



JANVIER 2021

NOTA BENE

CARTOGRAPHIER LA NATURE EN VILLE



© SOURCE TOPOS, 2020, FOND DE PLAN IGN ORTHO IRC 2016



© SOURCE TOPOS, 2020

Répondre à l'urgence environnementale

Le contexte actuel de réchauffement climatique et d'érosion de la biodiversité pousse les villes à reconsidérer la place de la nature dans leur aménagement.

Les épisodes caniculaires ont provoqué des montées de température dans les milieux urbains dépourvus de végétation. Les populations résidentes notamment les plus fragiles ont été en difficulté sanitaire.

C'est aussi devenu une demande sociale forte révélée par la crise COVID et ses temps de mobilités restreintes : les citoyens, de plus en plus nombreux, souhaitent avoir accès à la nature à proximité immédiate de chez eux.

Elus et habitants prennent conscience de l'enjeu d'intégration de la nature dans les aménagements urbains. « La nature en ville » n'est plus seulement un agrément ou un mode de gestion des espaces délaissés. Elle devient un invariant de la construction du cadre de vie. Elle offre de nombreux services tel que : la régulation des températures au sol, l'amélioration de la gestion et de la qualité des eaux, la réduction des ruissellements, l'amélioration de la qualité de l'air, la séquestration carbone... Elle est source d'aménités pour les populations et elle joue un rôle majeur sur la santé publique en général.

Pour appréhender le sujet il faut caractériser cette nature : Où se trouve-t-elle ? Quel est son couvert végétal ? Quel est son rôle par rapport aux besoins évoqués précédemment ?... Aujourd'hui il n'existe pas de base de données suffisamment précises et étendues de la nature au sein du tissu urbain. Beaucoup de recensements actuels répertorient « les espaces verts » (les parcs, jardins et espaces d'accompagnement de voirie ou autre) dans une logique d'entretien et de gestion de l'espace public.

Il semble donc indispensable d'élaborer une base globale, homogène, reproductible et peu coûteuse caractérisant et localisant la végétation.

La méthode que nous avons mise en œuvre et la base de données qui en résulte permet :

D'alimenter les réflexions de l'aménagement en ville

De construire des modélisations futures (îlot de chaleur, îlot de fraîcheur urbain, trame verte et bleue urbaine etc.).

De mettre en place des indicateurs diachroniques mesurant les évolutions à des échelles fines (parcelles) : des coefficients de biotope, d'imperméabilisation à la parcelle....

La télédétection pour caractériser la végétation en ville

ÉTAT DES LIEUX DES REFERENTIELS CARACTERISANT LA NATURE EN VILLE

Les données existantes « zone végétation » (BD Topo IGN) et CarHab (CBNBP¹)

Une partie de la végétation en ville y est numérisée. Ces données correspondent aux secteurs de surfaces arborées comprises entre 500 et 5000 m². Les petits jardins privés, les surfaces en herbe, certains alignements d'arbres ou d'arbustes ne sont pas pris en compte. Cette base n'est donc pas suffisamment exhaustive pour analyser finement la place de la nature en ville.

La base de données CarHab du CBNBP recense une petite partie de la végétation en ville. Ces deux bases de données malgré leurs nombreux intérêts caractérisent mieux la nature hors de la tâche urbaine et restent peu précise sur la végétation en ville.

La base d'occupation du sol de TOPOS

L'agence développe un observatoire de l'occupation du sol. Celui-ci dans son détail le plus fin caractérise une partie des zones arborées et arbustives dans le tissu urbain ainsi que les alignements de haies, les parcs et jardins et certains espaces verts d'accompagnement. Mais l'unité minimale de collecte utilisée par le photo-interprète empêche de descendre à un niveau intra-parcellaire, où l'on viendrait à numériser le jardin et la maison. Ainsi la base d'occupation des sols de TOPOS, ne permet pas d'obtenir l'intégralité de la nature présente dans les milieux urbains.

Cependant ces différents référentiels seront utiles comme données auxiliaires pour corriger, compléter la future donnée de végétation. D'autres référentiels nationaux et européens sur l'occupation du sol existent néanmoins, ils ne seront pas cités ici car leur niveau de détail n'est pas suffisant pour répondre à la problématique.

