

**GUIDE MÉTHODOLOGIQUE
POUR LA TRANSFORMATION DES RUES ORDINAIRES**

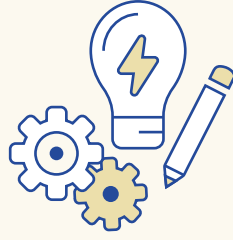


ADEME

Richez_Associés

Franck Boutté Consultants

Leonard



Préparer

COMPRENDRE



L'existant

Diagnostic Sensible

Synthèse des **attentes**
et des **besoins**

Diagnostic technique

Moyens : Données d'entrée
Livrable : **Bilan de l'état initial**

Compréhension empathique

Diagnostic

Orientations de transformation

Spatialisation des besoins

Paramètres et facteurs d'évaluation

Leviers d'action

Objectifs



Design Thinking

Définition

→ Organiser

Rue paysage

Rue ludique et sportive

Rue événementielle

Rue ...

Esquisse des scénarii

Idéation

Cohérence entre les leviers d'action

Capacité de mobilisation des acteurs

Faisabilité technique et opérationnelle

Priorisation de scénario

Le programme



Diagnostic écologie

Au cœur de la rue se jouent des enjeux écologiques majeurs liés à la construction de la ville résiliente. Il est indispensable d'établir, à l'aune des objectifs de la Rue Commune, un état des lieux lié de l'espace étudié comprenant des données concernant l'eau, la biodiversité ainsi que l'aérologie.

LE CONFORT THERMIQUE URBAIN

Le confort thermique des espaces urbains est un axe majeur de la conception d'un urbanisme durable. Cet enjeu fait l'objet de stratégies d'adaptation territoriales au dérèglement climatique, définies par les collectivités territoriales et les organismes publics, et généralement mises en œuvre au moyen d'opérations impulsées par des maîtrises d'ouvrages publiques ou privées, familières du sujet et conseillées par des experts.

Ces experts appréhendent généralement l'adaptation des territoires face au dérèglement climatique, et plus spécifiquement la notion de confort thermique estival des espaces urbains, par le biais de modélisations complexes.

L'objet de ce diagnostic est de permettre à des maîtrises d'ouvrage potentielles moins au fait de la problématique du confort thermique urbain (collectivités, associations, collectifs de particuliers...) d'appréhender l'enjeu que cette thématique constitue à l'échelle de la rue considérée.

La phase de diagnostic du confort thermique que nous présentons vise à identifier les principales transformations qui doivent être opérées à l'échelle de la rue pour améliorer les conditions micro-climatiques locales, permettant ainsi de diminuer le phénomène de surchauffe à l'échelle de la rue comme à l'échelle du territoire.

La méthode de diagnostic proposée se décline en deux étapes.

→ *Étape 1 : acquisition des données d'entrée*

- Cette première étape consiste à collecter l'ensemble des données nécessaires à un diagnostic exhaustif du comportement micro-climatique de la rue (c'est-à-dire les conditions climatiques auxquelles elle est soumise et sa capacité à créer de la chaleur ou de la fraîcheur localement). Trois échelles doivent être emboîtées pour appréhender le sujet : l'échelle du climat régional, celle de l'environnement urbain et celle de la rue elle-même.

→ *Étape 2 : évaluation de la performance initiale*

- Un premier temps de **pré-évaluation** permet, à partir de données morphologiques simples (largeur de la rue, hauteur des bâtiments), d'une description des sols et des façades et d'une identification des usages, de dresser un bilan synthétique du comportement micro-climatique de la rue. Elle a vocation à porter un regard exhaustif sur la rue pour amorcer le processus de transformation.

- Un second temps **d'évaluation détaillée** permet, sur la base d'une simulation numérique complète, de calculer avec précision le confort thermique en chaque point de la rue. À cette fin, un logiciel de simulation micro-climatique couplé (qui modélise les interactions entre les phénomènes radiatifs et convectifs) est nécessaire.

Pour en savoir plus sur ce sujet, voir la terminologie relative au confort thermique, au chapitre [Vocabulaire - Ecologie : Le Vocabulaire du Microclimat Urbain](#).

Moyens

Du climat au micro-climat, du micro-climat au confort thermique

La méthodologie présentée ci-dessous est, sur sa partie Diagnostic, une déclinaison de la méthode proposée par l'ADEME dans son guide *Diagnostic de la surchauffe urbaine - Méthodes et applications territoriales*¹ ; elle traduit à l'échelle de la rue les éléments méthodologiques de l'ADEME.

