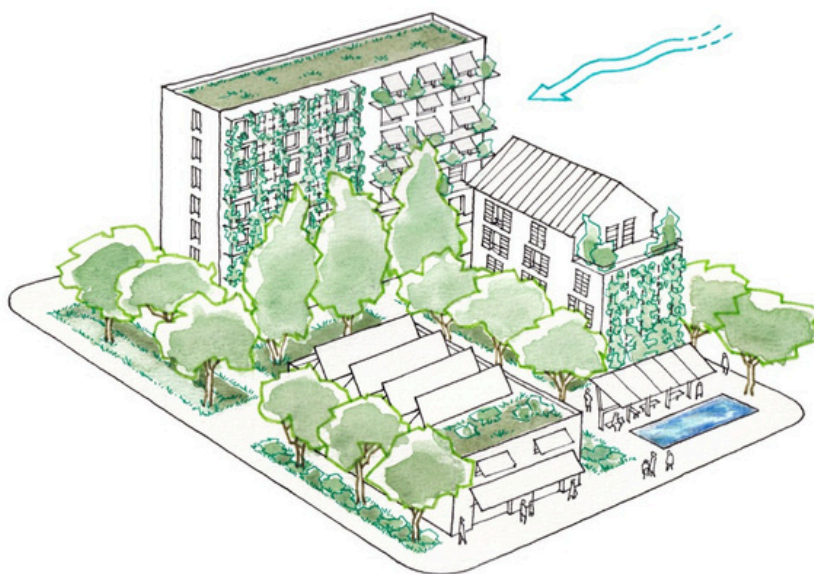


L'Îlot de chaleur urbain (ICU)

Fiche technique

*Compléments de précisions des critères¹ du référentiel
Quartiers durables franciliens.*

*Document à destination des Accompagnateurs d'opérations engagés dans la démarche
QDF.*



Juillet 2024

Illustrations : François Perot

Critère 3.1.3 = «Une note sur les îlots de chaleur urbains interroge le projet sur le choix de l'albédo des revêtements, le positionnement des bâtiments par rapport aux vents, sur l'effet Venturi, sur l'importance de la végétation (dont évapotranspiration), la gestion de l'eau, la perméabilité des matériaux au sol ...» -Prérequis Bronze

Sommaire

Sommaire	2
Avant-propos	3
1/ Check-list générale	5
I. DONNÉES CLIMATIQUES ET NORMALES SAISONNIÈRES	5
II. EXPOSITION	7
III. ACTIVITÉS HUMAINES	7
IV. MATÉRIAUX	8
V. POTENTIEL DE RAFRAÎCHISSEMENT	9
2/ Solutions de rafraîchissement	12
I. NEUF	12
II. RÉNOVATION / RÉHABILITATION	12
III. INDIFFÉRENCIÉ	13

Avant-propos

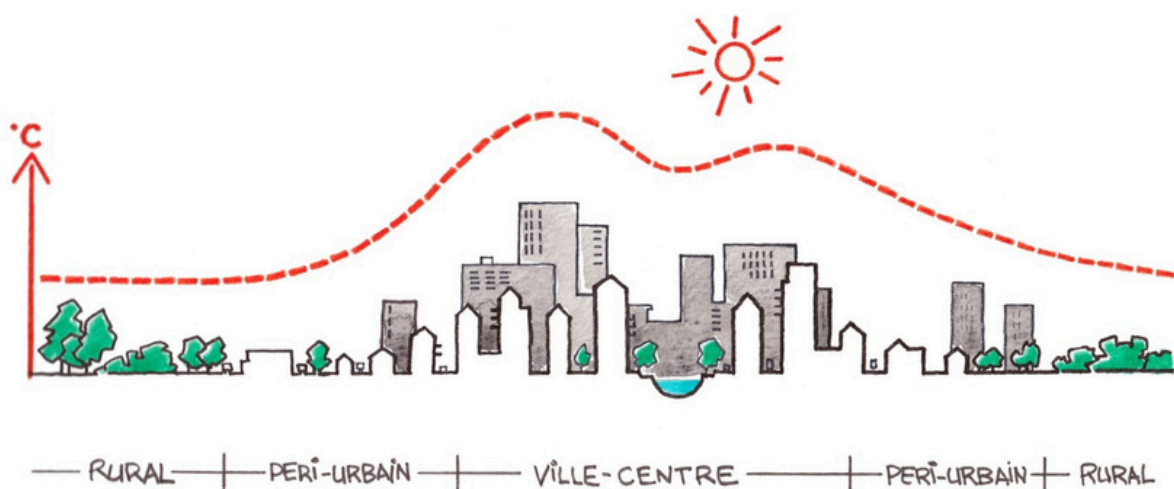
Appréhender le phénomène ICU/inconfort thermique d'été sur son opération QDF

