

Nouvelles données

10 ans d'évolution de la végétation à Paris et dans la Métropole du Grand Paris

Note n°104

AVRIL 2016

Les procédés modernes de télédétection constituent un outil d'acquisition et d'analyse de données géolocalisées. Depuis 2005, l'Apur exploite des photos aériennes à très grande résolution ce qui lui a permis d'établir de façon détaillée et précise la couverture végétale réelle

sur la métropole parisienne et de calculer sa hauteur au-dessus du sol. Les informations issues de ces travaux sont utiles pour réaliser un inventaire et un suivi dans le temps des changements en matière d'utilisation de l'espace à toutes les échelles en plan et en relief.

Ces photos aériennes à haute résolution sont mises à jour de manière régulière depuis 10 ans.

En 2016, l'Apur actualisera les données issues de procédés de télédétection sur 4000 km². Il conduira à nouveau des travaux de trai-

tements d'images sur les données acquises lors de missions aériennes à haute résolution qui ont eu lieu en septembre 2015.

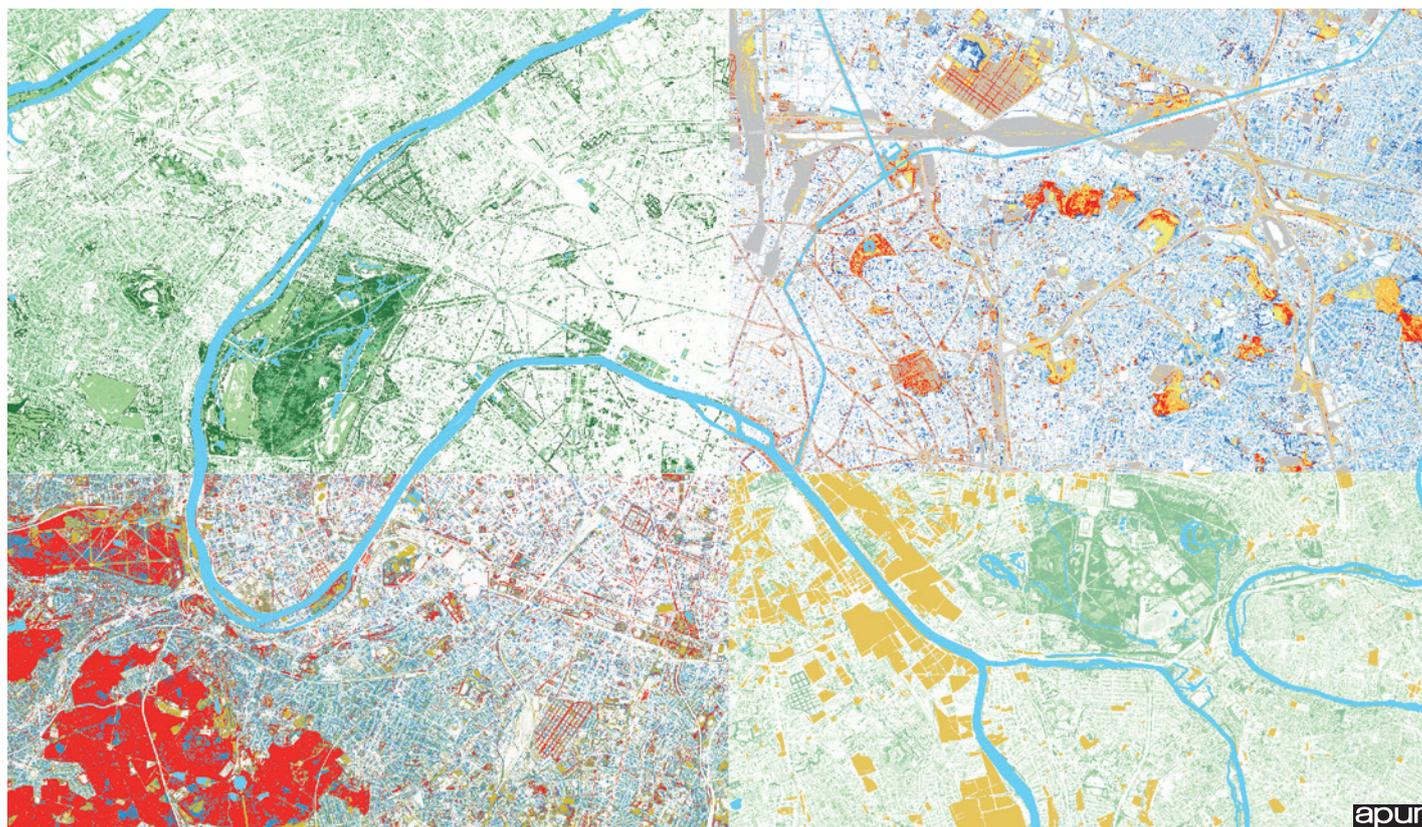
1/ Les images aériennes : un outil de connaissance de la végétation pour développer des politiques environnementales

La connaissance de la végétation obtenue à partir de traitements d'images à haute résolution est un élément qui contribue à enrichir la réflexion sur la protection et le développement de la couverture végétale de Paris et la Métropole du Grand Paris.