Pour influencer sur le micro-climat d'une rue, il est nécessaire de comprendre ses déterminants. Un moyen efficace d'y parvenir consiste à se représenter le micro-climat comme le résultat d'un croisement entre :

- d'une part, un climat régional, auquel est soumise toute la ville dans laquelle se situe la rue ;
- d'autre part, des caractéristiques urbaines (forme des rues et des bâtiments, matériaux, végétation, activités...) qui vont modeler le climat régional pour aboutir au micro-climat local.

L'identification et la description du climat régional sont relativement aisées. Chaque habitant connaît globalement le « climat de sa ville » et Météo France dispose de données détaillées pour le décrire précisément.

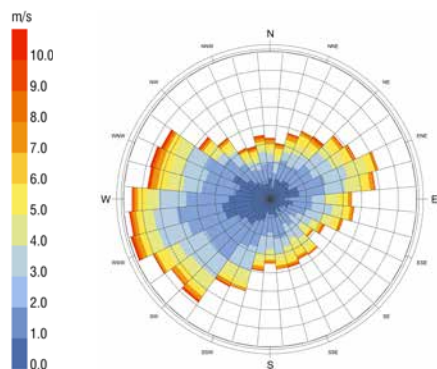
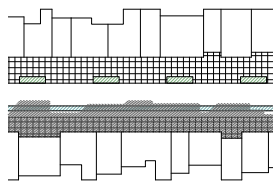
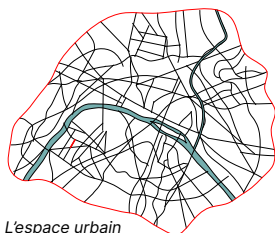
La description des caractéristiques urbaines est plus subtile. Il est évident que les caractéristiques de la rue elle-même influent sur son micro-climat. Mais il ne faut pas négliger l'échelle intermédiaire du voisinage. En effet, la rue n'est pas exposée directement au climat régional : les vents comme la température de l'air qu'elle reçoit sont modelés par les quartiers qui l'environnent. Par exemple, deux rues identiques de la même ville seront exposées à des situations micro-climatiques très différentes si l'une est située en périphérie, près d'un très grand parc, et l'autre en plein centre-ville ou bien dans une zone commerciale très minérale.

En résumé, pour comprendre la situation micro-climatique d'une rue, il faut analyser :

- le climat régional auquel la ville est soumise ;
- les caractéristiques urbaine du voisinage, dans lesquels on retrouve certains des paramètres anthropiques et morphologiques évoqués par l'ADEME dans son guide Diagnostic de la surchauffe urbaine - Méthodes et applications territoriales ;
- les caractéristiques de la rue elle-même (paramètres surfaciques et morphologiques).

Les conditions micro-climatiques qui déterminent le confort d'une rue dépendent de l'emboîtement de ces trois échelles.

→ Analyse multiscalaire



→ Exemple de rose des vents du climat régional de l'île-de-France .

Représentation graphique de la fréquence, de la direction et de la vitesse des vents, influençant le confort thermique

¹ ADEME. *Diagnostic de la surchauffe urbaine. Méthodes et applications territoriales*, 2017

→ Exemple de plans et politiques publiques traitant du confort thermique : à droite, Stratégie de Résilience de Paris ; à gauche : brochure de prévention canicule du Grand Lyon



→ Acquisition des données d'entrées

Données d'entrée territoriales

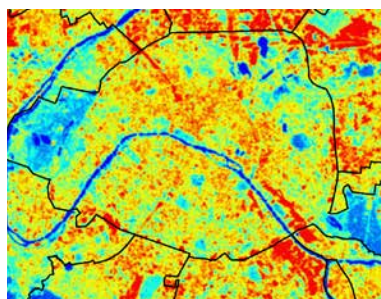
Dans un premier temps, il est nécessaire de situer la rue dans son contexte territorial.

- **Réglementation et politiques publiques.** Collecter l'ensemble des documents concernant le confort thermique extérieur. Aujourd'hui, ce sujet ne fait pas l'objet d'exigences réglementaires détaillées et opposables. Certaines métropoles mettent néanmoins en place des plans pour lutter contre les effets des canicules. Ces plans peuvent renseigner utilement sur les initiatives en place ou les bonnes/mauvaises pratiques et donc orienter vers des leviers d'action appropriés. Enfin, si la requalification de la rue s'inscrit dans un projet urbain, il est possible que la conception des espaces publics soit soumise à plusieurs prescriptions (perméabilité des sols, aspects qualitatifs et quantitatifs de la végétalisation, autres) dont il faut dresser l'inventaire.