Il est vivement recommandé de faire intervenir simultanément le paysagiste, le BE VRD/gestion des eaux de pluies, un BE environnement, l'urbaniste et au besoin un BE aéraulique. La conception urbaine, architecturale et paysagère est un élément clé du raisonnement, et la réflexion autour de l'ICU est l'affaire de tous : elle ne saurait s'adresser uniquement qu'à un BET.

Généralités et histoire du phénomène

Le phénomène d'îlot de chaleur urbain est appréhendé par les êtres humains dans nos villes depuis qu'elles existent (il y a près de 10 000 ans pour le village de Çatal Höyük, mais plus globalement depuis la fin du néolithique, vers 4500 avant JC pour les premiers groupements sédentaires apparentés à nos villes actuelles). D'abord limité aux latitudes où le climat est le plus chaud, il a été appréhendé à partir du XIXe siècle en tant que phénomène scientifique, grâce notamment aux premières mesures climatiques enregistrées en observatoires. C'est aussi à cette période que les villes ont subi de grandes transformations héritées des révolutions industrielles successives (arrivée du chemin de fer, fumées d'usines, revêtements minéraux systématisés, montée en puissance de la voiture...).

L'ICU se caractérise en premier lieu par une température nocturne en ville plus élevée qu'à la campagne, de l'ordre de 4 à 8°C en fonction des situations (météo du jour, albédo, formes urbaines, activités humaines). Plus intense durant l'été, le phénomène se rencontre également durant la saison hivernale, dans des proportions moindres.



La canicule de 2003, dans la mesure où elle a concerné l'ensemble des régions françaises et européennes et frappé les esprits par la mortalité induite, a donné un coup d'accélérateur aux études et à leur médiatisation. Depuis, les épisodes caniculaires sont de plus en plus rapprochés, les années record en termes de chaleur se succèdent², et le dernier rapport du GIEC nous enseigne que ces événements liés au changement climatique seront de plus en plus fréquents et de plus en plus intenses. Il y a fort à parier que l'impact sur la santé des êtres vivants sera également de plus en plus important (décès, stress, insomnies) et plus courant si rien n'est fait pour endiguer le phénomène. Nos infrastructures et nos modes de vie sont également directement impactés et les chaleurs étouffantes pourraient bien avoir raison de nos réseaux, de notre alimentation en énergie, de nos espaces verts et même des activités en extérieur.

Dès lors, il est utile de comprendre comment appréhender le phénomène à l'échelle du projet d'aménagement (par exemple via la démarche QDF). Le phénomène sera donc appréhendé et développé dans sa diversité. S'il s'agit avant tout d'une bulle d'air chaud, de nombreux indicateurs permettent de détecter sa formation, que ce soit la température du sol, des surfaces, ainsi que celle de l'air.

Structuration du document

Le présent document a pour but de caractériser l'effet d'îlot de chaleur urbain et plus particulièrement la contribution du projet d'aménagement à l'inconfort thermique extérieur et au phénomène d'îlot de chaleur urbain. Il s'agit donc avant tout d'un pense-bête pour réaliser un bon diagnostic. Il s'adresse aux accompagnateurs QDF, au personnel d'Ekopolis ainsi qu'aux utilisateurs du site ekopolis.fr.

