territoriale privilégie actuellement une densification du bâti en ville, afin de lutter contre l'étalement urbain en campagne. Une telle politique peut s'avérer défavorable au niveau climatique et de la qualité de l'air, car une densification du bâti favorise des îlots de chaleur urbains plus prononcés et une moins bonne ventilation et dispersion des polluants atmosphériques près du sol. Certes, une ville compacte réduirait les déplacements et les émissions de polluants, mais une telle baisse ne suffirait pas à compenser les effets d'une ventilation moins bonne au niveau de la qualité de l'air. La croissance des villes et le réchauffement du climat risqueront encore d'accroître les îlots de chaleur urbains dans le futur, notamment à cause de rejets de chaleur et de polluants par l'homme plus importants. Des vagues de chaleur comme celles de l'été 2003 en Europe occidentale ou de l'été 2007 dans les Balkans pourraient se reproduire plus souvent, accentuant ainsi les impacts négatifs du climat urbain en été dans les latitudes moyennes. Ces canicules se traduisent notamment par une faible humidité ou une chaleur nocturne importante entraînant une surmortalité et de manière plus générale un grand inconfort pour les habitants.

Plusieurs mesures d'aménagement à l'échelle locale et micro-locale peuvent être proposées pour lutter contre une chaleur excessive en ville (Alcoforado, 2005). Ainsi l'implantation de plans d'eau ou de parcs avec une végétation verdoyante crée des espaces de détente et de fraîcheur qui atténuent les îlots de chaleur urbains au centre-ville et qui favorisent le développement de courants thermiques locaux entre ces espaces plus frais et les zones plus chaudes de la ville. Ces courants apportent une certaine fraîcheur et ils assurent une meilleure ventilation et dispersion des polluants atmosphériques près du sol. Le rôle de la végétation est de plus en plus étudié, car elle constitue un mécanisme efficace pour diminuer la température du sol dans les villes (Alcoforado, 1996 ; Rosenzweig et al., 2006). La création de couloirs de ventilation (grande avenue) devrait aussi permettre

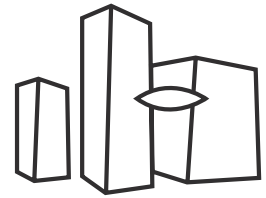
l'écoulement des brises de campagne ou d'autres courants thermiques (brises de mer,...) observés par situation anticyclonique peu ventilée jusqu'en ville, de manière à renouveler l'air urbain chaud et pollué par de l'air plus frais. Ainsi Tokyo envisage de créer un système de refroidissement souterrain gigantesque et de faire circuler les brises marines à travers la ville pour atténuer la chaleur humide et étouffante en été. Il convient toutefois d'éviter que ces couloirs de ventilation ne favorisent une accélération des autres vents plus forts et une sensation de froid plus grande en hiver.

D'autres mesures à l'échelle micro-locale permettent aussi de réduire les températures de l'air comme la création de toitures végétalisées (toits verts) sur les immeubles, la plantation d'arbres le long des rues ou une augmentation des surfaces claires (toits, trottoirs) conduisant à une hausse de l'albédo. La couleur blanche des bâtiments de plusieurs villes méditerranéennes découle de cette raison. Au niveau architectural, une meilleure isolation permet également de garder une certaine fraîcheur dans les bâtiments. De telles mesures sont plus faciles à réaliser que l'aménagement de parcs verdoyants dans les villes où la place manque.

Dans les climats chauds, on cherche également à orienter les rues et les bâtiments de manière optimale pour créer des zones d'ombre et des courants thermiques, afin de réduire les excès de chaleur et l'inconfort des habitants. A cet égard, un bâti dense avec des rues étroites (médiévas) s'avère le plus avantageux pour le confort thermique des gens en été dans ces villes, à condition de choisir une bonne orientation pour assurer la meilleure ventilation possible et évacuer la chaleur piégée dans les rues (Boucheriba et Bourbia, 2007).

Dans les climats froids des hautes latitudes, on cherchera au contraire à maximiser les îlots de chaleur urbains, notamment en hiver, en favorisant une densification du bâti et en orientant les rues de manière à affaiblir les vents. Au niveau micro-local, il convient de bien isoler les bâtiments, de les peindre en foncé pour réduire l'albédo et de placer les fenêtres sur les façades abritées du vent (Alcoforado, 2005).