- **Climatologie régionale.** Décrire le climat régional auquel la rue est soumise : la direction des vents dominants, les périodes d'inconfort thermique et le profil des événements caniculaires (durée, fréquence, intensité). Ces informations peuvent être extraites d'un fichier météorologique détaillé au pas horaire. Météo France dispose également de bases de données exhaustives en la matière.

→ Traitement d'imagerie satellite pour reconstituer une thermographie de la région parisienne

Source : APUR



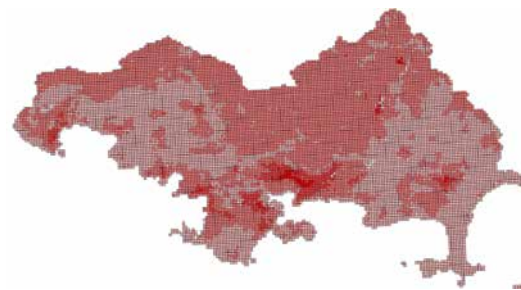
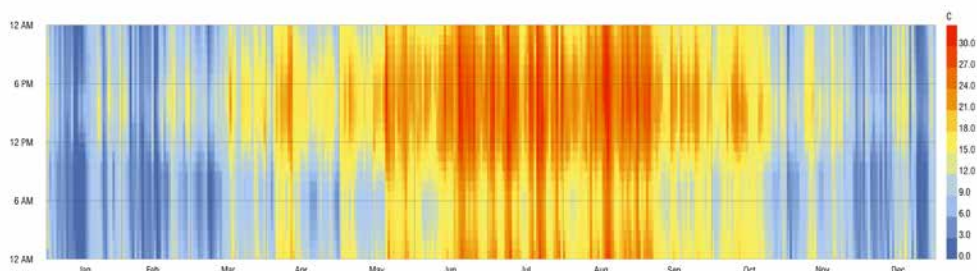
Températures au sol et sur les toits des bâtiments en 2010

38°C
25°C
15°C

Source : APUR
Image LANDSAT - 2010

→ Exemple de visualisation de la température d'air pour chaque heure de l'année

Identification du nombre, de la durée et de l'intensité des épisodes de fortes chaleurs



→ Simulation de l'ICU pour l'agglomération de Toulon
Source : projet MApUCE - CNRM

Données d'entrée à l'échelle de l'environnement urbain de la rue

La rue ne subit pas le climat régional « tel quel ». Celui-ci est modelé par l'environnement urbain qui entoure la rue : les bâtiments et les infrastructures voisines influent à la fois sur la circulation des vents, la température et l'humidité de l'air. Une analyse qualitative des influences thermiques de l'environnement urbain de la rue s'impose.

Il s'agit de passer ainsi d'une climatologie régionale à une climatologie urbaine, en positionnant la rue dans l'îlot de chaleur urbain (ICU) de l'agglomération. Plusieurs jeux de données peuvent aider à déterminer si la rue se trouve dans un secteur particulièrement sujet à l'effet d'ICU – auquel cas les conditions climatiques qu'elle subira seront plus rigoureuses que celles du climat régional.

L'évaluation quantitative du climat du quartier voisin est aujourd'hui possible grâce à des outils numériques (Dragonfly, Meteororm, autres) qui adaptent le fichier climatique régional à un environnement urbain spécifique. Celui-ci est alors utilisé pour évaluer le microclimat de la rue elle-même.

Certaines villes ont déployé des **campagnes de thermographie aériennes** qui ont « photographié » la température des sols et des toitures lors de journées d'été. Ces thermographies renseignent sur le comportement thermique de la rue elle-même et de son environnement. Ainsi le traitement d'imagerie satellitaire (par exemple celle offerte par la NASA) par des outils numériques de type SIG permet de déterminer la température de surface de la rue considérée.

Le projet MApUCE, coordonné par le CNRM de Toulouse, a simulé l'effet d'ICU des métropoles françaises avec une résolution de 250 m x 250 m ; les résultats sont disponibles en open source en ligne et permettent de situer sa rue dans l'ICU de l'agglomération.

Une simple **identification de la « trame fraîche » (parcs, cours d'eau) et de la « trame chaude »** (nappes de parkings, autoroutes, etc.) permet d'identifier certains enjeux ainsi que des directions vers lesquelles la rue doit s'ouvrir ou au contraire se fermer.

→ **Données d'entrée à l'échelle de la rue elle-même**

Avant tout, il est nécessaire de collecter les données qui permettent de situer et spatialiser la rue (description géographique et géométrique).

