

DIAGNOSTIC DE LA SURCHAUFFE URBAINE

Septembre 2020

CARTOGRAPHIE DES « ZONES CLIMATIQUES LOCALES » de Châlons-en-Champagne.

SOMMAIRE

- 1 - QU'EST CE QU'UN ÎLOT DE CHALEUR URBAIN (ICU) ?
- 2 - LES PRINCIPALES CAUSES
- 3 - LES PRINCIPAUX IMPACTS
- 4 - SUR QUELS FACTEURS AGIR POUR RÉDUIRE LE PHÉNOMÈNE D'ICU ?
- 5 - COMMENT LES COLLECTIVITÉS FONT FACE AUX ICU ?
- 6 - CARTOGRAPHIE DE LA SURCHAUFFE URBAINE
- 7 - COMMENT LUTTER CONTRE LES PHÉNOMÈNES D'ÎLOTS DE CHALEUR URBAIN ? (...)

DIRECTION PROJET
Éric CITERNE

ÉQUIPE PROJET
Renaud MIELCAREK, Christophe-Louis MELE, Annabelle NIDEGGER.

© AUDC 2020 - Façade végétalisée Pôle-Emploi Châlons-en-Champagne

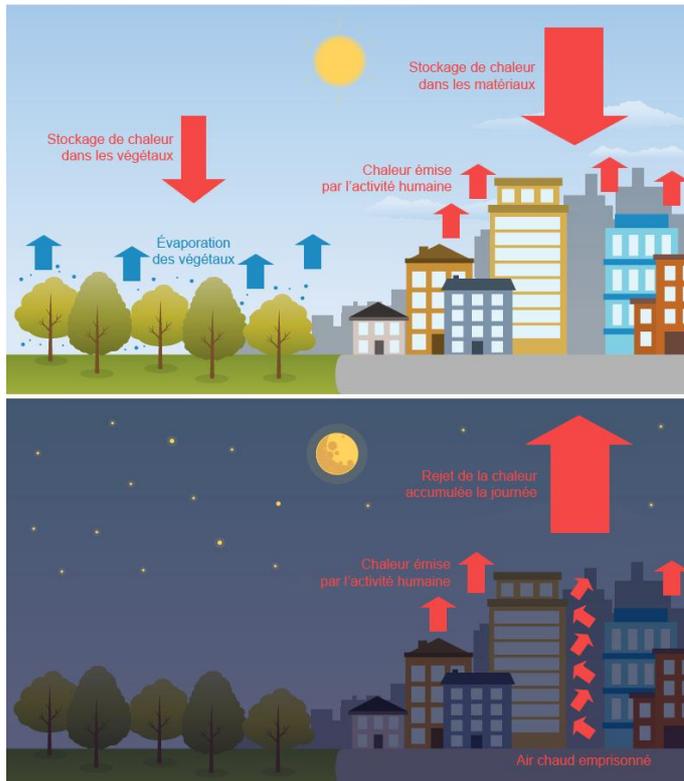
SOMMAIRE

QU'EST CE QU'UN ÎLOT DE CHALEUR URBAIN (ICU) ?	4
LES PRINCIPALES CAUSES :	4
LES PRINCIPAUX IMPACTS :	5
SUR QUELS FACTEURS AGIR POUR REDUIRE LE PHENOMENE D'ICU ?	5
LES FORMES URBAINES	5
LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET LES REVETEMENTS DE SOL DE L'ESPACE PUBLIC	6
L'EAU	6
LA VEGETATION	7
LES ACTIVITES HUMAINES	7
COMMENT LES COLLECTIVITES FONT FACE AUX ICU ?	7
INTEGRER L'ACTION DANS UNE DEMARCHE DE DEVELOPPEMENT DURABLE	7
LE PCAET DE CHALONS-AGGLO	8
CARTOGRAPHIE DE LA SURCHAUFFE URBAIN	8
METHODOLOGIE	8
RESULTAT	9
COMMENT LUTTER CONTRE LES PHENOMENES D'ÎLOTS DE CHALEUR URBAIN	12
A VEGETALISATION DES ESPACES URBAINS	13
A.1 LE TERRITOIRE ET LA VILLE	13
A.2 LE QUARTIER ET LA RUE	14
A.3 L'ÎLOT ET LE BATIMENT	15
B PERMEABILITE ET GESTION ALTERNATIVE DES EAUX PLUVIALES	17
B.1 LE TERRITOIRE ET LA VILLE	17
B.2 LE QUARTIER ET LA RUE	19
B.3 L'ÎLOT ET LE BATIMENT	21
C MATERIAUX ET INFRASTRUCTURES	23
C.1 LE TERRITOIRE ET LA VILLE	23
C.2 LE QUARTIER ET LA RUE	24
C.3 L'ÎLOT ET LE BATIMENT	26

Dans le cadre de l'élaboration du Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) de Châlons-Agglomération, de la Trame Verte et Bleue du pays de Châlons-en-Champagne, de l'élaboration du Contrat Local de la Santé de la ville de Châlons, ... les questions transversales de la santé publique, de l'environnement et de l'adaptation du territoire aux changements climatiques ont retenu tout l'intérêt de maintenir et d'améliorer un cadre de vie satisfaisant et de mieux comprendre la problématique des îlots de chaleur urbains (ICU), synonyme d'inconfort en été. L'objectif est d'initier un travail préparatoire au déploiement, à plus long terme, d'une stratégie pour agir contre ce phénomène.

Dans ce contexte, l'Agence d'Urbanisme a pour mission d'aider la Ville à développer sa connaissance sur ce phénomène, en sensibilisant techniciens et élus sur la question des îlots de chaleur via l'élaboration d'un outil cartographique.

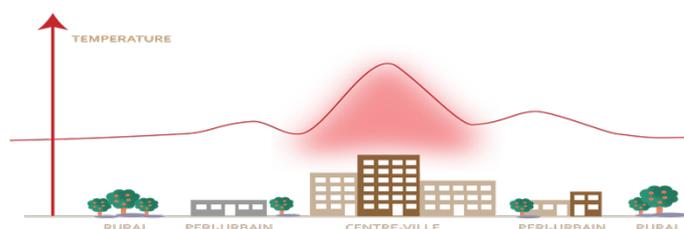
La surchauffe urbaine – Source : Emeline Gaube



Qu'est-ce qu'un îlot de chaleur urbain (ICU) ?

L'ICU désigne une élévation de la température localisée observée en milieu urbain par rapport aux campagnes environnantes ainsi qu'une diminution de l'amplitude thermique entre le jour et la nuit. Les ICU constituent des micro climats artificiels.

Illustration du phénomène d'îlot de chaleur urbain



Approfondissements et définitions :

Les ICU ne sont ni une cause, ni une conséquence du changement climatique en cours. Les effets de l'un aggravent les impacts de l'autre et vice versa.

Contrairement aux idées reçues, la pollution n'est pas responsable de la hausse des températures en ville. En effet, la pollution atmosphérique en ville n'est pas à l'origine de la formation des ICU et n'impacte pas sa caractérisation. Cependant, de fortes chaleurs combinées aux fortes pollutions peuvent entraîner des risques sanitaires.

Si en été, l'ICU a plutôt des effets négatifs, en hiver, il peut en revanche être bénéfique en limitant les consommations d'énergie liées au chauffage.

Les principales causes :

- les configurations urbaines, qui limitent l'action rafraîchissante des vents,
- l'importance des surfaces minérales des revêtements de sols et les matériaux de construction des bâtiments, qui absorbent la chaleur le jour, puis la restituent la nuit,

- le dégagement de chaleur issue des activités humaines (rejets d'air chaud liés à la climatisation, aux moteurs, aux industries, ...), qui augmentent la température de la ville.

Les principaux impacts :

- des situations d'inconfort thermique, qui ont un effet néfaste sur la santé des citoyens et particulièrement des personnes les plus vulnérables,
- des transformations de phénomènes météorologiques et du climat de la ville, comme la diminution de l'humidité relative de l'air ou la modification du régime des pluies et des brises, qui ont des répercussions environnementales (taux et répartition des polluants, violents orages, canicules, ...),
- des répercussions sur la consommation d'énergie pour le chauffage ou la climatisation.

Approfondissements et définitions :

Alors que les épisodes de canicule 2003, 2006 puis 2015 ont marqué principalement les Franciliens, les études récentes¹ mettent en évidence l'impact sanitaire sur la Région Grand-Est de ces épisodes climatiques. De plus, le phénomène d'ICU devrait toucher une population de plus en plus importante, pouvant à l'avenir rendre pénible la vie en ville dans la période estivale.

Avec des étés chauds et longs et dans un contexte de réchauffement climatique, induisant des étés encore plus chauds et marqués par des périodes de sécheresse qui vont accentuer l'augmentation de la chaleur urbaine et les situations d'inconfort en été, il semble nécessaire d'anticiper les impacts sur la santé humaine. Il faut aussi considérer que le confort thermique des bâtiments est devenu une exigence de base. À défaut d'une amélioration des performances énergétiques des bâtiments, les utilisateurs s'équipent de climatisations. Ces équipements provoquent des apports de chaleur additionnels, à l'extérieur du bâtiment, et aggravent ainsi la situation du climat urbain.

Par ailleurs, la problématique des ICU s'inscrit en relation avec de nombreux autres enjeux urbains : densité de population, modes de déplacements, activités humaines, ... C'est une problématique transversale qu'il convient donc de traiter de manière intégrée dans l'aménagement de la ville.

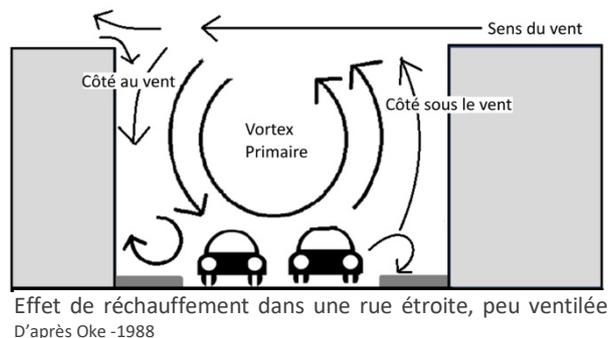
Sur quels facteurs agir pour réduire le phénomène d'ICU ?

Outre l'environnement régional, de grands facteurs d'influence sur les ICU, et d'une manière plus générale sur le climat de la ville, sont prépondérants :

Les formes urbaines

« C'est l'un des premiers facteurs de formations des îlots de chaleur urbains » (Source : IAU, Les îlots de chaleur urbains - L'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines).

Il s'agit de la morphologie urbaine qui se rapporte aux formes tridimensionnelles, à l'orientation et à l'espacement des bâtiments qui constituent la ville. Selon la morphologie urbaine, la chaleur peut être plus ou moins accumulée, restée captive ou pas, et des propriétés de refroidissement ou de réchauffement peuvent être plus ou moins développées.