La liste ci-après développe deux situations différentes pour guider l'étude ICU du projet QDF. Un volet solution est développé ensuite, permettant de donner des pistes d'actions aux équipes de MOE pour limiter ou infléchir le phénomène, afin de garantir à tous et toutes un confort et de protéger les plus vulnérables. Ce dernier volet tend également à esquisser les caractéristiques de l'îlot de Fraîcheur Urbain (IFU), véritable but à atteindre pour les équipes de conception.

Dans tous les cas, la hiérarchie par les lettres de l'alphabet propose des actions à partir de ce qui peut être aisément mis en place jusqu'à des actions plus innovantes ou nécessitant une plus grande logistique. Les médailles Bronze, Argent et Or sont associées aux niveaux de reconnaissance de la démarche QDF. En fonction du niveau visé, certains attendus sont donc obligatoires.

² 2022 attestée comme l'année la plus chaude jamais mesurée en France, avec une température moyenne de 14,5 °C.

1. Check-list générale

Partir du premier dessin du plan guide et l'analyser selon ces critères généraux afin de proposer des optimisations.

I. DONNÉES CLIMATIQUES ET NORMALES SAISONNIÈRES

1. APPROCHE SENSIBLE

- Interroger les habitants, les riverains ou les anciens utilisateurs sur leur ressenti (enquête sensible) de confort estival dans le quartier et/ou effectuer une visite du quartier durant la période estivale, spécifiquement lors des moments d'ensoleillement des zones extérieures, afin d'évaluer au mieux le degré de confort ou d'inconfort.

2. APPROCHE ANALYTIQUE/DOCUMENTAIRE



- Préciser votre localisation, le contexte dans lequel s'implante votre projet (urbain dense, périurbain, rural) et la distance qui vous sépare de la station météorologique la plus proche.



- Consulter les moyennes des températures ainsi que les températures maximales relevées lors de la saison estivale (de mai à octobre minimum) sur le projet, d'après la station météorologique la plus proche, qui est à mentionner. Les stations par département franciliens peuvent être consultées [ici](#).



- Présenter une analyse critique du fichier météo (normales de températures, rose des vents, nombre de jours de sécheresse...) et s'assurer que celui-ci reprend bien les années 2003 et 2019 à minima.

Nota: Plus votre fichier sera récent, plus votre analyse sera précise. En effet, l'on cherche ici à obtenir des données réalistes pour modéliser le plus précisément possible les températures dans lesquelles le projet va évoluer. Si le contexte du fichier météo est sensiblement différent du votre (aéroport, grand espace vert périphérique), opter pour une station similaire en termes de caractéristiques physiques.



- Faire une projection de ces températures selon le scénario le plus défavorable du rapport du GIEC 4 (SSP3-7.0 et SSP5 -8.5). Le site du [DRIAS](#) vous permet notamment d'obtenir des projections climatiques.

Nota: dans l'abonnement [MétéoNorm](#) le plus récent, il vous est également possible de sélectionner les climats dégradés de type GIEC 2070. Attention, les fichiers météo existants proposent, la plupart du temps, des températures inférieures à celles constatées lors des vagues de chaleur actuelles et à celles attendues dans les décennies à venir. Une fois ces données "réalistes" (contrairement aux fichiers météo dits "actuels") obtenues, vous pourrez alors modéliser au mieux le comportement des matériaux en présence selon leur exposition et l'impact additionnel des activités humaines (voir II et III).

- Consulter la thermographie aérienne d'été ou un relevé thermique par avion via radiomètre sur la zone pour appréhender la surchauffe de ces espaces.