LE RECOURS A LA TELEDETECTION

Choix de la donnée, support des traitements

L'agence d'urbanisme TOPOS a fait l'acquisition de la BD ortho IRC de l'IGN. Ces images en infrarouge couleur (IRC) ont une résolution spatiale de 0.5 cm qui permet de détailler la végétation dans les milieux bâtis. Ces prises de vues dans l'infrarouge, permettent de distinguer très nettement l'activité chlorophyllienne (figure 2 : teintes allant du rose au rouge). Celle-ci contraste fortement avec les autres « objets » tel que les sols, l'eau, les minéraux. Dans le proche-infrarouge la végétation a toujours des valeurs de réflectance² plus forte que les autres éléments constitutifs de l'occupation du sol.



Figure 1 : image en couleur naturelle



Figure 2 : image en infrarouge couleur

¹ CBNBP : Conservatoire botanique national du bassin parisien

² La réflectance est la capacité d'une surface à réfléchir la lumière dans une longueur d'onde donnée, permettant d'obtenir une signature spectrale spécifique pour chaque élément au sol.

Traiter l'image pour différencier trame verte et trame grise

Ces traitements sont fondés sur la réflectance propre à chaque composante de l'occupation du sol. C'est la classification des composantes en fonction de cette réflectance, pixel d'image par pixel d'image qui va permettre de différencier notamment les composantes « végétales » (trame verte) des composantes « minérales » (trame grise).

ORFEO pour réaliser une classification supervisée

Il existe différentes manières d'effectuer des classifications sur les images optiques :

La classification « non-supervisée » où le logiciel réalise une classification automatisée des pixels selon un échantillonnage intégré.

La classification « supervisée » où l'opérateur définit les règles de classification à partir d'échantillons de pixels permettant de calibrer « l'apprentissage de reconnaissance » par le logiciel.

La classification orientée objet où l'opérateur effectue une classification par groupe de pixels dans leur contexte.

ORFEO est le logiciel de traitements retenu. Il est intégré sous forme de boîte à outil dans Qgis. C'est une bibliothèque de traitement de l'image orientée vers la télédétection.

Échantillonnage de la « classification supervisée »

Afin de pouvoir lancer une classification supervisée, il faut créer une couche d'échantillonnage. Elle servira de base d'apprentissage à l'algorithme du logiciel. Il apprend à reconnaître ces différentes classes pour les généraliser à toute l'image. Cette couche est composée de polygones caractéristiques d'un élément composant le sol : les ROI : « Region of Interest ».

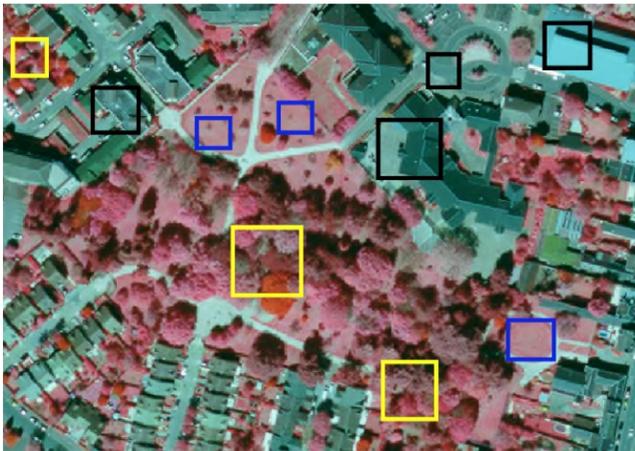


Figure 3 : création de polygones représentatifs d'éléments composant le sol. Ici les carrés jaunes représentent les pixels associés au boisement, les bleus aux zones herbacées et les noirs au milieu imperméabilisé.

Il faut ensuite effectuer une analyse statistique de chaque ROI pour standardiser les données au moment de la classification. L'ensemble de ces paramètres sont rassemblées dans un fichier modèle permettant à l'algorithme d'effectuer les traitements de classification supervisée.