Puis il s'agira de décrire le contenu de la rue, ainsi que les matières qui la composent. Les sept composantes de la rue contribuent chacune différemment à son comportement thermique. Elles sont classées ci-dessous en trois catégories en fonction des phénomènes physiques qu'elles induisent.

Les données à collecter sur la rue elle-même sont donc les suivantes.

Catégorie 0 :

Localisation de la rue et description de sa géométrie

Les données géographiques et géométriques à collecter sont :

- les coordonnées géographiques de la rue (latitude) ;
- l'orientation de la rue (nord-sud, est-ouest, autre) ;
- la hauteur des bâtiments qui bordent la rue (H_BA- TI) ;
- la largeur de la rue (L_RUE).

Catégorie 1 :

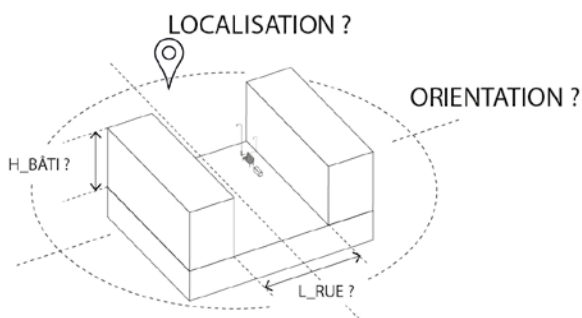
Surfaces en contact avec le volume du piéton

Le sol et les socles (façades en rez-de-chaussée) sont les deux composantes qui délimitent le volume du piéton, c'est-à-dire le volume au sein duquel les choix d'aménagement influent le plus fortement sur le confort des usagers.

Par leur contact ou leur proximité avec les usagers, les sols et les socles influent très fortement sur le confort thermique, via deux mécanismes de transfert de chaleur² :

- le rayonnement, sous deux formes :
 - ❖ la réflexion (l'énergie lumineuse rebondit sur les surfaces et atteint l'utilisateur à proximité) ;
 - ❖ l'émission infrarouge (les surfaces relâchent dans l'espace de la rue la chaleur qu'elles ont précédemment accumulée ; plus la surface en question est chaude, plus elle émet de rayonnement) ;
- la convection (les sols et façades, s'ils sont plus chauds que l'air, réchauffent ce dernier par échange de chaleur convectif).

² L'échange de chaleur par conduction entre le sol et les usagers est négligeable en ville car les usagers sont principalement debout et chaussés.



→ **Données géographiques et géométriques**

Rappelons que la quantité de chaleur qu'émettra une surface dépendra de la quantité de chaleur qu'elle aura absorbée. Or celle-ci dépend directement de la couleur de la surface : plus celle-ci est claire (albedo élevé), plus elle réfléchira l'énergie au lieu de l'absorber.

Par ailleurs, les socles, selon la nature des activités qu'ils accueillent, peuvent influencer le confort thermique de deux façons :

- en rejetant de la chaleur dans l'espace public (rejets de climatisation en été, chauffage des commerces en hiver, passage de véhicules) ;
- en ombrageant les trottoirs, par des stores ou par des renforcements dans leur façade, créant des zones protégées du soleil.

Données d'entrée à récupérer :

- Albedo et densité des surfaces (sols et socles).
- Impact de l'activité des socles sur le confort thermique : rejet de chaleur, ombrage.

Catégorie 2 :

Composantes de la rue influant sur le confort thermique

Le volume d'air, le mobilier et le sous-sol sont les trois composantes qui déterminent ce qui est contenu dans le volume de la rue.

- Le volume d'air est le premier contenu du « vide » que forme l'espace public. Sa température, son taux d'humidité et sa vitesse influent sur le confort des usagers.
- Le mobilier est susceptible de créer de l'ombre ou de freiner la circulation de l'air, deux mécanismes qui agissent sur le confort thermique.
- Le sous-sol détermine la possibilité de faire pousser de la végétation, laquelle influe sur le confort thermique en jouant sur la température de l'air, sa circulation, l'humidité et l'ombrage. La composante « sous-sol » désigne à la fois la composition physico-chimique du sol et la présence d'éventuels réseaux qui entraveraient la plantation de végétaux.

La végétation n'est pas abordée ici et ne constitue pas une composante à part entière car elle fait l'objet d'une thématique distincte (Biodiversité) du Guide de la Rue Commune.

Données d'entrée à récupérer :

- Obstacles à la circulation de l'air (mobilier et masses végétales).
- Éléments créant de l'ombre et zone approximative de projection de cette ombre.
- Surfaces où le sous-sol (composition et présence/absence de réseaux) rend possible le développement de végétation et surfaces où la présence de réseaux inamovibles compromet au contraire la plantation.



