

URBIO

BIODIVERSITÉ DES AIRES URBAINES

FICHES DE SYNTHÈSE DES TRAVAUX DE RECHERCHE

COORDINATION ET ANIMATION DU PROGRAMME URBIO

Hervé DANIEL, Agrocampus Ouest

FICHES DE SYNTHÈSE

Coordination : Marianne HÉDONT, Plante & Cité

Rédaction : Damien PROVENDIER, consultant Paysages et Biodiversité

Graphisme : Marguerite AIMÉ-SINTÈS

EQUIPES DE RECHERCHE

Cette synthèse collective coordonnée par Plante & Cité se base sur les résultats et les contributions des équipes de recherche URBIO.

Cartographie	Véronique BEAUJOUAN, Agrocampus Ouest, Angers Guillaume PAIN, Ecole Supérieure d'Agricultures d'Angers Marie JAGAILLE, ingénieur d'étude, Agrocampus Ouest
Climatologie urbaine	Marjorie MUSY, Cerema Nantes Isabelle CALMET, Ecole Centrale de Nantes Pascal KERAVEC, Ecole Centrale de Nantes Jérémy BERNARD a réalisé sa thèse de doctorat à l'IRSTV
Végétation herbacée	Hervé DANIEL, Agrocampus Ouest, Angers Arnaud COCHARD a réalisé sa thèse de doctorat à Agrocampus Ouest
Avifaune	Joséphine PITHON-RIVALLAIN, École Supérieure d'Agricultures d'Angers (ESA) Rémi DUFLLOT, post-doctorant
Abeilles sauvages	Olivier LAMBERT, Centre Vétérinaire de la Faune Sauvage et des Ecosystèmes (CVFSE/Oniris) Doriane BLOTTIERE, chargée de projet Abeilles, CVFSE/Oniris

MERCI AUX STAGIAIRES QUI ONT PARTICIPÉ À URBIO

Sara BENCHLIH, Chloé CLERBOIS, Cindy GAUTIER, Maxime GOASCOZ, Violaine GUICHET, Jérémie GUY, Axel JUNG, Axelle LE CHÊNE, Héloïse LE LAIN, Laurent LEFEVRE, Nicolas NALPOWIK, Franck MASANELL, Cindy SCHRADER, Willy SPENO

MERCI AUX PARTENAIRES QUI ONT PARTICIPÉ AUX ATELIERS VILLES CHERCHEURS ET SOUTENU LE PROJET DEPUIS 2013

Clarisse PAILLARD (Nantes Métropole), Élisabeth PAYEN (Angers Loire Métropole), Chloé GREPINET (Angers Loire Métropole), Philippe ANQUETIL (Angers Loire Métropole), Priscilla CHAILLOT (Angers Loire Métropole), Aurélie DUMONT (Angers Loire Métropole), Stéphane IBARRA (Élu La Roche-sur-Yon), Christian BAUTUREAU (Ville La Roche-sur-Yon), Raphaël BEDHOMME (Ville La Roche-sur-Yon), Éric RAMDOM (Lycée Jules Rieffel), Rémy CHIFFLET (Lycée Nature La Roche-sur-Yon), Gaëtan PINON (Lycée Nature La Roche-sur-Yon), Marie Paule DROUILLARD (Lycée Le Fresne), Romaric PERROCHEAU (Ville de Nantes), Régis TRIOLLET (MAAF/DGER/BIPI)

AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE



DATE DE PUBLICATION : décembre 2017

UN PROGRAMME DE RECHERCHE RÉGIONAL

La Région Pays de la Loire mène une politique concertée d'appui et d'accompagnement des acteurs de la recherche, cadrée par un Schéma Régional de la Recherche (SRR). Le projet URBIO - Biodiversité des aires urbaines a été financé par la Région Pays de la Loire dans le cadre de son soutien aux projets d'émergence collective. Le projet a duré 5 ans, de 2012 à 2017.



Deux objectifs principaux :

- ▶ Améliorer les connaissances sur la biodiversité urbaine;
- ▶ Créer de nouveaux réseaux de collaborations entre chercheurs et acteurs du territoire.

COLLECTIVITÉS ET TERRITOIRES D'ÉTUDE

Les travaux d'URBIO se sont concentrés sur trois aires urbaines « laboratoires à ciels ouverts » de la biodiversité urbaine : Angers Loire Métropole, La Roche-sur-Yon Agglomération et Nantes Métropole. Dans les 3 agglomérations, des zones d'étude communes ont été définies pour tous les axes du projet. Les agglomérations et les communes ont été sollicitées dès le début du projet pour le choix des sites. Le centre régional de découverte de la biodiversité Beautour a également été partenaire du projet.