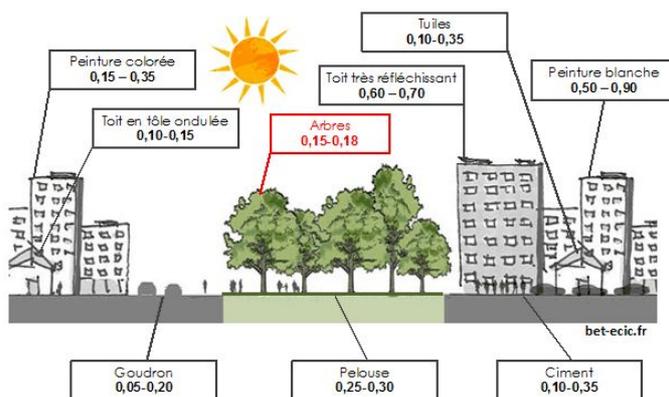
¹ « Évaluation de la surmortalité pendant les canicules des étés 2006 et 2015 en France métropolitaine » – Santé Public France - 2019

Par exemple, une configuration de rues étroites, entourées de hauts bâtiments, peut nuire à la bonne ventilation car elle crée des « canyons » où se stocke la chaleur occasionnée par le rayonnement solaire ou les activités humaines.

Les matériaux de construction et les revêtements de sol de l'espace public

Les propriétés radiatives et thermiques des matériaux utilisés, dans les constructions ou pour les revêtements de sol, sont les premières raisons de la formation des ICU. L'ICU résulte de la combinaison de l'albédo et de l'inertie thermique des matériaux employés.

Certains revêtements engendrent un stockage de la chaleur émise par le rayonnement du soleil. Les surfaces sombres, goudronnées, à faible albédo, absorbent et accumulent l'énergie solaire la journée, ce qui provoque une élévation de la température de surface et un déstockage de la chaleur emmagasinée la nuit.



Exemple d'albédo par type de matériaux
Source : ECIC

L'inertie thermique joue également un rôle déterminant dans le processus. Le principe d'inertie thermique peut se résumer comme la capacité d'un matériau à accumuler, puis à restituer un flux thermique. Un matériau à forte inertie implique qu'il met un temps élevé à se réchauffer de manière uniforme, et seulement grâce à l'apport d'un flux thermique important, mais qu'à l'inverse, il met tout autant de temps à se refroidir. D'une manière générale, les matériaux de construction ayant une inertie plus grande que celle de la terre, ils contribuent donc fortement à la création d'ICU.

Approfondissements et définitions :

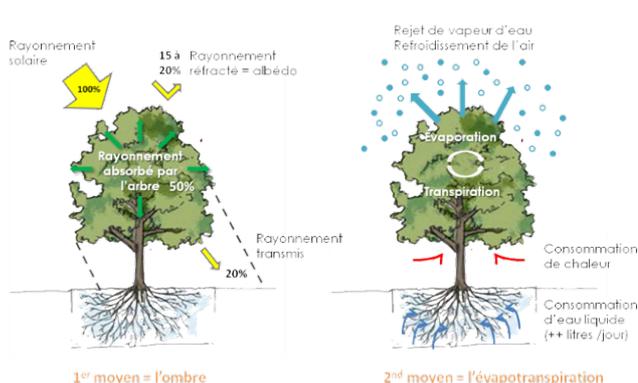
Albédo : indice de réfléchissement d'une surface qui permet de mesurer sa capacité à renvoyer l'énergie solaire incidente. On utilise une échelle graduée de 0 à 1, avec 0 correspondant à aucune réflexion (le noir) et 1 pour un corps diffusant dans toutes les directions et n'absorbant aucun rayonnement (le miroir parfait).

Le béton brut, qui a une inertie thermique assez élevée et un albédo faible, absorbe près de 80% de l'énergie qu'il reçoit. Soumis aux rayonnements du soleil, il va se réchauffer lentement. Lorsqu'il ne reçoit plus d'énergie, la nuit, il commence à se refroidir tout aussi lentement, alors que la température de l'air extérieur qui l'entoure a déjà beaucoup baissé. Il restitue ainsi de la chaleur, qui amoindrit l'effet rafraîchissant de la nuit, favorisant la création d'ICU.

L'eau

L'eau constitue une source de fraîcheur grâce au phénomène d'évaporation. Au cours de ce processus, l'air ambiant se rafraîchit en cédant une partie de sa chaleur pour permettre l'évaporation. Les dispositifs de gestion des eaux de pluies alliant noues et zones humides, les fontaines, qui permettent la dispersion de l'humidité sous l'action du vent, les plans d'eau et les rivières sont importants dans les mécanismes de rafraîchissement de la ville.

Schéma du phénomène d'évaporation
Source : L'arbre en ville



La végétation

L'absence, ou la diminution du couvert végétal, implique l'absence ou la perte de fraîcheur en milieu urbain. La végétation joue un rôle de protection contre la chaleur grâce au phénomène d'évapotranspiration et d'ombrage des sols et des bâtiments, qui permet à l'air ambiant de se refroidir.

De plus la végétation, en tant que puit de carbone, absorbe et stocke le CO₂ de l'atmosphère grâce à des mécanismes biologiques et contribue ainsi à la lutte contre l'effet de serre et la pollution atmosphérique.

Les activités humaines

Le dégagement de chaleur issu des activités humaines, tel que les rejets d'air chaud liés à la climatisation, aux véhicules à moteur, aux industries, contribuent à l'augmentation de la température de la ville, notamment dans les milieux urbains les plus denses où les activités sont concentrées.

Approfondissements et définitions :

La caractérisation de l'ICU ou sa modélisation nécessite de renseigner tous ces paramètres et de comprendre leurs multiples interactions.

Le développement de la connaissance de ces facteurs, leur identification et leur analyse sont un premier pas vers le passage à l'action dans la lutte contre les ICU.

Comment les collectivités font face aux ICU ?

Intégrer l'action dans une démarche de développement durable

Les dynamiques qui président à la formation des ICU et leurs conséquences sont aussi des facteurs du changement climatique. La plupart des collectivités qui luttent contre les ICU n'abordent pas cette question comme un phénomène isolé. La question des ICU est traitée dans le cadre de la mise en place de stratégies d'adaptation au changement climatique et de réduction de l'impact de la collectivité sur le climat, bien souvent au travers d'un Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET). Ainsi, les acteurs locaux inscrivent leurs actions dans une approche intégrant l'environnement dans sa globalité et mettent en perspective la problématique de l'ICU dans une démarche de développement durable.

Le Plan Climat Air-Énergie Territorial (PCAET), comme son prédécesseur le PCET (Plan Climat-Energie Territorial), est un outil de planification qui a pour but d'atténuer le changement climatique, de développer les énergies renouvelables et de maîtriser la consommation d'énergie. Obligatoire pour toute intercommunalité à fiscalité propre (EPCI) de plus de 20 000 habitants, il déclinaise et met en œuvre sur son territoire les objectifs internationaux, européens et nationaux en matière de qualité de l'air, d'énergie et de climat.

Le PCAET comprend :

- un diagnostic,
- une stratégie territoriale,
- un plan d'actions,
- un dispositif de suivi et d'évaluation des mesures initiées.

Son contenu varie en fonction de l'engagement des collectivités.

L'Agenda 21 local est une démarche globale et concrète, dont l'objectif est de mettre en œuvre progressivement et de manière pérenne le développement durable à

l'échelle d'un territoire. Il est axé sur les 5 finalités qui sont :

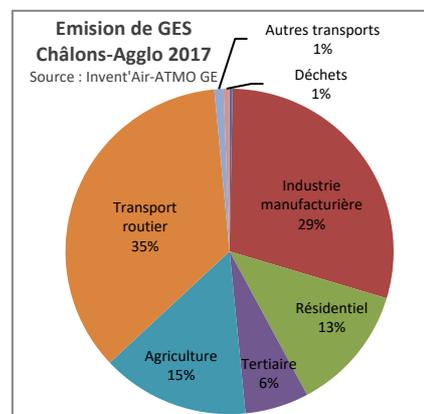
- la lutte contre le changement climatique et la protection de l'atmosphère,
- la préservation de la biodiversité, protection des milieux et des ressources,
- l'épanouissement de tous les êtres humains,
- la cohésion sociale et solidarité entre territoires et entre générations,
- les dynamiques de développement suivant des modes de production et de consommation responsables.

Il est porté par la collectivité et mené en concertation avec tous ses acteurs : élus et personnels, habitants, associations, entreprises, structures déconcentrées de l'Etat, réseaux de l'éducation et de la recherche, ... Il se traduit par un programme d'actions visant à améliorer la qualité de vie des habitants, à économiser les ressources naturelles et à renforcer l'attractivité du territoire.

Le PCAET de Châlons-Agglo

Conformément à la réglementation, le Conseil Communautaire de Châlons-Agglo a arrêté son projet de Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) le 19 décembre 2019.

Châlons-Agglo a adopté depuis plusieurs années une politique forte en matière de développement durable en souhaitant être exemplaire et démonstratrice dans les actions qu'elle a engagé : Premier « Grenelle Local de l'Environnement » en France (2008), puis labellisé « Agenda 21 local France », lauréate de l'appel à projets « Territoire à Énergie Positive pour la Croissance Verte » (TEPCV) et engagée dans une démarche « Cit'ergie ».



Le PCAET de Châlons-Agglo est issu de cette dynamique et s'appuie aussi sur les outils de planification territoriale déjà mis en place ou en cours d'élaboration.

L'objectif de ce document est de valoriser l'existant et d'investir de nouvelles pistes, tout en associant les acteurs du territoire.

Cartographie de la surchauffe urbaine

Pour décrire ce phénomène, conformément au guide de « diagnostic de la surchauffe urbaine » de l'ADEME, l'Agence d'urbanisme a opté pour l'utilisation de la méthode cartographique développé par le Cerema, basée sur un traitement d'images satellitaires, et le concept de « Local Climate Zone » (LCZ).

Méthodologie

Pour cette méthode de cartographie des ICU sur le concept de « Local Climate Zone » (LCZ)² ou « Zones Climatiques Locales », les îlots urbains sont décrits en 17 classes, caractérisées par des indicateurs liés à la morphologie des rues et du bâti, à la nature et l'occupation du sol.

La classification LCZ est reconnue à l'échelle internationale : cette méthode cartographique enrichie par les images satellitaires est reproductible dans de nombreux

² Ce concept, issu des travaux de Stewart et Oke (2012) et adopté par la communauté scientifique internationale, définit une unité de surface urbaine présentant à la fois une homogénéité urbaine et climatique.

pays.

