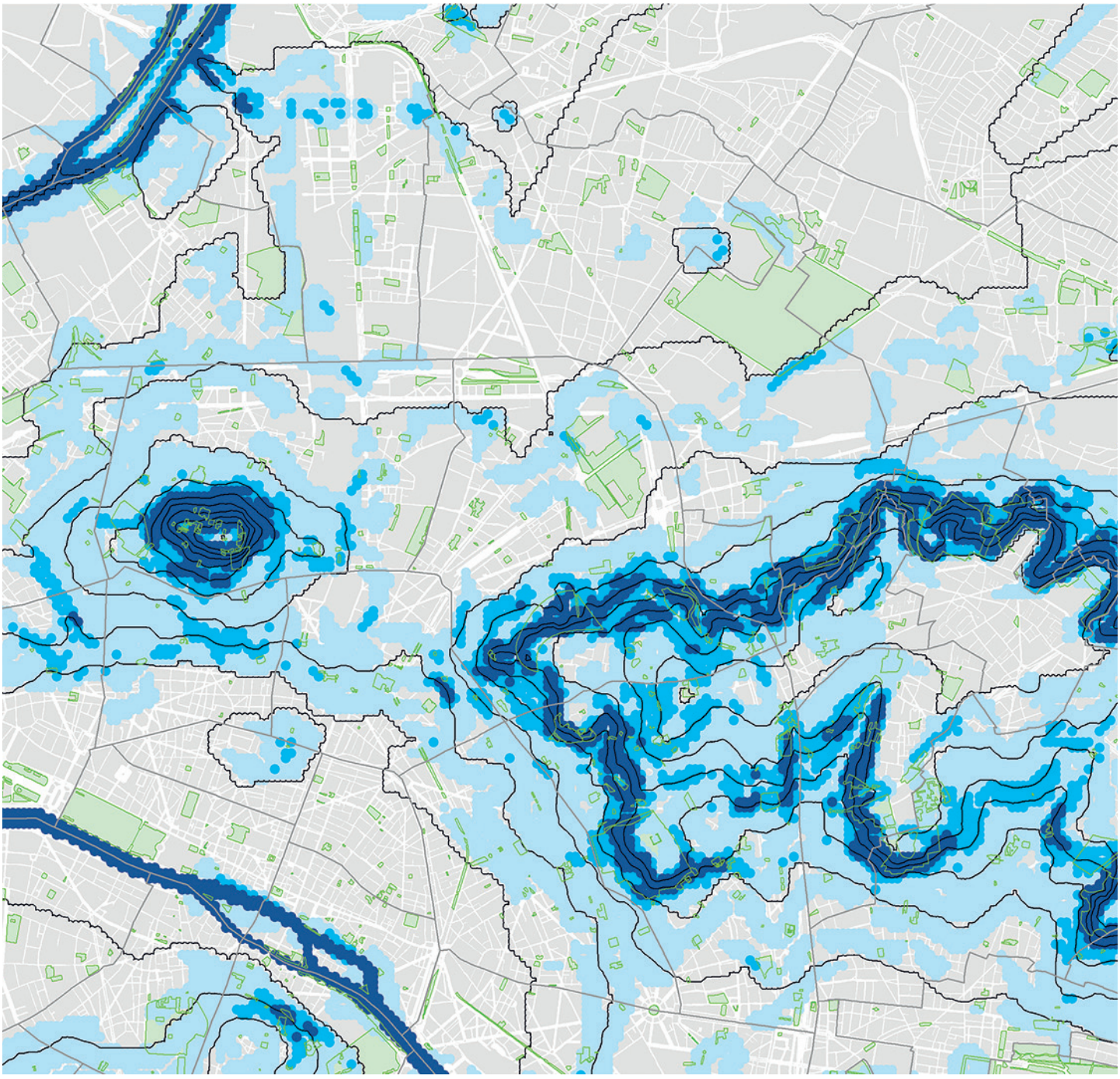
apur
ATELIER PARISIEN D'URBANISME

Les îlots de chaleur urbains du cœur de l'agglomération parisienne

Cahier#3 : brises thermiques



FÉVRIER 2017

Préambule

L'Apur s'est engagé depuis 2007 dans une approche renouvelée des politiques urbaines privilégiant les connaissances autour des ressources cachées et considérant l'adaptabilité de ce qui est là au regard des évolutions climatiques. Ces travaux accompagnent les politiques parisiennes et métropolitaines engagées au regard de ces sujets et en particulier le Plan Climat de la Ville de Paris.

Afin d'améliorer la compréhension des enjeux locaux des politiques d'adaptation parisiennes, l'Apur a réalisé quatre cahiers traitant spécifiquement de la question des îlots de chaleur :
cahier #1 : les îlots de chaleur urbains à Paris
cahier #2 : simulations climatiques de trois formes urbaines parisiennes et enseignements
cahier #3 : brises thermiques
cahier #4 : influence climatique des revêtements de sol à Paris.

Cette troisième étude de l'Apur portant sur les îlots de chaleur urbains est consacrée à la question des brises thermiques. Elle pose la question des phénomènes de vents qui surviennent pendant les épisodes caniculaires, analyse leur impact sur le confort climatique ressenti par le piéton et les éventuels liens avec la pollution atmosphérique. Cette étude a été réalisée avec le concours du bureau d'études « Villes&Climats ».

Le Plan Climat de la Ville de Paris a été adopté en 2007, il a été révisé en 2012 et 2017. Ce texte décrit les divers dispositifs permettant de mettre en œuvre une réduction de 75 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. Ce Plan relève de stratégies dites d' « atténuation ». Il pose la question de la responsabilité du territoire parisien en termes de contribution au changement climatique global et propose la décroissance à long terme de cette contribution. Comme il existe un important décalage temporel entre les mesures prises et leurs effets escomptés en matière de dérèglement climatique, des plans décrivant des mesures immédiates d' « adaptation » sont adoptées par nombre de territoires. C'est le cas pour Paris qui adopte en 2015 un Carnet d'Adaptation décrivant les mesures à prendre sur le territoire afin de prendre en compte le changement climatique, tout du moins sa part acquise et inéluctable dans l'aménagement et l'organisation du territoire.

L'étude se compose de trois grandes parties :

- **Une introduction traitant du climat parisien, de la qualité de l'air et de quelques situations météorologiques courantes conduisant à l'apparition de pics de pollution et/ou d'épisodes d'îlot de chaleur urbain.**
- **Une présentation des brises thermiques et de leur fonctionnement.**
- **Une analyse des brises thermiques du cœur de l'agglomération parisienne à travers cinq exemples.**

Directrice de la publication : Dominique Alba
Étude réalisée par : Julien Bigorgne et Sébastien Bridier (Villes&Climats)
Sous la direction de : Christiane Blancot
Cartographie : Marie-Thérèse Besse
Maquette : Apur
Infographies : © Apur, sauf mention contraire
www.apur.org

2017V2.2.1

Sommaire

Préambule **2**

Résumé **4**

1/ Introduction **5**

1.1 Le climat parisien 5

1.2 La qualité de l'air 6

1.3 Situations météorologiques défavorables pour le confort thermique et/ou la pollution 6

2/ Présentation des brises thermiques et de leur fonctionnement **8**

2.1 Mécanisme des brises thermiques 8

2.2 Brises thermiques et confort thermique 9

2.3 La géographie des brises thermiques au cœur de l'agglomération parisienne 9

3/ Analyse des brises thermiques du cœur de l'agglomération parisienne : 5 exemples **14**

