

LA TÉLÉDÉTECTION AU SERVICE DE LA VÉGÉTATION

NOTE n°238
NOVEMBRE 2023

UNE BASE DE DONNÉES INÉDITE
PARTAGÉE DANS LE GRAND PARIS



34 280 ha

de surface de végétation
dans la Métropole
du Grand Paris
en 2021

Les procédés de télédétection constituent un outil d'analyse de données géolocalisées, permettant notamment le recensement de la couverture végétale à l'échelle de la Métropole du Grand Paris. La technique permet le recensement exhaustif et inédit de la végétation à différentes hauteurs et de développer des nouveaux indicateurs comme l'indice de canopée, utile pour le rafraîchissement des villes.

Depuis une quinzaine d'années, l'Apur exploite des photos aériennes à très grande résolution ce qui lui permet d'établir de façon détaillée et précise la couverture végétale réelle dans la métropole du Grand Paris. Cette technique permet le recensement le plus exhaustif possible de la couverture végétale

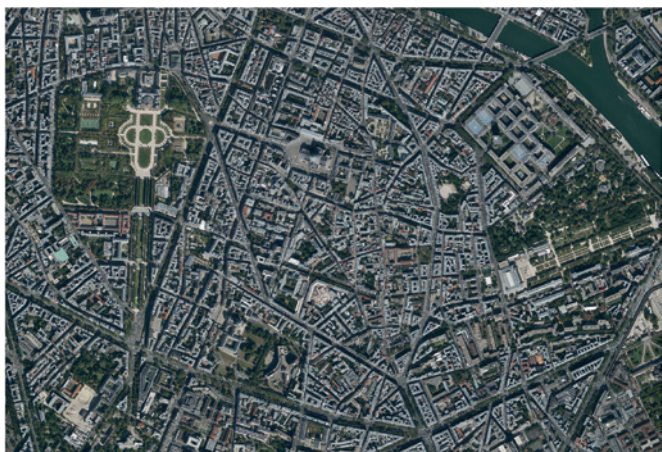
d'un territoire. L'exploitation de cette donnée permet de calculer la hauteur de la végétation, les taux de couverture végétale, de développer de nouveaux indicateurs comme l'indice de canopée et d'enrichir les analyses urbaines de la parcelle au territoire, de l'îlot à la commune, du quartier à la métropole.

Méthode et création de données

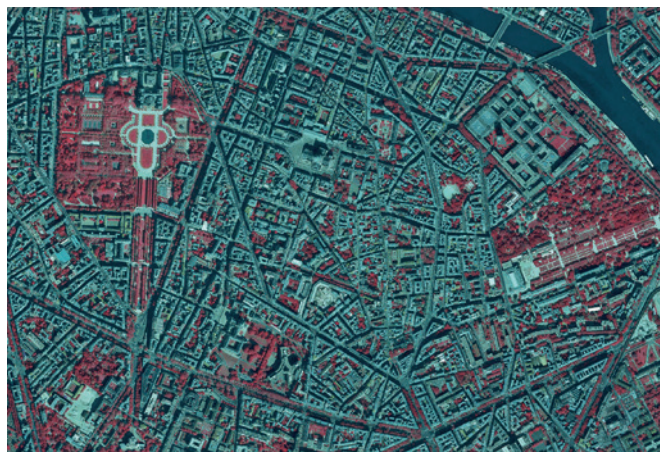
Les images aériennes à haute résolution

L'Apur acquiert, environ tous les quatre ans, une photo aérienne traditionnelle ❶ et une photo proche infrarouge ❷ estivales ce qui permet l'ex-

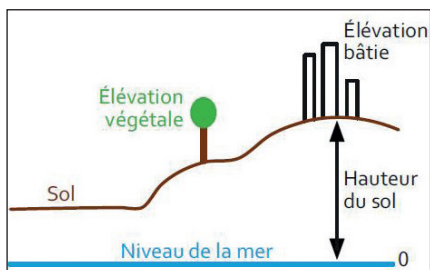
traction de la végétation. Il acquiert également un modèle numérique de surface (MNS) ❸ et un modèle numérique de terrain (MNT) ❹ contenant les informations utiles au calcul des hauteurs de la végétation.



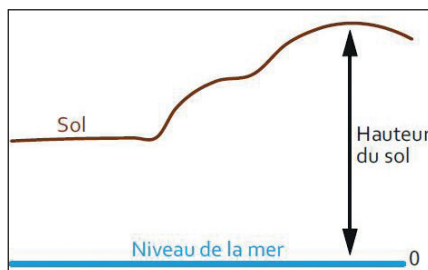
❶ Photo aérienne (rouge, vert, bleu). La photo aérienne traditionnelle donne une information très riche sur l'occupation du sol et facilite la localisation sur le territoire



❷ Orthophotoplan dans le proche infrarouge. Le proche infrarouge contient les informations qui révèlent la présence de végétation puisque celle-ci a un degré de réfléchissement très élevé dans le canal proche infrarouge



❸ Modèle numérique de surface (MNS)



❹ Modèle numérique de terrain (MNT)

❸ Le MNS représente la hauteur du sol et de tout ce qui se trouve au-dessus (végétation, bâtiments...). Il est obtenu par auto-corrélation des images numériques avec la reconnaissance de points homologues entre clichés.

❹ Le MNT donne la hauteur du sol au-dessus du niveau de la mer. Il est constitué par filtrage automatique des points du sur-sol et par la saisie des lignes de rupture de pente majeure au sol. Des traitements reconstituent l'enveloppe du territoire couvert par la prise de vue.

Les traitements d'images et la création de données sur la végétation

La méthode utilisée pour dissocier le végétal de l'image proche infrarouge repose sur le mode de classification supervisé. Le procédé consiste à assigner chaque pixel d'une image à une classe ou un thème selon les caractéristiques statistiques des valeurs spectrales des pixels.

Il s'agit au préalable d'établir des classes thématiques que l'on souhaite extraire de l'image. Deux grandes classes sont ainsi définies : une classe « végétale » et une classe « minérale ». Pour caractériser chacune d'entre elles,

des échantillons d'entraînement homogènes et représentatifs sont sélectionnés sur l'image proche infrarouge dans différents types de végétation : dans la végétation exposée au soleil, dans la végétation à l'ombre des immeubles ou des arbres voisins, dans les pelouses, les bosquets, les arbres. De la même manière, des échantillons sont prélevés sur le minéral, dans différents types de bâtiments, dans la voirie.

Une fois les échantillons définis, ils sont ensuite utilisés pour calculer la probabilité d'appartenance de chaque pixel de l'image proche infrarouge à une classe en particulier en fonction de leur



❶ Reconnaissance automatique des arbres de plus de 3 m aux alentours de la cité Gaston Roulaud à Drancy (93)

Hauteur de la végétation

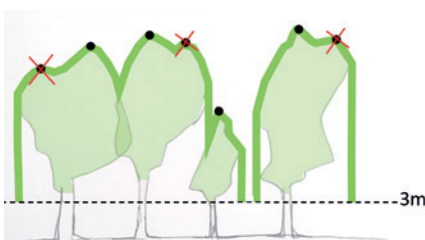
- Moins de 3 mètres
- De 3 à 5 mètres
- De 5 à 8 mètres
- Plus de 8 mètres
- Pieds d'arbres générés

Source : Apur



❷ Hauteur de végétation et sommets détectés.

Lorsque deux points sont proches de moins de 2,5 m, le point le plus bas est automatiquement supprimé.



❸ Coupe schématique d'un alignement d'arbres avec suppression des sommets secondaires

ressemblance. Les résultats de ce calcul permettent d'identifier les pixels qui constituent l'image de la végétation et de séparer ainsi la végétation des autres couvertures du sol. Puis, des filtres et masques destinés à l'amélioration de l'image de la végétation sont appliqués (suppression des pixels isolés, lissage des contours).

Les emprises de la végétation ainsi obtenues sont celles visibles en vue aérienne. Cela signifie que la superficie considérée comme verte inclut l'ensemble de la végétation au sol visible depuis le ciel, ainsi que la couronne des arbres. Ce qui se trouve sous la couronne des arbres ne peut pas être apprécié par cette méthode.

La création des hauteurs de la végétation

Le résultat de ces traitements permet d'identifier les emprises de végétation sur le territoire. L'Apur calcule ensuite la hauteur de cette végétation au-dessus du sol. Ces informations sont obtenues en calculant l'écart entre le modèle numérique de surface et le modèle numérique de terrain. Le recouplement de l'image des emprises du végétal avec celle des hauteurs au-dessus du sol permet la constitution d'une nouvelle image très détaillée de la végétation avec son épaisseur.

Les informations obtenues sont géoréférencées et mobilisables dans un SIG aussi bien en mode raster (équivalent des pixels d'une photographie numérique) que vecteur (contour détaillé, formant des polygones fermés, des zones incluant une végétation de taille homogène), pour interpréter qualitativement et/ou quantitativement ces données. Ils vont permettre par exemple de mieux connaître la répartition de la végétation, d'évaluer des surfaces, de croiser la végétation avec l'ensemble des autres données. Ils constituent également un support efficace au travail de terrain.