Nota: Vous pouvez vous aider des [Cartes de l'Institut Paris Région](#), des thermographies de l'APUR ou des PCAET, ainsi que des données IGN

³ Plusieurs manières de procéder ici : acquérir les données météo auprès du [catalogue MétéoFrance](#). S'abonner, chez Izuba, au pack V8 de la société Suisse Météonorm.

⁴ <https://www.ipcc.ch/languages-2/francais/>

Pour aller plus loin

- Proposer une réflexion sur les fichiers météo “dégradés” pour y intégrer davantage de canicules et se rapprocher ainsi des conditions météo attendues dans les prochaines décennies. Il est donc nécessaire d’éditer le fichier météo en augmentant manuellement le maximum de températures rencontrées à la saison chaude et de proposer plusieurs épisodes de canicule.
- Afin de vérifier si le projet se situe dans un ICU existant, réaliser une étude rayonnement infrarouge au regard de l’indicateur Land Surface Température (LST) c’est-à-dire de la T°C du sol (Satellite Landsat 8 avec bandes spectrales IR sont [téléchargeables ici](#)). Ces prises de vues permettent d’identifier l’îlot de chaleur de surface par télédétection. Les prises de vue lors d’une journée de canicule sont recommandées (de type août 2003 ou juin et juillet 2019/2022).
- Pour évaluer les surchauffes estivales (plus de 30°C) liées aux matériaux de façades, de toiture et les revêtements de sols extérieurs (+ précis, niveau ultime), passer le projet à la caméra thermique ou thermomètre numérique à rayonnement infrarouge.
- Positionner des capteurs de T°, de vitesse des vents (anémomètre sonique ou à coupelle) et d’humidité en plusieurs points (hauteur d’homme soit environ 1,5m de haut mais aussi en hauteur 7m de haut-15m de haut, à l’ombre selon les héliodons) à l’image des stations thermiques déjà existantes en plusieurs points dans la ville, ou dans les jardins de particuliers/appui de fenêtres.
- Effectuer en complément des mesures fixes une campagne de mesures mobiles du phénomène (à vélo ou à pied) dans les rues adjacentes au projet (T°, vitesse des vents et humidité) et transmettre ces informations à la collectivité (ville, EPT) ou à l’aménageur
- En cas de financements liés à des AAP/AMI régionaux, nationaux voire européens, calculer l’indice de confort UTCI (qui calcule les échanges de chaleur entre les êtres humains et leur environnement) à l’aide de stations mobiles disposées en différents points sur la parcelle.

II. EXPOSITION

- Positionner sur un plan masse les vents dominants et la course du soleil, afin de déterminer les zones à enjeu de confort et d’optimiser l’implantation des bâtiments et des espaces extérieurs d’un point de vue bioclimatique.





- Réaliser un héliodon⁵ afin d'identifier, au solstice d'été, les zones les plus exposées au soleil et sur lesquelles les efforts devront ensuite être particulièrement concentrés. Cette modélisation permet également de connaître les lieux où les bâtiments apportent de l'ombre.



- Réaliser une étude d'irradiation⁶ solaire, afin de déterminer l'amplitude de l'exposition des espaces extérieurs et des façades (cela permet de quantifier l'énergie solaire reçue par m² de surface).



- Réaliser une étude d'ensoleillement et indiquer si les lieux les plus exposés au soleil et à l'abri du vent seront fréquentés ou non par les futurs usagers (dont les riverains côté espaces publics, ainsi que les voisins immédiats).

Pour aller plus loin

- Réaliser un héliodon synthétisant les ombres portées sur l'ensemble de la période de l'année (à présenter sous la forme d'une petite vidéo ou d'une cartographie du cumul).

III. ACTIVITÉS HUMAINES

Afin de mesurer les contributions des activités humaines, identifier les sources de chaleur anthropiques, en répondant aux questions suivantes :



- Décrire si le quartier se situe dans une zone couramment polluée par le biais d'une étude qualité de l'air ou des données Airparif
Nota : La pollution de l'air concerne notamment les oxydes nitreux, les particules fines, les composés organiques volatils ainsi que l'ozone. Ces derniers contribuent, par effet de serre, au réchauffement de l'air. Parallèlement, les températures élevées et l'absence de vent favorisent la pollution de l'air.