Traitement de l'image

Orléans a été choisie comme territoire de test. C'est la commune la plus densément peuplée des territoires de l'Orléanais. Elle est composée de morphologies urbaines contrastées où le végétal est plus ou moins présent. Il en résulte une richesse d'échantillonnage et une certaine complexité pour une analyse automatisée. La classification supervisée s'est faite avec 6 classes distinctes. (Il est possible d'en rajouter ou d'en retirer, ce choix est fonction des objectifs d'exploitation.). Les échantillons d'apprentissage ont été classés de la façon suivante :

- Végétation arborée-arbustive
- Végétation herbacée
- Bâti
- Route
- Sol nu
- Hydrographie



Figure 4 : classification supervisée, tous les postes concernant les espaces imperméabilisés ainsi que l'eau ont été symbolisés en noir, afin de voir la représentation des espaces de nature.

Différenciation des strates végétales

Les traitements permettent également de distinguer la végétation arbustive et arborée, de la végétation herbacée.

La méthode de cartographie utilisée s'appuie sur une classification de type SVM (Support Vector Machine). Ce type de classification supervisée différencie les strates végétales. L'algorithme optimise la séparation entre les différentes classes obtenues à partir des échantillons d'apprentissage (ROI).

Il faut cependant en lisser les résultats afin de supprimer les pixels isolés et mal classés.

Le résultat obtenu est une image (raster). Il faut donc la vectoriser pour permettre des traitements géographiques et géométriques. A partir de la couche d'information vectorisée, une sélection de valeurs a été opérée afin de ne retenir que les polygones de végétation haute et basse.

Analyse critique des résultats

La classification permet de caractériser finement (figure 6) l'ensemble du couvert végétal au sein de l'urbain. Par exemple, on distingue nettement les ensembles boisés, les arbres isolés ou les parterres en milieu de voirie...

Néanmoins il reste des incertitudes qu'il faut corriger manuellement, notamment dans les secteurs où :

- Les ombres portées des constructions ou des arbres sont nombreuses. Ces ombres couvrent l'information et limitent l'identification des strates. Les ombres des arbres en milieu boisé dense sont en partie interprétées comme des surfaces enherbées.
- L'état des strates, ou leur niveau de développement perturbent l'algorithme. Ainsi, en fonction de leur stade phénologique certaines pelouses trop sèches ont pu être confondues avec les sols nus, ou encore certains jeunes arbres peu développés ont pu être mal classés (figures 5 et 7).
- Les espaces agricoles ou certains terrains de sports ont été numérisés et comptabilisés en espaces enherbés (figures 8 et 9).

Ce travail de correction est réalisé en croisant les résultats avec les données issues de la base de données d'occupation du sol de TOPOS et de la BD Topo.

Enfin les « traditionnelles » erreurs de topologie et de géométries font également l'objet de corrections.



Figure 5 : extrait des résultats de la classification. Le vert clair correspond aux secteurs de surface en herbe et le vert foncé à la végétation arborée-arbustive. Quelques erreurs de classification sont visibles. Les alignements d'arbre à l'est du parc sont considérés comme des surfaces en herbe.



Figure 6 : extrait de la classification. Les parterres en milieu de voirie les plus fins sont extraits. La végétation au sein de bâtiment est également extraite.



Figure 7 : exemple de confusion, l'ombre portée de la cathédrale cache une partie de la végétation (carré rouge) ou certains alignements d'arbres (trop jeunes ou qui ont subi une coupe récente), carré jaune, n'ont pas été bien classés.



Figure 8 : exemple de zones agricoles à supprimer de la couche végétation. Les polygones rouges sont des éléments de la base d'occupation des sols de l'agence. Ils permettront de sélectionner les éléments à supprimer.



Figure 9 : exemple d'équipements sportifs pris en compte dans la classification qu'il faut supprimer du calcul. Les polygones rouges qui représentent les terrains de sport (BD Topo IGN) permettront de sélectionner les éléments à supprimer.

EXPLOITATION DES PREMIERS RESULTATS

1175 hectares d'espaces verts au sein de la commune d'Orléans.

La commune a une surface d'environ 2766 hectares. La couche des espaces de végétation renvoie une surface totale d'environ 1175 hectares dont 666 hectares de canopée arborée et 509 hectares de canopée herbacée. La part de nature en ville sur la commune d'Orléans est de 42% avec 56% de canopée arborée et arbustive et 43% de canopée herbacée.