En 2022, l'Apur a effectué à nouveau des traitements d'images sur les données à haute résolution acquises par l'IGN lors de missions aériennes en 2021. La couverture végétale avec la

hauteur associée issue de procédés de télédétection a été ainsi actualisée sur 3 700 km².

À partir de l'image de la végétation, l'Apur a mis en place une procédure d'identification automatique des arbres dans la Métropole du Grand Paris, tant dans les espaces publics que dans les espaces privés.

La méthode consiste tout d'abord à extraire la végétation de plus de 3 mètres ❶. Sur cette base, les cimes des arbres sont détectées grâce à l'utilisation d'algorithmes permettant d'identifier la morphologie du terrain et les différentes typologies associées (crêtes, cimes, dépressions, vallées, etc.) ❷. L'ensemble des pixels correspondant aux sommets de la canopée est ensuite vectorisé pour obtenir une base de données ponctuelles des pieds d'arbres. Par la suite, des traitements complémentaires successifs, de proximité et de maximum de hauteur, sont effectués pour supprimer les sommets secondaires ❸. Un dernier filtre de suppression des éléments présents dans les emprises bâties termine ce workflow d'identification des arbres.

Ce travail produit un résultat qui permet de reconstituer les grands alignements sur l'espace public, de repérer les arbres isolés et de donner une approximation du nombre d'arbres dans des lieux non inventoriés par des collectivités comme les parcelles privées ou les abords des grandes infrastructures. Si ce repérage peut servir de base à de futurs inventaires, il comporte des limites notamment dans les espaces forestiers denses ou la superposition des strates végétales rend difficile la détection des arbres de moyens ou petits développements. La forme des arbres peut également perturber l'identification comme dans le cas où les cimes sont peu marquées ou bien lorsque les arbres ont une taille dite en « plateau ».

Voir à ce propos la note Apur, juillet 2021 : [Les arbres dans la Métropole du Grand Paris, vers une de données de décompte et d'identification](#)

Les usages pour une meilleure connaissance et analyse prospective

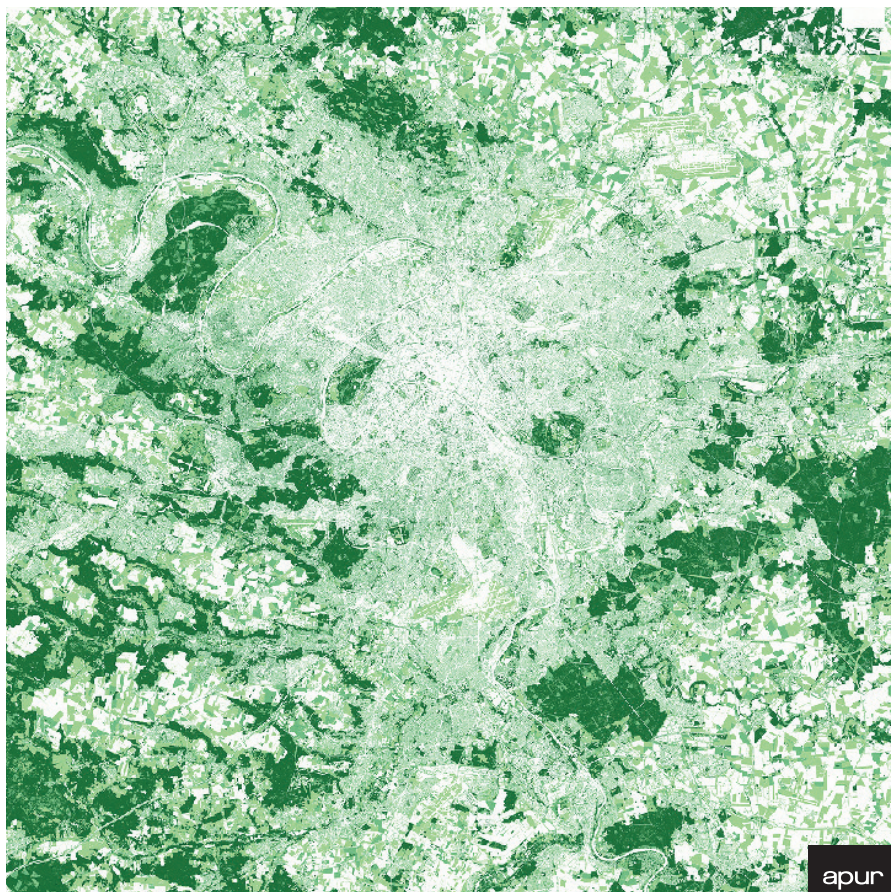
L'identification des 3 strates de la végétation

Les données sur les hauteurs de la végétation permettent de distinguer les différentes strates de végétation, comme par exemple la végétation herbacée (hauteur inférieure à 1 m), la végétation arbustive (hauteur inférieure à 10 m) et enfin les arbres (au-delà de 10 m). Cette distinction constitue un outil pour qualifier la végétation, elle permet également d'isoler l'une ou l'autre de ces strates pour les analyser spécifiquement, notamment dans le cadre de travaux sur les trames vertes et bleues ou sur les analyses de canopées.

Les hauteurs de végétation

- Moins de 1 m
- 1 à 10 m
- Plus de 10 m

Sources : Apur, photo proche infrarouge, MNE, MNT 2021(c) IGN



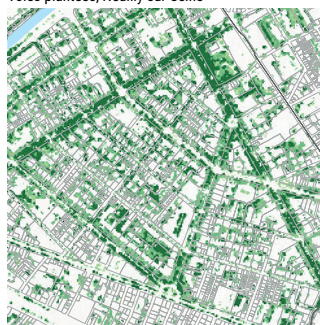
Parc Georges Valbon, La Courneuve



Bois de Boulogne



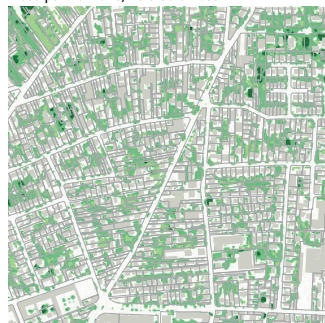
Voies plantées, Neuilly-sur-Seine



Terres agricoles, Ballainvilliers



Tissu pavillonnaire, Bois-Colombes



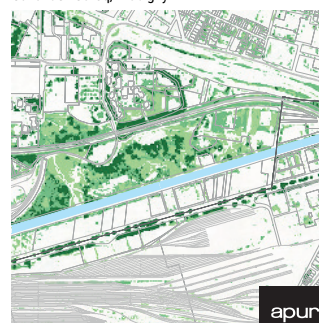
Grands ensembles, Maisons-Alfort



Centre ville, Aubervilliers



Canal de l'Ourcq, Bobigny



Le suivi de la végétation entre 2005 et 2021. Comparaisons d'une campagne à l'autre. Potentiels et limites des statistiques d'évolution.

La végétation extraite à partir des images prises en 2005, 2008, 2012, 2015 et 2021 permet de suivre de façon géolocalisée les variations des étagements des végétaux et de déceler les changements survenus sur un territoire aussi bien dans le domaine public que privé. L'analyse comparative de ces données à date présente toutefois des limites. D'une année sur l'autre, la végétation est plus ou moins importante en fonction de nombreux critères. Une part est effective-

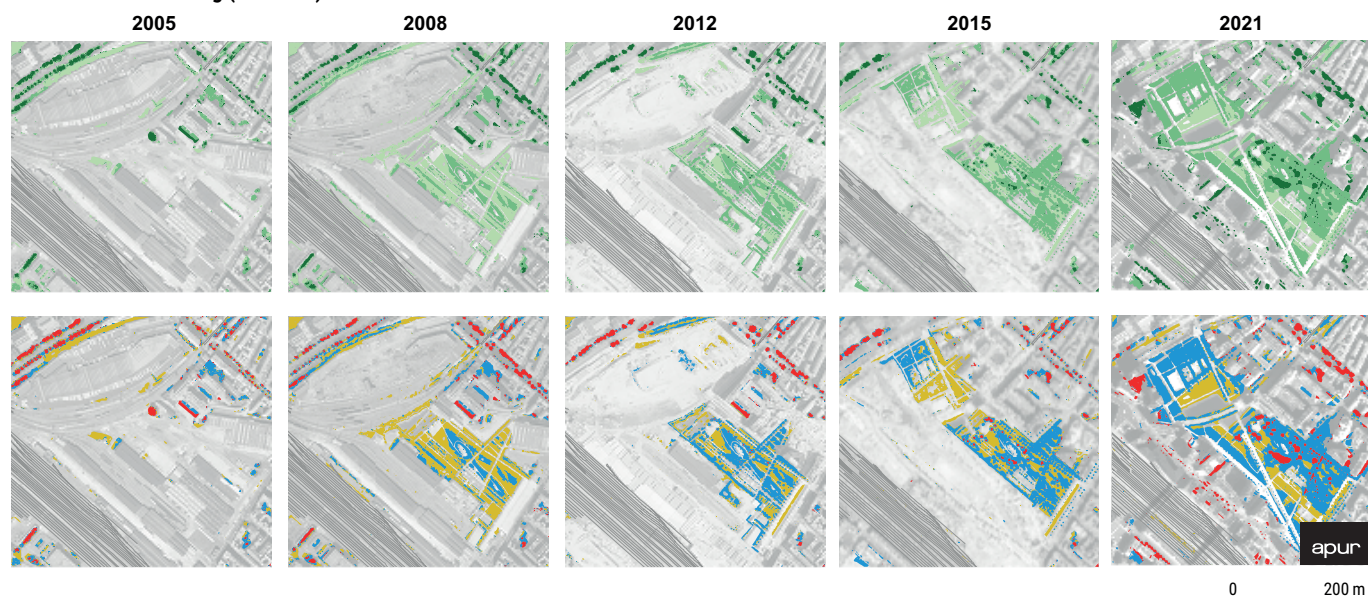
ment liée à la croissance de la végétation et aux transformations urbaines, mais une part non négligeable est également liée aux conditions de prise de vue, à la météorologie, aux dates de prises de vues (période de sécheresse précédant la prise de vue, labour des champs, perte hâtive des feuilles des marronniers, par exemple) et aux difficultés d'interprétation de l'image proche infrarouge liées à la présence d'ombres ou à l'inclinaison des bâtiments. La méthode utilisée pour extraire l'information peut entraîner également des variations d'interprétation d'une image à une autre. C'est pourquoi, les évolutions dans le temps doivent être interprétées avec discernement.