Les diverses mesures prises pour réduire les émissions des polluants atmosphériques par le chauffage, le trafic et les industries dans les agglomérations ont également un effet bénéfique sur le climat urbain et global, notamment pour les polluants ayant un impact climatique (gaz à effet de serre, particules). Les politiques visant à économiser l'énergie et à développer les énergies renouvelables aux dépens des combustibles fossiles ont également des effets positifs sur le climat. *JMf*



## VEGETALISER LES VILLES POUR LES RAFRAÎCHIR

Plusieurs études montrent qu'une augmentation de la végétation en ville constitue un moyen efficace pour atténuer les îlots de chaleur urbain. Les écarts entre les parcs verdoyants à l'intérieur des villes et les environs peuvent atteindre entre 1 et 7°C, les endroits les plus rafraîchissants étant les grands parcs arborés avec une rivière ou un plan d'eau. Des analyses de températures de surface effectuées à partir d'images satellitaires à Munich ont révélé qu'une augmentation de 10% de la surface végétalisée se traduit par une baisse des températures de l'air de 1°C dans un rayon de 100m. Une étude de modélisation des flux d'énergie au-dessus d'un quartier témoin aboutit à des résultats semblables. Ainsi, l'aménagement d'un parc arboré de 100 m<sup>2</sup> au centre-ville bordé de bâtiments de 15 m de haut permet de rafraîchir l'air de 1°C dans les rues encaissées environnantes jusqu'à environ 100 mètres. L'effet thermique du parc s'atténue ensuite au-delà de cette distance. Un tel effet n'est pas négligeable au niveau de la santé, puisqu'une hausse des températures maximales de 1°C durant la canicule d'août 2003 aurait aggravé le risque de mortalité de 80% en France selon l'Institut national de veille sanitaire (INVS) de ce pays (Boutefeu, 2007).

D'après une étude menée à Berlin (Scherer, 2007), il est préférable de construire davantage de petits espaces verts de moins d'un hectare à la place d'immenses parcs urbains, car la fraîcheur des zones vertes ne se propage pas au-delà d'un rayon de 300 mètres en ville. Il convient également de concevoir des parcs avec une végétation variée comprenant des prés, des arbustes et des arbres, afin que l'air frais puisse y circuler durant la nuit et se propager ensuite dans les maisons environnantes. Il s'agit également d'assurer un approvisionnement en eau suffisant à ces espaces verts pour faire face aux périodes de sécheresse en été qui devraient s'accroître dans le futur dans de nombreuses régions consécutivement au réchauffement global du climat.

A une échelle micro-locale, la construction de toitures végétalisées ou de toits verts constitue un autre moyen d'atténuer les îlots de chaleur urbains. Cette technique consiste à ajouter un substrat et une couverture végétale sur une toiture. Elle est assez répandue dans la plupart des pays du Nord de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Ces toitures végétales retiennent une bonne partie des précipitations, jusqu'à 50% à l'échelle annuelle. Ce faisant, elles recréent des zones d'évapotranspiration et d'humidification de l'air qui rafraîchissent quelque peu l'atmosphère dans les villes. Selon une étude menée à Singapour (Wong et al., 2003), la transmission de chaleur par une toiture végétalisée diminuerait d'environ 10% par rapport à un toit classique, ce qui permet d'abaisser le fonctionnement des climatisations, grandes consommatrices d'énergie. Dans plusieurs villes, cette

énergie est fournie par des centrales thermiques au charbon qui rejettent beaucoup de gaz à effet de serre. Les toits verts limitent également les pertes de chaleur qui peuvent atteindre 30% pour les toitures classiques. Ils sont aussi avantageux au niveau de la durabilité : selon une étude de l'U.S. Environmental Protection Agency en 2000, les toits verts peuvent avoir une durée de vie jusqu'à 20 ans plus longue que les toitures conventionnelles, car ils sont protégés des effets négatifs des rayons solaires ultraviolets et ils atténuent les variations de température.

Les toitures végétalisées permettent également une meilleure gestion des eaux en retenant une partie des précipitations. Elles réduisent le ruissellement des eaux pluviales dans les zones urbaines imperméables et le risque d'inondations en cas de fortes précipitations. Or, la fréquence de ces dernières tend à augmenter dans de nombreuses régions sur Terre consécutivement au réchauffement global du climat. Une étude menée par le Centre Scientifique et Technique de la Construction en Belgique entre 2002 et 2004 a montré que les toitures végétalisées permettent de réduire le débit des eaux pluviales de ruissellement de 30 à 50% et de retarder de 5 à 10 minutes leur débit maximal pour les averses intenses par rapport aux toits habituels. Ce retard dépend toutefois de la dimension (épaisseur), de la composition et de la pente des toitures végétales, en particulier des couches de drainage.