- Indiquer si le quartier se situe à proximité immédiate d'un axe routier (moins de 150m), s'il existe un stationnement-minute, des transports en commun ou une activité industrielle sous le vent dominant.



- Indiquer la présence de systèmes de rafraîchissement ou climatisation dans le quartier, leur positionnement et leur incidence.

IV. MATÉRIAUX



- Caractériser les matériaux extérieurs mis en oeuvre dans les espaces publics et préconisés sur les différents lots (façades, revêtements de sols, toitures) : leur inertie (par transmission -diffusivité des matériaux -ou par absorption -effusivité des

⁵ Par exemple via Archiwizard, Izuba, SketchUp ... (liste non exhaustive)

⁶ Logiciels non exhaustifs : Calsol, Meteodyn, PVGIS

matériaux), leur temps de déphasage et leur albédo (pouvoir réfléchissant), caractériser la perméabilité des matériaux de sols.



- Expliquer le travail effectué pour améliorer le confort thermique en extérieur dans chacune de vos descriptions des matériaux: le matériau induit-il un inconfort thermique des espaces extérieurs le jour (comme des matériaux à fort albédo par exemple) ou aboutit-il à la formation d'un îlot de chaleur urbain la nuit (restituant la nuit le rayonnement infrarouge stocké durant la journée).



- Indiquer si les matériaux au comportement thermique "problématique" sont situés dans des zones à enjeu (à l'abri du vent, en plein soleil, à côté d'usages récurrents...) de manière prolongée (au moins deux heures).

Précisions

Préciser le choix de ces matériaux au regard de leur positionnement, leur comportement et de leur rôle dans le maintien du confort d'été ou de leur résilience face aux chaleurs estivales.

V. POTENTIEL DE RAFRAÎCHISSEMENT

Afin de mesurer la faculté du quartier à se décharger en calories :



- Inventorier les espaces verts et le patrimoine végétal⁷ dans un rayon de 500m en tous points autour du quartier afin de déterminer l'impact d'un halo de fraîcheur. Décrire si ces espaces sont sous le vent dominant afin de mesurer le phénomène.



- Recenser le végétal afin de mesurer l'ombrage et le potentiel d'évapotranspiration⁸ dans le quartier (surfaces végétalisées et épaisseurs de terre, type de substrat, essences et forces des sujets, taille du houppier, nombres de strates végétales... en pleine terre ou taille de la fosse en m³). Selon les zones exposées ou non au soleil et aux vents, communiquer le ratio m² des espaces libres, m² des espaces végétalisés et m² des espaces minéralisés. L'accès du végétal à l'eau est ici primordial.

Pour aller plus loin...

Dessiner l'impact du rafraîchissement induit par les espaces verts avoisinants et sur le projet à l'aide de prise d'une cartographie représentant les isolignes de températures. Cette représentation implique des mesures de multiples de températures, du centre de l'espace vert jusqu'à sa périphérie, dans un rayon de quelques centaines de mètres.

⁷ Le patrimoine végétal fait très souvent l'objet d'un recensement dans les communes d'Île-de-France. Certaines d'entre elles se dotent d'outils pour référencer les îlots de fraîcheur urbains. Pensez à les questionner !

⁸ Pour mémoire, un chêne adulte évapore près de 1000L d'eau par jour contre 75L d'eau pour un bouleau.



- Préciser le(s) mode(s) de gestion des Eaux Pluviales , (abattement, infiltration, gestion aérienne et gravitaire, gestion paysagère ou gestion au “tous tuyaux”) pour évaluer le potentiel du végétal à puiser dans les ressources en eau et donc à évapotranspirer (selon les essences), en préconisant en premier lieu un abattement des pluies courantes par gestion paysagère (selon le type de sol) ou tamponné en toiture végétalisée (Prérequis Bronze).