Partant de cette classification, l'AUDC a utilisé le Mode d'Occupation des Sols développé lors de l'élaboration du SCoT du Pays de Châlons-en-Champagne, lui-même basé sur la photo interprétation des images IGN BD-Ortho. Ces dernières présentent l'intérêt, avec des images livrées à 50 cm, d'objets finement analysables. Cette classification LCZ initiale a été complétée en intégrant la base de données du projet MApUCE³ de catégorisation des typologies urbaines où les unités sont statistiquement classées sur la base d'une soixantaine d'indicateurs morphologiques (habitants, végétations, hauteur des bâtiments, linéaire de trottoir, ...).

La cartographie a été réalisée sur la portion du territoire potentiellement plus sensible au phénomène de chaleur urbaine (urbanisation, densité de population, ...), soit la partie agglomérée de Châlons Agglo : Châlons-en-Champagne, Saint-Memmie, Fagnières, Compertrix et Saint-Martin-sur-le-Pré.

Résultat

La cartographie des Zones Climatiques Locales de Châlons-en-Champagne est consultable en ligne à l'adresse : <https://vu.fr/LCZ-chalons-testaudc> (login : AUDC51/Mot de passe : agenceaudc51)

ZONES CLIMATIQUES LOCALES DE TYPE BÂTI



ZONES CLIMATIQUES LOCALES DE TYPE NON BÂTI



Approfondissements et définitions :

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 comprises entre 100 et 1 000 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.

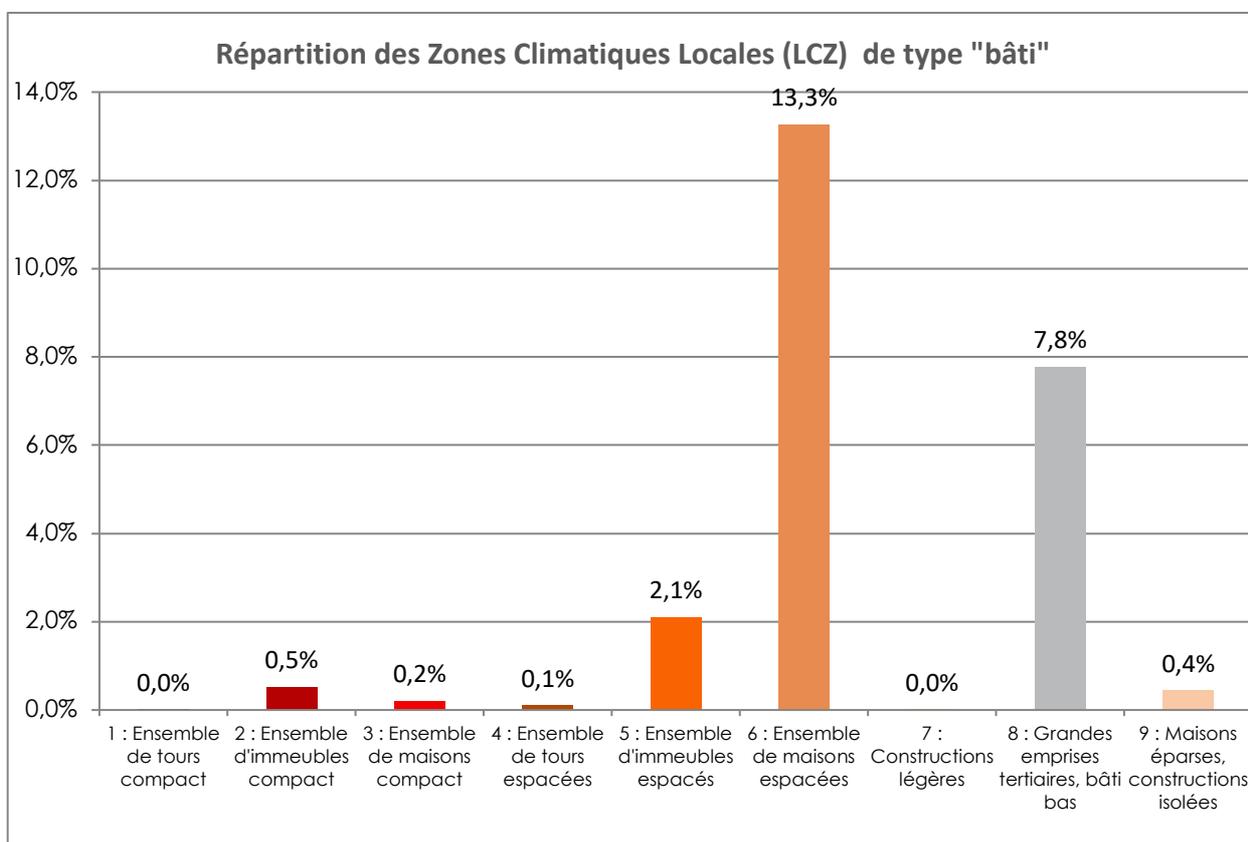
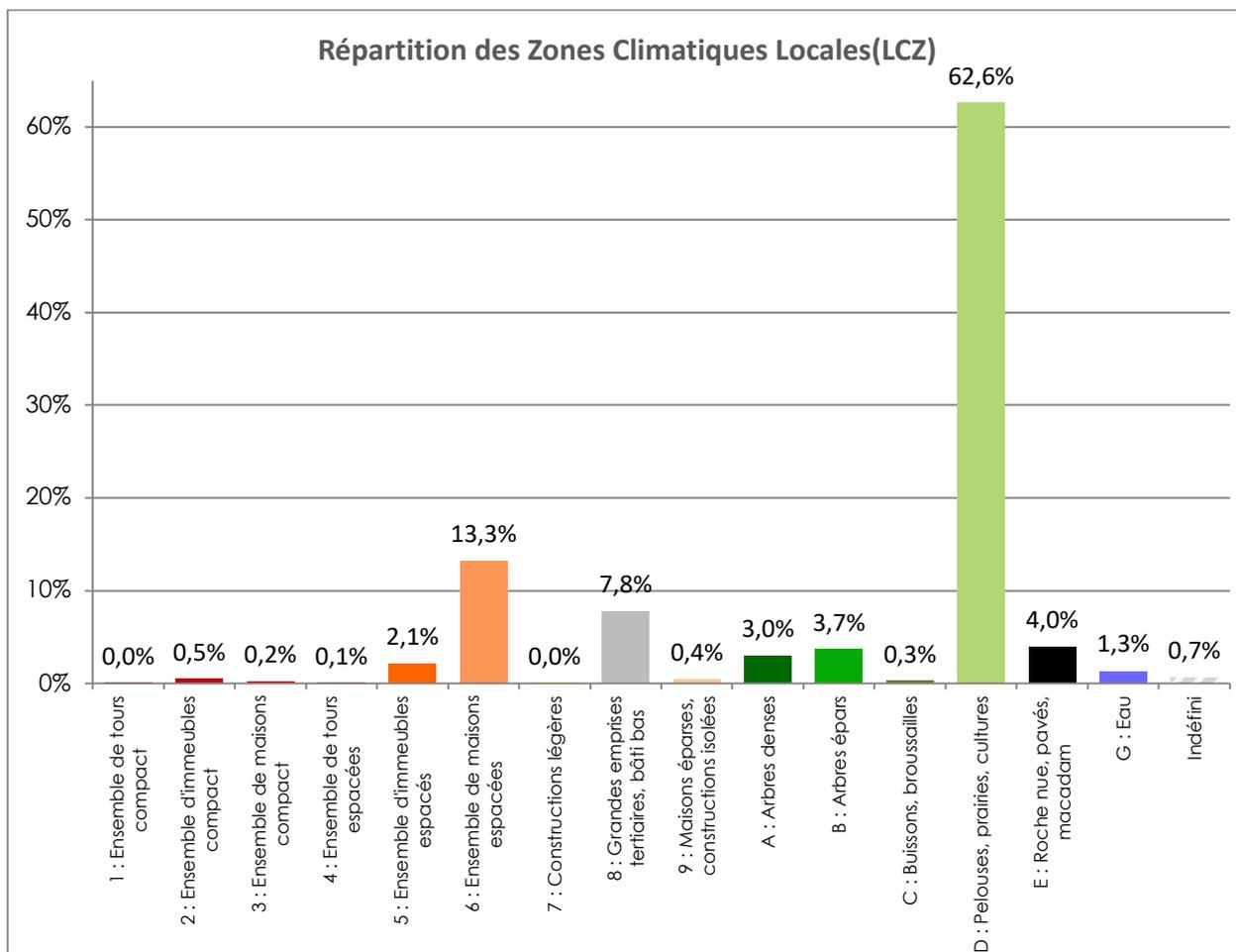
Les zones sont différenciées par leurs propriétés de surface, qui influencent directement la température de référence (1,5 à 2 m au-dessus du sol), telle que la part de végétalisation, la hauteur et l'espacement du bâti et des arbres (rugosité/ compacité), l'humidité du sol, et les flux de chaleur anthropogéniques. 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 »).

³ MApUCE : Modélisation Appliquée et droit de l'Urbanisme : Climat urbain et Énergie. Le projet MApUCE vise à intégrer dans les politiques urbaines et les documents juridiques les plus pertinents des données quantitatives de microclimat urbain, climat et énergie, dans une démarche applicable à toutes les villes de France.

La classification de « Local Climate Zone » (LCZ) d'après Stewart et Oke. ©Copyright 2012 AMS (extrait)

LCZ de type bâti	Caractéristiques	LCZ de type non bâti	Caractéristiques
1 : Ensemble de tours compact	Ensemble dense de grands immeubles / tours.. Peu ou pas d'arbres. Sol majoritairement imperméable. Matériaux de construction : béton, acier, pierre et verre	A : Arbres denses	Végétation arborée dense à feuilles caduques et/ou à feuilles persistantes. Sol perméable (plantes basses). Forêt "naturelle", sylviculture ou parc urbain.
2 : Ensemble d'immeubles compact	Ensemble dense de bâtiments de mi-hauteur / immeubles. Peu ou pas d'arbres. Sol majoritairement imperméabilisé. Matériaux de construction : pierre, brique, tuile et béton.	B : Arbres épars	Végétation arborée clairsemée à feuilles caduques et/ou à feuilles persistantes. Sol perméable (plantes basses). Forêt "naturelle", sylviculture ou parc urbain.
3 : Ensemble de maisons compact	Tissu dense occupé par des maisons / bâtiments de faible hauteur. Peu ou pas d'arbres. Sol majoritairement imperméabilisé. Matériaux de construction : pierre, brique, tuile et béton.	C : Buissons, broussailles	Pelouses, broussailles. prairies. Sol perméable.
4 : Ensemble de tours espacées	Tissu peu dense occupé par des immeubles. Sol majoritairement perméable (plantes basses, arbres épars). Matériaux de construction : béton, acier, pierre et verre.	D : Pelouses, prairies, cultures	Pelouse ou cultures herbacées. Peu ou pas d'arbres. Prairies naturelles, agriculture, parc urbain
5 : Ensemble d'immeubles espacés	Tissu peu dense occupé par des Immeubles. Sol majoritairement perméable (plantes basses, arbres épars). Matériaux de construction : béton, acier, pierre et verre.	E : Roche nue, pavés, macadam	Roche nue, rues pavées, macadam. Peu ou pas d'arbres ou de couvert végétal. Infrastructure de transport.
6 : Ensemble de maisons espacées	Tissu résidentiel peu dense. Sol majoritairement perméable (plantes basses, arbres épars). Matériaux de construction : bois, brique, pierre, tuile et béton.	F : Sol nu ou sable	Sol nu ou couvert de sable. Peu ou pas d'arbres ou de plantes. Désert naturel ou terre agricole.
7 : Constructions légères	Constructions légères. Peu ou pas d'arbres. Matériaux de construction : bois, tôle ondulée, ...	G : Eau	Grands plans d'eau : mers et lacs ou petits plans d'eau : rivières, étangs et mares
8 : Grandes emprises tertiaires, bâti bas	Emprises tertiaires, zones commerciales, bâtiments de faible hauteur. Peu ou pas d'arbres. Sol imperméabilisé. Matériaux de construction : acier, béton, métal et pierre		
9 : Maisons éparées, constructions isolées	Disposition clairsemée de bâtiments de petite ou moyenne taille dans un cadre naturel. Sols majoritairement perméable : végétation basses, arbres épars		
10 : Industrie lourde	Structures industrielles de faible et moyenne hauteur (tours, réservoirs, cheminées). Peu ou pas d'arbres. Sol majoritairement imperméabilisé. Matériaux de construction : métal, acier et béton.		