Ainsi, la comparaison des extraits de photos permet d'illustrer l'évolution de la végétation notamment sur les secteurs de plantation importants (voir illustrations ci-dessous), mais l'analyse des données statistiques intègre trop de biais pour être prise comme une valeur quantifier de manière fiable et précise de l'évolution de la végétation et de servir de base à l'élaboration d'un indicateur de suivi fiable basé sur la comparaison à un autre instant T.

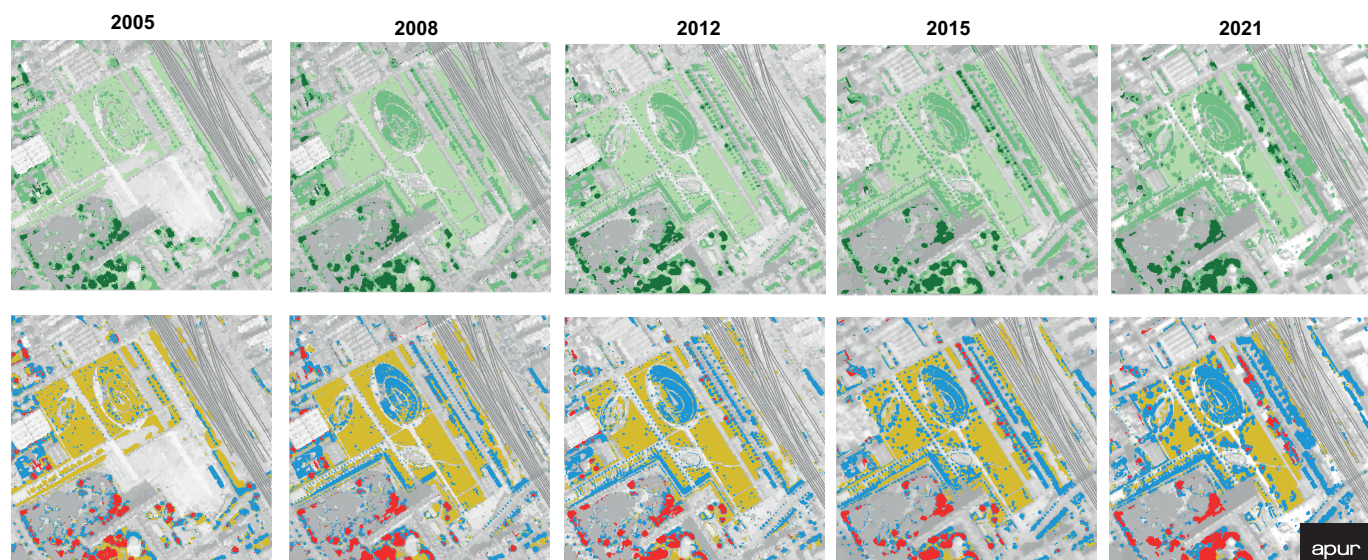
Les hauteurs de végétation

■	Moins de 1 m	Sources : Apur, photo proche infrarouge, MNE, MNT(c) InterAtlas, Aérodata, IGN
■	1 à 10 m	
■	Plus de 10 m	

Parc Martin Luther King (Paris 17^e)



Parc départemental des Cormailles (Ivry-sur-Seine)



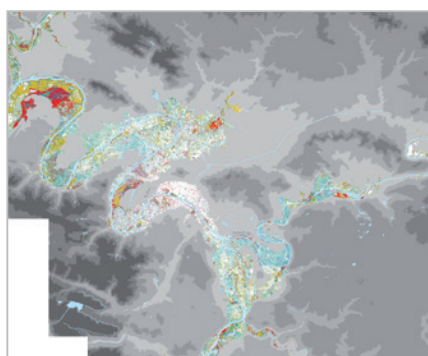
La répartition de la végétation sur le relief du Bassin parisien

L'analyse de la répartition de la végétation selon les grands étagements du relief métropolitain a d'abord été menée dans le cadre d'un travail réalisé en 2012 en lien avec les Ateliers de Cergy et avec la contribution de Bertrand Warnier.

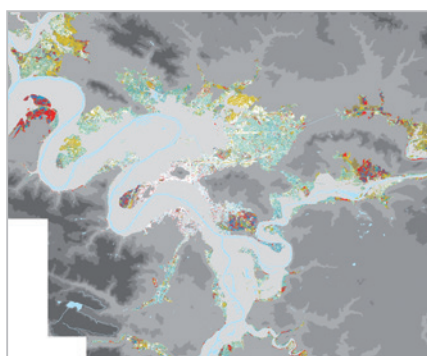
Ces cartes décrivent la répartition des strates de végétation en fonction de la topographie. Cette analyse illustre la fonction de la végétation comme élément susceptible de souligner les grandes lignes topographiques du territoire, le rendant lisible par tous à grande échelle. Cette analyse participe à l'ensemble d'outils cartographiques qui rendent compte de la structure des paysages métropolitains et identifie les

leviers pour leur préservation.

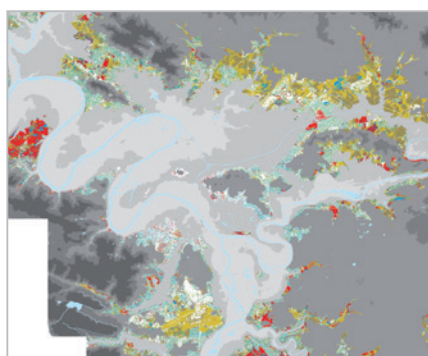
Pour réaliser ces cartes, les grandes classes du relief de la région parisienne ont été définies grâce à l'exploitation des données sur la hauteur du sol provenant du Modèle Numérique de Terrain (MNT), l'analyse du territoire et de l'altimétrie. Ces étagements permettent de différencier les parties hautes et basses du territoire. Les plateaux, les collines et les buttes sont de couleurs foncées. Les cours d'eau exprimés par les parties les plus claires s'étalent sur de grandes surfaces. La structure végétale a elle aussi été organisée en classes de hauteurs correspondant à trois grandes strates de végétation : herbacées, arbustives et arborées représentées par des couleurs différentes.



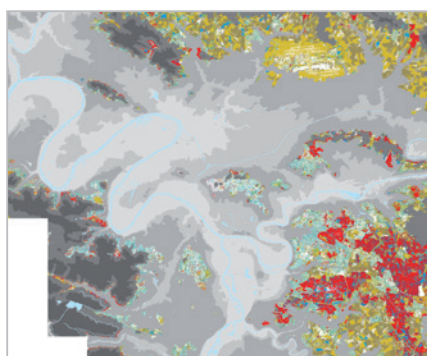
Végétation localisée à moins de 42 m d'altitude



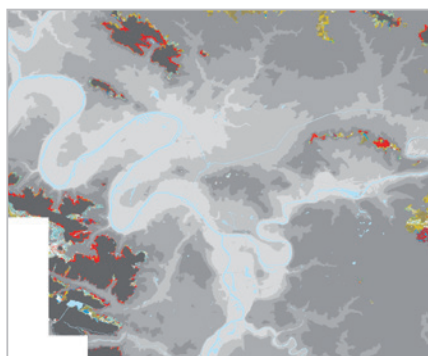
Végétation localisée entre 42 et 60 m d'altitude



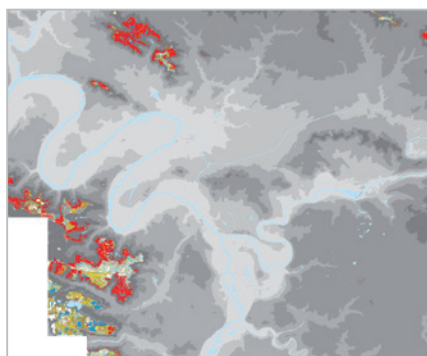
Végétation localisée entre 60 et 90 m d'altitude