En particulier, au moment où les engagements vers plus de nature en ville sont de plus en plus importants, ce type de données offre une information essentielle en isolant les différentes couches indispensables pour la consolidation de l'écosystème

nature et en permettant le suivi des zones plantées. La liaison avec le SIG permet de s'interroger sur la possibilité de végétaliser les toitures, selon le type de propriétaire des parcelles ou des occupations du bâti, ou encore de repérer les espaces

imperméabilisés susceptibles d'être transformés et plantés. Ce type de données est donc aujourd'hui un outil pleinement opérationnel pour les politiques environnementales, les SCOT, les PLUI et les projets urbains.



2/Quatre outils de base

L'Apur acquiert, environ tous les quatre ans, une photo aérienne traditionnelle **1** et une photo proche-infrarouge **2** qui permet l'extraction de la végétation. Il obtient également un Modèle Numérique d'Élévation **3** et

un Modèle Numérique de Terrain **4** contenant les informations utiles au calcul des hauteurs de la végétation. L'ensemble de ces données est recueilli à partir d'un avion équipé d'une caméra numérique,

et de capteurs (quatre bandes dans le spectre visible rouge, vert, bleu et un dans le proche infrarouge). Une centrale inertielle, un positionnement dynamique GPS ainsi que des points de calage au sol assurent une

bonne qualité de positionnement de ces images. Une fois les prises de vues réalisées, les images aériennes sont orthorectifiées¹, assemblées et le résultat est rééchantillonné sous forme de pixels de 12,5 cm.

1 Photo aérienne (rouge, vert, bleu)



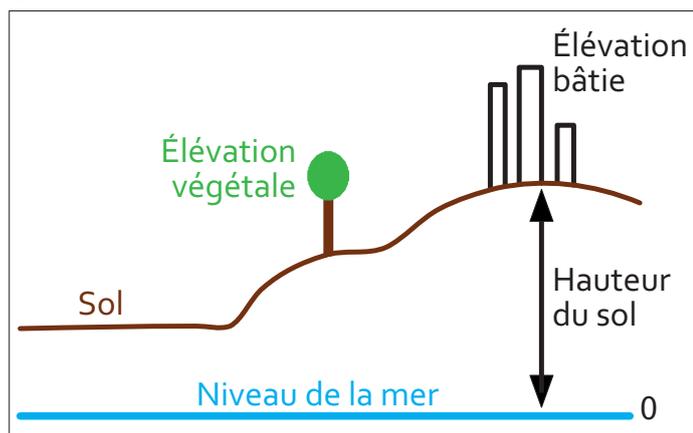
Elle donne une information très riche sur l'occupation du sol et facilite la localisation sur le territoire.

2 Orthophotoplan dans le proche infrarouge



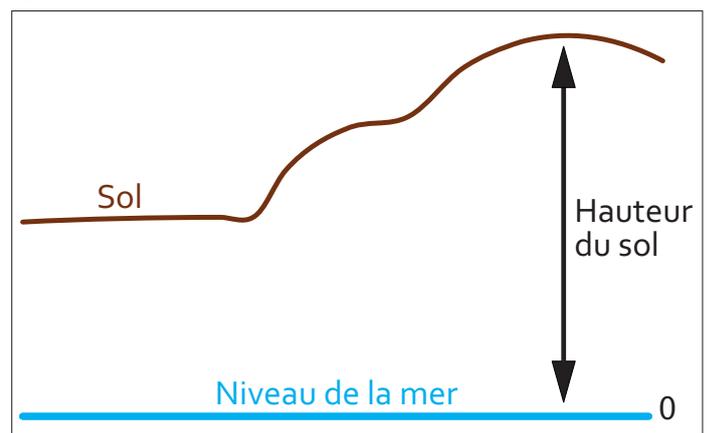
Il contient les informations qui révèlent la présence de végétation puisque celle-ci a un degré de réfléchissement très élevé dans le canal proche infrarouge.

3 Modèle Numérique d'Élévation



Il représente la hauteur du sol et mais aussi tout ce qui s'y trouve au-dessus (végétation, bâtiments...). Il est obtenu par auto corrélation des images numériques avec la reconnaissance de points homologues entre clichés. Des traitements reconstituent l'enveloppe du territoire couvert par la prise de vue.

4 Modèle Numérique de Terrain



Il 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.

1 – Correction géométrique des images qui a pour but de les présenter comme si elles avaient été acquises depuis la verticale.

3/Méthode de traitement des images à haute résolution

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 et 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 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).