Conclusion **18**

Bibliographie **18**

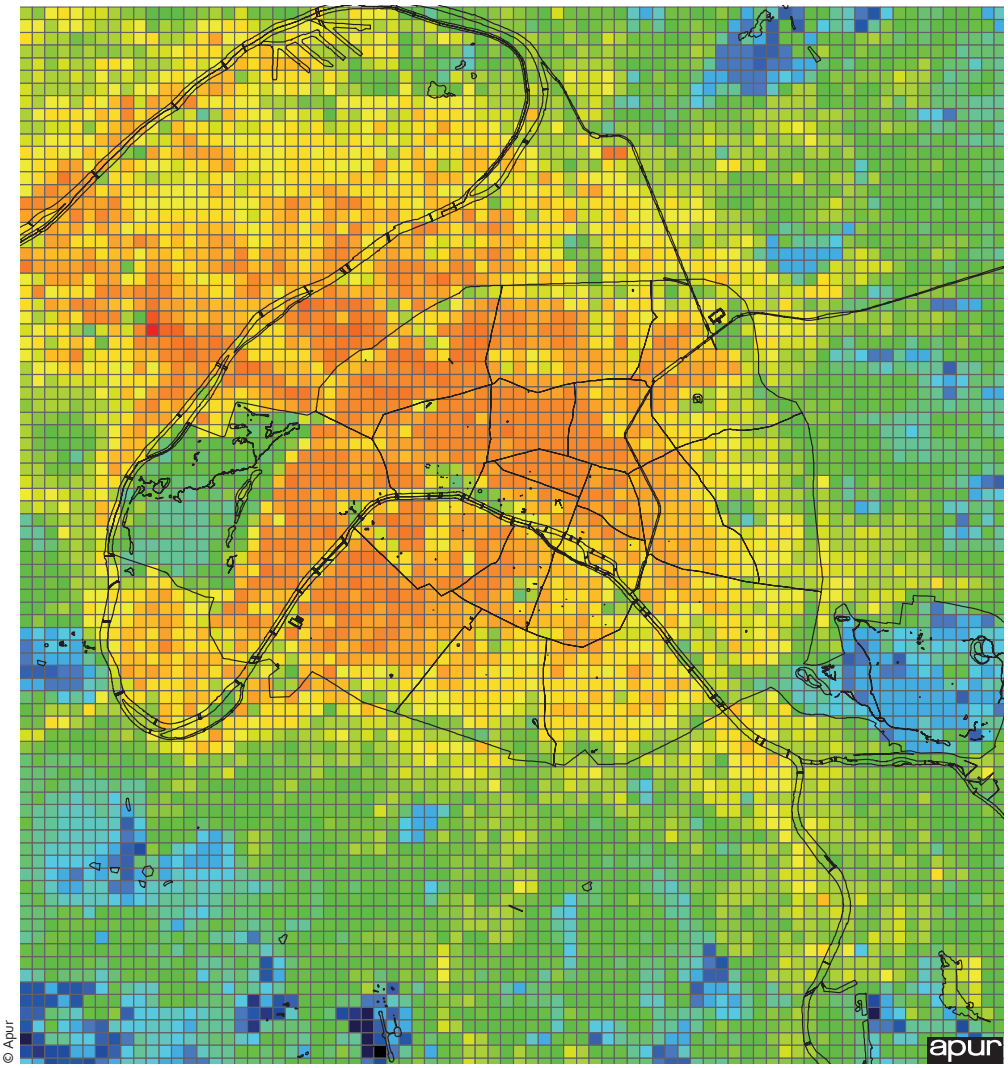
Résumé

Les épisodes de pollution atmosphérique sont des phénomènes récurrents à Paris. Ils surviennent souvent dans des situations d'air calme où la pollution a du mal à s'évacuer à cause du manque de vent. L'absence de vent est également récurrente dans le cœur de l'agglomération parisienne en période de canicule. Le territoire n'est pas à l'abri d'une situation où se conjugueraient à la fois pollution et canicule.

Dans cette situation le territoire parisien se révèle très inégalitaire. Même en condition d'air calme, certaines zones sont mieux aérées que d'autres car parcourues de vents locaux appelés « brises thermiques » qui sont la conséquence de la topographie parisienne et des types d'occupation du sol. Ainsi certains quartiers se révèlent à la fois chauds et pollués comme par exemple le centre de Paris côté rive droite. On y observe un effet de cuvette où l'air pollué importé des reliefs y stagne, la grande minéralité des lieux exacerbe l'îlot de chaleur ce qui crée une situation de vulnérabilité.

À l'inverse, sur les pentes des reliefs (Buttes-Chaumont, Belleville, Père Lachaise, Butte Montmartre, etc.), l'air circule doucement selon la pente descendante, ce mouvement d'air a un effet rafraîchissant qui rend plus supportable la canicule dans sa phase nocturne, les polluants y sont un peu mieux brassés que dans le reste de Paris. La présence des espaces verts sur les pentes semble avoir un effet accélérateur des brises qui renforce la sensation de fraîcheur nocturne.

Températures de l'air à 2 mètres du sol le 10 août 2003 à 6 h du matin



Température en °C

- 21,5 - 21,7
- 21,8 - 22,0
- 22,1 - 22,2
- 22,3 - 22,4
- 22,5 - 22,7
- 22,8 - 22,9
- 23,0 - 23,1
- 23,2 - 23,4
- 23,5 - 23,6
- 23,7 - 23,8
- 23,9 - 24,1
- 24,2 - 24,3
- 24,4 - 24,5
- 24,6 - 24,8
- 24,9 - 25,0
- 25,1 - 25,3
- 25,4 - 25,5
- 25,6 - 25,7
- 25,8 - 26,0
- 26,1 - 26,2
- 26,3 - 26,4
- 26,5 - 26,7
- 26,8 - 26,9
- 27,0 - 27,1
- 27,2 - 27,4
- 27,5 - 27,6
- 27,7 - 27,8
- 27,9 - 28,1
- 28,2 - 28,3

Source : Étude Pluridisplinaire des Impacts du Changement climatiques à l'Échelle de l'Agglomération parisienne (EPICEA-2012)

© Apur

1/ Introduction

Le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU) est un phénomène de surchauffe propre aux centres urbains. S'il est récurrent tout au long de l'année, sa manifestation est particulièrement problématique lors des épisodes de canicules. L'ICU devient alors un facteur de vulnérabilité, essentiellement nocturne, traduisant la difficulté de refroidissement de la ville par rapport aux zones peu denses périphériques.

Lorsqu'à l'échelle régionale le vent est faible ou nul, il peut survenir un phénomène dit de « brises thermiques ». Ces brises sont des vents locaux qui aèrent certains secteurs de Paris et pas d'autres. Leur rôle est important puisque les mouvements d'air ont deux conséquences principales : faire baisser la température ressentie et brasser la pollution atmosphérique. Ainsi les brises thermiques donnent à l'ICU un caractère assez inégalitaire du territoire : certaines zones sont plus fraîches et moins polluées que d'autres.

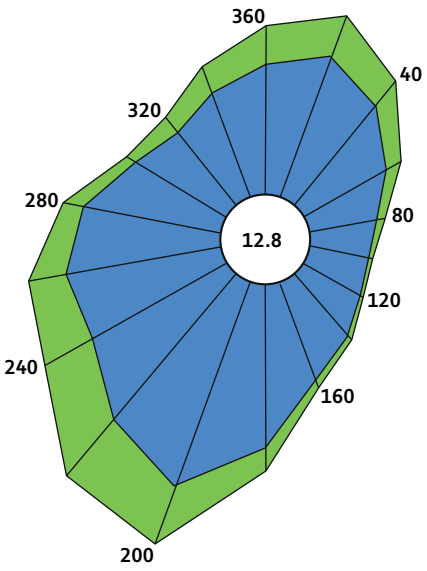
Il est vraisemblable que la canicule de 2003 fut caractérisée par des séquences favorables à l'apparition de brises thermiques. Il semble donc opportun, dans le cadre de travaux sur l'adaptation du territoire aux changements climatiques, d'étudier le phénomène de brises thermiques car elles surviennent généralement dans des contextes météorologiques des plus défavorables quant à la pollution de l'air.

L'étude des brises thermiques possède un caractère très prospectif. Les travaux présentés ici proposent une connaissance de ce phénomène climatique particulier avec pour objectif de mieux comprendre ses implications en termes d'inconfort climatique et de répartition de la pollution atmosphérique sur le territoire parisien.

1.1 Le climat parisien

Le climat parisien est un climat largement marqué par les influences océaniques. La proximité de l'océan tempère la rigueur des saisons par rapport aux zones plus continentales du territoire, notamment celles de l'Est de la France.
Le climat parisien est plus doux que sa périphérie en raison d'un îlot de chaleur urbain lié à l'urbanisation. En moyenne annuelle, il fait 2 °C de plus à Paris que dans les zones rurales de la Métropole. Lorsque les conditions climatiques s'y prêtent, on relève ponctuellement des écarts de température très importants qui dépassent parfois les 10 °C.

Paris est soumis à des vents dominants de secteur Sud-Ouest. Ces vents sont souvent assez forts et associés à des régimes maritimes. Avec une moindre fréquence, Paris est soumis aussi à des vents de secteur Nord-Est, généralement plus faibles et liés à des régimes continentaux. Les vents des secteurs Sud-Est et de Nord-Ouest sont rares.



Rose des vents décennale 1997-2007
Source : Météo-France - Station Paris-Montsouris - 75)

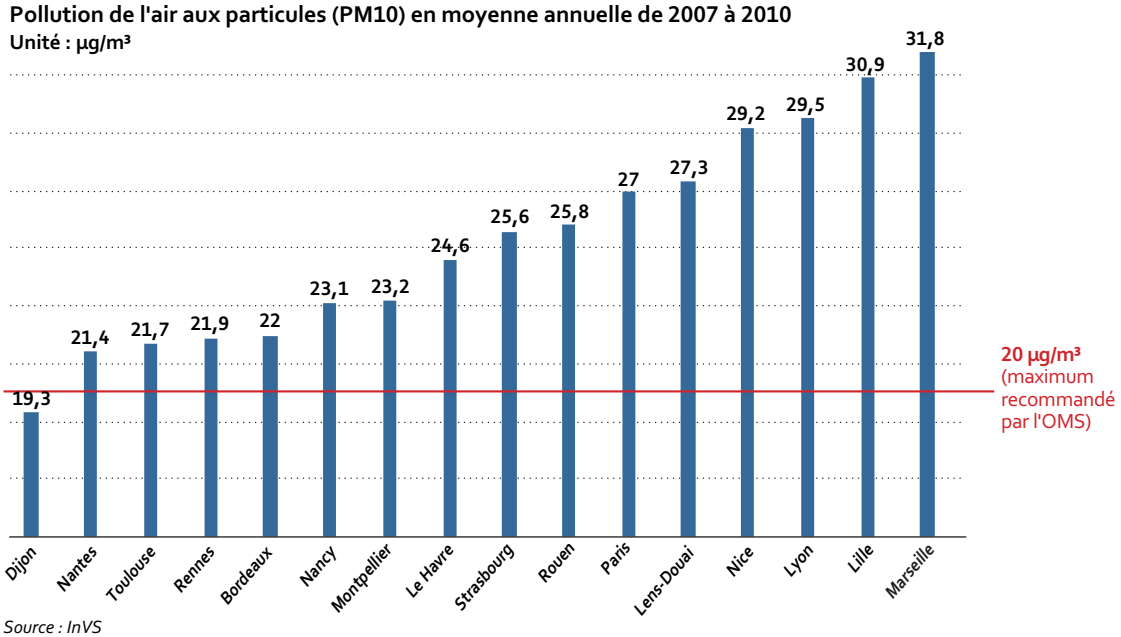
Groupes de vitesses (m/s)

1.5 à 4.5 | 4.5 à 8.0 | > à 8.0

1.2 La qualité de l'air

Comme de nombreuses villes dans le monde, le fonctionnement des grandes villes françaises est tributaire d'une circulation automobile intense. Cette circulation peut être jugée excessive car dès que la météorologie est défavorable (absence de vent par exemple) des pics de pollution apparaissent immédiatement. Ainsi les différences de qualité de l'air observées entre les villes françaises en termes de qualité de l'air révèlent surtout des différences climatiques c'est-à-dire l'aptitude à la dispersion des polluants de diverses situations météorologiques rencontrées au cours d'une année. Avec un vent fréquent et une absence de reliefs marqués, la dispersion des polluants atmosphériques est plutôt bonne à Paris. Dans le cadre du changement climatique global, cette bonne disposition risque d'évoluer favorablement ou défavorablement.