→ Catégorie 1 : Sol et socle

Les surfaces en contact direct avec le volume du piéton et phénomènes en jeu avec cette catégorie de composantes

→ Catégorie 2 : Sous-sol, mobilier et l'air

Celles qui déterminent le contenu de la rue et phénomènes en jeu avec cette catégorie de composantes

Catégorie 3 :

Surfaces sans contact direct avec le volume du piéton

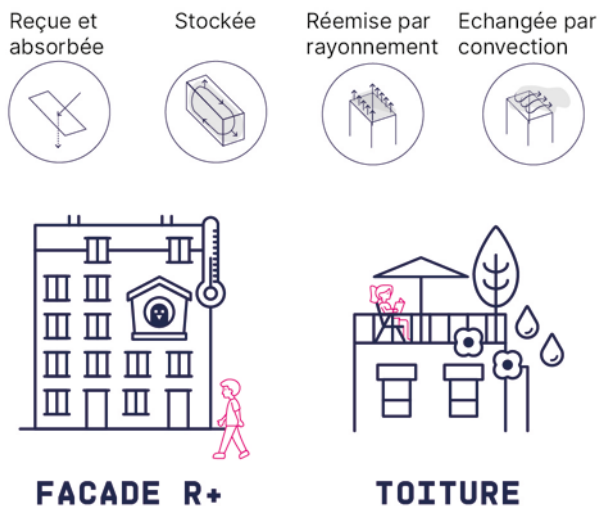
Les façades hautes, plus éloignées physiquement, influent moins sur le volume du piéton que les surfaces et objets en contact direct avec celui-ci.

L'impact des toitures est considéré comme le plus indirect. Non-visibles par le piéton, elles ne peuvent lui transmettre de la chaleur par rayonnement. Toutefois, elles peuvent, comme les sols et les façades, accumuler la chaleur du soleil en l'absorbant, puis relarguer cette chaleur dans l'air par convection, contribuant ainsi à l'effet d'ICU.

Comme les autres surfaces, la capacité des façades et toitures à absorber-stocker de la chaleur dépend de leur couleur (albedo) et de leur densité.

Données d'entrée à récupérer :

- Albedo et densité des surfaces (façades et toitures)
- Rejets de chaleur par les fenêtres ou sur les toitures par les climatiseurs.



→ Catégorie 3 : Façade haute et Toiture

Les surfaces en contact direct avec le volume du piéton et phénomènes en jeu avec cette catégorie de composantes

Livrable

Évaluation de la performance

→ Pré-évaluation / analyse géométrique et trajectoire solaire

Avant de procéder à l'analyse des surfaces et composantes de la rue, une analyse rapide de sa géométrie permet d'obtenir une vision simplifiée mais très précieuse des zones où les enjeux sont les plus forts.

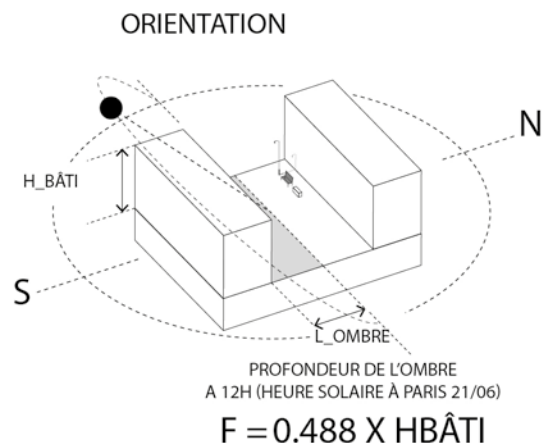
La première source de chaleur dans la rue est le rayonnement solaire. Or les rayons du soleil pénètrent plus ou moins dans la rue selon :

- Sa localisation géographique, qui détermine la trajectoire du soleil (azimut et hauteur du soleil au cours de la journée*)
- Sa géométrie : orientation, hauteur des bâtiments, largeur de la rue

A partir de ces informations il est possible de déduire quelles sont les surfaces ensoleillées, et quand. Par exemple, pour une rue orientée Est-Ouest, ce sont les façades côté Nord (exposées Sud) qui recevront l'essentiel du rayonnement du soleil durant l'après-midi. La hauteur des bâtiments côté Sud permet ensuite de connaître la largeur de l'ombre projetée sur la rue. Le schéma ci-dessous montre le résultat de ce calcul.