Les résultats obtenus pour la part des surfaces arborées sont proches de référentiels nationaux. Les données de « Kermap » disponibles sur le portail « nosvillesvertes.fr », estiment à 20% la part d'espaces arborés en ville contre 24 % avec les données générées dans cette étude. L'écart peut s'expliquer par les différences de méthode de classification utilisées ou par les différences des dates des prises de vue infrarouges : 2018 pour Kermap et 2016 pour la présente étude.

1351 hectares de surfaces imperméabilisées.

La part des surfaces imperméabilisées est donc de 49%. Ces espaces imperméabilisés ont été caractérisés et ont subi les mêmes traitements topologiques et géométriques. La couche de données des espaces imperméabilisés peut en partie être complétée par le bâti de la bd topo. Certains bâtiments ne sont parfois pas retenus dans cette catégorie car la réflectance de certains matériaux composant les toits se confondent avec d'autres objets de la classification, ou encore certains toits de bâtiments sont végétalisés et ressortent dans la couche de végétation. Enfin un traitement géographique est effectué entre les deux couches végétation et imperméabilisation afin de supprimer les polygones qui se chevauchent et éviter un double comptage des surfaces (cf. figures 12 et 13).

240 hectares restants ?

Les 240 hectares restants peuvent être attribués pour 120 hectares à la catégorie hydrographie de la classification qui n'a pas été comptabilisée dans cet exercice d'exploitation des premiers résultats. De la même façon les espaces agricoles et les terrains de sport (environ 129 hectares) ont été supprimés de l'analyse contribuent aussi à ce résultat.

AUTRES EXEMPLES D'APPLICATIONS

Construction d'indicateurs de suivi des coefficients de biotope

A partir de ces traitements, la localisation des strates végétales est réalisée dans un référentiel cadastral. La présence du végétal (surface couverte) et sa caractérisation (par strate) servent à construire une valeur de référence pour chaque parcelle. La trame grise également reportée à la parcelle, pondère cette valeur. L'ensemble compose un indicateur complexe qui peut être utilisé dans la mise en place d'un coefficient de biotope.

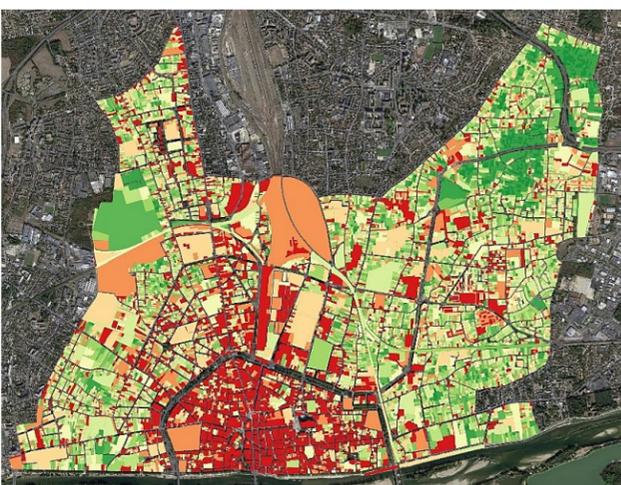


Figure 10 : extrait du cadastre « vert » les données représente le pourcentage d'espace vert sur chaque parcelle plus la parcelle est verte plus le pourcentage est élevé et inversement avec le rouge.

Localisation des îlots de chaleur et îlots de fraîcheur

Le croisement des relevés de température au sol avec la localisation de la végétation révèle le rôle régulateur de cette dernière en ville. Son absence, comme sa présence contribuent à la constitution d'îlot de chaleur ou de fraîcheur. Les figures 11 et 12 illustrent cette corrélation : Sur l'axe nord sud de gauche on constate la présence d'un alignement d'arbre et la température au sol enregistrée avoisine 23°C. Sur l'axe nord-sud de droite qui ne dispose pas d'alignement d'arbres, les températures atteignent les 26°C.

On peut estimer que, compte tenu de la proximité des deux axes, des morphologies bâties, cet écart de température est significatif et lié notamment à la présence/absence du végétal.

Fort de ce constat, la cartographie des trames vertes et grises en milieu urbain devient un outil indispensable pour lutter contre les îlots de chaleur. Cet outil fournit des informations précieuses sur des secteurs à enjeux où les solutions fondées sur la nature contribuent à améliorer le cadre de vie des populations.