Pollution de l'air aux particules (PM10) en moyenne annuelle de 2007 à 2010
Unité : µg/m³



Source : InVS

1.3 Situations météorologiques défavorables pour le confort thermique et/ou la pollution

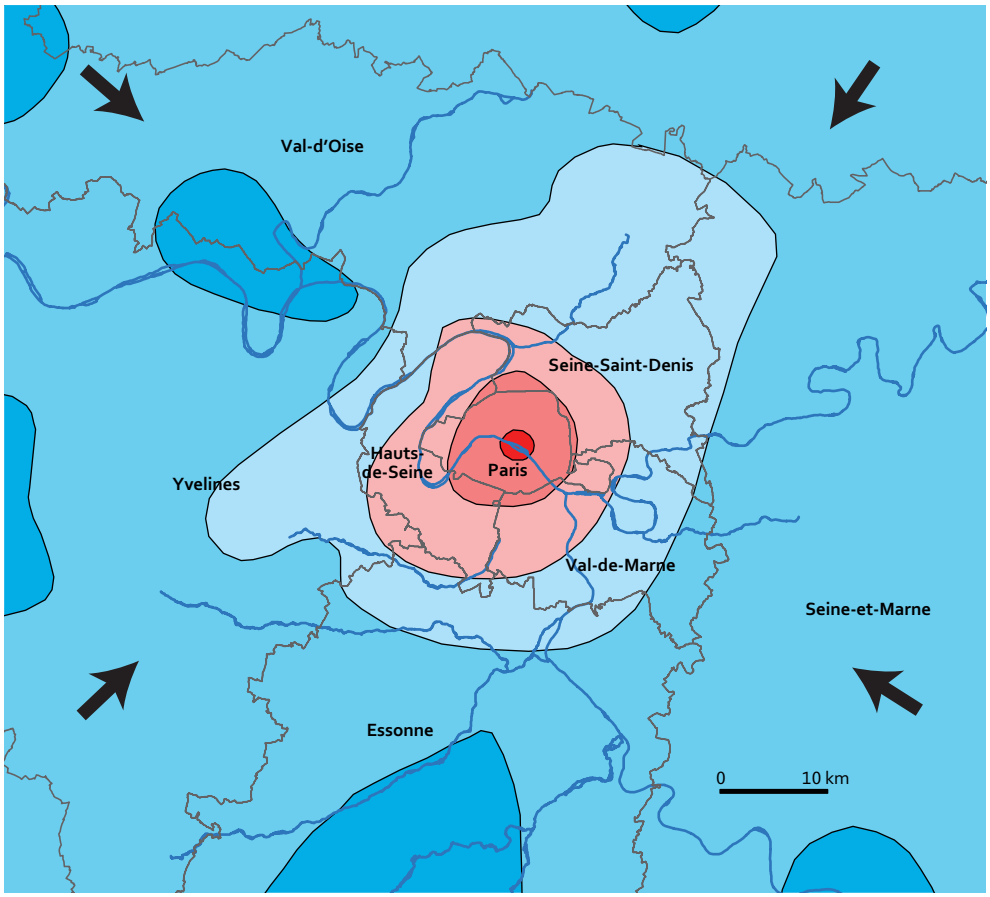
Il existe une grande variété de situations météorologiques favorables à l'émergence de pics de pollution et/ou de problème de qualité de l'air.

Situation météorologique d'advection

La situation météorologique d'advection correspond à l'arrivée d'air chaud sur le territoire par des vents soutenus souvent de secteur Sud. Il s'agit de conditions caniculaires exceptionnelles durant lesquelles l'îlot de chaleur urbain est assez peu marqué car le vent à tendance à amenuiser les effets du stockage de chaleur en ville. Dans cette situation météorologique particulière, l'air est rarement pollué, et les solutions d'adaptation climatique locale de modération de la chaleur en ville sont très peu efficaces (arrosage, végétalisation, etc.). Cette situation d'advection s'est produite en juillet 2015, et a affecté toute la France

Situation météorologique subsidence

Cette situation est celle de l'épisode de pollution qui marqua le territoire en novembre et décembre 2016. Il s'agit d'une situation d'air calme dans laquelle le refroidissement nocturne a tendance à rabattre l'air à proximité du sol. L'air pollué citadin est donc comprimé et ne se mélange plus aux couches supérieures. Cette situation est typique des situations hivernales, elle est critique au regard de la pollution atmosphérique. L'îlot de chaleur peut jouer un rôle d'accentuation de ce phénomène en créant des brises de « campagnes », c'est-à-dire des vents péri-urbains convergeant vers Paris de façon concentrique ce qui renforce la stagnation de l'air pollué dans le centre de Paris et ce qui rabat sur Paris la pollution extra-muros. Ce phénomène est lié à la grande différence de température qui existe en hiver entre Paris et sa périphérie. Il est aujourd'hui peu documenté du point de vue météorologique.



Brise de campagne, nuit du 10 mars 1997

Îlot de chaleur urbain nocturne par temps clair avec une convergence des vents (brise de campagne) vers le centre de l'agglomération

Orientation de la brise de campagne

Température de l'air à minuit le 10 mars 1997

- 10° C
- 8° C
- 6° C
- 4° C
- 2° C
- 0° C

Source : Olivier Cantat (2003)

Situation météorologique radiative estivale

On qualifie souvent de « radiatives » les conditions météorologiques conjuguant à la fois un ciel dégagé et une absence générale de vent. Il s'agit de conditions particulièrement favorables au développement d'un îlot de chaleur. Lorsque les conditions « radiatives » se conjuguent avec un épisode de canicule alors un problème de santé publique apparaît car il y a conjonction d'une accumulation des polluants et d'un risque caniculaire exacerbé par l'îlot de chaleur.

Les brises thermiques se manifestent principalement dans la dernière situation météorologique que nous venons de décrire, la situation « radiative » estivale. C'est cette situation qui fait l'objet des développements ultérieurs du rapport. Il s'agit d'une situation à risque sur le plan du confort thermique et de la qualité de l'air dans laquelle les brises thermiques jouent un rôle, et révèlent des inégalités territoriales contrastées.

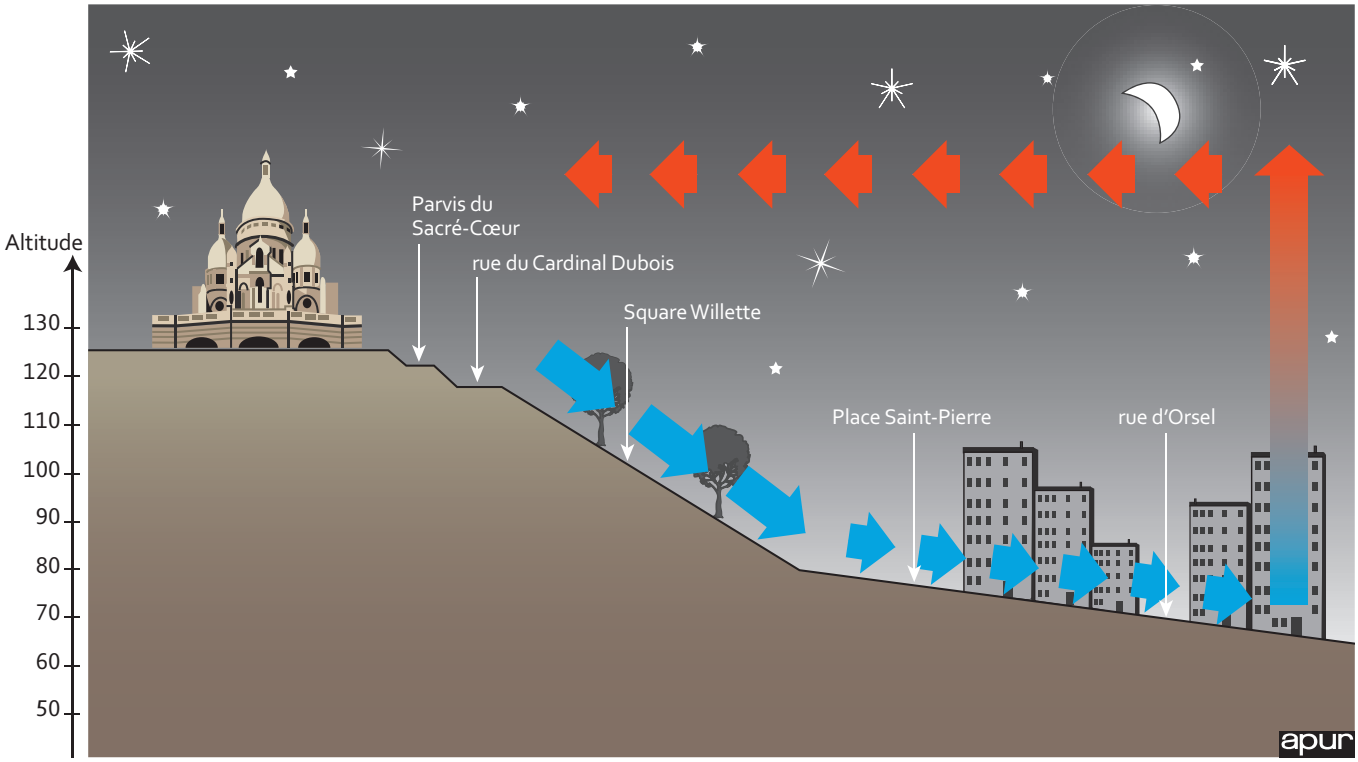
2/ Présentation des brises thermiques et de leur fonctionnement