- Rechercher si un plan d'eau ou autre dispositif de rafraîchissement est à proximité immédiate du quartier (250m) ou sous le vent dominant afin de permettre au projet de bénéficier de l'effet de brise thermique



- Matérialiser sur un plan masse les flux/circulations d'air au regard des élévations, failles, géométrie des espaces extérieurs (cœur d'îlot, cour, parvis, ...), de l'effet venturi et des vents dominants estivaux... et le commenter



- Calculer le facteur vue du ciel⁹ des espaces extérieurs.

Nota : Dans le cas où celui-ci est élevé, la ventilation sera alors plus facile, la dispersion du rayonnement infrarouge des matériaux, plus aisée. Cela aboutira à la descente des températures lors de la nuit et permettra de se prémunir de la formation d'un ICU. Cet indicateur est d'autant plus important que la zone présente un enjeu fort (zone exposée au rayonnement solaire et dont les matériaux émettent de la chaleur).

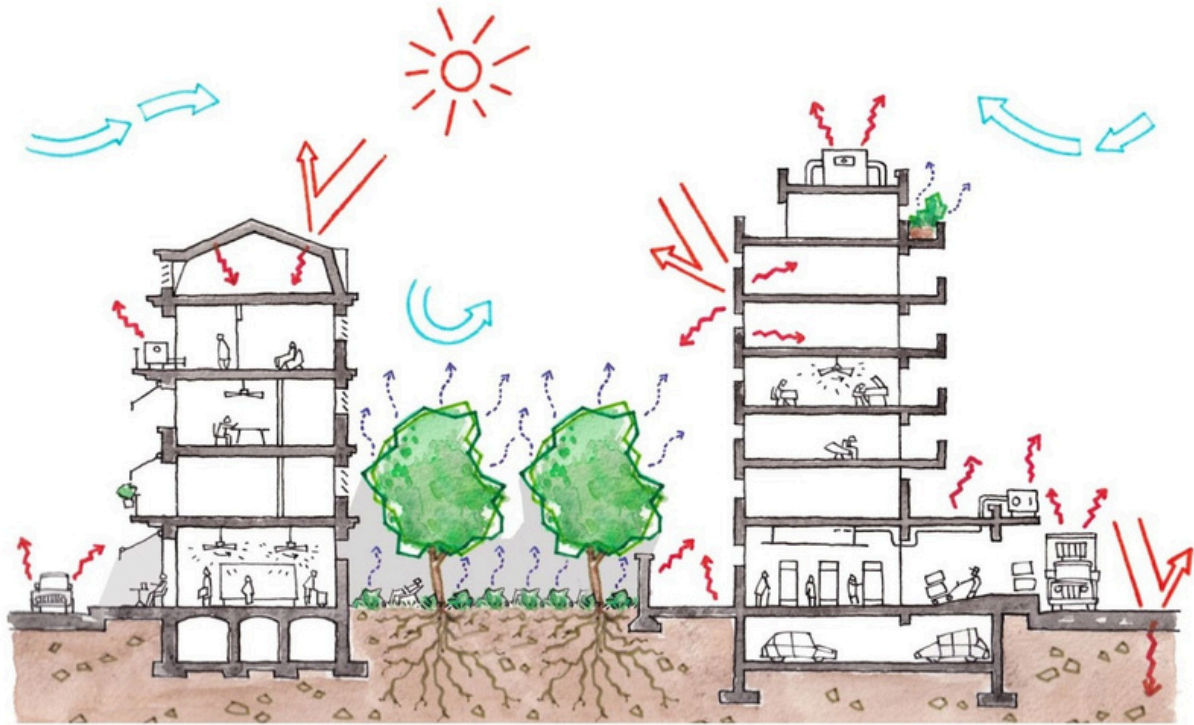
Pour aller plus loin...