Figure 11 : l'importance de la végétation en ville sur les températures au sol exemple de deux boulevards orléanais. L'axe nord-sud de gauche est bordé d'arbres et le tissu urbain directement attenant est très fortement végétalisé. A l'inverse l'axe nord-sud de droite est bordé de fronts bâtis sur ses deux rives et son tissu urbain est plus minéral.

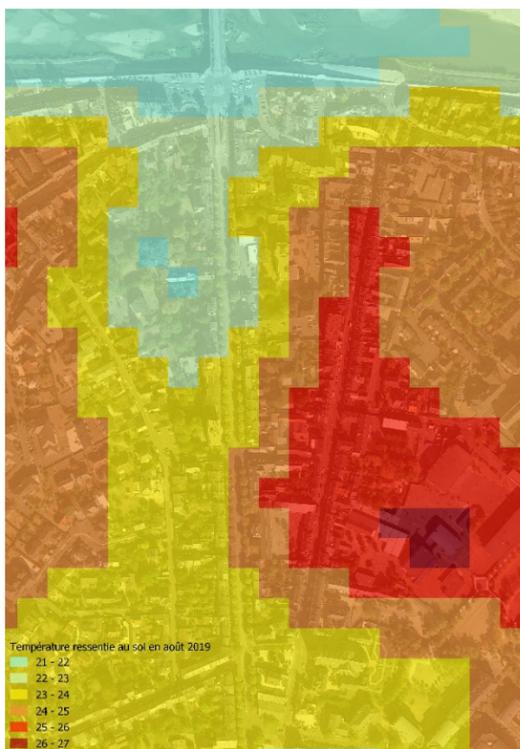


Figure 12 : On reconnaît les deux mêmes axes nord-sud. Les températures enregistrées au sol révèlent l'écart de température de l'ordre de 3°C. Plus généralement on remarque une zone où la moindre présence du végétal engendre des températures plus élevées.

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Préciser les différences entre les strates : recourir au LIDAR

La discrimination la végétation haute arborée de la végétation arbustive reste une difficulté. Pour le moment la répartition se fait en deux classes : « arborée-arbustive » et « herbacée ». En ayant recours à l'utilisation d'un LIDAR (*laser detection and ranging*) aéroporté pour avoir notamment les hauteurs du végétal par rapport au sol permettrait de classer les différentes strates de végétation de façon beaucoup plus fine. Ce travail est reproductible sur d'autres villes des territoires de l'orléanais. La données source, (la BD Ortho IRC de l'IGN) est disponible à l'échelle Inter Scot.

Analyse diachronique

L'évolution de la place de la nature en ville est un indicateur de l'action publique face au changement climatique. C'est aussi une information qui contribue à la définition du cadre de vie et au suivi de son amélioration. La cartographie de la nature en espace urbain est réalisable à chaque nouvelle édition d'une photo infrarouge couleur. L'analyse diachronique est réalisée par comparaison des photos prises à plusieurs années d'écart, dans des conditions similaires, permet de suivre ces évolutions.

Concourir à la définition de la TVB

L'identification du végétal en milieu urbain est importante dans l'approche des fonctionnalités écologiques. Les données qui s'y rapportent sont importantes dans la modélisation de la Trame Verte au sein de l'urbain. Cette donnée sera utilisée en surcouche de l'occupation du sol et constituera une information précieuse pour analyser les capacités de déplacements et de dispersion des espèces en milieu urbain.

Pour une approche foncière

La cartographie des espaces végétalisés en milieu urbain couplée à une analyse des fichiers fonciers permet d'aborder les questions de domanialité et de gestion :

- Le calcul de l'Artificialisation Nette (lien avec le ZAN) : L'analyse diachronique du végétal avant et après un aménagement permet d'aborder la comptabilité des espaces naturels consommés (artificialisation brute) puis restitués au sein même de l'aménagement. L'artificialisation nette résulte de la différence entre les superficies restituées et celles initialement consommées.
- La mise en place de stratégies de Réduction et de Compensation (dans le cadre d'une démarche ERC) : L'analyse diachronique permet d'identifier les parts d'artificialisation évitées dans l'aménagement. Par ailleurs la cartographie des espaces végétalisés rend visible les secteurs pour lesquels la compensation est stratégique.
- La domanialité à des fins de gestion : L'analyse de la cartographie dans le cadre de projets d'aménagement permet d'anticiper la prise en compte de la nature et des solutions qu'elle offre. Cette approche facilite la mise en œuvre de démarches d'évitement ou de réduction (ERC). Elle ouvre également la discussion sur la définition des domanialités de gestion de ces espaces.