→ Calcul rue Est-Ouest à Paris

Au solstice d'été, la largeur de l'ombre est d'environ la moitié de la hauteur des bâtiments ($0.488 \cdot h$; ce ratio est de $0.33 \cdot h$ dans le sud de la France et de $0.53 \cdot h$ dans le Nord). Selon la largeur de la rue, on en déduira la part du trottoir Sud ombragée, si la façade et le trottoir Nord sont exposés, etc.



* La trajectoire solaire peut être facilement trouvée en ligne pour la France métropolitaine. La société Enertech a publié en [accès libre](#) les trajectoires solaire pour les latitudes $42^{\circ}N$ à $51^{\circ}N$.

Pré-évaluation / bilan par facteur microclimatique

Nous proposons ici une méthodologie de pré-évaluation qui permet d'orienter le projet de transformation de la rue, et de hiérarchiser en première approche les leviers d'actions à mobiliser.

• Bilan de l'ombrage

A partir de l'analyse géométrique de la rue (orientation, hauteur, largeur), de l'identification du mobilier et du végétal, il est possible d'identifier en première approche les zones ombragées dans la rue.

En première approche, le bilan de l'ombrage peut être défini comme le taux (%) de surface ombragée au solstice d'été au zénith (14h).

Le calcul détaillé de la surface ombragée peut être défini rigoureusement par une étude d'enselement, mais en première approche, il peut être estimé avec l'indicateur suivant :

$$Taux_{ombre} = \frac{(Surface\ ombragée\ par\ le\ bâti) + (Emprise\ des\ canopées\ projetées\ au\ sol)}{Surface\ totale\ de\ sol\ de\ la\ rue}$$

Le calcul de la surface ombragée peut être approximé à partir des caractéristiques géométriques de la rue (cf. supra : analyse géométrique et trajectoire solaire).

Point d'attention : Les canopées dont l'emprise tombe dans la zone ombragée par le bâti ne doivent pas être comptabilisées

La somme des surfaces ombragées doit ensuite être divisée par la surface totale de la rue pour obtenir un taux d'ombrage (%).

• Bilan des matières de la rue

A partir des données collectées concernant les surfaces de la rue, il est possible de réaliser un inventaire quantifié des surfaces qui contribuent à la modulation des fortes chaleurs.

En première approche, les surfaces peuvent être classées en 4 catégories, dont chacune a une influence propre sur le confort thermique :

- Surfaces végétalisées
- Surfaces minérales imperméables opaques et claires
- Surfaces minérales imperméables opaques et sombres
- Autres surfaces : minérales poreuses (stabilisé, sable, terre), platelage bois, verre, etc.

$$Taux_{matières} = \frac{\sum Surface\ de\ la\ catégorie}{S_{sols} + S_{façades} + S_{toitures}}$$

Ainsi, le bilan des matières de la rue peut être facilement représenté par des graphiques en secteurs pour identifier rapidement le type de rue, et faciliter la comparaison.

• Bilan de la circulation de l'air (aéraulique)

Une analyse précise et fiable de la circulation de l'air dans la rue nécessite une simulation aéraulique numérique (cf. section Evaluation détaillée).

Cependant, **certaines configurations permettent d'identifier les phénomènes aérauliques les plus basiques**. A partir d'un inventaire du mobilier urbain et du couvert végétal, il est possible de déterminer si la circulation de l'air dans la rue rencontre de nombreux obstacles. Par exemple, une rue non-plantée, sans mobilier urbain particulier, sera très favorable à la circulation de l'air ; une rue avec des arbres d'alignement hauts et distants sera moyennement favorable à la circulation de l'air, une rue avec une végétation développée (beaucoup d'arbres et d'arbustes rapprochés) sera peu favorable à la circulation de l'air, etc.

A ce stade de l'évaluation, le bilan aéraulique peut donc rester qualitatif : il s'agit de faire **l'inventaire des obstacles à la circulation de l'air**, et de les classer dans les catégories suivantes :

- ❖ Alignement d'arbres à haute tige
- ❖ Alignement d'arbustes
- ❖ Présence d'une strate arbustive (arbustes, haies) éparses (sous forme de bosquets)
- ❖ Mobilier urbain

- **Bilan des sources d'humidité**

La variation d'humidité dans l'air exerce une influence importante sur le confort thermique :

- ∴ Le taux d'humidité (appelé humidité relative et exprimé en %) est un des facteurs qui déterminent la température ressentie.
- ∴ L'augmentation de l'humidité dans l'air par évaporation s'accompagne d'une réduction de la température de l'air. Ce phénomène peut être obtenu par la présence d'un plan d'eau, ou de végétation. Lors d'épisodes de chaleur, les plantes puisent l'eau du sol pour l'évaporer dans l'air (phénomène d'évapo-transpiration).