Distinction des hauteurs de la végétation

Le résultat obtenu donne les emprises du végétal sur le territoire. Ensuite, l'Apur calcule la hauteur de cette végétation afin de distinguer les pelouses, la végétation arbustive et enfin les arbres. Ces informations sont obtenues en calculant la différence entre le Modèle Numérique d'Élévation et le Modèle Numérique de Terrain. Enfin, le

recoupement de l'image des emprises du végétal avec celle des hauteurs permet la constitution d'une image très détaillée de la végétation avec sa hauteur correspondante.

Les emprises de la végétation sont équivalentes à une vue aérienne ce qui signifie que la superficie considérée comme verte inclut également la couronne des arbres.

Les informations obtenues, fidèles à la réalité, sont 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).

Périmètres des images aériennes acquises par l'Apur depuis 2005

Prise de vue: août 2005

Superficie: 690 km²

Taille du pixel photo: 12,5 cm

Taille du pixel MNT/MN: 1 m

Prise de vue: septembre 2008

Superficie: 3400 km²

Taille du pixel photo: 12,5 cm

Taille du pixel MNT/MN: 50 cm

Prise de vue: août 2011

Superficie: 4000 km²

Taille du pixel photo: 12,5 cm

Taille du pixel MNT/MN: 50 cm

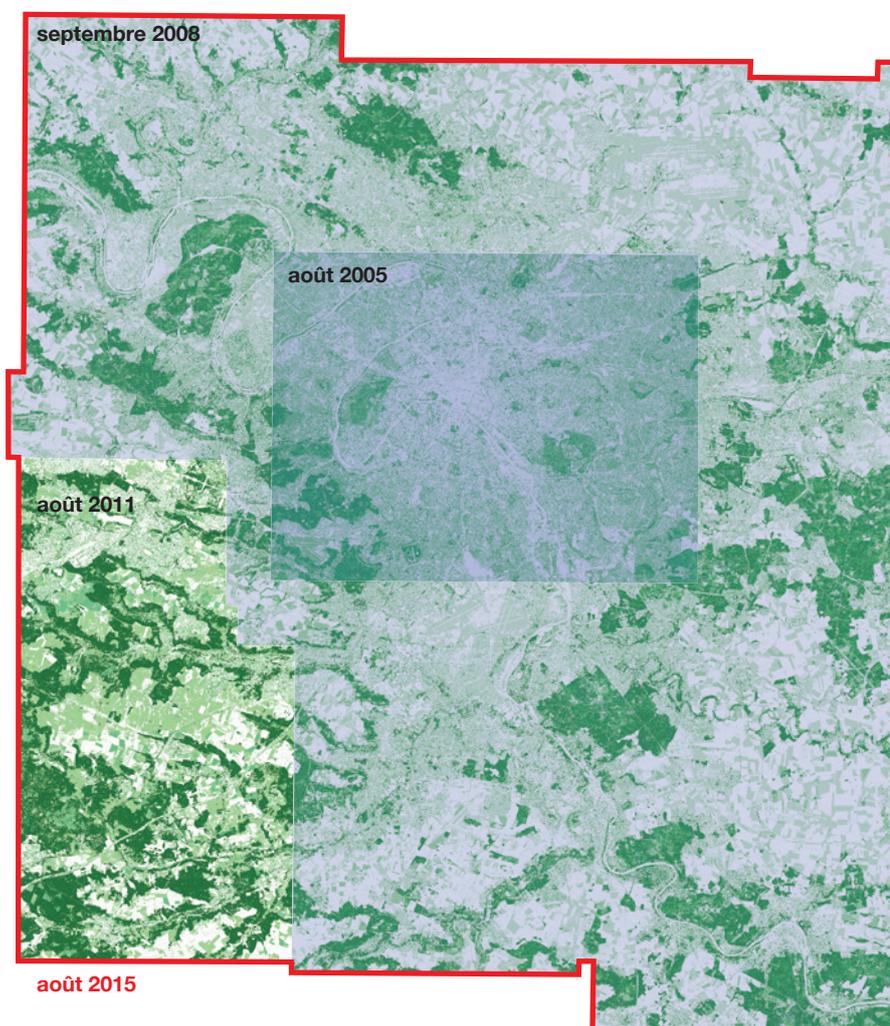
Prise de vue: août 2015

Superficie: 4000 km²

Taille du pixel photo: 10 cm

Taille du pixel MNT/MN: 50 cm

► Les nouvelles données sur les hauteurs de la végétation seront disponibles à l'été 2016



4/Exemples d'analyses spatiales et représentations cartographiques de la végétation

Une fois l'extraction de la végétation réalisée, des logiciels de traitement d'image par télédétection ou de Système d'Information Géographique apportent les outils 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 existantes ou de suivre l'évolution de certains changements du milieu urbain. Ils constituent également un support efficace au travail de terrain.

1 Répartition de la végétation

Afin de connaître la répartition de la végétation sur un territoire et la place qu'elle occupe dans l'espace, les hauteurs de la végétation sont réparties en trois classes symbolisées par un dégradé de vert sur la carte.