Végétation localisée entre 90 et 120 m d'altitude



Végétation localisée entre 120 et 150 m d'altitude



Végétation localisée à plus de 150 m d'altitude

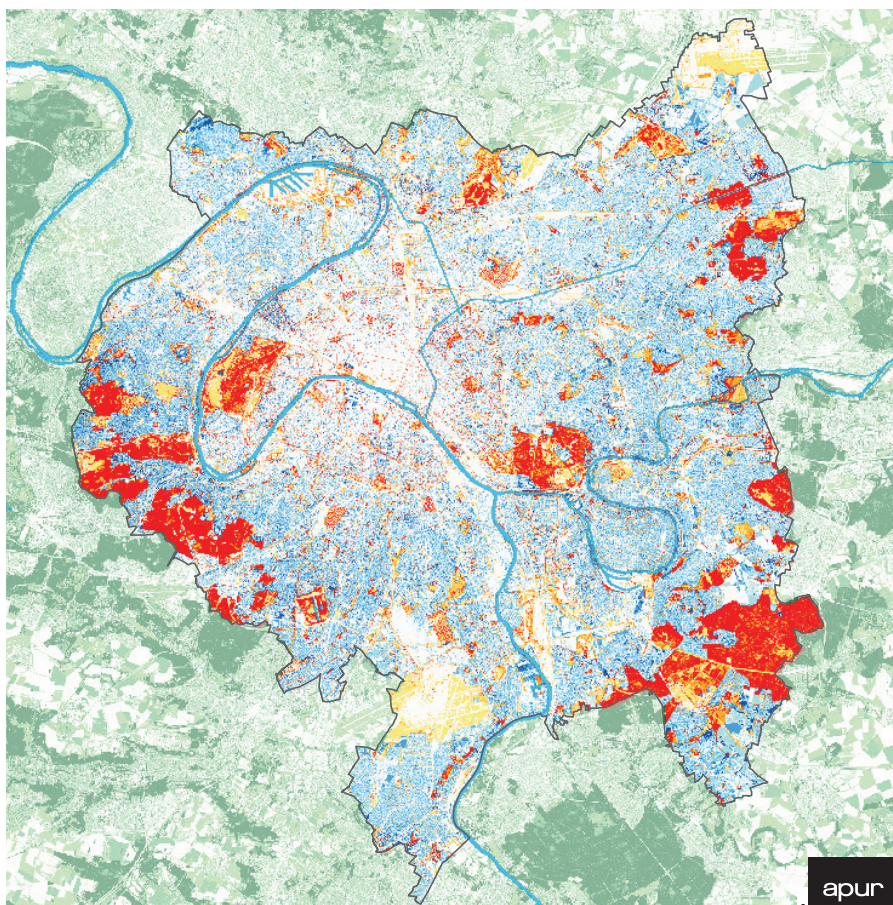
Les hauteurs de végétation

- Moins de 1 m
- 1 à 10 m
- Plus de 10 m

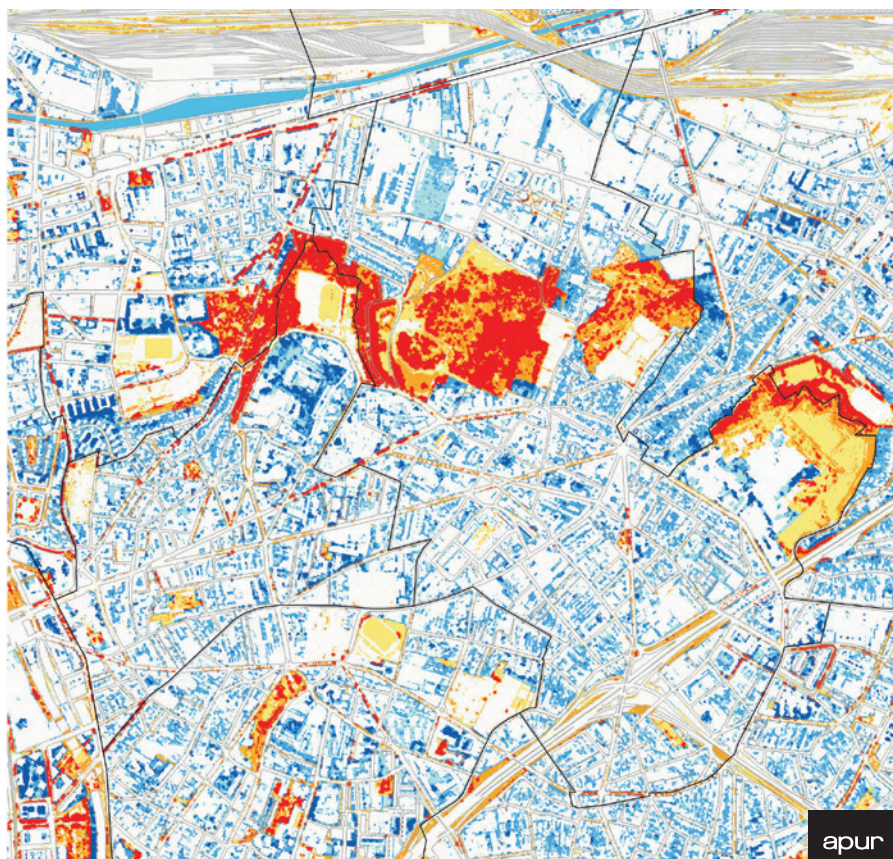
Sources : Apur, photo proche infrarouge, MNE, MNT(c) InterAtlas, Aérodata, IGN

Voir l'étude Apur « La fabrique du paysage métropolitain », juin 2012 : www.apur.org/fr/nos-travaux/fabrique-paysage-metropolitain-0

HAUTEURS DE LA VÉGÉTATION DANS LE DOMAINE PUBLIC ET LES ESPACES PRIVÉS



ZOOM SUR LA VILLE DE ROMAINVILLE



La végétation gérée par le public et le privé

L'Apur a mis en relation les informations issues de la télédétection avec un ensemble de données spatiales. Ces travaux ont permis de classer la végétation en fonction de la propriété des terrains et de leurs usages. En croisant l'image des hauteurs de la végétation avec les périmètres des cimetières, des espaces verts, des terrains de sport, des infrastructures de transport et de voirie qui sont issus de la base de données SIG, nous avons pu ainsi distinguer et extraire d'une part, la végétation appartenant à des propriétaires publics et ayant un usage de service public (symbolisée par un dégradé de couleurs du jaune au rouge) et d'autre part, la végétation localisée dans des terrains privés ou d'usage privé (représentée dans les tons bleus).

Le résultat fait apparaître la part relative des espaces plantés publics et privés sur la métropole et leurs continuités/discontinuités. La végétation révélée dans ces cartes dans le domaine privé est rarement visible depuis l'espace public. Sur le domaine public, la végétation se concentre dans les massifs forestiers, les parcs et jardins, les cimetières et quelques terrains de sport.

LES HAUTEURS DE LA VÉGÉTATION DANS LE DOMAINE PUBLIC ET LES ESPACES PRIVÉS

Espaces publics

Hauteurs de la végétation dans les voies publiques, les infrastructures de transport, les terrains de sport, les cimetières, les jardins publics, les espaces de loisirs de plein air publics :

- Moins de 1 m
- 1 à 10 m
- Plus de 10 m

Espaces privés

Hauteurs de la végétation hors des voies publiques, des infrastructures de transport, des terrains de sport, des cimetières, des jardins publics, des espaces de loisirs de plein air publics :

- Moins de 1 m
- 1 à 10 m
- Plus de 10 m

Sources : Apur, photo proche infrarouge, MNE, MNT 2021(c) IGN

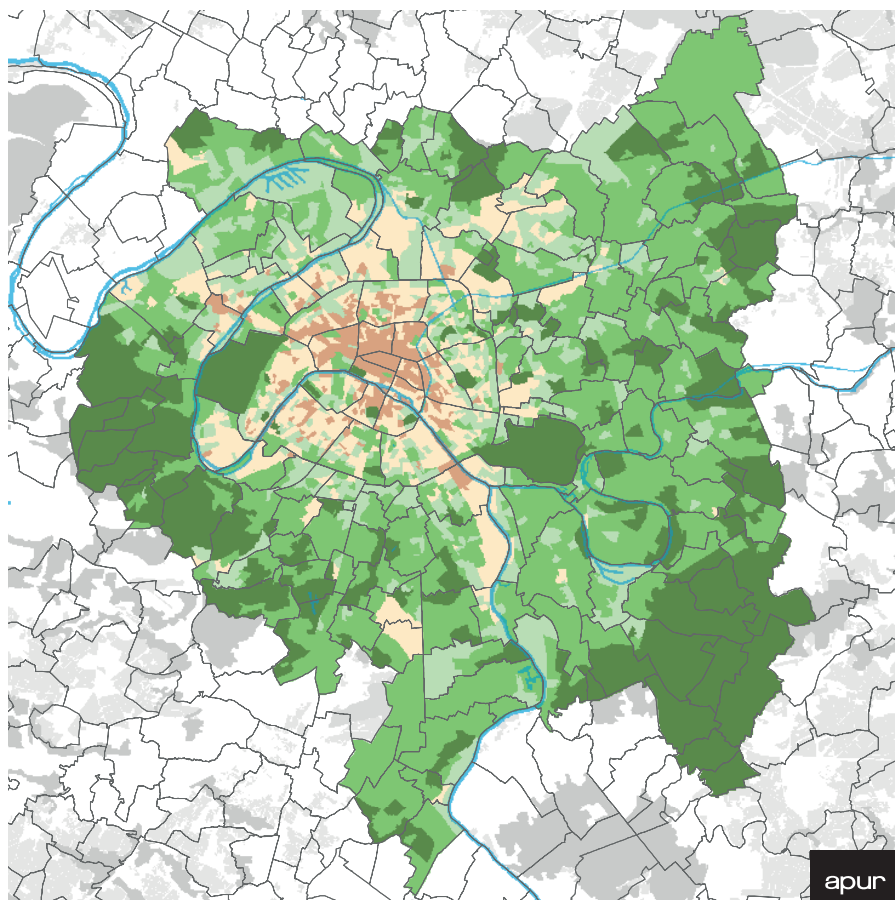
Les taux de couverture végétale

L'exploitation de la couverture végétale permet de réaliser des calculs statistiques de taux de couverture, ainsi que des comparaisons chiffrées. Ces traitements statistiques peuvent être réalisés à toutes les échelles : parcelles, îlots, IRIS, quartiers, communes, EPT, MGP, etc. Ce type de données permet notamment d'avoir une vision synthétique de la densité de végétation à l'IRIS ❶ et de

se positionner au regard de la couverture végétale moyenne de la Métropole du Grand Paris qui est de 42,5 %.