Comment lutter contre les phénomènes d'îlots de Chaleur Urbain

La lecture et la prise en compte des recommandations énoncées doivent s'inscrire dans une approche globale et intégrée de l'ensemble des thématiques afin d'agir à différentes échelles territoriales.

La sensation de confort des espaces extérieurs est en effet liée à différents facteurs d'ambiance qui évoluent selon les lieux et les sensibilités. Les facteurs principalement reconnus sont :

- La température (T°) : température de l'air, température de surface, température d'ambiance, ...,
- L'humidité liée principalement aux zones plantées et aux plans d'eau,
- Les vitesses d'air et les turbulences qui varient suivant la direction des vents et les obstacles sur site,
- L'ensoleillement régi par les ombrages du site et les matériaux choisis,
- D'autres facteurs comme le bruit ou la qualité de l'air.

En conséquence, la forme urbaine, la nature des matériaux ainsi que les composants (végétation et eau) influent directement sur la combinatoire microclimatique qui en résulte. C'est la combinaison de ces différents facteurs qui permettra de lutter efficacement contre l'effet d'îlot de chaleur urbain et d'offrir aux habitants des espaces extérieurs confortables en période estivale.

Ces recommandations s'adressent à tout type de projet de la création d'écoquartiers, à des opérations de rénovation urbaine ou d'aménagements. L'enjeu se situant principalement en cœur de la ville. Les recommandations doivent être adaptées tant qu'il se peut à ce type d'opération.

La prise en compte de l'ensemble de ces préoccupations montre la nécessité d'une approche globale.

A VEGETALISATION DES ESPACES URBAINS

La réintroduction d'espaces naturels et plus largement du végétal en ville est une des solutions les plus efficaces pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain. La végétation permet de stabiliser la température de l'air par rétention de l'eau dans les feuilles et par évapotranspiration de l'eau à leur surface. Cela engendre à la fois une baisse de la température et une augmentation du taux d'humidité de l'air. L'ensemble de ces paramètres participe activement au rafraîchissement de l'espace urbain.



Le Petit Jard à Châlons-en-Champagne
Source : Office du tourisme

Ainsi, les zones boisées sont 2 à 8°C plus fraîches que le reste de la ville. La plantation d'arbres alignés ou isolés, les espaces plantés, les parcs urbains et les espaces naturels participent à cette réduction de l'intensité des îlots de chaleur en apportant de l'ombre et de la fraîcheur aux espaces publics.

La végétation a d'autres effets multiples qui permettent de lutter efficacement contre les îlots de chaleur urbains. Elle permet notamment de gérer les eaux de ruissellement de façon naturelle et de réduire l'absorption de la chaleur dans le milieu urbain en combinant la réflexion d'une partie des rayons solaires et l'ombrage apporté par les feuillages.



Jardin sensoriel à Haussimont

La contribution spécifique d'un arbre en milieu urbain est primordiale. Outre la réduction des îlots de chaleur par le biais de l'évapotranspiration et l'absorption de l'énergie solaire, les arbres contribuent au maintien de la qualité de l'air par absorption de CO₂ et le rejet d'O₂ ainsi que la filtration des particules. Ils participent à la diminution du ruissellement de surface et des polluants. Enfin, ils limitent la consommation énergétique des bâtiments lorsqu'ils sont associés à une architecture bioclimatique.

La présence du végétal en milieu urbain est donc indispensable car elle permet le maintien de la température à un niveau bas et limite ainsi largement l'effet d'îlot de chaleur urbain

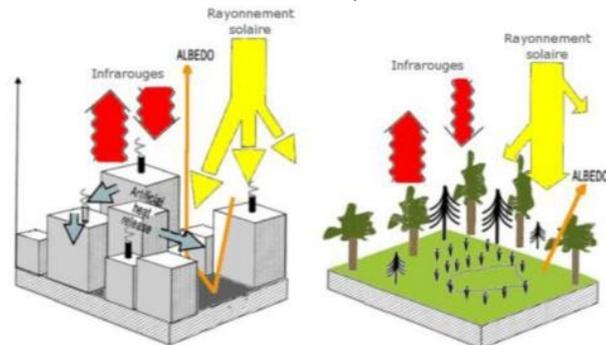
A.1 Le territoire et la ville

Augmenter l'indice global de végétalisation de la commune

Une stratégie territoriale de végétalisation en milieu urbain a pour objectif d'augmenter l'indice global de végétalisation d'une ville. Cette augmentation passe par un développement diffus à l'échelle du territoire et de la ville. Des éléments structurant comme les espaces boisés, les parcs urbains et les jardins doivent être complétés par une végétation diffuse permettant de faire perdurer l'effet de refroidissement ressenti. Cette action passe par une stratégie territoriale qui favorisera la végétalisation :

- Des axes de transport (mails, avenues, lignes ferroviaires, plantations d'alignement, ...).
- Des emprises foncières publiques (espaces verts, espaces extérieurs des équipements publics, ...)
- Des terrains privés (pourtour des bâtiments, verdissement des pieds d'immeubles, façades végétalisées, ...) par une politique d'urbanisme incitative.

Ainsi, les arbres d'alignement participent à ombrager les rues mais aussi les façades d'immeubles, permettant ainsi aux logements de ne pas surchauffer. De même, les espaces verts, que ce soient de petits squares de quartiers ou de grands parcs urbains, fournissent aux citoyens des lieux où l'on peut se rafraîchir lorsque la température de la ville est trop forte.



Flux d'énergie zone urbaine/zone rurale
Source: Colombert, 2008

Développer les continuités vertes et veiller à la sauvegarde des espaces verts

Comme la perte du couvert végétal contribue à l'augmentation de la chaleur en milieu urbain, la conservation et la création d'espaces verts, ainsi que le verdissement, sont indispensables. Il n'est pas question ici d'empêcher le développement urbain, mais de l'harmoniser aux besoins de la population en protégeant, entre autres, les milieux naturels, ou en recréant ceux qui ont disparu. Il s'agit d'une occasion de développer les continuités vertes existant sur le territoire et de tisser une trame verte.

Préserver et favoriser l'implantation de grands espaces verts

La bonne répartition et la préservation des espaces verts sont essentielles en milieu urbain. Bien repartis, ils doivent créer une trame verte continue à travers les villes et leur territoire, facilitant ainsi leur appropriation par les habitants. L'implantation de grands espaces verts en amont des vents dominants permet de pré-rafraîchir l'air en période estivale avant qu'il ne pénètre au sein de l'espace urbain. Une trame verte bien constituée participe à la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain.

A.2 Le quartier et la rue

Développer l'accès à des aires de rafraîchissement

Le rafraîchissement de l'espace urbain passe, à l'échelle de chaque quartier, par la création de diverses aires de rafraîchissement : aires de repos ombragées, installation d'étendues d'eau (bassins, fontaines, jets d'eau).

La végétation a un rôle important à jouer : elle participe à la protection solaire. Elle apporte un ombrage et crée un microclimat par évapotranspiration. Le choix des espèces est important car la qualité de l'ombre d'un arbre dépend de sa densité. Ainsi, le feuillage d'un arbre peut filtrer de 60 à 90% du rayonnement solaire. Un tapis de végétation réduit également le rayonnement solaire réfléchi par le sol.

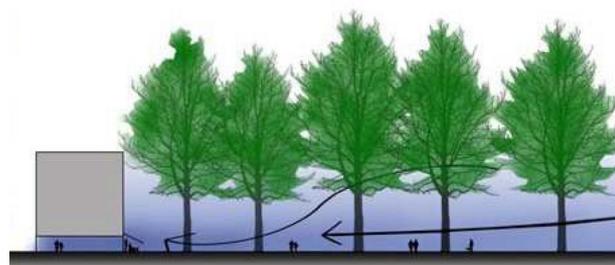
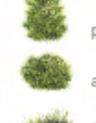


Illustration des aires de rafraîchissement issue de balades urbaines - Source : Lo Giudice, 2008

Quel que soit le projet de verdissement, le choix de la verdure pour remplacer de l'asphalte ou du béton sera toujours plus bénéfique pour le rafraîchissement de l'espace.

Assurer la pérennité et la croissance des essences plantées

Pour que les arbres puissent fournir de la fraîcheur, leur bonne croissance est essentielle. Un développement en pleine terre ou en aménagements cellulaires adaptés est dans un premier temps à privilégier. Un arbre occupant un espace restreint dans le sol n'atteindra pas sa taille maximale et sa durée de vie en sera écourtée. Le choix d'espèces indigènes, tolérantes aux variations climatiques de la région et à la pollution urbaine est aussi un paramètre primordial. L'application de ces recommandations permettra de pérenniser les aires de rafraîchissement qui viendront ponctuer la ville.

	ombre	évapo-transpiration (biomasse)
 grand arbre (20 à 30 m)	+++	+++++
 grand conifère (20 à 30 m)	++	++++
 arbrisseau (5 à 10 m)	++	++++
 petit conifère (5 à 7 m))	+	+++
 arbuste (1 à 5 m)	+	+++
 couvre-sol (0,1 à 2 m) (graminées, vivaces, prairies)	0	++
 gazon	0	+

Types de plantation et efficacité contre la chaleur
© Fauteux et associés (2010)

Végétaliser les aires de stationnements

Les stationnements, construits généralement avec du bitume, un matériau à faible albédo, contribuent au stockage de chaleur. La végétalisation d'une partie des aires de stationnement est une alternative à l'imperméabilisation pour réduire cet effet et participer au rafraîchissement du quartier. Ils représentent en effet un potentiel surfacique important. Cette mesure passe par :

- La végétalisation des places de stationnements (bandes végétalisées, plantation d'arbres, ...),
- Le choix de revêtements semi-végétalisés pour les emplacements de stationnement (modules alvéolaires, ...).