2 Visualisation des strates de la végétation

Sur cette carte, on visualise nettement les différentes strates de la végétation : herbacées, arbustives et arborées (représentées par une couleur différente). Cette distinction constitue un outil pour apprécier la qualité de la

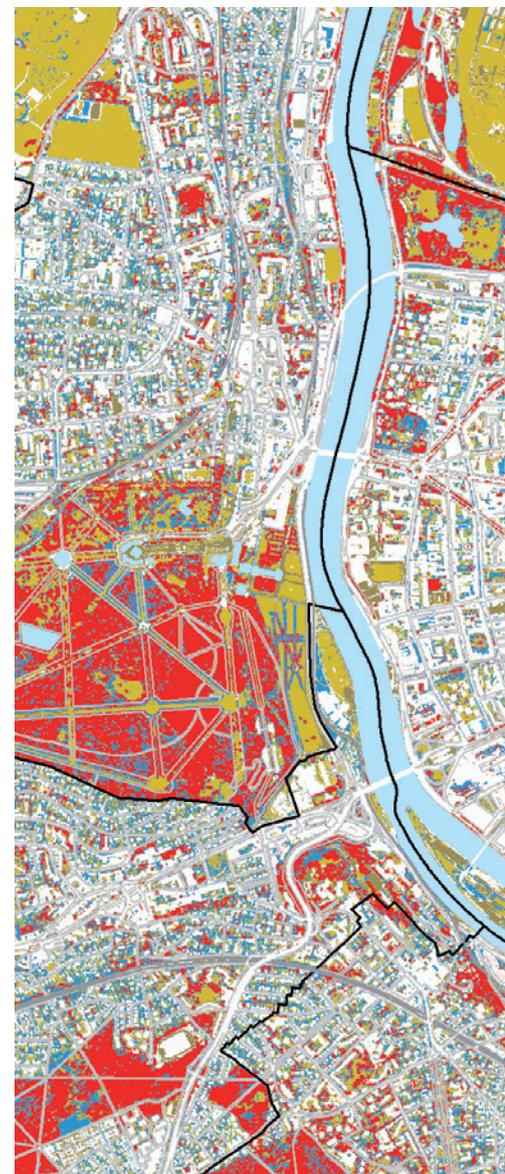
Boulogne et ses environs (92)



1 Répartition de la végétation

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

Sources : Apur, photo proche-infrarouge - MNE - MNT 2012 - © InterAtlas 2012



2 Strates de la végétation

- Strate herbacée (- de 1 m)
- Strate arbustive (de 1 à 10 m)
- Strate arborée (plus de 10 m)
- Autres sols perméables

Sources : Apur, photo proche-infrarouge - MNE - MNT 2012 - © InterAtlas 2012

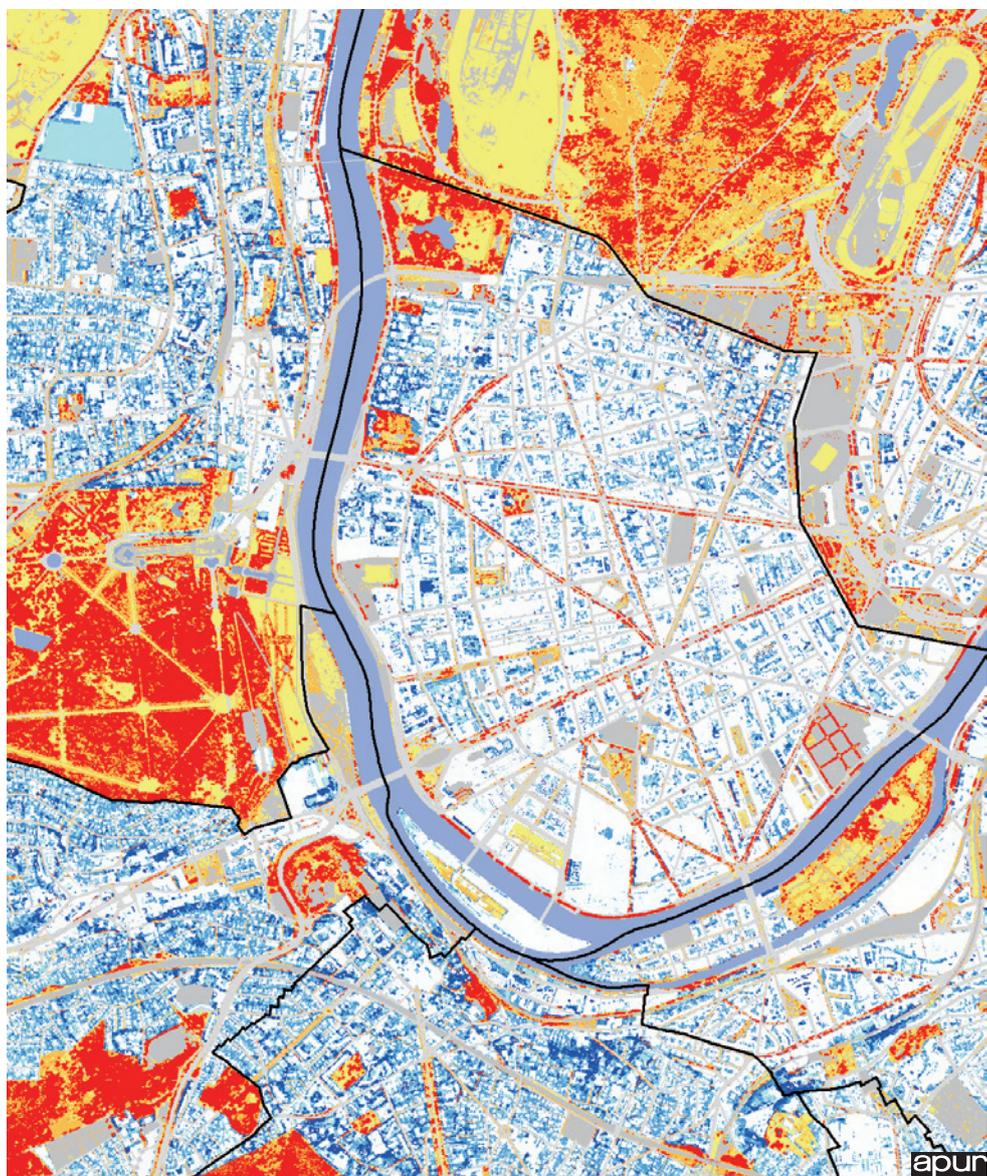
végétation en matière de biodiversité, la superposition des strates et leurs combinaisons étant déterminantes pour le renforcement de celle-ci.