- Afin de détecter un éventuel effet canyon, calculer le rapport H/L (hauteur des bâtiments/distance entre les bâtiments) si présence de cour intérieure ou dans le cadre d'un cœur d'îlot dans une opération de plusieurs bâtiments. Cet indicateur est à critiquer au regard de l'exposition solaire et des vents.
- Réaliser une étude aéraulique¹⁰ en fonction d'une maquette 3D pour mesurer l'écoulement des vents autour du projet, la rugosité des matériaux en présence ou préconisés dans la Fiche de lot, le CPAUPE... Cette étude peut également intégrer la question de la dispersion des polluants (Prérequis Or)

⁹ Proportion de la voûte céleste visible par l'observateur.

¹⁰ On peut citer, sans être exhaustif, Contam, Fluent, IZUBA, Revit, Solidwork Flow Simulations, Soleneos, Urbawind...

➡ Résumer à l'aide d'un plan/croquis les éléments participant à la formation d'un ICU à l'échelle élargie du projet d'aménagement: le potentiel d'ICU lors des fortes chaleurs estivales et le rafraîchissement possible pendant la nuit au regard de ces données peuvent être dessinés sur un plan masse et/ou une coupe.



Coupe en contexte existant avec les divers types d'éléments rayonnants (toitures, équipements, façades, sols...); dessin à la main, mise en couleur aquarelle ou aplats schématiques Photoshop.

2. Solutions de rafraîchissement

Les solutions suivantes sont à mettre en oeuvre dans les espaces publics et à préconiser dans les documents cadre (Fiche de lot, CPAUPE,...) afin de tendre vers un îlot de fraîcheur :

Attention, le contexte patrimonial peut constituer une contrainte majeure dans la mise en oeuvre de certaines des solutions ci-dessous.



- Composer le plan masse pour favoriser le bioclimatisme et optimiser le confort saisonnier des espaces publics et du bâti.



- Végétaliser en priorité en pleine terre avec le recours à de multiples strates paysagères (au moins arborée et herbacée). Ces surfaces de pleine terre sont à déterminer au cas par cas (prérequis Bronze/Argent/or) et leur proportion doit s'adapter au contexte urbain (modulé selon la densité).
- Multiplier les strates paysagères et notamment les arbres sur le projet et les lots.
- Végétaliser les toitures et les façades (à l'aide de dispositifs low-tech / végétalisation intensive ou semi-intensive sur plus de 25 cm d'épaisseur de substrat) en priorité là où l'exposition solaire est importante et partout où cela est possible.
- Préconiser des occultations solaires extérieures performantes et/ou doter le bâtiment d'une surfaçade /surtoiture afin d'éviter le chargement en rayons infrarouges des vitrages et des parois opaques
- Préconiser de peindre les toitures en blanc s'il n'est pas possible de les végétaliser pour des raisons patrimoniales¹¹ ou structurelles.
- Préconiser des revêtements clairs (à albédo élevé) et/ou les matériaux à faible/forte inertie (selon la stratégie choisie) en prenant en compte le risque d'éblouissement et de rayonnement supplémentaire (façades, revêtements de sols, mais surtout toitures).