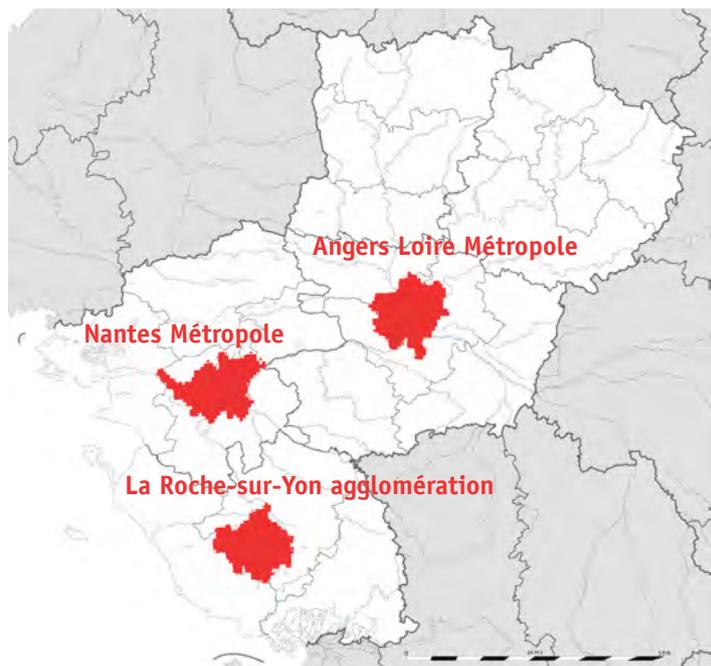
DES LIENS AVEC LES ACTEURS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

Des partenariats ont été menés avec les équipes pédagogiques de trois lycées agricoles (Lycée Le Fresne (49), Lycée Rieffel (44) et Lycée Nature (85)), sous forme d'interventions de chercheurs et de travaux d'étudiants (relevés de flore, inventaires abeilles sauvages).