3 Espaces plantés publics et privés

Grâce au Système d'Information Géographique, 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.



3 Espaces plantés publics et privés

Espaces privés

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

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

Domaine public

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

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

Sources : Apur, photo proche-infrarouge - MNE - MNT 2012 - © InterAtlas 2012

Utilisation statistique des données

La connaissance précise de la couverture végétale permet non seulement d'illustrer diverses représentations du territoire sous forme de cartes, mais aussi de faire des calculs statistiques et donc des comparaisons chiffrées entre différents types d'espaces.

Les traitements statistiques peuvent être réalisés tant au niveau de petites surfaces comme les parcelles que de plus vastes étendues de territoires comme les communes.

4 Déficit de végétation à l'îlot

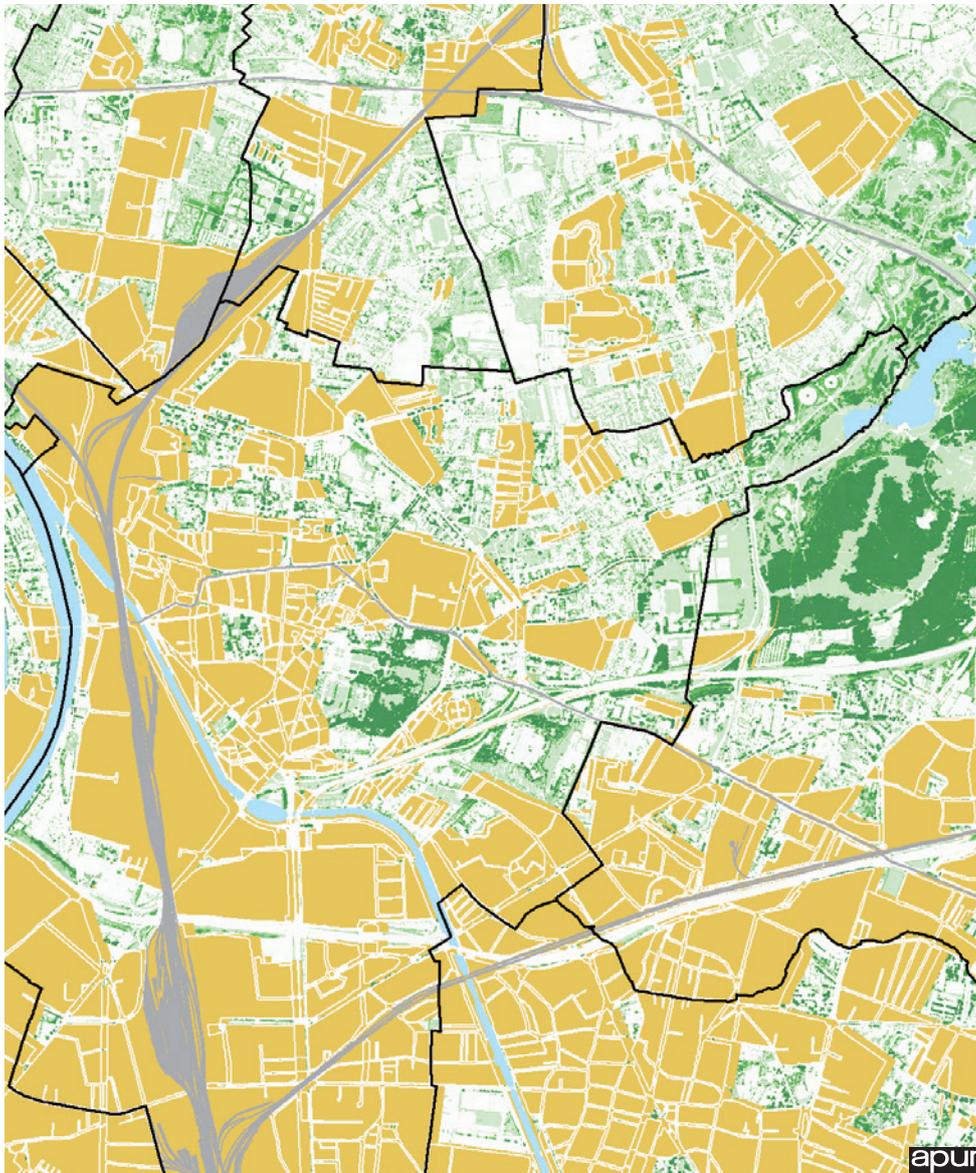
Le taux de végétation est calculé en croisant la surface de la répartition de la végétation avec celle des îlots. Ce calcul a permis de mettre en évidence les espaces déficitaires en végétation, représentés sur la carte en orangé-ocre. Ils correspondent aux îlots ayant un taux de végétation inférieur à 30 %.