Cela permet ainsi d'augmenter les surfaces d'évapotranspiration. La qualité de l'air en est aussi améliorée. La question de l'entretien de ces espaces ne devra néanmoins pas être éludée afin de pérenniser leur action dans le temps.



Parking végétalisé. Source : Ecovegetal



Module alvéolaire - Source : Hauraton France

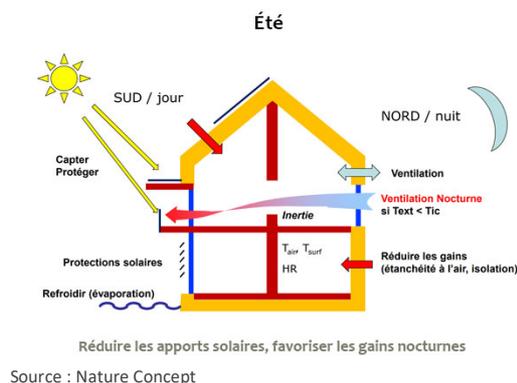
A.3 L'îlot et le bâtiment

Protéger les bâtiments du rayonnement solaire estival par un feuillage caduc

La conception architecturale des bâtiments se concentre généralement autour de la lutte contre le problème du froid (isolation, menuiseries, ...) en oubliant parfois le confort d'été. Ce confort d'été, primordial pour le confort thermique des occupants, passe par une architecture bioclimatique pour : se protéger du soleil (toiture débordante, casquettes, volets ou stores extérieurs), éviter le transfert de la chaleur par les matériaux

et la dissiper en ventilant et en rafraîchissant les pièces.

La végétation a un rôle important à jouer dans la protection solaire. Elle procure de l'ombrage et réduit l'insolation directe sur les bâtiments et les occupants. Elle réduit plus localement la vitesse du vent et diminue les pertes par convection du bâtiment. Afin d'optimiser leur action, les arbres doivent être disposés sur les faces est, sud-est et ouest des bâtiments en s'assurant qu'ils soient assez grands pour ombrager les toitures en été. Une filtration d'au moins 60% du rayonnement solaire sur ces faces est recommandée. Le choix d'arbres caducs limitera l'ombrage au minimum pendant les autres saisons, maximisant ainsi les apports solaires nécessaires en hiver.



Végétaliser le pourtour des bâtiments et assurer une fraîcheur optimale

De même, la végétation doit être intégrée aux zones bâties afin d'améliorer l'environnement immédiat de chaque construction. Par l'évapotranspiration, les températures ambiantes sont abaissées, le niveau d'humidité est amplifié et la ventilation naturelle canalisée. A ce titre, les arbres qui jouent le rôle de protection solaire doivent avoir un tronc élancé afin de ne pas freiner l'écoulement du vent.



Une bande d'au moins 3 mètres de large de végétalisation au sol ou d'écrans solaires sur les 2/3 de la périphérie du bâtiment est une protection efficace à l'ensoleillement direct (source : label ECODOM).

Favoriser la végétalisation des toitures et l'implantation de murs végétaux

La végétalisation des toitures et des façades (plantes grimpantes ou murs vivants) permet de réduire la quantité de chaleur transférée au bâtiment grâce à l'évapotranspiration et à l'ombrage créé et de rafraîchir l'air ambiant extérieur. Cela permet également d'amoindrir les grands écarts de température à l'intérieur du bâtiment grâce à l'augmentation de sa masse thermique. Concernant les toitures, les types intensifs ou semi-intensifs sont à privilégier.

Ces installations végétales possèdent également d'autres avantages tels que la protection de l'enveloppe du bâtiment aux rayons UV, la captation des particules en suspension et la prévention des graffiti.



Mur végétalisé, Pôle Emploi, Châlons-en-Champagne.



Toiture végétalisée, Grand Central Saint-Lazare, Paris
Source : Atelier Mugo

B PERMEABILITE ET GESTION ALTERNATIVE DES EAUX PLUVIALES

En lien étroit avec la végétalisation, la gestion des eaux pluviales est un moyen important de lutte contre l'effet d'îlot de chaleur urbain. En effet, plusieurs études établissent une corrélation entre le taux d'humidité des sols et l'atténuation des îlots de chaleur urbains. Grâce à l'évapotranspiration, les sols humides ont des capacités semblables à celles de la végétation, et leurs températures de surface sont plus fraîches que celles des sols secs. Une hausse de la capacité de rétention d'eau de la ville et de l'évapotranspiration induite permet donc de diminuer les températures locales.

L'eau, par son inertie thermique élevée, atténue les fluctuations de température en retirant la chaleur à l'air (chaleur sensible) pour passer à l'état vapeur (chaleur latente), elle réduit ainsi la température ambiante. L'aménagement d'étendues d'eau permet ainsi de créer des microclimats et d'atténuer les variations de température.

Plusieurs pratiques de gestion alternative des eaux pluviales permettent de favoriser la présence d'eau en surface et l'humidification des sols en milieux urbains, ainsi une relation complémentaire avec la végétalisation est développée. Le développement de ces techniques favorise le traitement des eaux pluviales à petite échelle vers une gestion à la source, « au plus près d'où la pluie tombe ».

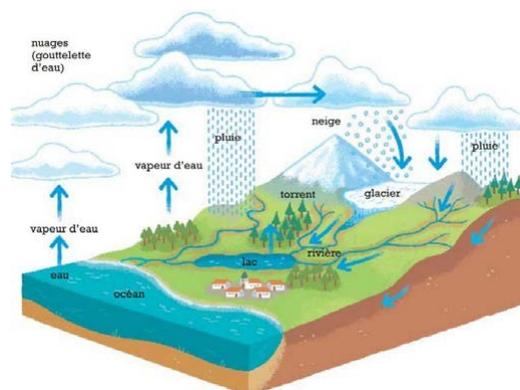
Un des objectifs de la gestion alternative des eaux pluviales est la diminution de la quantité d'eau de ruissellement produite. Il s'agit de ralentir son écoulement et ainsi de limiter la pollution induite. La diminution de la quantité d'eau ruisselée participe au même titre à limiter les répercussions sur les écosystèmes qui sont affectés par l'imperméabilisation des sols. Il y a donc lieu de développer des milieux urbains à la fois denses, moins imperméables en favorisant le développement de leur trame verte et bleue.

Le recours à des surfaces perméables participe à cette diminution des îlots de chaleur urbains et à une gestion durable des eaux pluviales. Ils favorisent les échanges thermiques liés à l'évapotranspiration et intègre une présence éventuelle de végétation et d'eau au sein de leur structure (drainant, alvéolaire, ...).

B.1 Le territoire et la ville

Améliorer le cycle naturel de l'eau sur le territoire

Lors des dernières décennies, l'agglomération de Châlons-en-Champagne a subi un phénomène d'étalement urbain augmentant la part des surfaces imperméabilisées constituées des rues, des zones pavées, des espaces de stationnement ou encore des emprises bâties. Par conséquent, les espaces végétalisés sont en régression faisant place à l'imperméabilisation des sols, à la réduction de l'évapotranspiration et à l'augmentation des quantités d'eau ruisselées. L'équilibre du cycle naturel de l'eau s'en trouve ainsi modifié accentuant le phénomène d'îlot de chaleur urbain.



Le cycle de l'eau
Source : Aménagement et eaux pluviales – Grand Lyon

Afin de bénéficier du caractère rafraîchissant des zones humides, le cycle naturel de l'eau des milieux naturels doit être retrouvé. L'infiltration naturelle ou encore le ruissellement vers les cours d'eau par des cheminements végétalisés sont à favoriser.

L'amélioration du cycle naturel de l'eau par un couvert végétal participe à la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain en augmentant l'évapotranspiration ainsi qu'au maintien de la qualité des nappes phréatiques et des cours d'eau.

La présence de l'eau favorise en effet l'absorption de chaleur en retirant la chaleur de l'air lorsque l'eau liquide s'évapore abaissant ainsi la température et atténuant ses variations. Ce dispositif « climatisant » va de pair avec une ventilation efficace des étendues d'eau et la multiplication de ces masses d'eau au sein du territoire, car leur apport n'est bénéfique que dans un périmètre proche.

A l'échelle du territoire, l'objectif est de définir un cycle des eaux pluviales urbaines proche du cycle naturel en privilégiant la présence de l'eau sur le territoire, les gestions alternatives et leur intégration paysagère pour ainsi rendre plus diffus la délimitation entre le tissu urbain et le milieu agricole et naturel. La réouverture des cours d'eau imperméabilisés fait partie de ces opportunités de rafraîchissement.

Trame Bleue

La préservation et le développement de la trame bleue participe à l'amélioration du cycle naturel de l'eau. Il s'agit de compléter et de renouveler les différents écosystèmes et zones humides du territoire : ruisseaux, rivières, milieux humides, espaces boisés, ... qui participent à la gestion des eaux de ruissellement du territoire.

Les milieux humides ont l'intérêt de conserver les eaux de pluie pendant de longues périodes, aidant au développement des végétaux, à l'absorption des fortes pluies et donc à la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain. Les zones humides sont des zones sensibles qu'il faut préserver à l'échelle du territoire. Elles jouent un rôle important dans le maintien de la vie en milieu urbanisé.

Encourager la gestion alternative des eaux pluviales

La gestion « classique » des eaux pluviales consiste à diriger les eaux pluviales vers un réseau de conduite souterraine à l'aide de puisards disposés sur les chaussées, les stationnements et les autres surfaces imperméabilisées qui récupèrent les eaux ruisselées. Après traitement, elles sont redirigées vers les cours d'eau de la région.

Une gestion alternative des eaux pluviales se préoccupe quant à elle de traiter les eaux pluviales à la source en veillant à leur qualité et protège ainsi les nappes souterraines et les cours d'eau récepteurs. Les eaux pluviales sont mises en valeur au sein du paysage urbain favorisant le développement d'écosystèmes. Leur gestion implique un maintien de l'eau sur site et un écoulement plus lent, favorisant ainsi l'évapotranspiration et l'infiltration naturelle. Cette approche permet de mettre en valeur le territoire tout en limitant les impacts environnementaux et en optimisant les investissements publics.

Les avantages d'une gestion alternative des



Ecoquartier à Grenoble
Source : Ecoquartiers suivez le guide



Le Jard Anglais à Châlons-en-Champagne

eaux pluviales sont multiples. Elle permet de limiter les coûts liés à la gestion du réseau d'assainissement et au traitement des eaux avant rejet, de mettre en valeur les milieux humides améliorant ainsi le cadre de vie et de réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Une gestion durable des eaux pluviales passe par la mise en place d'une planification et d'une stratégie urbaine en ce sens favorisant les techniques alternatives et limitant l'imperméabilisation des sols.