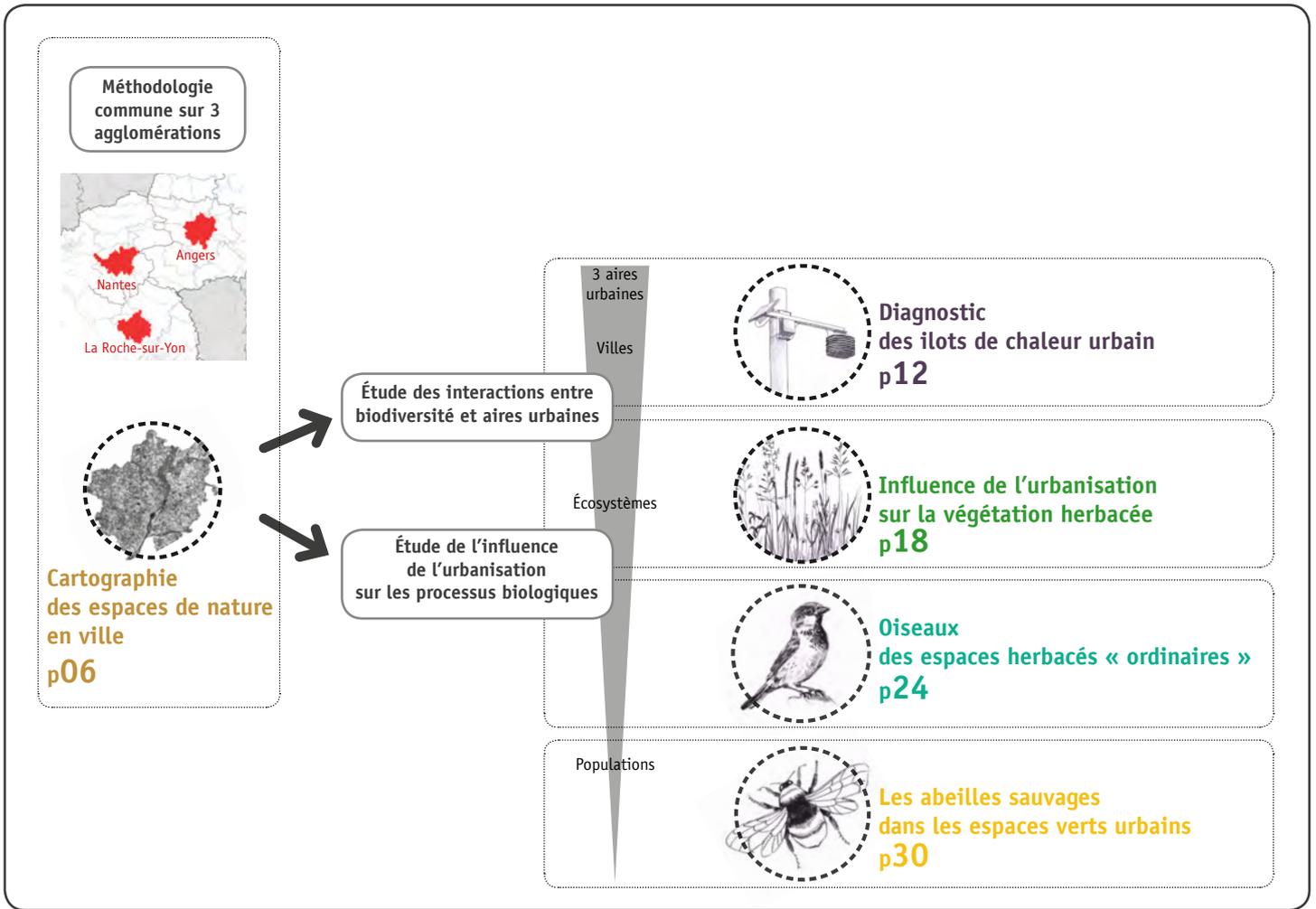
PARTENAIRES SCIENTIFIQUES

URBIO réunit plusieurs équipes de recherche d'Angers et de Nantes, travaillant dans différentes disciplines (géographie, climatologie, écologie animale et végétale).

- Unité Mixte de Recherche BAGAP, INRA, Agrocampus Ouest, ESA - Angers
- Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville (IRSTV) - Nantes
- Centre Vétérinaire de la Faune Sauvage et des Ecosystèmes des Pays de la Loire (CVFSE/ Oniris) - Nantes
- Plante & Cité - Angers



ORGANISATION DES VOLETS URBIO ET DES FICHES DE SYNTHÈSE



INTRODUCTION

SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ET TRAMES VERTES URBAINES

Les aires urbaines sont des territoires soumis à de fortes pressions d'urbanisation avec des risques de fragmentation, de destruction des habitats naturels et de perte de biodiversité (en termes de nombre d'espèces et d'interactions espèces/milieu). Face à ces pressions, la prise en compte de la nature et de la biodiversité dans les espaces urbains est aujourd'hui un enjeu important lié aux questions de cadre de vie et de services écosystémiques. En effet, la biodiversité structure les écosystèmes, elle conditionne le fonctionnement des espaces de nature. Les services écosystémiques correspondent aux services rendus par la nature et dont l'homme bénéficie. Ainsi, plusieurs travaux de recherche récents ont démontré l'importance de la biodiversité pour le rafraîchissement des villes, la régulation des eaux pluviales, la santé et le bien être des citoyens. La qualité de ces services tels que la pollinisation dépend de la quantité et de la qualité des espaces naturels. En région Pays de la Loire, la maîtrise de l'étalement urbain fait partie des priorités en termes d'aménagement du territoire. Cette maîtrise nécessite de concevoir la ville différemment, de densifier certains secteurs et de préserver des espaces de nature.

Au delà de leur préservation, c'est surtout la connectivité entre écosystèmes qui garantit une biodiversité fonctionnelle. Promues à la suite du Grenelle de l'environnement, les Trames Vertes et Bleues (TVB) visent à redonner une capacité de dispersion aux espèces. Aménager des Trames Vertes Urbaines est une nouvelle façon de considérer le vivant dans la ville qui vise à concilier aménagement du territoire et fonctionnalité des écosystèmes.



URBIO cherche à comprendre le fonctionnement de la biodiversité urbaine

LES APPORTS DE L'ÉCOLOGIE URBAINE

L'extension sans précédent que les villes ont connu durant ces 50 dernières années a pour conséquence de concentrer de nombreux enjeux sur les espaces périurbains. Parallèlement, les attentes des citoyens pour retrouver la nature dans les espaces urbains et périurbains sont de plus en plus fortes. On assiste sur le territoire à une double dynamique d'urbanisation du milieu rural et de renaturation de la ville qui amène à reconsidérer cette séparation entre ville et nature ou entre urbain et rural. Au-delà des évolutions sociales sur ces espaces, ces mutations posent de nombreuses questions scientifiques portant sur la dynamique de la biodiversité dans ce contexte de forte anthropisation. L'écologie urbaine vise à comprendre les processus écologiques qui sont impliqués dans les aires urbaines. Pour cela, il est nécessaire de caractériser la biodiversité de ces paysages périurbains, mais aussi d'en comprendre le fonctionnement et les implications effectives dans les services écosystémiques qui peuvent lui être attribués. Plutôt qu'aboutir à des seules listes d'espèces, l'enjeu est bien de comprendre les caractéristiques biologiques qui vont être sélectionnées ou favorisées en contexte urbain et de les intégrer dans les préconisations de gestion en milieu urbain.