5 Déficit de végétation au carreau

Sur cette carte, la part d'occupation de la végétation est calculée cette fois-ci de façon plus précise, selon un maillage régulier de carreaux de 200 m x 200 m.

À l'issue de ce traitement, on obtient un résultat détaillé et exhaustif sur l'ensemble du

Secteur de Plaine Commune (93)



4 Espaces déficitaires en végétation à l'îlot

Hauteurs de la végétation

- Moins de 1 m
- De 5 à 10 m
- De 1 à 5 m
- Plus de 10 m

Îlots dont le taux de végétation est inférieur à 30 %

Sources : Apur, photo proche-infrarouge - MNE - MNT 2012 - © InterAtlas 2012

5 Espaces déficitaires en végétation au carreau

Part de la végétation totale par maille de 200 m x 200 m

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

Grands espaces verts

Sources : Apur, photo proche-infrarouge - MNE - MNT 2012 - © InterAtlas 2012

territoire. qui fait apparaître les espaces en déficit de végétation. Le dégradé de couleur orangé-rouge correspond également à un taux de végétation inférieur à 30 %.

6 Végétation par habitant

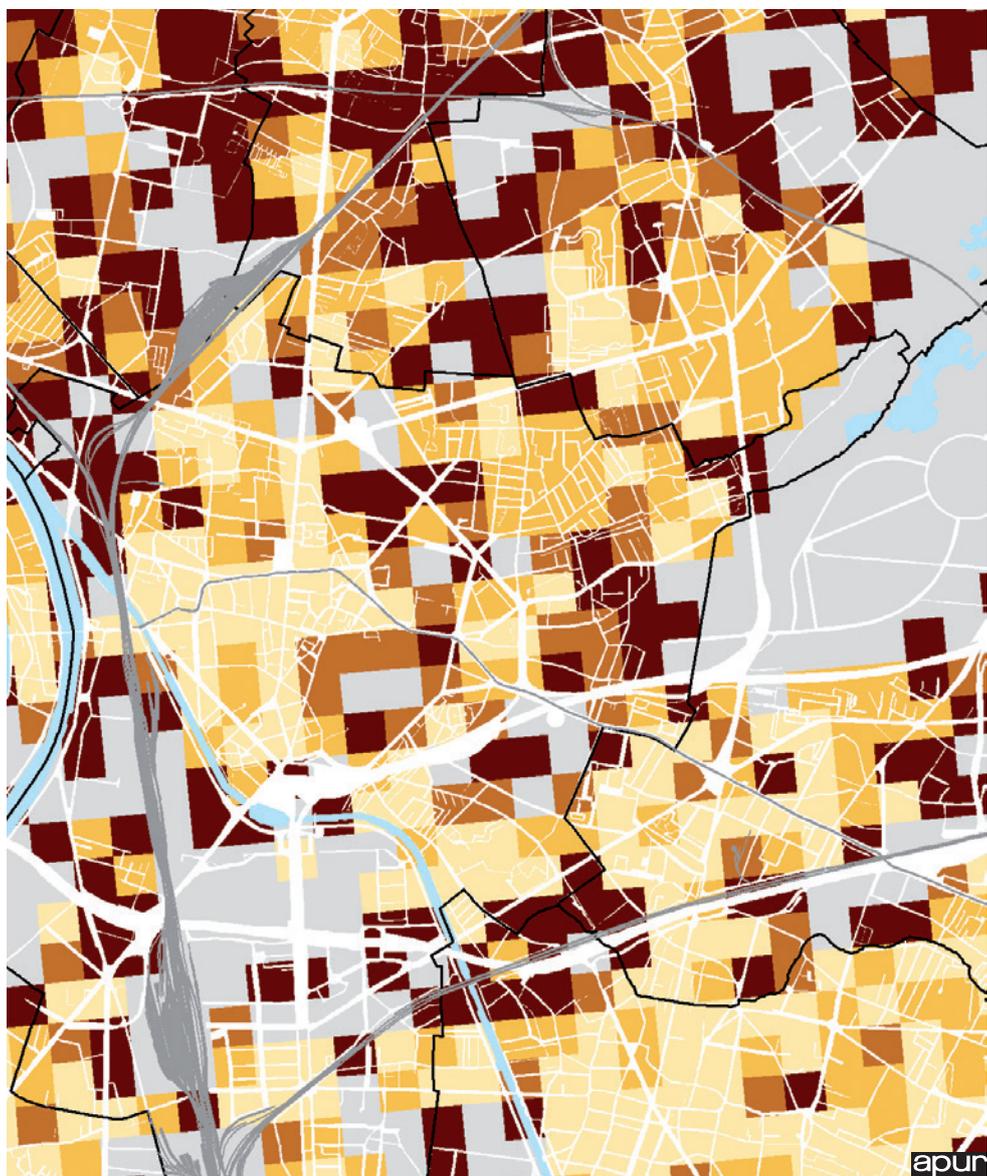
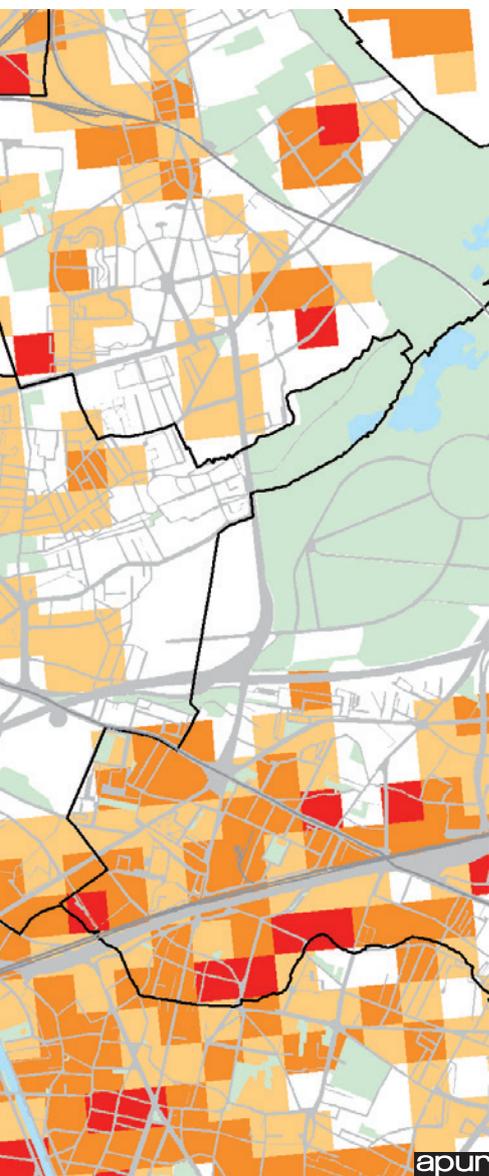
Il est possible de croiser les données sur la végétation avec une multitude de données spatiales ou attributaires.

En croisant la surface de la végétation avec le nombre d'habitants selon un maillage régulier de carreaux de 200 m x 200 m, on obtient une carte représentant la répartition de