2.1 Mécanisme des brises thermiques

En été, l'après-midi, les brises thermiques sont généralement absentes. La nuit les brises thermiques ont plus de chance d'être présentes.
Les brises thermiques se manifestent dans des conditions météorologiques caractérisées par une absence de vent et un ciel dégagé. En été ces conditions ne sont généralement pas réunies en pleine journée. L'ensoleillement estival est particulièrement intense, les après-midi d'été sont souvent marqués par un air agité conséquence directe de l'ensoleillement du sol. L'irradiation des surfaces au sol provoque la formation de bulles d'air chaud qui suivent des mouvements ascensionnels. L'air des basses couches est alors brassé. Cet air chaud fini par condenser lors de son ascension et provoquer la formation de nuages. Si les conditions s'y prêtent les nuages peuvent s'agglutiner et donner naissance à des orages en fin de journée. Dans d'autres cas les nuages finissent par se désagréger en fin de journée avec la cessation de l'activité solaire et donner naissance à un ciel clair. Dans ce dernier cas, s'il y a absence de vent, les conditions sont alors réunies pour que des brises thermiques se manifestent.

Le relief influence l'intensité des brises thermiques.
Au sein d'une ville comme Paris, il existe toujours des différences de température de l'air entre les quartiers. Ces différences sont la conséquence de la nature des matériaux de surface et de leur durée d'ensoleillement qui affectent la température du sol et donc de l'air. Les brises thermiques rendent compte des différences de densité entre les différentes masses d'air.
L'air chaud a naturellement tendance à s'élever alors que l'air froid a tendance à s'affaisser. Ainsi l'air froid a tendance à s'écouler à proximité du sol en suivant le relief. Cet écoulement est d'autant plus prononcé que la pente est forte. Les mouvements d'air sont donc de type « hydrographiques », ils suivent le relief. Les zones géographiques de Paris qui ressemblent à des cuvettes d'un point de vue hydrologiques se retrouvent dans une situation de convergence des brises et de quasi-stagnation de l'air.

Brises thermiques : écoulement nocturne de l'air selon le sens de la pente

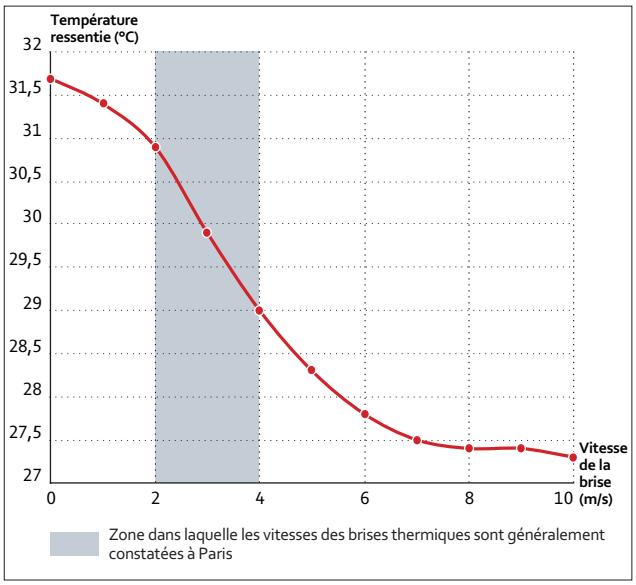


2.2 Brises thermiques et confort thermique

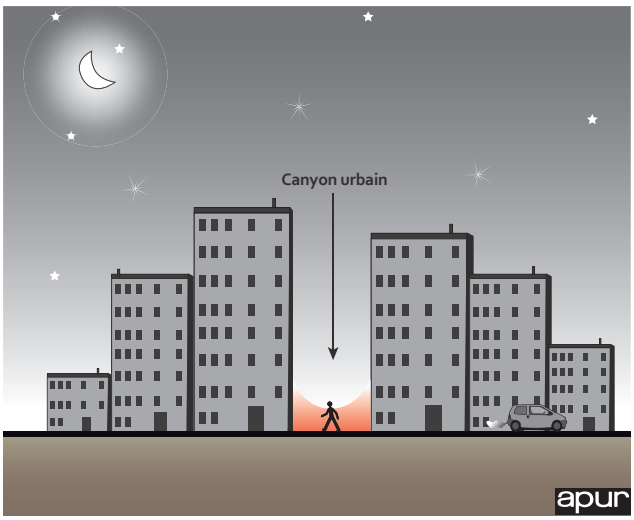
Les brises thermiques influencent notablement le confort thermique du piéton même quand elles sont faibles

Le ressenti climatique du piéton dépend de nombreux paramètres environnementaux, les principaux sont : la température de l'air qui est le plus connu, mais il y a aussi la température des bâtiments avoisinants et du sol, le taux d'humidité dans l'air et la vitesse du vent. La vitesse du vent un facteur qui influence grandement le ressenti climatique. Tant que la température n'est pas trop élevée (par exemple en deçà de 40 °C), les mouvements d'air sont bénéfiques au ressenti climatique même quand l'air est faiblement mis en mouvement. Les brises thermiques parisiennes sont des phénomènes de vent d'assez petites amplitudes, aux alentours de 2 à 4 m/s (soit de 7 à 14 km/h). Bien que cette plage de vitesse soit faible elle permet d'accroître assez fortement le ressenti thermique du piéton comme le montre le diagramme de confort thermique réalisé pour une situation urbaine de canyon dans laquelle la température de l'air est de 30 °C. La survenue d'un vent de 4 m/s offre un gain d'un peu moins de 4 °C par rapport à la situation sans vent. Les mouvements d'air sont donc particulièrement influant sur le confort thermique, il s'agit d'une variable de premier ordre.

Confort thermique selon la vitesse des brises thermiques



Calcul de confort effectué pour une situation de canyon urbain dans lequel une brise thermique s'écoule



Température de l'air : 30 °C,
Température de l'environnement radiatif : 40 °C,
Humidité : 30 %

2.3 La géographie des brises thermiques au cœur de l'agglomération parisienne

Les brises thermiques sont un phénomène multi-échelle. Les brises s'organisent à la fois à l'échelle locale (sur un versant ou un vallon) mais aussi à l'échelle régionale le long de l'ensemble de la vallée de la Seine par exemple. L'écoulement à grande échelle suit celui des cours d'eau franciliens. La topographie et le réseau hydrographique sont donc les premiers éléments déterminants de l'analyse des brises thermiques. Ensuite l'occupation du sol permet de comprendre les brises à l'échelle locale, elle permet de comprendre si l'organisation des bâtiments permet de laisser ou non les brises s'écouler.

Les brises franciliennes s'écoulent selon des vitesses qui sont commandées par l'intensité des pentes, théoriquement on devrait observer des brises aux vitesses allant de 0 à 10 m/s, en pratique les brises observées sur le territoire sont généralement aux alentours de 3 m/s (environ 11 km/h). Sur une nuit estivale (en prenant comme durée minimale de la nuit 8h pour la nuit du solstice, à la latitude de Paris), la brise peut s'écouler durant 8x3600x3, soit 86 km. Les brises susceptibles de s'écouler au niveau des 4 départements au cours de la nuit peuvent donc provenir d'une distance d'environ 80 km en amont de Paris. De la même manière, les brises sortant de Paris peuvent progresser de 80 km en aval. Sachant que durant une période de stabilité atmosphérique, les brises vont descendre le long du réseau hydrographique la nuit, on peut s'attendre à ce que les brises transportent et accumulent des polluants le long de leur parcours.

Analyse du réseau hydrographique

Le lit de la Seine est connecté à plusieurs affluents en amont et en aval de Paris. En restant dans les départements de la région parisienne, on dénombre 14 affluents en amont (Seine et Marne, Essonne et Val de Marne), un affluent dans Paris (la Bièvre), et 8 affluents en aval (Hauts-de-Seine, Seine Saint Denis et Yvelines). Ces affluents principaux sont à leur tour connectés à des affluents secondaires, augmentant d'autant la surface du réseau hydrographique et des vallées parcourues potentiellement par les brises thermiques. Les grands bassins-versants en amont de Paris sont ceux de la Seine et de la Marne, alors qu'en aval on ne considère que celui de l'Oise. Le réseau hydrographique contribue donc à connecter la ville de Paris avec l'ensemble de la région parisienne par le biais du système de vallées. La nuit, si les brises se mettent en place, Paris va émettre des polluants qui seront transportés le long des vallées vers l'aval, alors que Paris recevra les polluants venant de l'amont. Le réseau hydrographique constitue une toile au centre de laquelle se situe Paris, échangeant des polluants avec sa périphérie proche et lointaine, l'ensemble du phénomène contribuant à une augmentation du taux de polluants durant les épisodes de stabilité atmosphérique (périodes radiatives).
Lorsque les brises thermiques sont en place, le réseau hydrographique joue un rôle dans la répartition des polluants à grande échelle et dans leur canalisation. L'analyse du réseau hydrographique permet de comprendre comment sur chaque bassin-versant se fait cette canalisation de la pollution, d'identifier les zones où les masses d'air sont en mouvement et celles où elles stagnent.