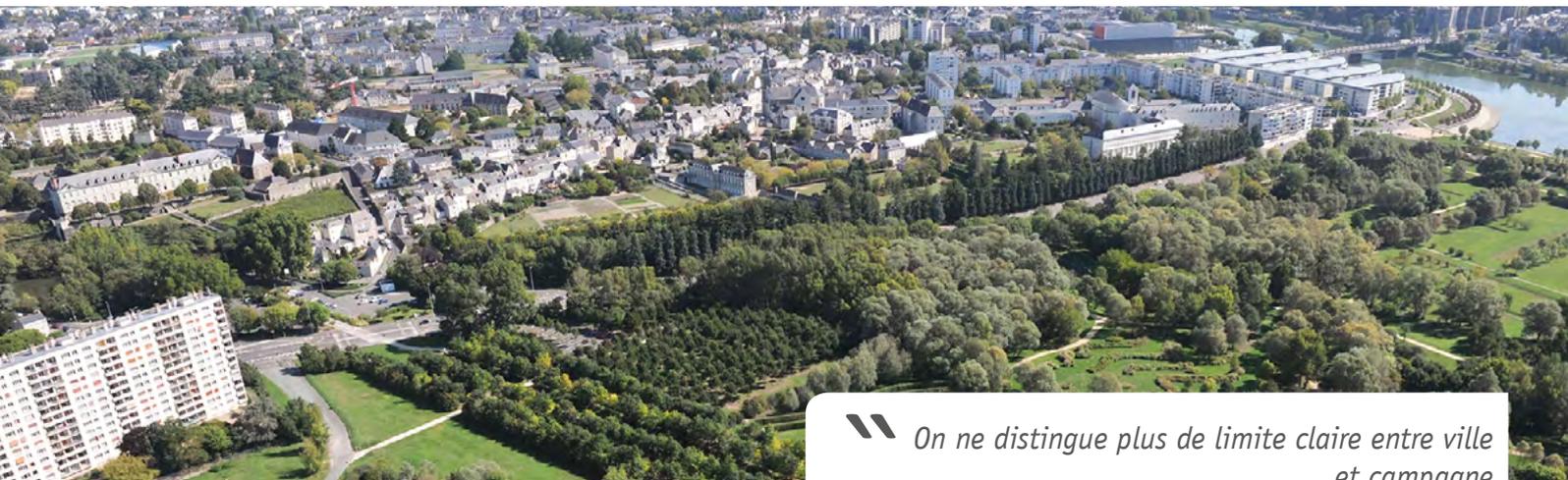
URBIO étudie les interactions entre climat et biodiversité, les effets de l'urbanisation et de la gestion sur la biodiversité : oiseaux, flore des espaces herbacés, abeilles sauvages. Les fiches pour chaque volet présentent une courte synthèse des résultats des recherches ainsi que des pistes d'action plus larges pour la gestion des espaces de nature dans le paysage urbain.





CARTOGRAPHIE DES ESPACES DE NATURE EN VILLE

Pour en savoir plus sur les résultats, contactez Véronique BEAUJOUAN : veronique.beaujouan@agrocampus-ouest.fr et Guillaume PAIN : g.pain@groupe-esa.com



Parc Balzac, Angers / ©Ville d'Angers - G. Durand.

“ On ne distingue plus de limite claire entre ville et campagne ”

URBANISATION ET ÉTALEMENT URBAIN

La France connaît depuis le milieu du XIX^{ème} siècle un processus d'urbanisation continu qui se traduit par une extension spatiale des territoires urbains. Exode rural, périurbanisation, plusieurs phases de mutations démographiques et sociales ont entraîné un phénomène d'étalement urbain de la ville sur la campagne. En 2007, l'espace urbain couvre 22% du territoire national métropolitain sur lequel se concentre 77,5 % de la population. Entre 1960 et 2010, l'urbanisation a touché 2,5 millions d'hectares soit la surface d'un département français tous les sept ans.

IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ

L'urbanisation a de nombreux impacts sur la biodiversité : artificialisation des sols, modification des cycles naturels, fragmentation et conversion des habitats, modification des conditions climatiques, perturbations humaines... Pour y remédier, pour construire des villes durables et pour limiter l'artificialisation, les collectivités cherchent à aménager et à ménager les espaces de nature de leur territoire par des actions de planification et de gestion. Elles sont en demande d'outils pour évaluer la biodiversité à différentes échelles. Répondre à ces besoins amène à analyser les processus écologiques face aux dynamiques d'un paysage qui évolue rapidement.

DESCRIPTION DES PAYSAGES URBAINS ET GRADIENT VILLE-CAMPAGNE

La compréhension des liens entre fonctions écologiques et structures des aires urbaines nécessite une description fine du com-

plexe urbain : place des espaces de nature en ville, morphologie urbaine, type de surfaces et occupation du sol. Les limites entre ville et campagne ne sont pas nettes, on parle alors de gradient ville-campagne pour décrire la transition progressive qui s'opère entre le centre-ville et les espaces agricoles ou naturels qui entourent la ville. La description de ce gradient passe par la production de données cartographiques (distribution spatiale des différents modes d'occupation des sols), et par le calcul d'indicateurs spatiaux, permettant de mieux caractériser le contexte dans lequel les espaces de nature sont présents. Pour être utilisables du rural à l'urbain, les indicateurs spatiaux doivent utiliser des données d'occupation du sol continues sur tout le gradient, d'égaux résolutions et utilisant une même typologie. Pour faire le lien avec les questions des aménageurs et gestionnaires d'espaces, la cartographie doit intégrer les usages (agricoles, espaces verts, résidentiels) mais aussi proposer des découpages (maillages, zones tampons, îlots viaires) permettant de créer des indicateurs judicieux. La place des différents types d'espaces est alors analysée : sont-ils nombreux, grands, dispersés, connectés entre eux ou isolés ? Les données pour décrire les paysages urbains peuvent être produites à partir de données existantes, en croisant des données ou en analysant des images aériennes et satellitaires.

MUTUALISATION DES CARTES ET DES DONNÉES

Dans le cadre du projet URBIO, les cartographies des trois territoires d'étude et les indicateurs spatiaux produits ont servi de supports pour les différents volets du projet. Les méthodes décrites dans cette fiche pourront être réappropriées par les collectivités dans le cadre de projets de planification du territoire.

LES QUESTIONS URBIO

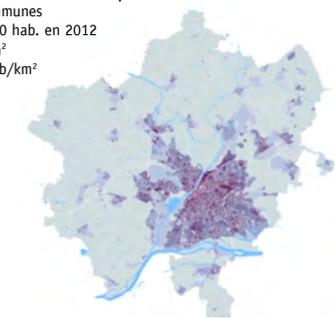
- ▶ Comment cartographier les espaces de nature des aires urbaines ?
- ▶ Comment décrire les paysages urbains ?
- ▶ Comment quantifier le gradient d'urbanisation pour des applications en écologie urbaine ?

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les aires urbaines des 3 agglomérations étudiées ont des surfaces équivalentes mais les caractéristiques urbaines liées à la population et aux densités d'habitants par km² sont différentes. Les territoires ruraux environnants ont des caractéristiques paysagères similaires (bocage, polyculture élevage), un relief peu marqué, et il n'y a pas de grands espaces naturels emblématiques dans les aires d'étude.

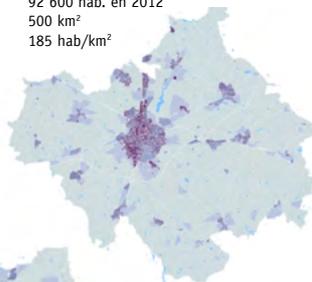
Angers Loire métropole :

33 communes
269 300 hab. en 2012
549 km²
490 hab/km²



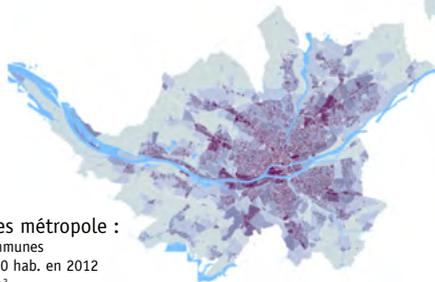
La Roche-sur-Yon agglomération :