B.2 Le quartier et la rue

Aires de rafraîchissement

L'accès et la proximité à des aires de rafraîchissement sont essentiels au sein des espaces publics. On distingue les aires aquatiques, les bassins, les brumisateurs ou plus récemment les miroirs d'eau qui permettent aux habitants de se rafraîchir. En privilégiant les procédés pulvérisateurs ou brumisateur, on augmente de même l'évapotranspiration en maximisant la surface de contact air-eau, et ainsi, on accentue le rafraîchissement de l'air ambiant.



Fontaine place Foch, Châlons-en-Champagne

A noter que l'efficacité de l'évaporation provoquée (brumisation, arrosage) est plus importante que par évaporation naturelle, mais bien plus grande consommatrice d'eau. On peut en minimiser la consommation en réutilisant de l'eau de pluie, ressource « gratuite » peu exploitée.

Arrosage des surfaces imperméables sur l'espace public

L'arrosage des surfaces imperméables, avec de l'eau non potable, est un moyen efficace pour réduire la température de surfaces minéralisées, perméables ou non.

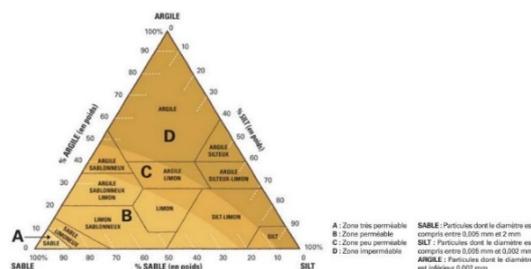
Une expérience au Japon a montré que la consommation d'eau pour le rafraîchissement de l'espace public n'excède pas 2 l/m²/h pendant 4 h pour un rafraîchissement de l'ordre de 2 à 4 °C.



Rive du Canal latéral à la Marne, Grand Jard, Châlons-en-Champagne

Réduire le coefficient de ruissellement d'un quartier en maximisant les surfaces de pleine terre et en ayant recours à des revêtements perméables

Afin de favoriser l'infiltration naturelle des eaux pluviales et l'humidification des sols, il s'agit de maximiser les espaces de pleine terre d'un quartier et de privilégier le recours à des revêtements perméables. On distingue différents revêtements permettant la bonne infiltration de l'eau dans le sol : les dalles avec joint perméable, les revêtements poreux (béton, dalle, ...) et les structures alvéolaires permettant



Triangle de corrélation entre la texture du sol et sa perméabilité (Source : Aménagement et eaux pluviales – Grand Lyon)

l'engazonnement.

Lorsque cela est possible, la largeur des voies de circulation d'un quartier peut être réduite afin de diminuer les surfaces minéralisées au profit de surfaces végétalisées. Les chaussées sont en effet responsables d'une grande partie des eaux de ruissellement. La mise en place de chaussées drainantes est une solution.



Exemple de revêtement poreux - Source : CG 92

A l'échelle du quartier, la notion de coefficient de ruissellement est à considérer. Le coefficient de ruissellement varie selon les surfaces, plus il est élevé, plus le ruissellement est important et moins l'infiltration naturelle est élevée. Ce coefficient est influencé par l'imperméabilisation des surfaces et par les éléments de végétation. L'atteinte d'un coefficient de ruissellement peu élevé est à rechercher.



Jets d'eau sur la place Rapp à Colmar
Source : Ruch MP/AUDAL

Favoriser l'infiltration des eaux pluviales au plus proche d'où elles sont tombées

L'humidification des sols joue un rôle majeur dans le rafraîchissant de l'air ambiant pour la lutte contre les îlots de chaleur urbains. Le principe de la gestion alternative des eaux pluviales est donc de freiner le parcours de l'eau de pluie pour augmenter l'infiltration naturelle des espaces urbains en limitant leur ruissellement et en favorisant l'évapotranspiration. L'effet d'îlot de chaleur provoque de plus une augmentation de l'intensité des précipitations qui engendre la saturation des réseaux lors des événements pluvieux importants.

L'infiltration naturelle des eaux pluviales au plus proche de leur lieu de production joue ici un rôle capital. L'aménagement de noues, d'espaces végétalisés, de zones humides et de revêtements poreux doit donc être privilégié car il permet de limiter la quantité d'eau ruisselée

Gérer les eaux pluviales avec des techniques alternatives de surface

À l'échelle d'un quartier, plusieurs techniques alternatives de gestion des eaux pluviales peuvent être combinées. L'objectif est de permettre une intégration paysagère favorisant la végétalisation, d'augmenter l'infiltration des eaux à proximité et de favoriser la filtration naturelle. On distingue :

- Les bassins de rétention

Deux types de bassin à ciel ouvert peuvent être mis en œuvre : les bassins en eau et les bassins secs. L'un conserve de l'eau en permanence et offre une étendue d'eau permanente rafraîchissant ainsi l'air ambiant. L'autre est mis en eau ponctuellement en cas de fortes pluies. Les bassins ont l'avantage de pouvoir être intégrés à un espace public ou paysager. Le bassin en eau permettra le développement de végétaux spécifiques et notamment de plantes aquatiques filtrantes limitant ainsi la pollution de



Bassin de rétention
Source : Guide d'aménagement des bassins de rétention

l'eau avant un rejet éventuel ou avant leur infiltration (phyto-épuration ou phyto-rémediation).

On notera que les dispositifs de stockage type bassin de rétention et noue présentent un entretien plus simple que des ouvrages enterrés.

- Les drains et les noues paysagères

Les drains et les noues permettent d'acheminer l'eau naturellement en surface. Les noues, ou fossés engazonnés, permettent aussi le stockage, le traitement et l'infiltration éventuelle des eaux pluviales. Les noues sont végétalisées et comportent généralement un fond drainant constitué de sols perméables. Combinées à certains végétaux, les eaux de ruissellement peuvent être filtrées. Végétalisées et permettant le stockage de l'eau de pluie, les noues participent au rafraîchissement local d'une rue, d'une cour ou d'un espace public.

- Les puits d'infiltration

Les puits d'infiltration recueillent les eaux de ruissellement et permettent leur infiltration dans le sol. Ils sont utilisés notamment pour recueillir les eaux de ruissellement des toits. Leur conception est simple et demande peu d'espace au sol.

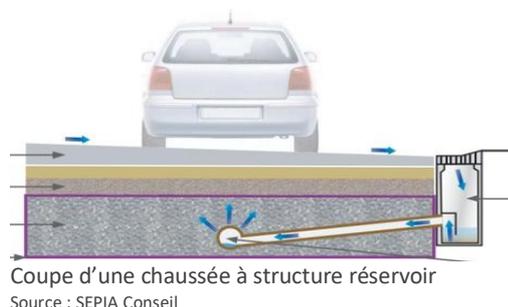
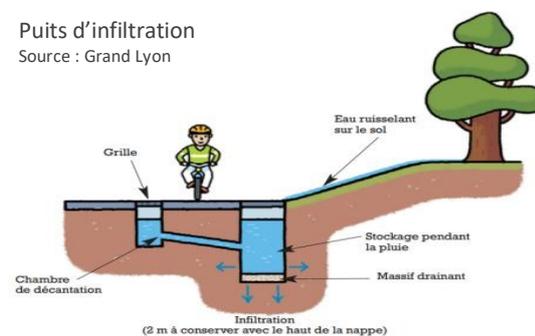
- Les chaussées à structure réservoir

Les chaussées à structure réservoir sont constituées de pavés poreux favorisant l'infiltration de l'eau à la source. Elles ont un albédo plus élevé que le bitume et emmagasinent ainsi moins de chaleur que ce dernier. Associé à un drain, elles permettent d'acheminer les eaux vers un ouvrage de rétention.



Le Parc de Clichy-Batignolles Martin Luther King, Paris (75). Source : VAL'HOR

Puits d'infiltration
Source : Grand Lyon



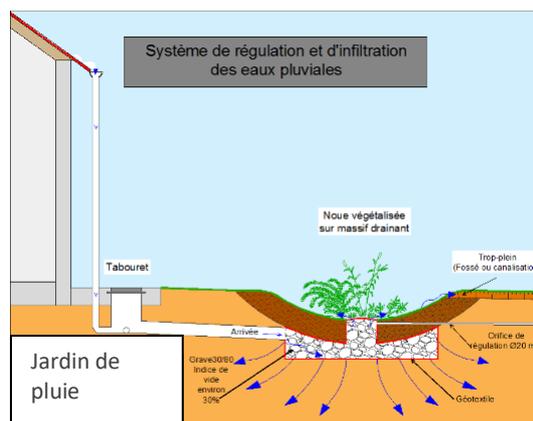
Coupe d'une chaussée à structure réservoir
Source : SEPIA Conseil

B.3 L'îlot et le bâtiment

Favoriser l'infiltration in situ des eaux pluviales

Les stratégies et techniques de gestion des eaux pluviales développées précédemment peuvent être appliquées à l'échelle d'un îlot ou d'une parcelle. Les superficies bâties doivent à ce titre être minimisées afin de maximiser les surfaces perméables. Les toitures végétalisées peuvent également être développées.

L'eau des toitures peut être récupérée et acheminée vers des aménagements de rétention ou d'infiltration : bassins à ciel ouvert, noues, puits d'infiltration, ... De manière générale, les surfaces imperméables au sol



(stationnements, terrasses, cheminements minéralisés, ...) doivent être réduites pour privilégier la végétalisation des espaces et l'utilisation de revêtements perméables. Avant toute construction, un état faune-flore du site doit identifier le couvert végétal et les arbres qui peuvent être préservés.



L'infiltration des eaux pluviales sur site ne pourra néanmoins être mise en place que lorsque les caractéristiques de sols (perméabilité des sols, pollution, cavités souterraines) auront été déterminées et auront validé sa faisabilité.

Encourager la mise en place de toitures végétalisées

Les toitures végétalisées sont une solution efficace pour rafraîchir les toitures et l'air ambiant par évapotranspiration. Elles ralentissent et diminuent l'évacuation des eaux pluviales en retenant une quantité appréciable d'eau de pluie qui permet de compenser la perte de couvert végétal du bâtiment au sol. De plus, la végétalisation des toitures améliore la qualité de l'air et réduit la demande énergétique liée à la climatisation.



Toiture végétalisée intensive et extensive
Source : CG 92

Privilégier l'emploi de revêtements poreux ou perméables pour les espaces extérieurs

A l'instar des revêtements préconisés à l'échelle du quartier, le choix de revêtements perméables ou poreux est à privilégier pour les stationnements et les cheminements présents au sein des îlots ou des parcelles bâties.