En première approche, **le bilan d'humidité peut être défini comme le taux (%) de surfaces émettrices d'humidité dans la rue.** Ces surfaces émettrices sont : la strate herbacée (pelouses, prairies), le feuillage des arbres et arbustes et les plans d'eau.

Cependant, ces surfaces (herbe, feuillages, plans d'eau) contribuent différemment au bilan d'humidité. Par conséquent, leur contribution doit être pondérée. En première approche, la somme des surfaces émettrices peut être exprimée ainsi :

$$\text{Taux}_{\text{humidité}} = \frac{S_{\text{plans d'eau}} + (S_{\text{pelouse}} \times 0.5) + (S_{\text{emprise de la canopée des arbustes}} \times 0.2) + (S_{\text{emprise de la canopée des arbres}} \times 0.3)}{S_{\text{sols}}}$$

De plus, si du mobilier urbain producteur d'humidité (fontaines décoratives et brumisateurs) est présent, il doit être spécifié dans un inventaire exhaustif et spatialisé.

→ **Évaluation détaillée : recours à la simulation numérique**

Les bilans d'ombrage, de matières, de circulation d'air et d'humidité sont utiles pour caractériser la rue à partir des éléments qui déterminent son micro-climat.

Cependant, ces bilans ne peuvent suffire, à eux seuls, à guider la conception de la rue. En effet, l'ensemble des composantes de la rue jouent sur plusieurs paramètres de confort à la fois (température de l'air, circulation de l'air, rayonnement, humidité). De plus, si les composantes peuvent être isolées par la pensée, elles sont en réalité en interaction les unes avec les autres, via les phénomènes de transfert de chaleur.

Le recours à des outils numériques est nécessaire pour prendre en compte cette complexité. Plusieurs types d'études sont complémentaires pour aborder le microclimat de la rue.

• **Études « bioclimatiques » : étudier le confort thermique globalement**

Des simulations de l'ensoleillement et de l'aérodynamique de la rue peuvent compléter et fiabiliser le bilan d'ombrage et le bilan de circulation d'air. Elles constituent une étape préalable à la simulation microclimatique.

L'étude d'ensoleillement permet de visualiser spatialement le nombre d'heures de soleil ou d'ombre dans la rue, pour une période donnée. Généralement, la période d'étude est une journée représentative : solstice d'été, solstice d'hiver, équinoxe.

Les résultats de l'étude, facilement compréhensibles, permettent d'identifier très vite et très précisément les zones à protéger du soleil. Si les données « matérielles » de la rue ont été préalablement collectées, il est possible de croiser l'étude d'ensoleillement avec :

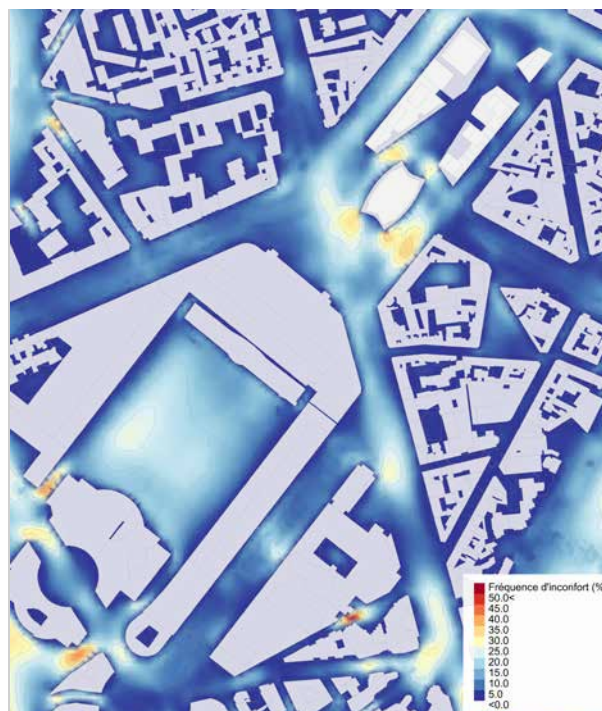
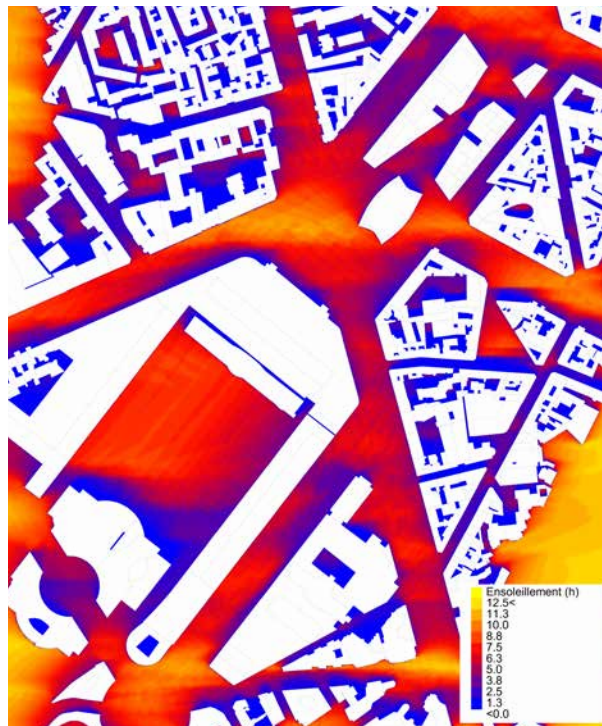
- Le végétal : Quel est l'impact des canopées existantes ? Où faudrait-il en planter de nouvelles ?
- Les revêtements : Les espaces ensoleillés sont-ils naturels ou minéralisés, clairs (réfléchissants) ou sombres (absorbants) ?
- La présence d'eau : Y a-t-il des plans d'eau ? Sont-ils exposés au soleil direct ?