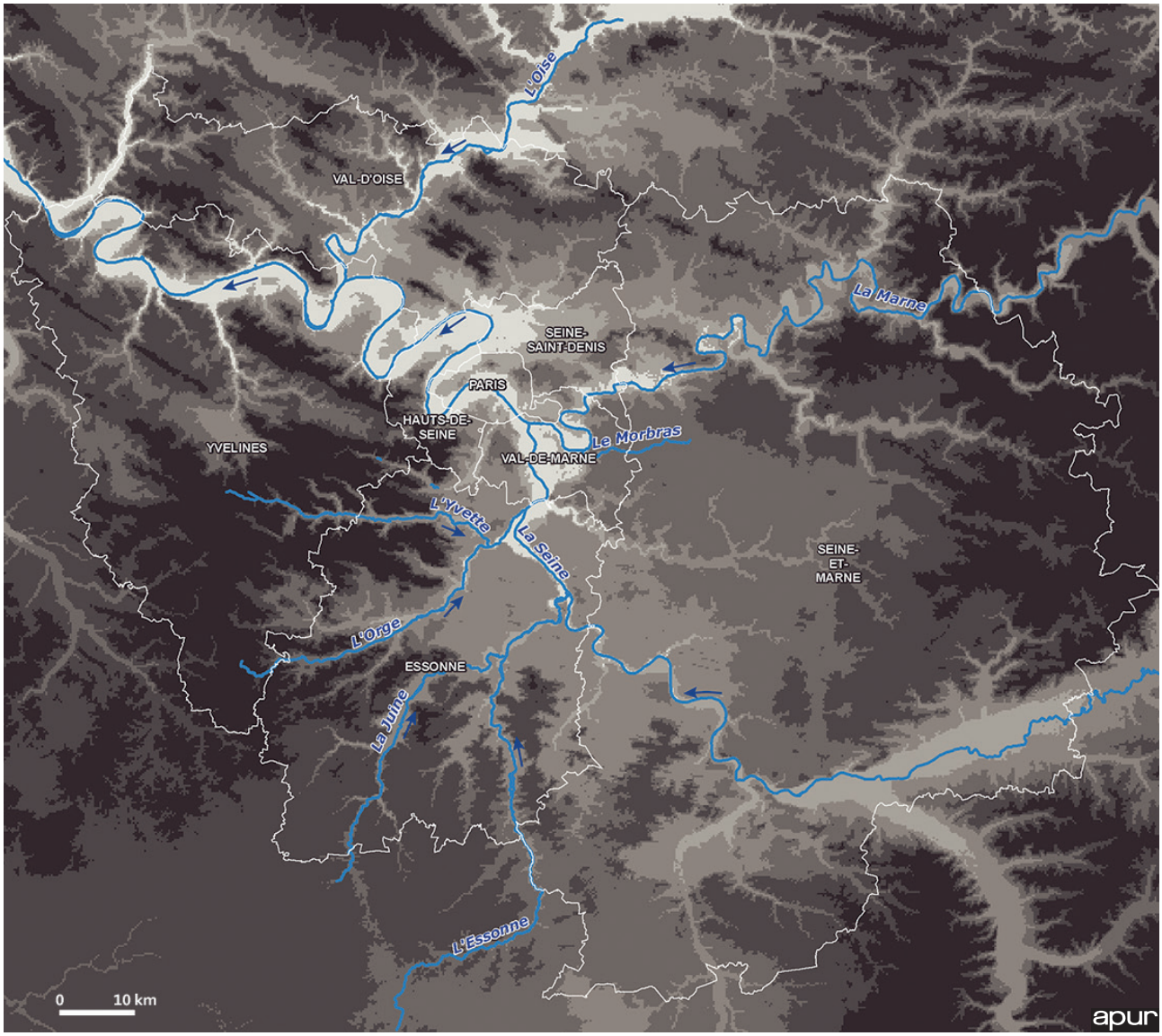
Le phénomène de connexion concerne surtout le lit de la Seine en amont de Paris avec la Marne, l'Orge et l'Yvette, l'Essonne et la Juine. En aval, la Seine est connectée avec l'Oise.

Principaux cours d'eau franciliens connectés au centre de Paris

Hauteur du sol :

- moins de 42 m
- de 42 à 60 m
- de 60 à 90 m
- de 90 à 120 m
- de 120 à 150 m
- plus de 150 m
- cours d'eau
- sens général de l'écoulement des brises

Sources : Apur, MNT 2015 © Aerodata



Analyse de la topographie

À l'intérieur des 4 départements on identifie les vallées de la Seine, de la Marne, et de la Bièvre. On distingue aussi des vallées sèches ou rus aboutissant au lit de la Marne au niveau de Sucy-en-Brie (le Morbras), ou bien aboutissant au lit de la Seine au niveau d'Issy-les-Moulineaux, Meudon et Sèvres. On notera que globalement les reliefs sont plus élevés au sud (plateau de Vélizy - 170 m), d'Orly (85 m) alors que le Nord et l'Est sont plus bas et constituent une grande plaine (Plaine Saint Denis - de 40 à 60 m). Le seul relief notable au centre est situé au niveau de la butte Montmartre (125 m), se prolongeant vers l'est par les Buttes-Chaumont (100 m), le plateau de Romainville (125 m), la colline de Montfermeil et de Clichy-sous-Bois (100 m).

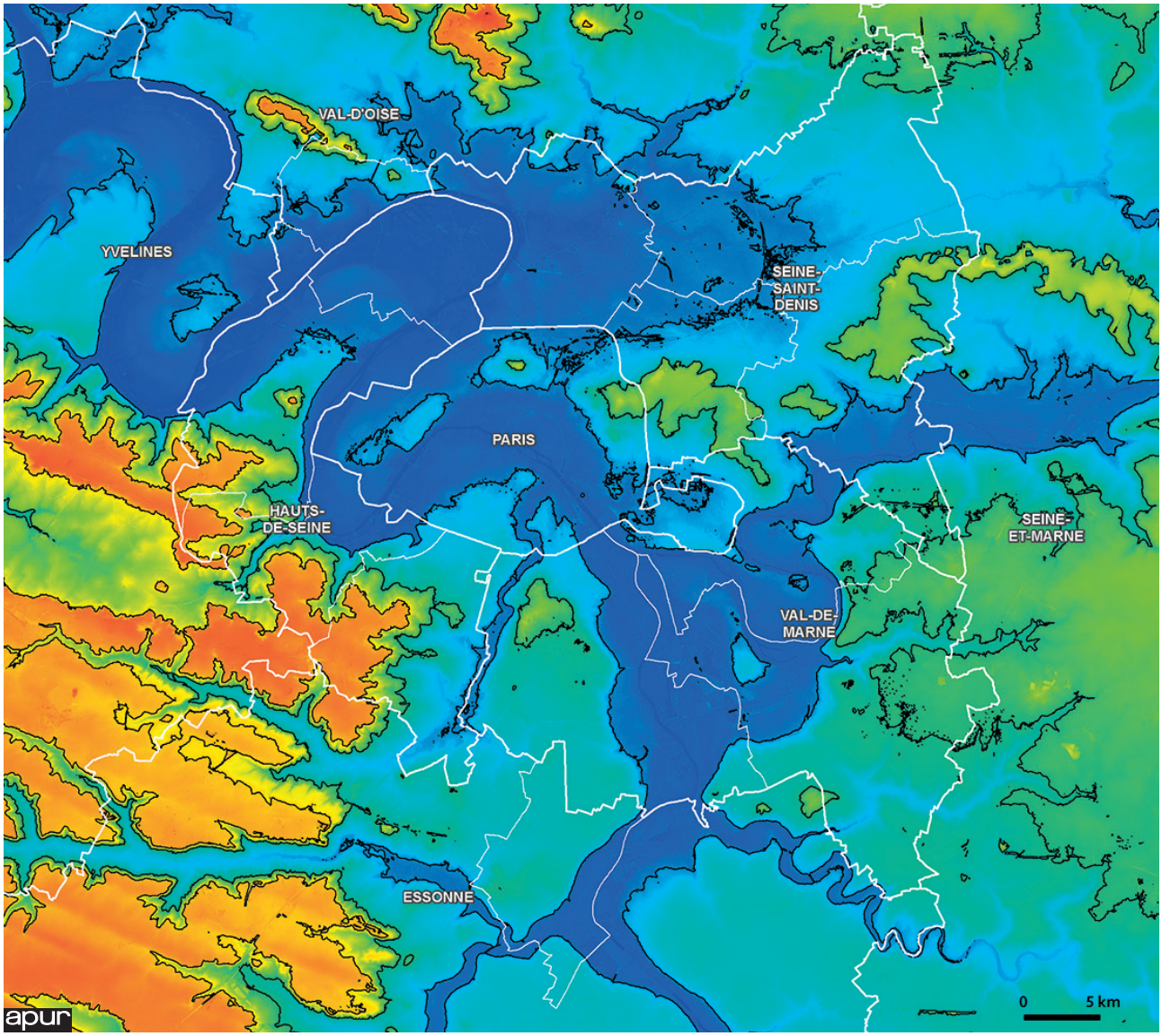
Pentes des relief de la métropole parisienne