la végétation par habitant à une échelle fine. Ces informations sont, par exemple, un des indicateurs possibles qui contribue à évaluer la qualité de vie des habitants de la métropole ou une façon de montrer les carences en espaces verts sur le territoire.

Ces statistiques sont des éléments qui contribuent à enri-

chir la réflexion sur les formes que peuvent prendre la protection et le développement de la couverture végétale de métropole du Grand Paris.



6 Végétation par habitant

Surface de végétation rapportée au nombre d'habitants par maille de 200 m x 200 m

- Moins de 15 m²/habitant
- De 10 à 40 m²/habitant
- De 40 à 70 m²/habitant
- Plus de 70 m²/habitant
- Pas d'habitant

Sources : Apur, Insee, photo proche-infrarouge - MNE - MNT 2012 - © InterAtlas 2012

Utilisation pour le repérage des évolutions

La végétation extraite à partir des images prises en 2005, 2008 et 2012 permet de suivre les variations de l'étagement des végétaux et de déceler les changements survenus sur un territoire aussi bien dans le

domaine public que privé. À une échelle très fine, l'analyse diachronique de cette donnée présente toutefois des limites. D'une année sur l'autre la végétation est plus ou moins importante en fonction des dates de prises de vue des photos aériennes, de la météorologie et

des difficultés d'interprétation liées aux ombres des bâtiments lors des traitements de l'image proche infrarouge. La méthode utilisée pour extraire l'information peut entraîner également des variations d'interprétation d'une image à une autre.