Simuler l'ensoleillement dans la rue nécessite une maquette 3D numérique de la rue et de son environnement voisin. Ainsi, les complexités de la rue (hauteur variable des bâtiments, largeur variable) sont prises en considération.

L'étude aérodynamique consiste à simuler la circulation de l'air (vitesse et direction) dans le volume de la rue. Comme l'étude d'ensoleillement, l'étude aérodynamique nécessite une maquette 3D de la rue et son environnement urbain. Les végétaux dans la rue peuvent et doivent être pris en compte dans la simulation.

Les résultats de l'étude permettent de savoir où et comment l'air circule dans la rue. Cette connaissance est nécessaire : elle oriente la stratégie de plantation de la rue (implantation des masses arborées et arbustives). Y a-t-il une circulation d'air à préserver ou à accentuer ? La rue est-elle déjà très exposée au vent et l'enjeu est plutôt de le freiner ?...

Remarque : Ces deux types d'études bioclimatiques (soleil et vent) peuvent s'appliquer sur l'ensemble de l'année, et donc traiter conjointement le confort estival et le confort hivernal - contrairement à une simulation micro-climatique qui se focalise généralement sur les jours les plus chauds de la période estivale (cf. section suivante).



→ Exemple d'étude d'ensoleillement et aérodynamique d'échelle urbaine
Source : Franck Boutté Consultants

- **Etudes micro-climatique : évaluer la température ressentie localement**

Complémentaire aux études d'ensoleillement et d'aérodynamique, l'étude micro-climatique consiste à calculer, en chaque point de la rue, les variables qui déterminent le micro-climat (température de l'air, humidité, vent, température de surface).

La simulation complète du micro-climat permet de connaître le résultat final de l'impact thermique de chaque composante, en aboutissant à l'indicateur le plus précieux : la température ressentie.

La simulation micro-climatique est particulièrement utile en phase de conception, puisqu'elle permet de tester rapidement l'impact de divers choix de conception (ajouter des arbres, changer la couleur des murs, etc.).

Parce qu'elle résout l'ensemble des phénomènes de transfert thermique, la simulation micro-climatique est plus longue à réaliser :

- Les données d'entrées nécessaires sont multiples. En plus d'une maquette 3D décrivant la forme de la rue, il faut renseigner les propriétés physiques de l'ensemble des objets urbains.
- Le calcul couplé des transferts thermiques est très complexe : même avec des ordinateurs puissants, la période d'étude dépasse rarement quelques jours. Ces études se concentrent donc généralement sur les journées les plus chaudes de la période estivale.

NB : parce qu'elle n'est pas annuelle et s'étend seulement sur quelques jours, la simulation micro-climatique exige un échantillonnage pertinent des conditions climatiques. En d'autres termes, il faut choisir sous quel climat (donnée d'entrée) on souhaite simuler le micro-climat (donnée de sortie). Le climat d'entrée est généralement extrait du fichier climatique régional, auquel il est souhaitable, le cas échéant, d'ajouter l'effet d'ICU.

→ **Exemple de résultat de simulation microclimatique (température du sol)**

Source : Franck Boutté Consultant