Altitude

200 m

13 m

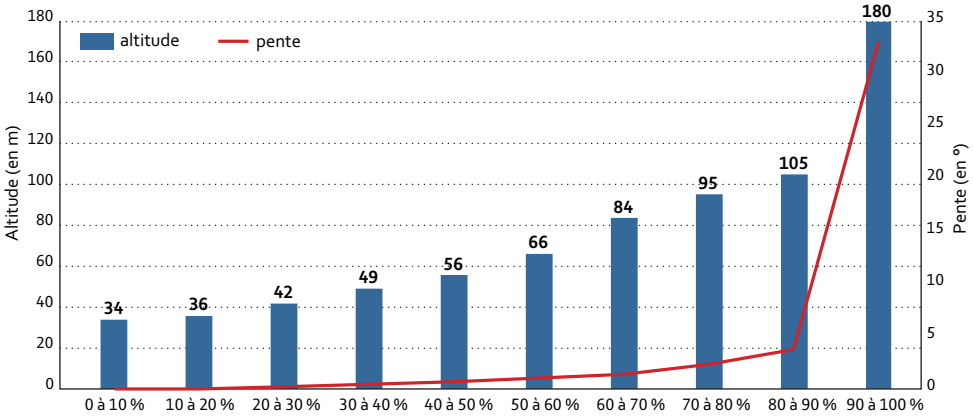
Sources : Apur, MNT 2015 © Aerodata

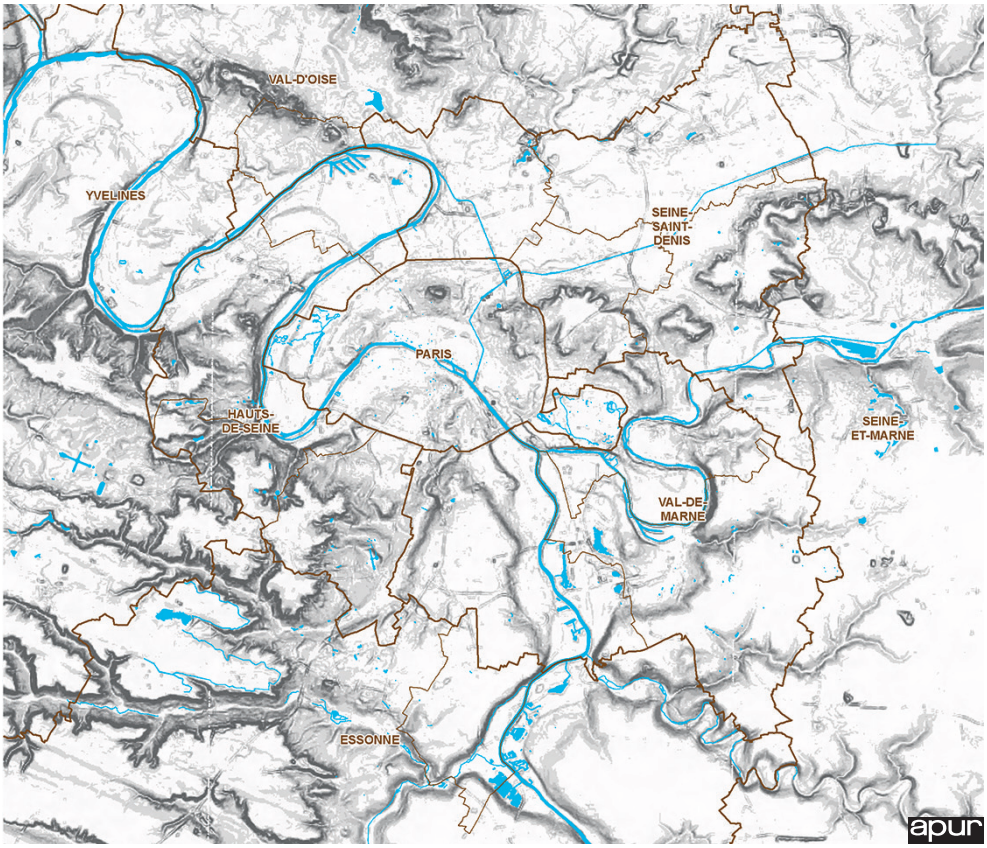


L'analyse de la distribution statistique des altitudes et des pentes

Elle montre que 50 % du territoire présente une altitude inférieure à 55 m, seul 10 % du territoire présente une altitude supérieure 100 m. Le corollaire est que 50 % du territoire présente une pente inférieure à 0.7°, seul 10 % du territoire présente une pente supérieure à 4°. Les brises gravitaires nocturnes dépendant essentiellement du relief et de la pente, il faut s'attendre à une présence relativement peu marquée du phénomène sur le territoire des quatre départements. L'analyse de la topographie permet de caractériser la forme des vallées. On distingue les vallées larges à fond plat (Seine, fin de la vallée de la Marne au niveau de Maisons-Alfort et Saint-Maur-des-Fossés) et les vallées plus encaissées (Bièvre, différents rus affluents de la Seine en rive gauche, Morbras). Les pentes ne sont pas très fortes sur l'ensemble du secteur étudié. On dénombre 25 % de la surface avec une pente subhorizontale (< 0.01°), 26% avec une pente faible (0.01° à 1°), 23 % avec une pente légère (1° à 5°), 5 % avec une pente marquée (5° à 10°) et 1 % avec une pente forte (10° à 33°). Les grandes étendues planes sont au fond des grandes vallées, dans les méandres, sur la Plaine Saint-Denis (et sur le plateau d'Orly), alors que les pentes les plus fortes sont situées sur les versants des vallées, la face concave des méandres, le rebord des plateaux, et au fond des vallées étroites. On peut donc s'attendre dans les vallées larges à fond plat à des brises plus lentes, voir absentes, et dans les vallées plus encaissées à des brises plus rapides. On doit aussi considérer que la brise se met en place au fond de la vallée parallèlement à son axe, et que des écoulements se mettent en place sur les versants perpendiculairement à la pente dans les secteurs plus pentus.

Distribution statistique des altitudes et des pentes par déciles (Paris et petite couronne)





Pentes des reliefs de la métropole du Grand Paris

Pentes des sols :

0 %

5 %

plus de 10 %

Sources : Apur, MNT 2015 © Aerodata

La direction des pentes indique directement le sens théorique des écoulements (sans prise en compte de l'influence de l'occupation du sol). L'intensité de la brise thermique est proportionnelle à la pente.

Analyse de la morphologie bâtie

L'urbanisation du territoire métropolitain influence directement l'écoulement des brises thermiques. On peut schématiquement considérer deux types d'écoulement pour les brises thermiques :

- dans les zones où l'urbanisation est discontinue, le régime d'écoulement n'est pas altéré par la présence des bâtiments.
- dans les zones où l'urbanisation est dense, les brises thermiques sont canalisées par les canyons urbains si ces canyons ont une direction, proche de l'écoulement théorique des brises. Par contre si les canyons ont des directions très différentes de la pente naturelle alors il est plus vraisemblable que les brises soient alors contraintes voire arrêtées.

La présence de canyons urbains est une donnée morphologique qui peut être détectée géographiquement en repérant les zones où les bâtiments forment des agrégats de bâtis mitoyens. On peut par exemple s'intéresser aux zones où des bâtiments constituant des agrégats de plus de 15 bâtiments possèdent des rapports de mitoyenneté. On est alors en présence de zones plus ou moins vastes dans lesquelles l'urbanisation est relativement dense.
Paris est de loin la zone où le phénomène de canalisation des brises thermiques par les rues est le plus important.