Menée à différentes échelles, elle fait ressortir des situations particulières, telle que la zone urbaine artificialisée lorsque l'on croise avec les IRIS ❶. Cette situation se précise davantage à l'échelle de l'îlot ❷ et révèle des disparités très marquées à l'échelle de la parcelle ❸.

❶ TAUX DE COUVERTURE VÉGÉTALE CALCULÉ À L'IRIS



LA PART DE LA VÉGÉTATION

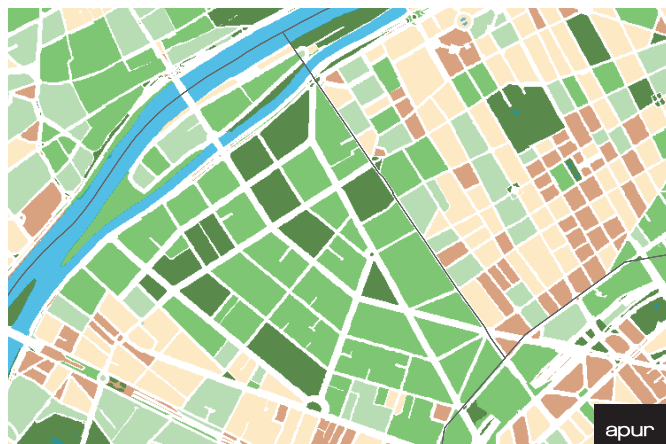
- Moins de 10 %
- 10 à 20 %
- 20 à 30 %
- 30 à 50 %
- Plus de 50 %

Sources : Apur, Image proche-infrarouge, MNS - MNT - (c) IGN 2021

Lien vers la carte de l'open data :

<https://www.apur.org/fr/geo-data/taux-vegetation-ilot-metropole-grand-paris>

❷ TAUX DE COUVERTURE VÉGÉTALE CALCULÉ À L'ÎLOT

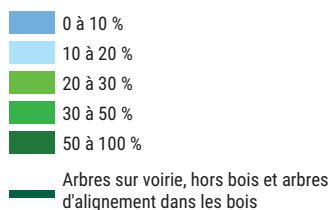


❸ TAUX DE COUVERTURE VÉGÉTALE CALCULÉ À LA PARCELLE



Extraits sur les secteurs de Neuilly-sur-Seine et Courbevoie

IDENTIFICATION DES SECTEURS CARENCÉS EN VÉGÉTATION À PARIS (SEUIL À 20 %) ET À PLAINE COMMUNE (SEUIL À 30 %)

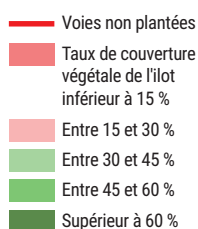


Source : Apur, DEVE

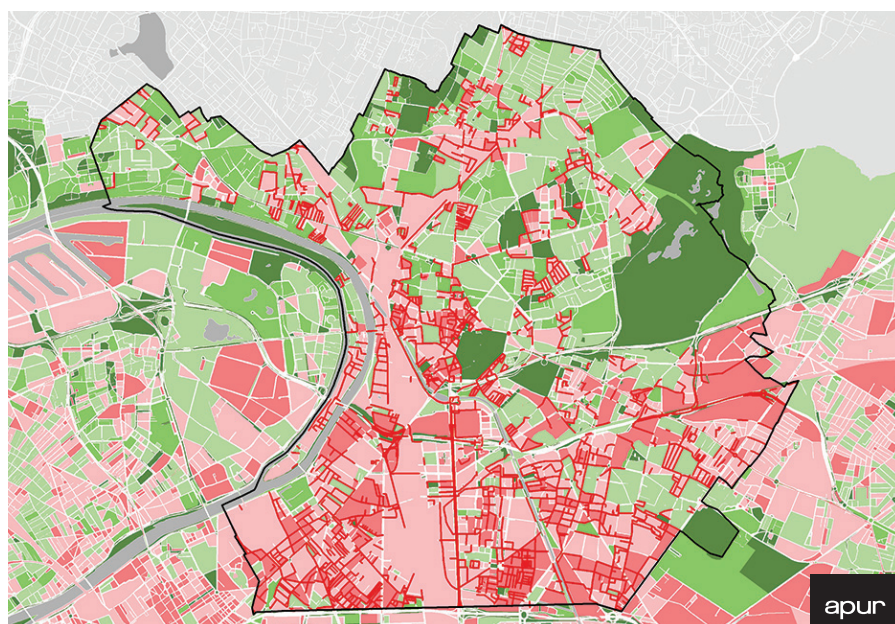
L'identification des secteurs carencés en végétation

En analysant ces données sur plusieurs territoires, nous avons pu établir qu'un îlot ou une parcelle comptant une couverture végétale inférieure à 30 % peut être considéré comme un îlot ou une parcelle carencé en termes de couverture végétale. La définition de ces secteurs carencés en végétation permet de prioriser les actions de préservation et de renforcement de la végétation sur

un territoire. Dans le cadre de l'étude de définition des orientations pour des espaces végétalisés à Paris, le seuil permettant d'identifier les secteurs carencés en végétation a été établi à un taux de couverture végétale inférieur ou égal à 20 %. Pour l'élaboration du Plan de Végétalisation et de Rafrâichissement de Plaine Commune ainsi que d'autres travaux d'accompagnement d'EPT dans l'élaboration de leur PLUi, le seuil a plutôt été fixé à 30 %.



Sources : Apur, CD93, Plaine Commune



L'analyse de la végétation selon les tissus urbains

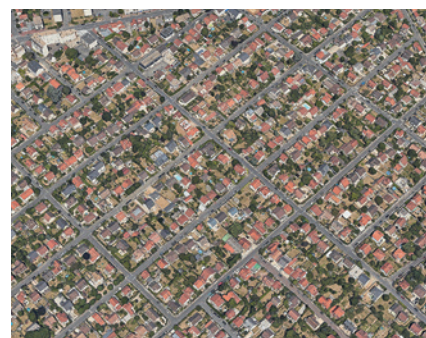
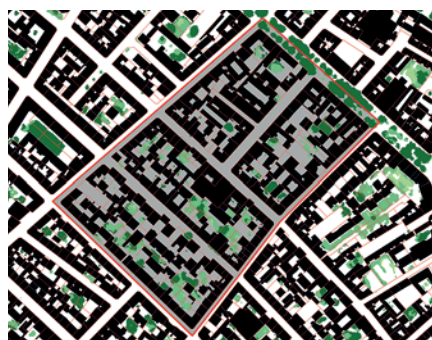
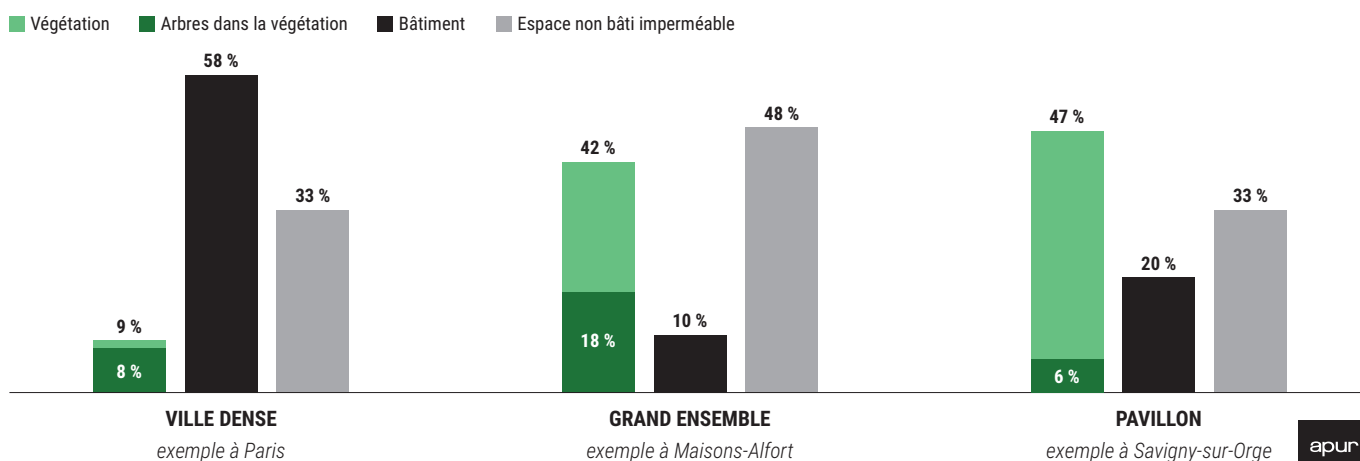
L'analyse de la couverture végétale permet également de qualifier des quartiers ou des types de tissus urbains particuliers. En associant l'image des hauteurs de végétation et les emprises des bâtiments issues du SIG de l'Apur, il est possible de quantifier la part de la végétation, la part des emprises bâties et non bâties dans différents types d'espaces.