C MATERIAUX ET INFRASTRUCTURES

Il a été estimé que les surfaces foncées pouvaient représenter plus de 40% de la superficie d'une ville. Très fréquemment de l'asphalte ou du béton, ces revêtements ont un albédo très faible ce qui signifie qu'ils réfléchissent peu les rayons du soleil et emmagasinent de la chaleur. Il en résulte une élévation de la température ambiante, typique de l'effet d'îlot de chaleur urbain.

À l'échelle de la ville, la préoccupation réside dans la hausse des températures la nuit caractéristique des îlots de chaleur et provoquant des problèmes sanitaires. L'organisme ne pouvant à aucun moment se rafraîchir en période de forte chaleur. Il s'agit de limiter la chaleur dégagée par la surface des villes et des matériaux extérieurs qui la composent.

Une des mesures efficaces pour lutter contre cet effet est d'agir directement sur les infrastructures, les revêtements et les matériaux qui constituent la ville. Le recours à des matériaux à albédo élevé, réfléchissant ou clairs, permet de diminuer cette accumulation de chaleur et de réduire ainsi les îlots de chaleur urbains. Des mesures simples comme les revêtements des espaces publics légèrement colorés ou blanc participent à l'augmentation de l'albédo globale d'une ville.

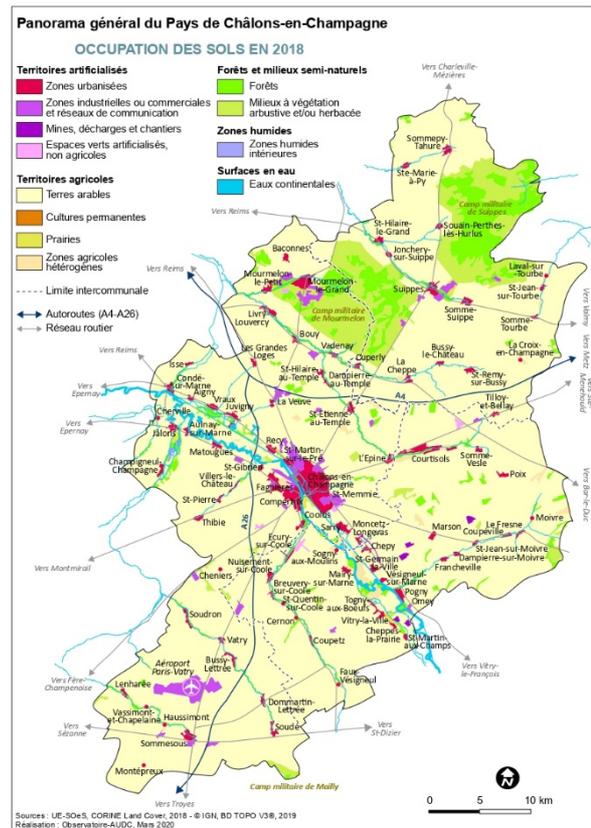
À l'échelle des bâtiments, une autre propriété des matériaux influe sur le confort des habitants en milieu urbain: l'inertie thermique. L'inertie thermique d'un matériau caractérise sa capacité à différer la restitution de la chaleur emmagasinée. Ils ont un rôle important dans les enveloppes bâties et les consommations énergétiques qui en découlent. Le choix des matériaux suivant leur inertie permet de limiter l'utilisation de la climatisation en période de forte chaleur. Face à l'effet d'îlot de chaleur, l'enjeu réside dans la capacité des bâtiments et des matériaux qui le composent à emmagasiner de la chaleur le jour et à la restituer de manière déphasée la nuit, période généralement plus fraîche. Ceci permet au bâtiment de garder une température stable en période de chaleur et offrir ainsi aux habitants plus de fraîcheur « gratuite ».

C.1 Le territoire et la ville

Augmenter l'albédo et l'émissivité globale de la commune

À l'échelle du territoire et de la ville, il s'agit de limiter la part de surface foncée à faible albédo de la superficie de la ville. Ceci passe dans un premier temps par l'augmentation du couvert végétal constituant la ville mais aussi par le choix de matériaux réfléchissant à fort albédo avec une émissivité élevée.

Les surfaces de stationnement, les chaussées, les matériaux imperméables constituant l'espace public et enfin les toitures sont les premières cibles pour un choix de matériaux raisonné. Plus ces matériaux ont une réflectivité (albédo) et une émissivité élevée moins ils emmagasinent de la chaleur et moins ils participent au réchauffement de l'espace



urbain.

On privilégiera les matériaux performants mais aussi un choix des pigments de couleur claire car la couleur agit sur la réflectivité des surfaces concernées.

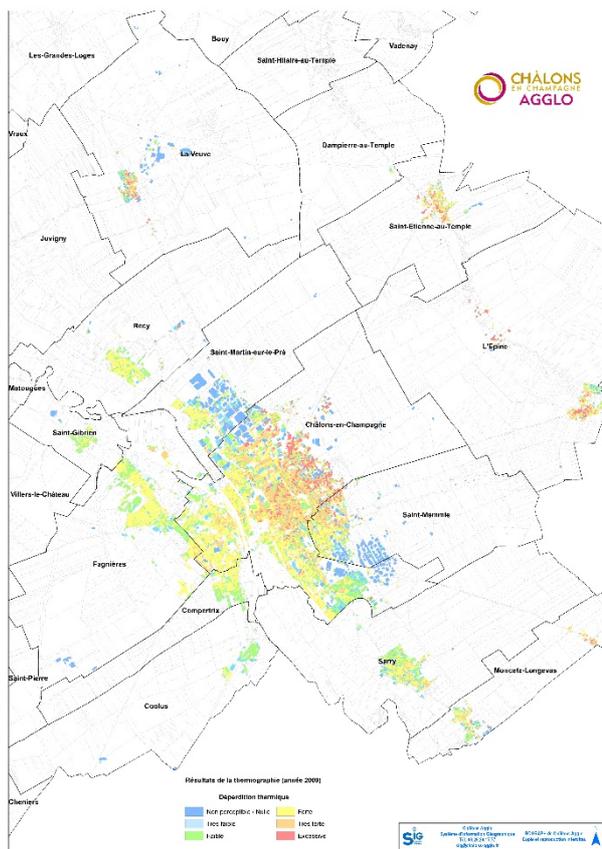
Afin d'agir plus efficacement sur le territoire, il est possible de cibler les surfaces emmagasinant le plus de chaleur grâce à une thermographie du territoire ou de certains quartiers de la ville en été.

L'ensemble de ces actions permettra d'augmenter l'albédo et l'émissivité globale du territoire.

Réaliser une thermographie aérienne du territoire

La thermographie aérienne par infrarouge est une technique de mesure des températures à distance. Elle permet d'établir un indicateur des déperditions thermiques des bâtiments d'une part mais aussi de mesurer la température des surfaces composant l'espace public. La précision de mesure est de l'ordre du dixième de degré. Cette mesure permet d'identifier les points prioritaires d'intervention et d'agir de façon ciblée sur le territoire. Cette action permet également d'identifier les bâtiments les plus énergivores et d'initier par la suite leur réhabilitation thermique.

On distingue ainsi les thermographies d'été et les thermographies d'hiver. En hiver, la thermographie est effectuée de nuit pour évaluer les déperditions thermiques et ne tient pas compte du réchauffement des matériaux par le soleil. En été, la thermographie mesure la capacité des matériaux à surchauffer.

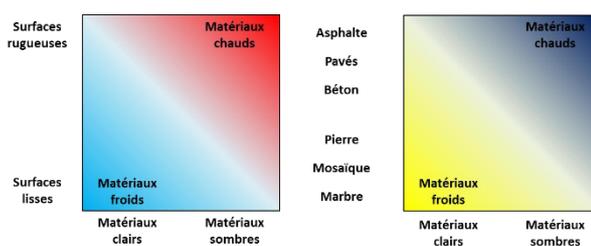


En 2009, une thermographie aérienne a été réalisée sur l'agglomération châlonnaise. Celle-ci a été exploitée et a débouché sur des OPAH et la mobilisation des propriétaires en vue d'améliorer les performances énergétiques de leur logement.

C.2 Le quartier et la rue

Augmenter l'albédo des surfaces minéralisées

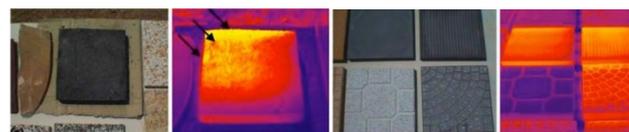
L'asphalte, le béton et le granit sont des revêtements qui accumulent l'énergie solaire en journée et restitue la chaleur emmagasinée la nuit. Ces matériaux, imperméables et sombres, sont de véritables réservoirs de chaleur qui accentuent l'îlot de chaleur urbain. La couleur, la rugosité et les dimensions des matériaux utilisés en surfaces jouent un rôle important dans la capacité à absorber les rayonnements solaires. Afin de lutter



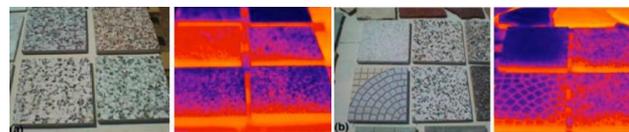
Chaleur caractéristique des matériaux

contre l'effet d'îlot de chaleur, cette absorption doit être limitée.

Le choix des matériaux de surface en fonction de leur albédo permet de lutter contre ce phénomène. Les matériaux à albédo élevé ont la capacité de réfléchir davantage les rayons plutôt que de les absorber. L'absorption de la chaleur est influencée par le type de matériau ainsi que par sa couleur. Les surfaces de couleur pâle, comme le gris, sont à privilégier. Des écarts de température pouvant aller jusqu'à 20°C ont été constatés entre une surface asphaltée et une surface peinte en blanc.



Contraste de température dans la couleur / Différences de rugosité



Phénomènes de transfert de chaleur
Source : The role of materials solar energy outdoor

Des techniques spécifiques permettent d'améliorer l'albédo des surfaces minéralisées existantes, notamment :

- Les pavés inversés consistent à étendre une fine couche de bitume sur laquelle est disposé un granulat à haut albédo,
- L'asphalte et le béton coloré qui par l'ajout de pigments réfléchissant permettent d'augmenter la réflectivité. Très répandu, l'asphalte noir est à proscrire du fait de sa couleur très foncée, il a un albédo très faible.
- Une couche superficielle de béton appliquée sur une chaussée de bitume, le béton ayant un albédo plus élevé avec des températures de surface plus fraîche.

Ces techniques peuvent être en particulier appliquées pour la voirie et les espaces publics.

Favoriser les matériaux perméables

Le choix de matériaux perméables permet d'humidifier les surfaces minéralisées et parfois de végétaliser à minima ces surfaces. Les matériaux à bas albédo sont, de plus, généralement imperméables et ne participent pas à une gestion durable des eaux pluviales.