Brises thermiques et densité bâtie

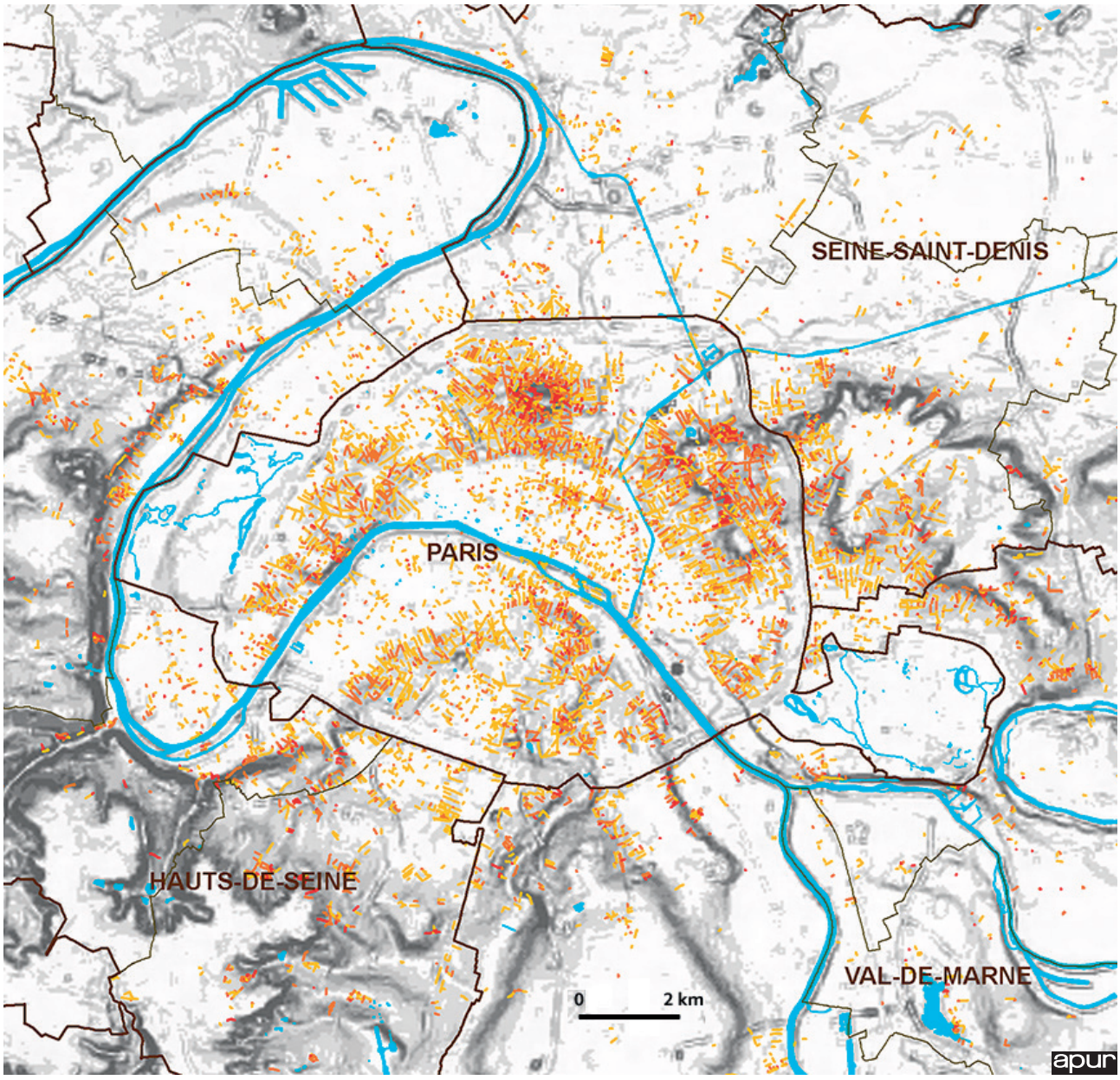
Tronçons de voies dans les agrégats de plus de 15 bâtiments mitoyens

Pente des rues :

- moins de 3 %
- de 3 à 6 %
- plus de 6 %

Coteaux

Sources : Apur, MNT 2015 © Aerodata



3/ Analyse des brises thermiques du cœur de l'agglomération parisienne : 5 exemples

En situation caniculaire, l'apparition de brises thermiques joue un rôle dans le brassage de l'air qui est déterminant au regard du confort climatique et de la répartition des polluants. Il est présenté ci-dessous quelques explications non exhaustives de la situation du cœur de l'agglomération parisienne, telle qu'elle apparaît au regard de campagnes de mesures ponctuelles réalisées à Paris ces dernières années. La question des brises thermiques n'a pas encore fait à ce jour l'objet de campagnes de mesures systématiques, ainsi de nombreuses questions restent encore mal comprises, notamment le rôle des espaces verts et celui du périphérique.

Zones ❶ et ❷ sur la carte :

La vallée de la Seine au cœur de Paris est une situation critique au regard de l'îlot de chaleur et de la pollution atmosphérique.

La vallée de la Seine dans Paris intra-muros est une zone particulièrement plate. On s'attend à y observer des situations de vent quasiment nul en dehors du lit de la Seine.

Ces zones sont exposées à la pollution produite in situ mais aussi provenant des reliefs proches.

❶ Plaine de Grenelle

La plaine de Grenelle qui va de Javel (75015) aux Invalides (75007) est un secteur qui reçoit une pollution importée des communes Sud-Ouest de Paris : Vanves, Montrouge Malakoff, ainsi que dans Paris la partie Est du 15e (quartiers Saint-Lambert et Necker) et le sud 6e arrondissement (quartier Notre-Dame-des-Champs).

L'absence de vent dans la Plaine de Grenelle défavorise le confort climatique des secteurs d'habitation, de nombreux espaces de fraîcheur permettent d'apaiser ponctuellement l'îlot de chaleur comme le Champs de Mars, l'esplanade des Invalides, le parc André-Citroën.

❷ Quartiers centraux rive droite

Le secteur compris entre l'ancien lit de la Seine et son lit actuel à savoir les 4 premiers arrondissements auxquels s'ajoutent les quartiers périphériques (Champs-Élysées et Madeleine (75008), Chaussée d'Antin et Faubourg Montmartre (75009), Porte Saint-Denis et Porte Saint-Martin (75010), puis les Quinze-Vingts (75012).

Les quartiers centraux de la rive droite sont dans une situation de plaine où l'air stagne, les brises y sont faibles ou nulles. La pollution locale stagne et la pollution émanant des pentes est importée. Toute la dorsale Est (Buttes-Chaumont, Belleville, Gambetta) fait aboutir sa pollution au cœur de Paris en rive droite. La très grande minéralité de certains secteurs expose les habitants également à un îlot de chaleur particulièrement efficace : quartier de la Madeleine (75008), Chaussée d'Antin et Faubourg Montmartre (75009), Porte Saint-Denis et Porte Saint-Martin (75010). Le centre rive droite est très exposé à la double composante pollution de l'air et inconfort climatique.

Zone ❸ sur la carte : plateaux du sud de Paris

Ce sont des secteurs exposés à la pollution du périphérique et de communes extra-muros.

Les quartiers de Plaisance (75014) et Maison-Blanche (75013) se situent en contrebas des reliefs de communes riveraines de Paris (respectivement Malakoff, Montrouge et Kremlin-Bicêtre). Ils sont donc exposés à une pollution extra-muros à laquelle s'ajoute celle du périphérique. L'îlot de chaleur urbain s'y manifeste également quoique moins prononcé que dans le centre de Paris.

Pentes des reliefs parisiens : des situations contrastées selon la configuration des rues canyons.
Les rues des secteurs pentus de Paris sont capables d'accueillir des brises thermiques à condition que leur orientation soit proche de celle de la pente. Dans ce cas les brises thermiques peuvent s'établir et brasser l'air de la rue, le confort climatique est amélioré par l'établissement de la brise, la pollution atmosphérique reste présente mais sa concentration est affaiblie par le phénomène de brassage qui la charrie vers les secteurs bas où elle va stagner.
L'avenue Mathurin Moreau (75019) qui relie les Buttes-Chaumont à la place du Colonel Fabien a son axe dans le sens de la pente, des brises thermiques y sont observées lorsque les conditions climatiques générales s'y prêtent.
Inversement l'avenue Rochechouart suit une isoligne du relief de Montmartre, elle a un axe perpendiculaire au sens de la pente, cette configuration est peu propice à l'observation de brises thermiques.

Les espaces verts peuvent renforcer le phénomène de brise thermique.
Les espaces verts sont des lieux générateurs de fraîcheur, y compris la nuit en été. Leur présence sur les pentes des reliefs est théoriquement de nature à renforcer l'importance des brises thermiques même si cet effet n'a pas encore été démontré par des campagnes de mesure.
Ainsi on suppose par exemple que le parc de Belleville (75020), le parc des Buttes-Chaumont (75019), le square Louise-Michel (75018), le parc Montsouris (75014), le jardin du Luxembourg (75006) et le cimetière du Père Lachaise (75020) contribuent à renforcer la circulation des brises thermiques et donc à améliorer encore le confort thermique sur l'espace public.

Rôle du périphérique et des quartiers avoisinant non encore résolu.
La question du périphérique est complexe à traiter dans la mesure où cette infrastructure émet à la fois de la chaleur (circulation automobile très importante), des polluants et surtout possède son propre nivellement, relativement indépendant de celui des quartiers avoisinants. Toutes ces caractéristiques font que la question de la migration des polluants émanant de cette infrastructure lors des épisodes de brises thermiques est irrésolue à ce jour à part dans quelques cas simples que nous avons évoqués.

Zones ❹ et ❺ sur la carte

Il existe des situations d'enclaves où l'air stagne, prisonnier entre un relief et un espace vert comme à la porte Dauphine (75016) ou vers la porte de Saint-Cloud (75016). Ces situations sont très défavorables à la dispersion des polluants.