TRAME VERTE URBAINE : LE VEGETAL DANS L'URBAIN

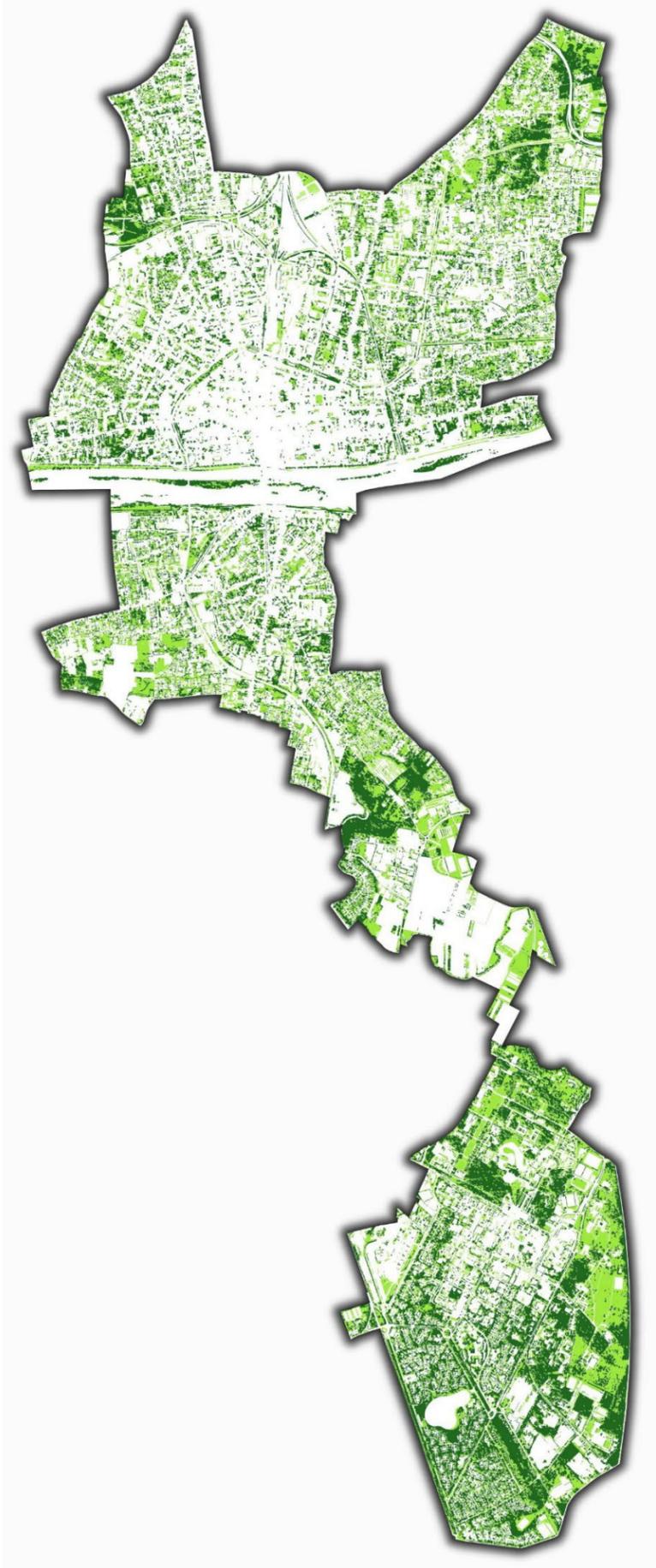


Figure 13 : représentation de la couche de végétation créée, commune d'Orléans, données BD Ortho IRC 2016