On distingue plusieurs types de revêtements perméables permettant d'augmenter l'albédo :

- Les pavés végétaux sont installés sur le sol et permettent à la végétation de pousser à travers leurs alvéoles. Ils permettent l'écoulement des eaux de pluie et protègent les racines. D'une conception très résistante, ils permettent la circulation de véhicules.
- Les asphaltes poreux mélangeant des granulats grossiers libèrent l'espace nécessaire à



Revêtements perméables
Source : Permayay

Coefficient valeur écologique par m ² de sorte de surface	Description des sortes de surface
0,0	Revêtement imperméable pour l'air et l'eau, sans végétation (par ex. béton, bitume, dallage avec une couche de mortier)
0,3	Revêtement perméable pour l'air et l'eau, normalement pas de végétation (par ex. clickas, dallage mosaïque, dallage avec une couche de gravier/sable)
0,5	Revêtement perméable pour l'air et l'eau, infiltration d'eau de pluie, avec végétation (par ex. dallage de bois, pierres de treillis de pelouse)
	Espaces verts sur les dalles de rade-chaussée et caracés
0,7	Espaces verts sur dalle
1,0	Espaces verts en pleine terre
0,2	Infiltration d'eau de pluie par m ² de surface de toit
0,5	Verdissement vertical, jusqu'à la hauteur de 10 m
	Planter la toiture
	Espaces verts sans corrélation en pleine terre avec une épaisseur de terre végétale au moins de 80 cm
	Continuité avec la terre naturelle, disponible au développement de la flore et de la faune
	Infiltration d'eau de pluie pour enrichir la nappe phréatique, infiltration dans des surfaces plantées
	Végétalisation des murs aveugles jusqu'à 10 m
	Planter sur les toits de manière extensive ou

Une approche écologique, le CBS [Coefficient de Biotope par Surface] à Berlin - Source : Natur & Stadtgrün

l'écoulement des eaux, offrant au sol une meilleure hydratation. De même en intégrant un gravier de gros calibre au béton.

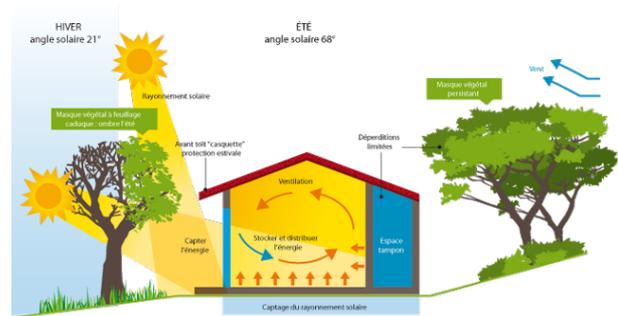
- Des dalles imperméables disposées les unes à côté des autres laissant percoler l'eau de pluie dans des joints perméables. Ce dispositif convient particulièrement aux espaces publics (rues piétonnes, cours, place, stationnement...).
- Les structures engazonnées par leur forme alvéolée permettent la végétalisation et supportent des charges lourdes comme par exemple sur les aires de stationnements.

C.3 L'îlot et le bâtiment

Suivre les principes de l'architecture bioclimatique

En été, la surchauffe des bâtiments pousse à l'utilisation des climatiseurs qui rafraîchissent l'air intérieur mais dégagent de la chaleur à l'extérieur augmentant ainsi l'îlot de chaleur.

Une conception bioclimatique, pour un bâtiment neuf ou une réhabilitation d'un bâtiment existant, permet de protéger les bâtiments des surchauffes en période estivale et donc de limiter l'utilisation des climatiseurs. Sont pris en compte l'orientation du bâtiment, le confort thermique et la conception de l'enveloppe pour laquelle le choix des matériaux est primordial. Le choix concernant l'isolation, l'étanchéité, l'inertie thermique (voir ci-après), les baies vitrées ou encore les protections solaires sont indispensables pour assurer le confort d'été des bâtiments.



Principes de base d'une conception bioclimatique
Source : RT2012

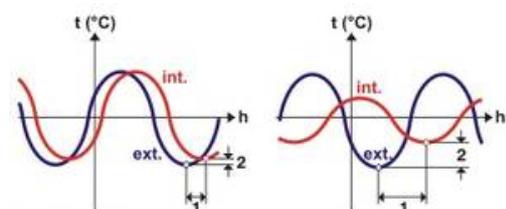
Le choix des matériaux de construction en fonction de leur albédo peut également contribuer à lutter contre les îlots de chaleur.

Intégrer l'inertie thermique dans le choix des matériaux

L'inertie thermique d'un matériau mesure sa capacité à accumuler de la chaleur et à en différer la restitution après un certain temps (temps de déphasage).

Les matériaux à forte inertie permettent d'emmagasiner et de stocker la chaleur, évitant qu'elle ne se retrouve dans l'air ambiant. La chaleur contenue dans les matériaux de forte inertie ne sera restituée à l'environnement que six à dix heures après que ceux-ci aient commencé leur stockage, soit vers la fin de la journée, au moment où il sera possible de faire entrer de l'air plus frais dans les bâtiments. Les matériaux ayant une bonne inertie thermique sont par exemple la pierre, le béton, la terre crue et la brique.

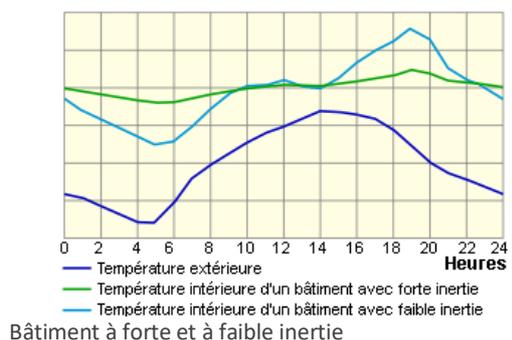
Pour maximiser le potentiel de fraîcheur qu'offre



1: déphasage
2: amortissement

Faible inertie thermique Forte inertie thermique

Inertie thermique d'un matériau
Source : Manuel de bonnes pratiques architecturales - éco-construction et efficacité énergétique dans les bâtiments



une forte inertie des matériaux à l'intérieur des bâtiments, il serait idéal de placer les parois à forte inertie là où il y a de l'ensoleillement et veiller à ce qu'au moins 50 % des parois des pièces soient à forte inertie. Une forte inertie thermique permet d'éviter les surchauffes en conservant la fraîcheur de l'air nocturne pendant toute la journée, tout en gardant la fraîcheur dans le bâtiment grâce à une bonne isolation et une bonne étanchéité.

L'isolation par l'extérieur, lorsqu'elle est possible, permet de conjuguer une bonne isolation thermique en hiver et une bonne inertie thermique favorisant le confort d'été en limitant le recours au rafraîchissement actif comme la climatisation.

Privilégier les toitures blanches

A l'échelle bâtimentaire, les toits sont les surfaces les plus exposées aux rayonnements du soleil. Récemment des matériaux de revêtement de toiture ont été développés pour lutter spécifiquement contre l'effet d'îlot de chaleur urbain. Des produits comme les membranes élastomères ou polyurées, les tuiles et graviers pâles sont des matériaux à haut albédo qui peuvent s'appliquer en toiture.



Toiture de supermarché
Source : Coolroof

Les membranes réfléchissantes ont une durée de vie deux à trois fois supérieure à un toit conventionnel avec un taux de réflexion de 80%.

Les enduits réfléchissant, revêtement apparenté à la peinture, s'appliquent sur les toits de bitume conventionnels avec un rouleau ou une brosse et augmentent ainsi la réflectivité des toitures.

Les graviers blancs s'installent sur une toiture conventionnelle et ont une qualité de réflexion intrinsèque.

L'utilisation de ces matériaux est recommandée pour les toits plats uniquement car installés sur un toit en pente ils peuvent créer un éblouissement.

De même que pour les toitures, le choix de revêtement pâle ou d'une peinture blanche pour les murs est et ouest, particulièrement frappé par le soleil en été, permet de diminuer la chaleur de l'air avoisinant et des habitations.

BIBLIOGRAPHIE

- « Agir contre les îlots de chaleur urbains (ICU) » - Agence d'urbanisme, Région nîmoise et alésienne - 2014
- « Boîte à outils- air, climat & urbanisme » - Agence d'urbanisme de la région grenobloise – 2014
- « Caractérisation des îlots de chaleur urbains par zonage climatique et mesures mobiles : cas de Nancy » - François Leconte – 2014
- « Cartographie des îlots de chaleur » - Cerema – 2019
- Cartographie des îlots de chaleur proposée par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île de France
- Cartographie des îlots de chaleur urbains basée sur le traitement automatisé d'images satellitaires – Cerema 2019
- Cartographie des LCZ Local Climate Zone Métropole du Grand Nancy – Cerema - 2019
- « Chaud dehors ! De la fraîcheur face aux îlots de chaleur urbains » – Regards environnement - 2018
- « Construire des villes résilientes, étude de la vulnérabilité aux fortes chaleurs » – ECOTEN – 2019
- « Diagnostic de la surchauffe urbaine, applications territoriales » – ADEME -2017
- « Du diagnostic à la cartographie des îlots de chaleur urbains : outils, méthodes, applications » - Marjorie Musy – Cerema -
- « Favoriser les formes urbaines et les espaces publics agréables à vivre, les phénomènes d'îlots de chaleur en milieu urbain dense » – Euroméditerranée – 2010
- « Guide de recommandation pour lutter contre l'effet d'îlot de chaleur urbain à destination des collectivités territoriales » – Ademe - 2012
- « Guide sur le verdissement pour les propriétaires institutionnels, commerciaux et industriels / contrer les îlots de chaleur urbains » - Conseil régional environnement Montréal -2010
- « Intérêts des images visible et infrarouge du satellite Landsat-8 pour modéliser l'îlot de chaleur urbain a presidente prudente (sp) » – Brésil. XXIXe colloque de l'association internationale de climatologie », Jul 2016, Besançon, France.
- « La vulnérabilité de la ville à la chaleur par l'approche zones climatiques locales » – Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île de France- 2014
- « Les îlots de chaleur urbains - l'adaptation de la ville aux chaleurs urbaines» IAU (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île de France) – novembre 2010
- « Les îlots de chaleur urbains - répertoire de fiches connaissance » IAU (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île de France) – Novembre 2010
- « Les îlots de chaleur urbains » – Agence de développement et d'urbanisme de Lille métropole – 2017
- « Les îlots de chaleur urbains à Paris – cahier 2 » APUR (Atelier Parisien d'Urbanisme) – mai 2014
- « Les îlots de chaleur urbains à Paris – phase 1 » APUR (Atelier Parisien d'Urbanisme) – décembre 2012
- « Les îlots de fraîcheur dans la ville » - note de l'ADEUS n°140, novembre 2014
- « Urbanisme & (micro-)climat / outils et recommandations générales pour les documents de planification / guide méthodologique issu du projet MApUCE » -2019



LES OBSERVATOIRES | ENVIRONNEMENT

NOTE D'ANALYSE

Contact

Renaud Mielcarek
r.mielcarek@audc51.org