Les toitures végétalisées améliorent aussi l'insonorisation et favorisent une certaine biodiversité en ville avec la colonisation spontanée d'insectes et de plantes. Il convient toutefois d'implanter sur ces toits des espèces végétales indigènes et poussant à différentes saisons en supportant le cas échéant une sécheresse en été, afin que le toit reste bien vert durant toute l'année. Ces toitures végétalisées ont un avenir prometteur, car elles présentent des avantages au niveau microclimatique, hydrologique et de la durabilité. La végétalisation des villes contribue aussi à améliorer l'environnement et la qualité de vie des citoyens. *JMf*

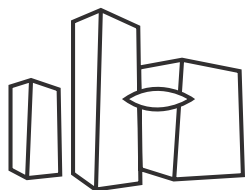
## Références :

Boutefeu E., 2007 : Les villes vont devoir se préparer au changement climatique : une végétalisation abondante des tissus urbains permettra de réduire les effets dramatiques des vagues de chaleur sur la santé humaine. Revue Techni-Cités n°128, 8 mai 2007.

Liébard A., De Herde A., Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique – Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Editions Le Moniteur, 368 p.

Scherer D. 2007 : Améliorer le climat urbain grâce aux petits espaces verts. Communiqué de presse de l'Université Technique de Berlin, 28.08.2007.

Wong N.H., Chen Y., Ong C.L., Sia A., 2003 : Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. Building and Environment, 38, 2, p. 261-270.



## pré-vues

### Colloque

# Développement territorial : jeux d'échelles et enjeux méthodologiques 12- 13 Février 2009

**Les transformations technologiques, le commerce, les mouvements des capitaux, les flux migratoires, les institutions formelles et informelles, etc. affectent l'économie des territoires, et, partant, leurs capacités de se maintenir et de se développer, que ce soit pour eux-mêmes (capacité de reproduction/adaptation) ou par rapport à d'autres (performance comparée). Le colloque permettra de présenter les méthodes d'analyse et de prospective les plus à même de rendre compte des forces et des faiblesses économiques des territoires, mais aussi des opportunités et des menaces auxquelles ils seront confrontés.**

On s'accorde généralement sur le fait que le développement territorial tient désormais à la capacité des groupes humains de s'organiser et d'élaborer des processus originaux d'émergence des ressources. C'est pourquoi l'analyse des processus de révélation et de valorisation des ressources nouvelles issues de la spécificité des espaces et des groupes humains qui y sont ancrés, dans un contexte d'économie globalisée, constitue l'un des plus gros chantiers de l'analyse territoriale.

Une série de questions sous-tendra les réflexions:

- Quelle est l'importance du franchissement des frontières disciplinaires dans l'analyse de l'hétérogénéité socio-économique des territoires et dans celle de leurs évolutions probables ?
- A l'heure de la globalisation et de la métropolisation, quelle place attribuer à l'analyse régionale ?
- Quels sont les niveaux géographiques de réflexion territoriale les plus pertinents à l'heure du couplage métropolisation-technopolisation ?
- Comment rendre compte de façon géographiquement et historiquement située des divers régimes de création et d'accumulation des ressources matérielles et immatérielles dans un contexte mouvant ?
- Dans quelle mesure peut-on se prononcer sur la capacité de ces régimes à générer une croissance économique régionale durable ?

Le colloque est ouvert tant aux chercheurs qu'aux professionnels. Il aura lieu sur le campus de l'Université de Lausanne.

Coût de l'inscription/pp : 150 CHF ou 100 € - Les frais d'inscription comprennent les repas (2 x midi et 1 x soir), le matériel de colloque et la publication.

Coordonnée bancaire : Compte n° 0974.09.14 auprès de :

Banque cantonale vaudoise / N° Clearing 767

SWIFT : BCVLCH2L

IBAN : ch05 0076 7000 A097 4091 4

Compte-chèques postal (CCP) : 10 – 725 – 4

Mentionner l'identification comptable du colloque dans votre paiement: 26086404

**Organisation et renseignements** : christophe.mager@unil.ch

**UNIL** | Université de Lausanne  
Institut de géographie

Editeur : IRIS-Ecologie



Toute correspondance est à adresser à l'**Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable**, Institut de Géographie, Université de Lausanne, Dorigny-Anthropole, CH-1015 Lausanne

Téléphone : ++41 21/692 30 70

Fax : ++41 21/692 30 75

Courriel : marcia.curchod@unil.ch

Tirage: 1'350 ex.

Ont collaboré à la rédaction de ce numéro : Jean-Michel Fallot (Jmf), Martine Rebetez (Mr), Yves Bonard (Yb), Jean-Philippe Dind (JPd), Sandra Guinand (Sg), Marianne Thomann (Mt).

Impression : Institut de Géographie, Université de Lausanne