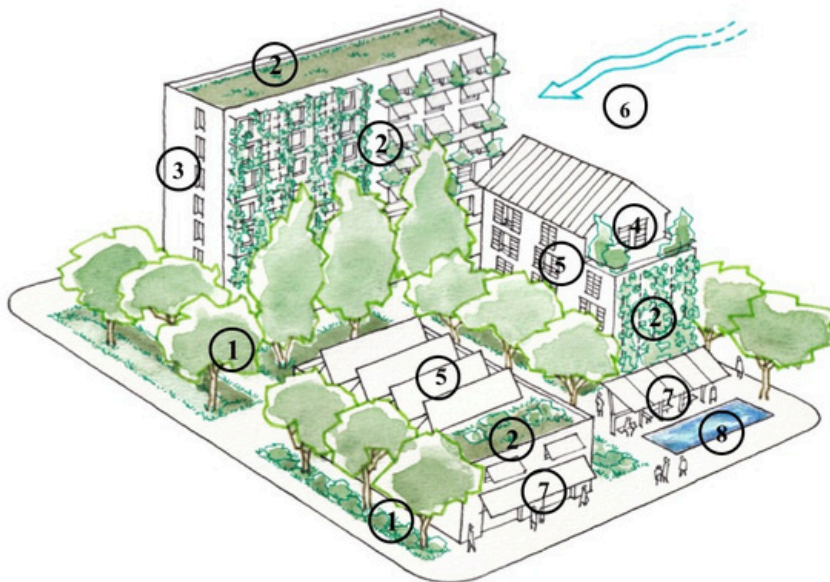


- Préserver les arbres existants pour maximiser le potentiel d'évapotranspiration et d'ombrage. Cela nécessite des études particulières : diagnostic phytosanitaire et précautions à prendre en phase chantier pour empêcher le tassement des sols, les blessures au niveau des racines, du tronc et du houppier.
- Lutter contre l'artificialisation des sols notamment en débituminant et déminéralisant les espaces extérieurs pour les végétaliser. À réaliser en priorité

¹¹ L'avis éventuel de l'ABF peut interférer sur ce point.

selon les zones les plus à risques (les plus exposées et les moins ventées), susceptibles de dégrader le confort thermique extérieur et de favoriser l'ICU.

- Préconiser des zones ombragées (dont les zones de stationnement et jardins d'enfants) à l'aide de mobilier (ombrières, galeries, pergolas, toiles,...), de végétation dans les espaces extérieurs fréquentés.
- Éviter le recours à un système de climatisation .
- Faire circuler de l'eau non potable dans les zones minérales, en cas de besoin de rafraîchissement immédiat (rayonnement solaire direct). Pour des besoins ludiques, l'eau potable est nécessaire (sauf avis contraire de l'ARS).
- Au regard du plan de déplacement, concentrer les usages estivaux sur les espaces les plus abrités du soleil et/ou dans une zone permettant au vent de dissiper la chaleur sans rendre inconfortable ces derniers.
- Préconiser des zones ombragées sur les espaces publics (dont les zones de stationnement et jardins d'enfants) à l'aide de mobilier (ombrières, galeries, pergolas, toiles,...), de végétation dans les espaces extérieurs fréquentés.
- Étudier les gabarits et l'implantation du bâti permettant à l'air de circuler jusque dans les cœurs d'îlot en prenant en compte les vents dominants d'été ET d'hiver.



Axonométrie d'un îlot urbain avec différentes configurations de bâtiments (ancien, récents, logements, industriel, toits plats et en pente...) et différentes solutions mises en œuvre : végétalisation toits & sols, arbres, revêtements et couleurs de façade et de toit, surfaçade, etc... Dessin à la main, mise en couleur aquarelle ou aplats schématiques Photoshop.

Légende

1. Multiplier les strates paysagères en pleine terre et notamment les arbres
2. Végétaliser les toitures et les façades (à l'aide de dispositifs low-tech).
3. Privilégier les revêtements de façade clairs (à albédo élevé) et/ou les matériaux à faible / forte inertie.
4. Peindre les toitures en blanc s'il n'est pas possible de les végétaliser pour des raisons patrimoniales ou structurelles.

5. Préconiser des occultations solaires extérieures performantes et/ou doter le bâtiment d'une surfaçade /surtoiture.

6. Étudier la forme du bâti pour permettre à l'air de circuler en façade et dans le cœur d'îlot. Elle tient compte des vents dominants d'été ET d'hiver.

7. En cas de besoin de rafraîchissement immédiat et en dehors des moments où le rayonnement solaire est direct, faire circuler de l'eau non potable dans les zones minérales pour rafraîchir le projet.

8. Dans les espaces extérieurs fréquentés, proposer des ombrages à l'aide de mobilier (protections solaires extérieures) ou de végétation.