Les diagrammes et les cartes ci-dessous permettent de comparer la qualité végétale de trois tissus urbains :

- La ville dense et mixte est composée de bâtiments occupant la plus grande part de l'espace urbain ; la présence de la nature est relativement faible (parcs, jardins, squares ou sur les voies publiques).
- Les grands ensembles ont un tissu aéré et bénéficient d'espaces verts généreux. Les espaces minéralisés sont importants dans les parcelles.
- Le tissu pavillonnaire est fortement végétalisé grâce à la présence presque systématique de jardins dans les parcelles.

Voir l'étude Apur « La ville pavillonnaire du Grand Paris – Enjeux et perspectives », juin 2023 : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ville-pavillonnaire-grand-paris-enjeux-perspectives>

TYPE D'OCCUPATION DE L'ESPACE POUR 3 EXEMPLES DE FORMES URBAINES DE LA MGP : PAVILLON, GRAND ENSEMBLE, VILLE DENSE



L'analyse de la végétation dans les espaces non bâtis

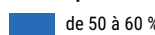
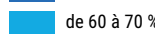
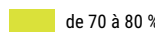
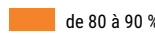

En poursuivant ce travail à l'échelle de la parcelle, il est possible de déterminer la part de végétation des espaces non bâtis. Ce type d'analyse permet d'identifier les sites contenant le plus fort taux de végétalisation des espaces libres, et a contrario, les secteurs les plus artificialisés, comme le montrent les deux exemples ci-dessous, avec le cas du square Ali Zebboudj à Épinay-sur-Seine, couvert sur moins de 50 % de sa surface par de la végétation, vécu comme très chaud l'été par les riverains. Le groupe scolaire Romain Rolland attenant à ce square présente des espaces libres fortement mi-

néralisés (plus de 60 % de la surface libre totale). Ces établissements sont engagés dans une démarche de cours Oasis.

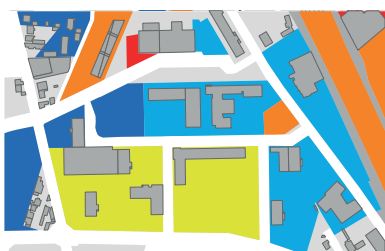
Le second exemple zoome sur un secteur pavillonnaire à Pierrefitte-sur-Seine. Ce cas illustre des situations courantes de minéralisation des cœurs d'îlots pour le développement d'activités ou par choix esthétique des occupants. Ces situations connues, sont difficilement identifiables. Cette approche par le taux de couverture végétale permet de documenter précisément ces situations et peut contribuer à la définition de stratégies d'actions pour le renforcement de la végétation sur le foncier public comme dans le domaine privé.

CARENCE EN VÉGÉTATION DANS LES PARCELLES, EXEMPLES À ÉPINAY-SUR-SEINE ET PIERREFITTE-SUR-SEINE

Taux d'espace libre non végétalisé dans les parcelles

	de 50 à 60 %
	de 60 à 70 %
	de 70 à 80 %
	de 80 à 90 %
	de 90 à 100 %

Source : Apur



Épinay-sur-Seine



Pierrefitte-sur-Seine



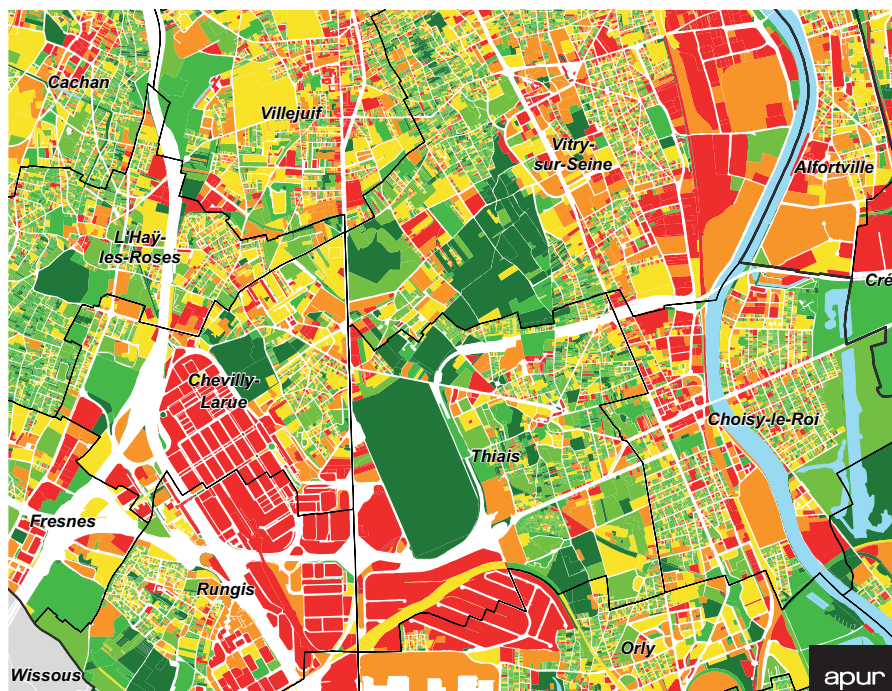
Le rôle de la végétation sur la thermographie

La comparaison entre le taux de végétation à l'îlot et la thermographie d'été réalisée le matin du 7 août 2020 par le satellite LANDSAT illustre une relation étroite (mais non exclusive) entre les températures de surface relevées le matin et la présence de la végétation.

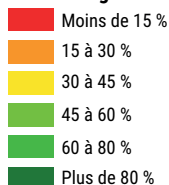
Ainsi, le zoom présenté ici sur le territoire de Grand Orly Seine Bièvre réalisé pour les ateliers préparatoires à l'élaboration du PLUi, les secteurs les plus frais (en bleu, vert) correspondent aux grands espaces végétalisés et aux grands plans d'eau, du fait de leur forte inertie thermique et de l'ombre portée des végétaux. Les secteurs les plus chauds (en rouge) correspondent en grande part aux espaces ouverts fortement minéralisés, qui montent en chaleur très tôt dans la journée.

Cette corrélation entre couverture végétale et thermographie n'est pas la seule variable en cause dans la création des îlots de chaleur urbains, néanmoins la présence de la végétation participe activement au rafraîchissement local, par l'ombre qu'elle projette et par son évapotranspiration. Ces cartes sont des outils de communication efficaces pour sensibiliser à cet enjeu majeur.