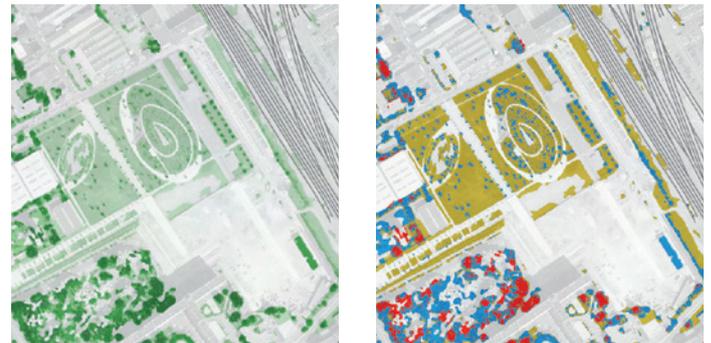
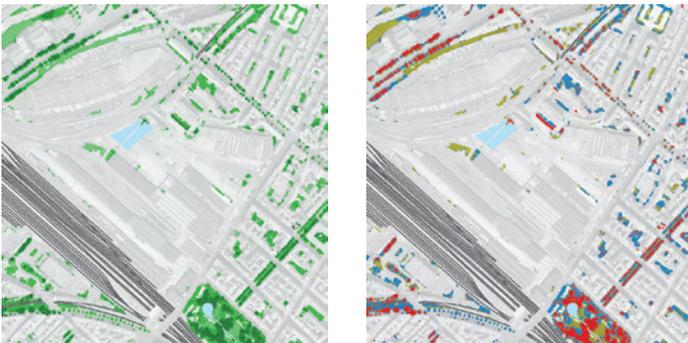
► Deux exemples d'évolution de la végétation :

- Parc Martin Luther King dans le 17^e arrondissement de Paris (créé en 2007).
- Parc départemental des Cormailles à Ivry-sur-Seine (inauguré en 2003 puis en 2006).

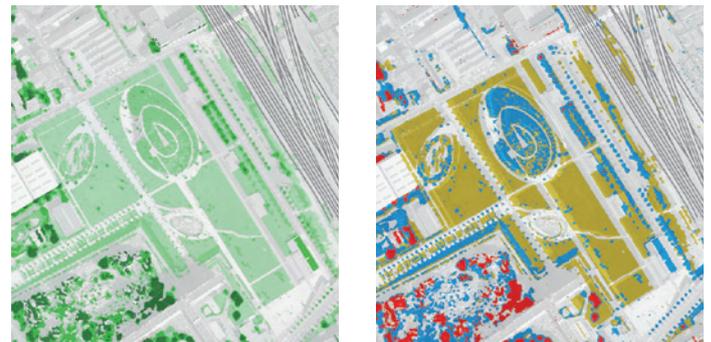
Parc Martin Luther King (Paris 17^e)

Parc départemental des Cormailles (Ivry-sur-Seine)

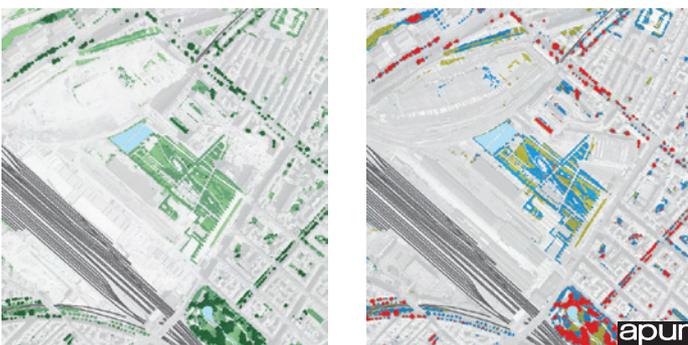
2005



2008



2012



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, la Région Ile-de-France, la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris Ile-de-France, la Régie Autonome des Transports Parisiens, Paris Métropole, la Société du Grand Paris, Eau de Paris, la communauté d'agglomération d'Est Ensemble, l'Epaurif, Grand Paris Aménagement, Paris Habitat, Ports de Paris, la communauté d'agglomération Seine-Amont, le SIAAP, le SIFUREP, le SIPPAREC, SNCF Immobilier, le STIF, le Syctom et la Mission de Préfiguration de la Métropole du Grand Paris.



Directrice de la publication

Dominique ALBA

Note réalisée par

Marie-Thérèse BESSE

Sous la direction de

Christiane BLANCOT

Cartographie

Marie-Thérèse BESSE

Mise en page

Apur

www.apur.org