TRAME GRISE URBAINE : LES ESPACES IMPERMEABILISES

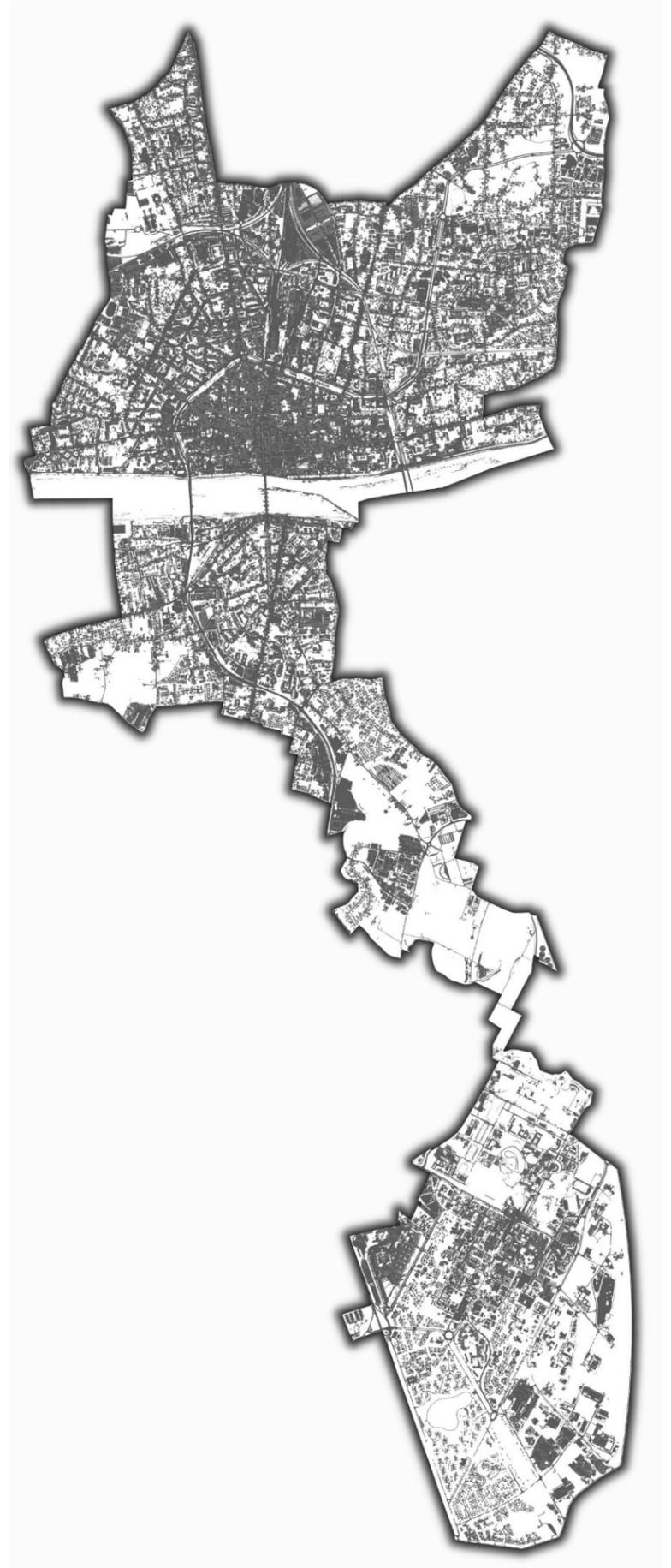


Figure 14 : représentation de la couche d'imperméabilisation créée, commune d'Orléans, données BD Ortho IRC 2016

EN BREF :

CE QU'APPORTE CET OUTIL ?

- Une géolocalisation du végétal selon les strates herbacée et arbustive/arborée
- Visualiser les secteurs d'enjeu de présence/absence de la nature en ville, dans un contexte de besoin exprimé de qualité environnementale

- Des possibilités d'analyse pour localiser les îlots de chaleurs/îlots de fraîcheurs
- Aide à la construction d'une TVB en milieu urbain, d'indicateurs de suivi et d'évaluation de la part de nature en ville, de coefficient de biotope
- Aide au calcul du ZAN, à la mise en place de démarche ERC

RÉDACTION :

Adrien PAGET,
responsable thématique environnement, risques
adrien.paget@topos-urba.org

Hervé OLLIVIER,
Dir. des études/dir. adjoint