ZOOM GRAND ORLY SEINE BIÈVRE - MIN DE RUNGIS ARDOINES, ICU ZAE ET ZONE INDUSTRIELS FRICHES

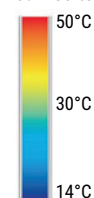


Taux de végétation à la parcelle

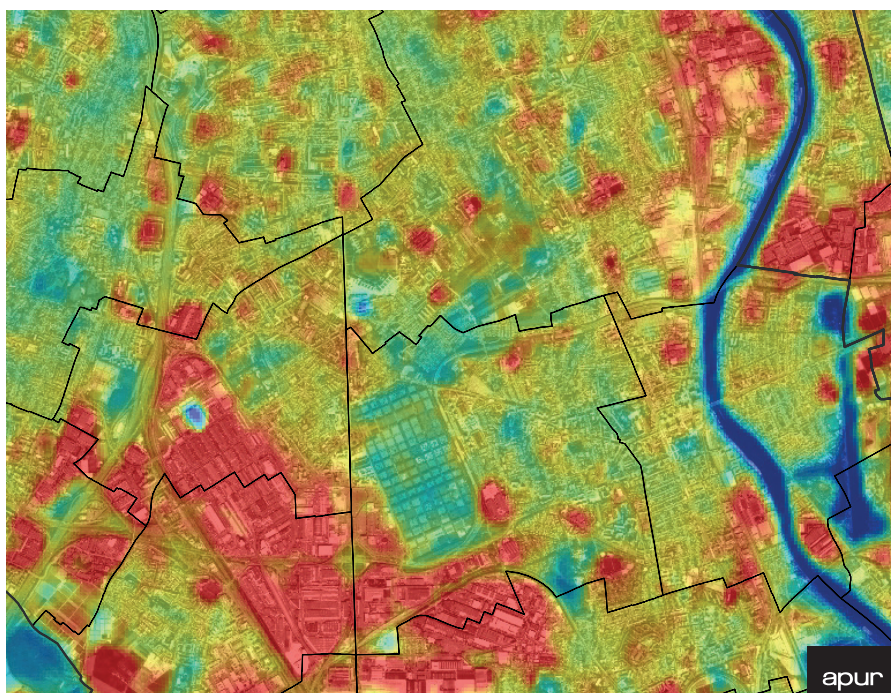


Sources : Apur
Image proche-infrarouge,
MNE - MNT - 2018 (c) Géomni

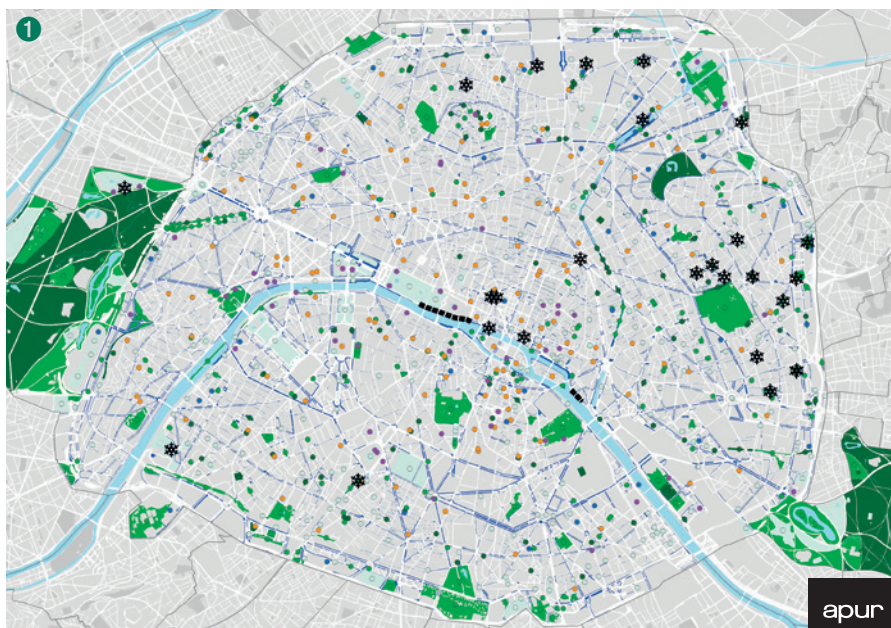
Thermographie d'été - 2020 Températures au sol et sur les toits des bâtiments



Sources : Apur,
Image LANDSAT8 - 7 août 2020



PARCOURS ET ÎLOTS DE FRAÎCHEUR À PARIS ET À PLAINE COMMUNE



PARIS

Parcours fraîcheur

- Espace public frais (plutôt ombragé)
- Tunnel piéton

Îlots de fraîcheur*

- Très ombragés donc frais (plus de 50 % de végétation haute)
- Partiellement ombragés donc modérément frais (de 25 à 50 % de végétation haute)
- Très exposés au soleil donc plutôt chauds (moins de 25 % de végétation haute)
- Lieu de culte
- Piscine, baignade
- Musée, bibliothèque
- ☼ Brumisateur, jeu d'eau

* L'accès à certains équipements est susceptible d'être payant
Sources : Apur, Mairie de Paris, Climespace

Voir l'étude Apur « Parcours et îlots de fraîcheur à Paris », juillet 2018 : www.apur.org/fr/nos-travaux/parcours-ilots-fraicheur-paris

PLAINE COMMUNE

- Voie dont l'indice de canopée est supérieure à 40 %
- Ensemble des parcours de fraîcheur à l'étude
- Espace de nature fortement arboré (indice de canopée supérieur à 40 %)
- Espace de nature végétalisé et peu arboré
- Espace de nature faiblement végétalisé (taux de végétation inférieur à 50 %)
- Plan d'eau

Sources : Apur, CD93, Plaine Commune

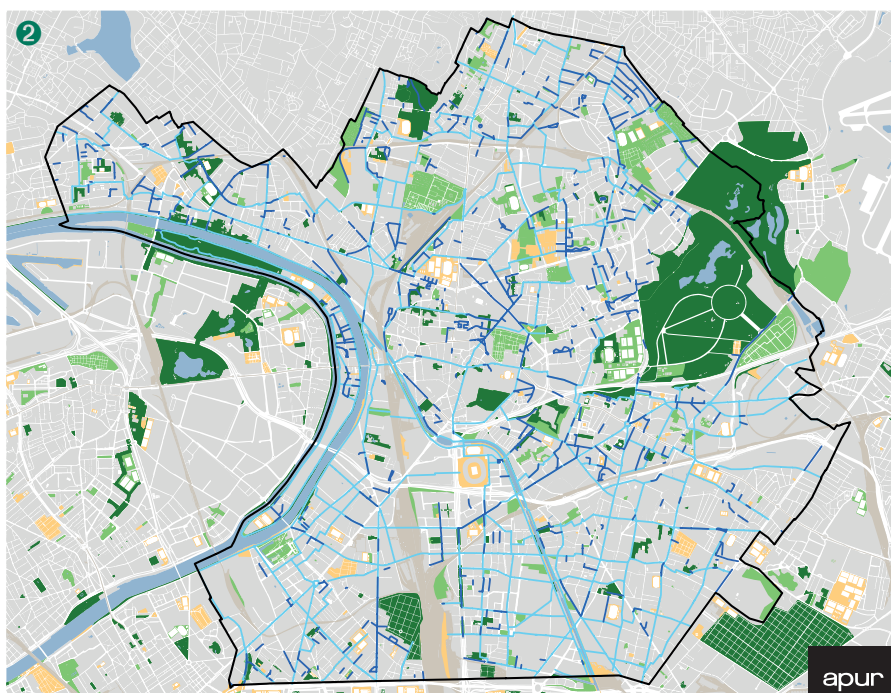
L'identification d'îlots et de parcours de fraîcheur

L'analyse de la couverture végétale des espaces verts et de l'espace public contribue à l'identification des îlots de fraîcheur et parcours frais potentiels sur un territoire. Pour cela, il est essentiel de distinguer le taux de couverture végétale par la strate arborée, c'est-à-dire la canopée qui produit une ombre rafraîchissante sous laquelle se rafraîchir l'été, du reste de la végétation.

Lors du travail d'identification des îlots et parcours frais parisiens en 2018 (carte ①) les parcs, jardins et cimetières avaient été classés selon trois catégories : les espaces très ombragés comprenant plus de 50 % de végétation haute ; les espaces partiellement ombragés, donc modérément frais avec une végétation haute couvrant entre 25 et 50 % de leur surface ; et les espaces très exposés au soleil, plutôt chauds, avec moins de 25 % de végétation haute. Les parcours de fraîcheur avaient été identifiés via un modèle d'ensoleillement, pour tenter d'identifier les trottoirs les plus frais.

Un travail similaire a été réalisé sur le territoire de Plaine Commune (carte ②). Ici les parcs, jardins, cimetières, terrains de sport de plein air, jardins partagés et friches ont été classés en 3 catégories, les espaces comprenant une canopée de plus de 40 %, considérés comme offrant un confort estival ; les espaces dont la canopée est inférieure à 40 % mais dont le taux de végétation globale est supérieur à 50 %, ces espaces représentent un potentiel de micro îlots frais et/ou un potentiel de renforcement de la strate arborée ; et les espaces dont la couverture végétale est inférieure à 50 % sur lesquels des ombrières artificielles pourraient prendre place. Les parcours frais ont été identifiés en sélectionnant les tronçons de voies dont la canopée est supérieure à 40 %.

Ces deux cartes dressent l'état actuel des îlots et parcours frais et permettent d'orienter les actions portées par ces collectivités pour le confort estival.



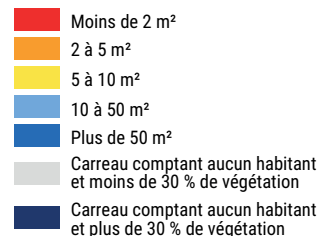
La couverture végétale par habitant (croisements carreaux Insee)

En croisant la surface de la végétation avec le nombre d'habitants selon un maillage régulier de carreaux de 200 m x 200 m (système de carreaux défini par l'Insee), on obtient une carte exprimant la répartition de la végétation par habitant à une échelle fine. Ces informations sont un des indicateurs possibles pour évaluer la qualité de vie des habitants de la métropole ou une façon de montrer les carences en présence végétale sur le territoire. Cet indice est com-

plémentaire du calcul de m² d'espaces verts ouverts au public par habitant établi à la commune ou au territoire, avec un objectif de 10 m² recherché par les collectivités.