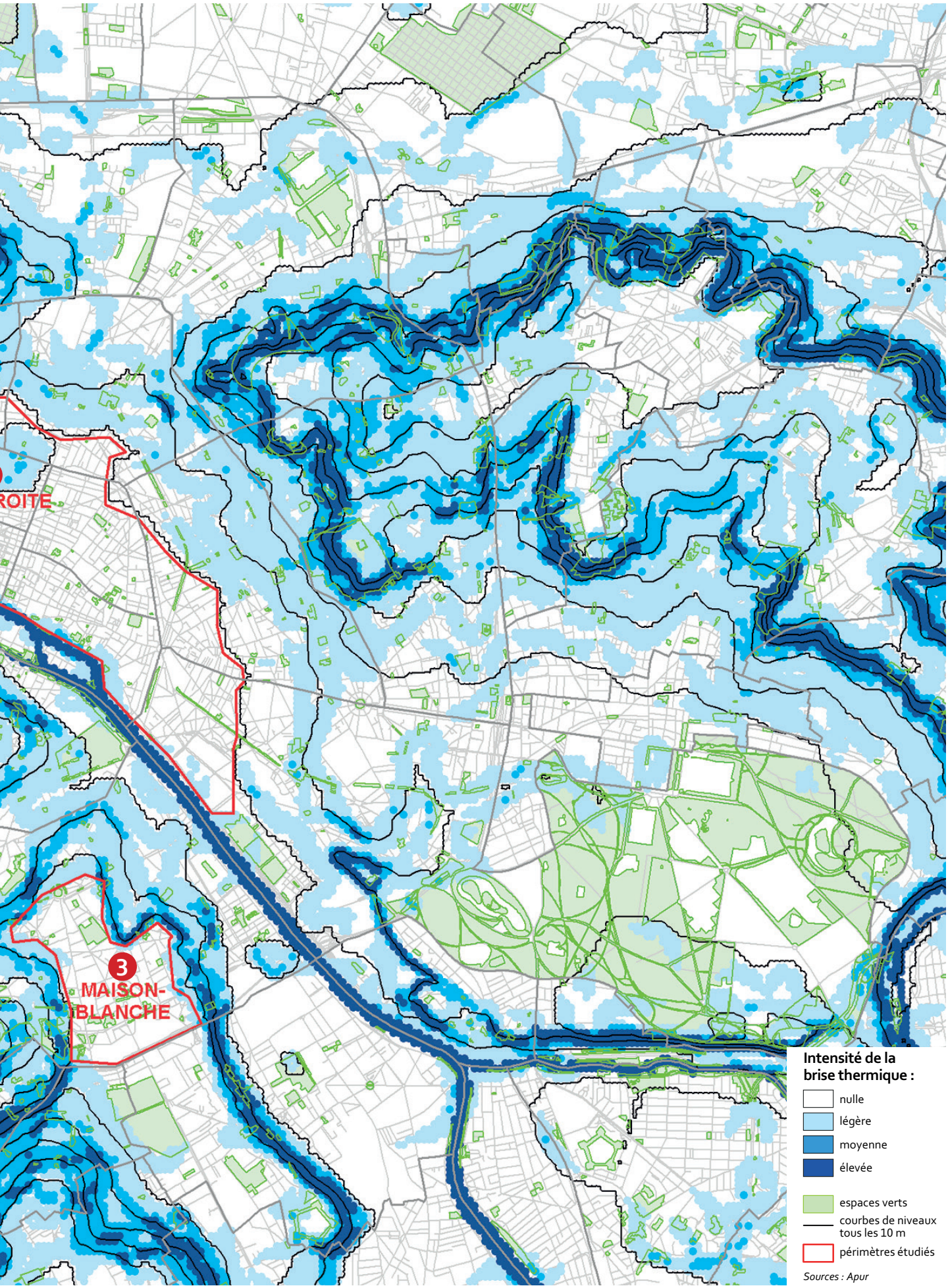
❹ Le secteur allant du Ranelagh à la porte Dauphine

Il est dans une situation géographique où se rencontrent deux tendances aérologiques antagonistes. À l'Est, l'air descend lentement depuis la colline de Chaillot et à l'Ouest le Bois de Boulogne produit un air froid qui vient contrer le flux descendant de Chaillot. Il en résulte une situation supposée de stagnation de l'air au cœur de laquelle se trouve le périphérique. Il est vraisemblable que le brassage de l'air est très insuffisant dans ce secteur et que la qualité de l'air en est affectée. L'îlot de chaleur urbain est modéré en raison de la présence importante de végétation (proximité du bois de Boulogne, Ranelagh, etc.).

❺ Le secteur de Boulogne-Billancourt

Il est dans une situation géographique tout à fait singulière, très favorable à l'émergence d'une pollution atmosphérique importante, cette situation particulière affecte également Paris au niveau de la Porte de Saint-Cloud (75016). La commune de Boulogne-Billancourt est en effet située à l'endroit où la Seine effectue un rebroussement en butant sur les reliefs de Meudon et de Sèvres. Elle se trouve donc dans une situation où toute la pollution charriée dans le lit de la Seine se retrouve momentanément bloquée. Cette situation de cuvette est renforcée par la présence au nord du bois de Boulogne qui aura tendance à engendrer un vent thermique en direction du Sud, renforçant l'effet de blocage. Cette situation est celle d'un goulet d'étranglement dans lequel un air pollué importé depuis Paris et l'amont se retrouve bloqué.

Les brises thermiques du cœur de l'agglomération parisienne


ROITE
3
MAISON-
BLANCHE
Intensité de la brise thermique :
nulle
légère
moyenne
élevée
espaces verts
courbes de niveaux tous les 10 m
périmètres étudiés
Sources : Apur

Conclusion

La question prospective posée par l'étude laisse entendre que la connaissance fine du climat parisien est encore lacunaire notamment dans les conditions d'air calme, qui sont les plus problématiques en termes de santé publique. Aujourd'hui il semble opportun d'engager une réflexion sur l'instrumentation du territoire. On pense au déploiement de stations de mesures par tous les acteurs de la gestion du territoire, le développement et la conception de stations de mesures de petit format à destination des habitants, la mise en commun collaborative de toutes ces données en temps réel.

À long terme on imagine que la gestion de l'adaptation de la ville au changement climatique pourrait être pilotée par cette instrumentation de grande échelle, avec par exemple un arrosage nocturne de rues qui sont ventilées par les brises nocturnes, on créerait ainsi des couloirs de fraîcheur dans lesquels le vent nocturne serait accentué par l'évaporation de l'eau. Ce pilotage climatique peut avoir lieu à condition d'avoir instrumenté largement le territoire et d'avoir développé des solutions d'arrosage intégrées aux espaces publics, branchées sur le réseau d'eau non potable de la Ville de Paris, et d'avoir subordonné leur déclenchement aux informations émanant de l'instrumentation collaborative.

Bibliographie

Apur,
* *Les îlots de chaleur urbains à Paris*, Cahier #1, 2012.
* *Simulations climatiques de trois formes urbaines parisiennes et enseignements*, Cahier #2, 2014.
* *Influence climatique des revêtements de sol à Paris*, Cahier #4, 2017.

Sébastien Bridier,
Modélisation de la répartition des brises thermiques et des températures en situation radiative, Thèse, 2001.

Olivier Cantat,
L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps,
NOROIS 2003.

Corso M, Pascal M, Wagner V, Blanchard M, Blateau A, Cochet A, et al.
Impact à court terme des particules en suspension (PM10) sur la mortalité dans 17 villes françaises, 2007-2010. Bull Epidémiol Hebd. 2015 ; (1-2) : 14-20.

Gisèle Escourrou,
Les brises de campagne : un aspect essentiel du climat urbain, International Symposium on urban and local climatology,
p. 87-95, 1986.

Villes&Climats,
Études des systèmes de brises thermiques nocturnes sur Paris,
Hauts-de-Seine, Seine Saint-Denis et Val-de-Marne, 2016 (non publié).

Les îlots de chaleur urbains du cœur de l'agglomération parisienne

Cahier#3 : brises thermiques

Les épisodes de pollution atmosphérique sont des phénomènes récurrents à Paris. Ils surviennent souvent dans des situations d'air calme où la pollution a du mal à s'évacuer à cause du manque de vent. L'absence de vent est également récurrente dans le cœur de l'agglomération parisienne en période de canicule. Le territoire n'est pas à l'abri d'une situation où se conjugueraient à la fois pollution et canicule.

Dans cette situation le territoire parisien se révèle très inégalitaire. Même en condition d'air calme, certaines zones sont mieux aérées que d'autres car parcourues de vents locaux appelés « brises thermiques » qui sont la conséquence de la topographie parisienne et des types d'occupation du sol. Ainsi certains quartiers se révèlent à la fois chauds et pollués comme par exemple le centre de Paris côté rive droite. On y observe un effet de cuvette où l'air pollué importé des reliefs y stagne, la grande minéralité des lieux exacerbe l'îlot de chaleur ce qui crée une situation de vulnérabilité.

À l'inverse, sur les pentes des reliefs (Buttes-Chaumont, Belleville, Père Lachaise, Butte Montmartre, etc.), l'air circule doucement selon la pente descendante, ce mouvement d'air a un effet rafraîchissant qui rend plus supportable la canicule dans sa phase nocturne, les polluants y sont un peu mieux brassés que dans le reste de Paris. La présence des espaces verts sur les pentes semble avoir un effet accélérateur des brises qui renforce la sensation de fraîcheur nocturne.

Cette étude s'inscrit dans une série de quatre cahiers consacrés aux îlots de chaleur urbains du cœur de l'agglomération parisienne :

cahier #1 : les îlots de chaleur urbains à Paris

cahier #2 : simulations climatiques de trois formes urbaines parisiennes et enseignements

cahier #3 : brises thermiques

cahier #4 : influence climatique des revêtements de sol à Paris.

L'Apur, Atelier parisien d'urbanisme, est une association 1901 qui réunit la Ville de Paris, le Département de Paris, l'État (la DRIEA, l'Insee), le Métropole du Grand Paris, le Forum métropolitain du Grand Paris, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris Ile-de-France, la Régie Autonome des Transports Parisiens, la Société du Grand Paris, l'Assistance publique - Hôpitaux de Paris, La Caisse des dépôts, Eau de Paris, l'Epaurif, Grand Paris Aménagement, Paris Habitat, Ports de Paris, le SIAAP, le SIPPEREC, SNCF Immobilier, le STIF, le Syctom, le territoire Est Ensemble (T8), le territoire Grand-Orly Seine Bièvre (T12), le territoire Grand Paris Seine Ouest (T3).