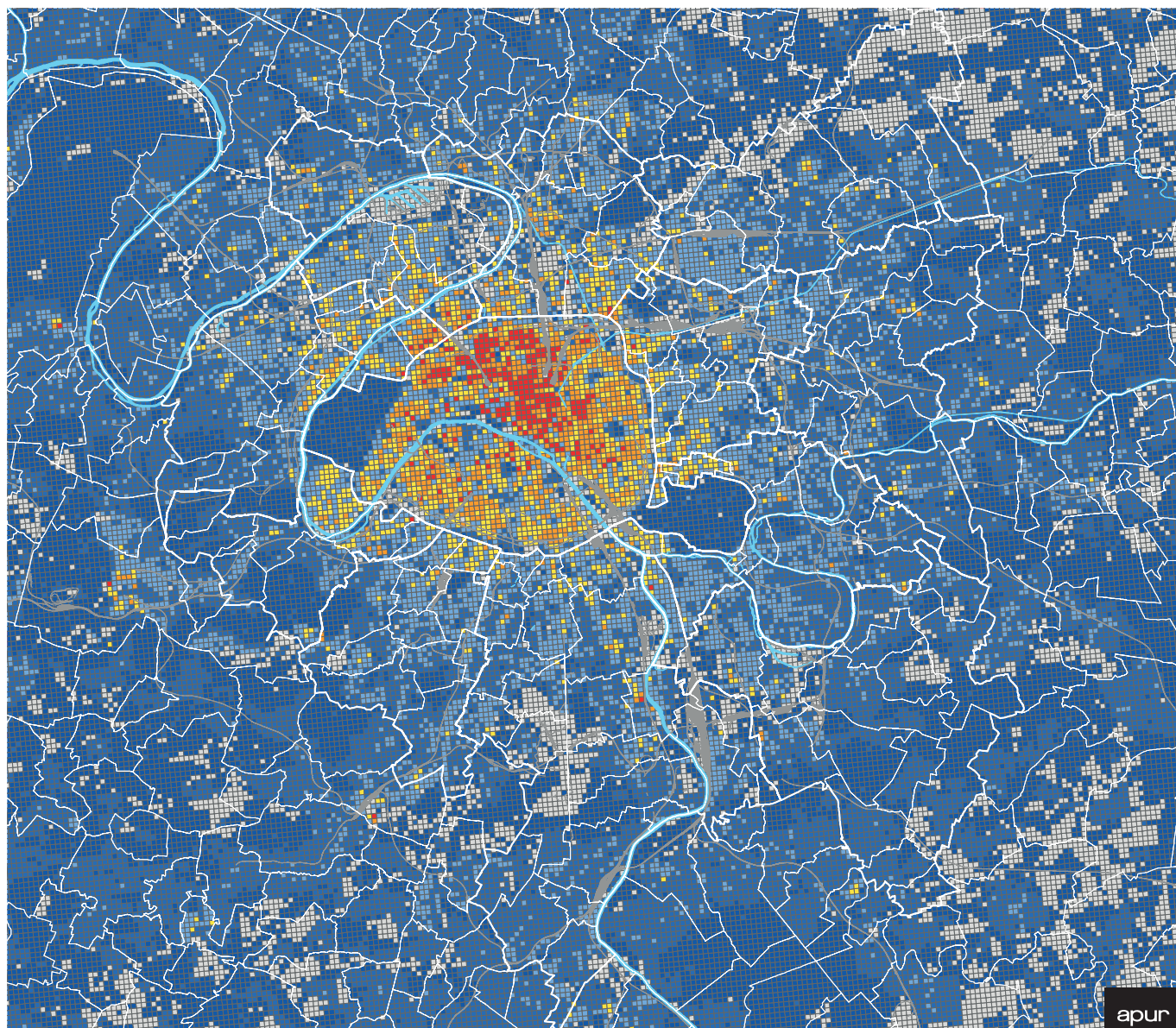
Ces statistiques sont des éléments qui contribuent à enrichir la réflexion sur les formes que peuvent prendre la protection et le développement de la couverture végétale de la Métropole du Grand Paris. Ces cartes ont été réalisées dans le cadre d'un travail sur la santé environnementale.

La couverture de la végétation par habitant




Sources : Apur, Photo proche infrarouge - MNE - MNT 2015 (c) Aérodata - Insee - 2018

SURFACE DE VÉGÉTATION PAR POPULATION PRÉSENTE (AU CARREAU)



Voir l'étude Apur « Gérer les eaux pluviales à Paris, atlas du potentiel par bassin-versant », mai 2020 : www.apur.org/fr/nos-travaux/gerer-eaux-pluviales-paris-atlas-potentiel-bassin-versant

Espace public perméable

 Pieds d'arbres perméables, linéaires de pieds d'arbres continus, espaces de voirie végétalisés, jardinières/espaces plantés, talus

Végétation dans les parcelles

 Moins de 1 m

 1 à 10 m

 Plus de 10 m

 Bassin versant

Sources : Apur, Photo proche infrarouge - MNE - MNT 2015 - (c) Aérodata

L'analyse des surfaces perméables

Pour aborder la question du zonage pluviale et de la désimperméabilisation des sols, il est important de pouvoir identifier les espaces perméables et/ou végétalisés sur l'ensemble d'un territoire. À défaut de relevés de terrain précis, la donnée sur les hauteurs de végétation apporte une information utile pour estimer les surfaces actuelles.

Le travail d'identification des espaces perméables et/ou végétalisés a été réalisé sur l'ensemble des bassins-versants du territoire parisien.

La carte ci-dessous représente en vert les

espaces végétalisés dans les parcelles ; et en rouge les surfaces perméables ou supposées perméables sur l'espace public. Ces dernières sont estimées en s'appuyant sur plusieurs données SIG provenant de différentes sources existantes. Ce sont notamment les espaces de voirie végétalisés, les jardinières, les talus plantés, les pieds d'arbres perméables, les linéaires de pieds d'arbres continus. Ces éléments sont localisés de façon précise sous forme surfacique.

Le traitement de ces données croisées permet d'approcher les surfaces perméables existantes dans les espaces publics et privés de Paris.

LES ESPACES PUBLICS ET PRIVÉS PERMÉABLES



L'étude de la canopée

En 2015, l'Apur a calculé l'indice de canopée de Paris en extrayant de la carte des hauteurs de végétation la superficie occupée par la végétation d'une hauteur supérieure à 3 m. Cette superficie rapportée à la superficie totale de la ville donne l'indice de canopée.

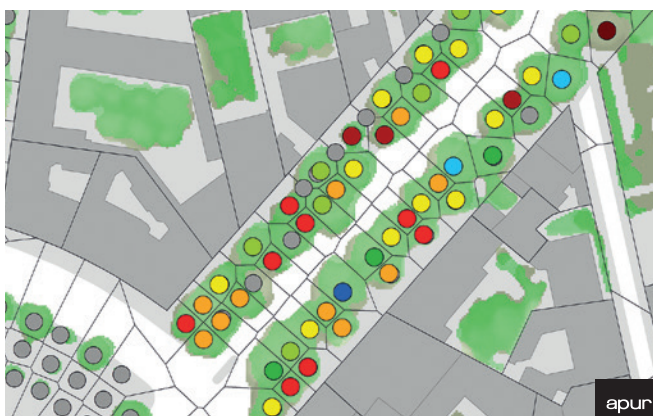
À la suite de ce travail, en croisant la canopée de plus de 3 m avec la base de données des arbres de la Direction des Espaces Verts et de l'Environnement (DEVE), il a été possible de définir la canopée de chaque arbre (schéma ci-dessous). L'étude a ensuite porté sur l'analyse détaillée de la canopée de 8 essences représentatives des plantations d'alignement à Paris.

Ces analyses ont permis d'évaluer les canopées moyennes et maximales pour chacune de ces essences et d'en esquisser les premiers éléments de compréhension des conditions de croissance.



© Google

Avenue Taillebourg, Paris 11^e
Alignement à l'organisation irrégulière. La canopée des arbres produit un ombrage de qualité sur les espaces publics.



apur

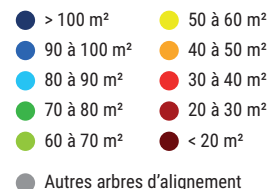
Double alignement bilatéral
Largeur voie : 22 m
Inter-distance : irrégulière
Distance aux façades : 5,5 m
Canopée moyenne par arbre : 48 m²

Dans le cadre des missions de l'Atelier de partager la connaissance, le fichier de données raster de la couverture végétale et sa hauteur associée sur le territoire de la Métropole du Grand Paris est désormais disponible sur la plateforme Open Data de l'Apur : <https://opendata.apur.org/>

L'analyse de ces informations précises contribue à aider les collectivités à enrichir leur réflexion sur les formes que peuvent prendre la protection et le développement de la couverture végétale en milieu urbain dans une perspective d'adaptation au réchauffement climatique. Ces données constituent un support essentiel pour la connaissance, le suivi, la conservation et le développement de la nature en ville.

Voir l'étude Apur « La canopée des arbres plantés sur les espaces publics parisiens », mars 2023 : www.apur.org/fr/nos-travaux/canopée-arbres-plantés

SURFACE DE CANOPEE DES TILLEULS ARGENTÉS



Directeur et directrice de la publication :

Alexandre LABASSE
Patricia PELLOUX

Note réalisée par : **Marie-Thérèse BESSE, Yann-Fanch VAULÉON**

Cartographie et traitement statistique : **Apur**

Photos et illustrations :

Apur sauf mention contraire

Mise en page : **Apur**

www.apur.org

L'Apur, Atelier parisien d'urbanisme, est une association loi 1901 qui réunit autour de ses membres fondateurs, la Ville de Paris et l'État, les acteurs de la Métropole du Grand Paris. Ses partenaires sont :