15 communes
92 600 hab. en 2012
500 km²
185 hab/km²

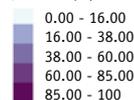


Nantes métropole :

24 communes
602 900 hab. en 2012
534 km²
1130 hab/km²



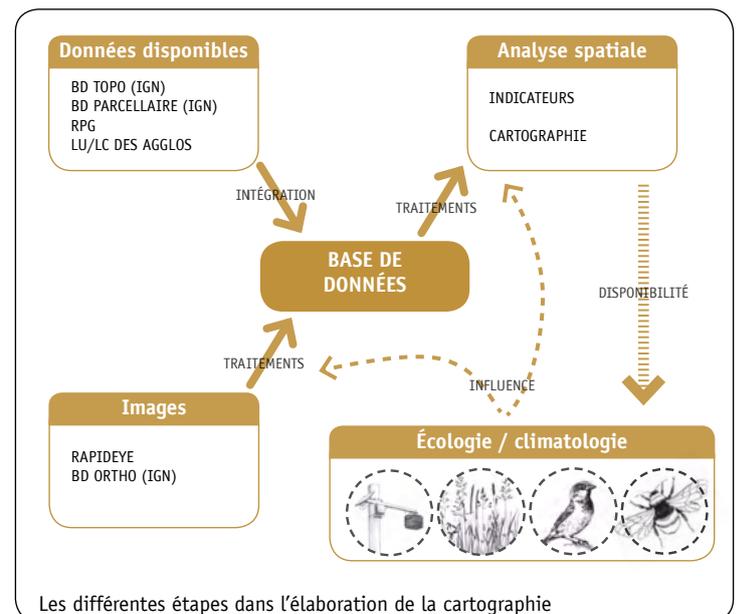
Part de surfaces artificialisées par zone (%)



MOBILISATION DES DONNÉES ET DES IMAGES DISPONIBLES

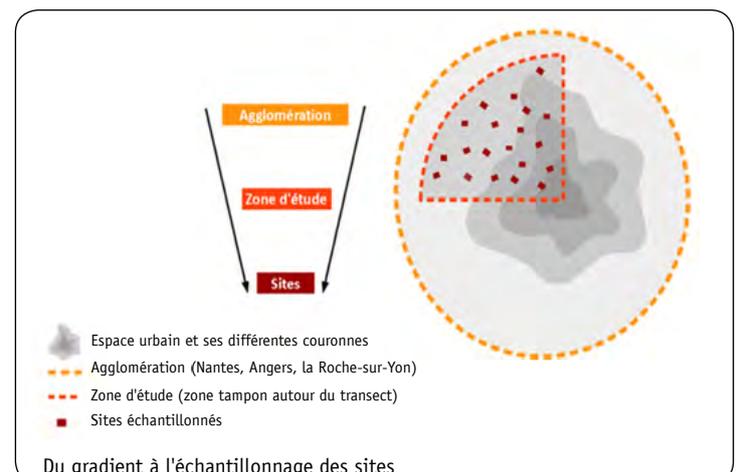
Deux critères ont orienté le choix de la méthode retenue pour cartographier les territoires d'étude : elle doit être généralisable (données disponibles sur l'ensemble des agglomérations) et répétée (dans le temps avec de nouvelles données ou sur d'autres territoires). De plus, les données produites devant alimenter les différents axes du projet, elles ont du intégrer les besoins des autres chercheurs du programme.

Lors de la constitution du Système d'Information Géographique d'URBIO, l'objectif a été de mobiliser au maximum les données existantes tout en veillant à leur qualité, leur cohérence et leur pertinence. Une fois les données existantes collectées et intégrées, la base de données a été complétée à partir d'analyse d'images de télédétection. Les images et les logiciels d'analyse d'images utilisés sont libres d'accès. Les principaux logiciels utilisés sont [QGIS](#) et [OrbisGis](#).



LA CARTE COMME SUPPORT DU TRAVAIL COLLECTIF

Le choix des zones d'étude du gradient ville-campagne a été réalisé en concertation avec les gestionnaires des collectivités lors d'un atelier en début de projet. L'objectif était de concentrer les stations de mesures de température et les sites d'échantillonnage de la biodiversité dans des zones d'études le long du gradient ville-campagne. Les gestionnaires ont ainsi pu aider les chercheurs à identifier les zones du territoire correspondant à leurs critères. Les cartes de végétation existantes et des prospections de terrain complémentaires ont permis de définir les sites d'expérimentations et de mesures pour chacun des volets du programme URBIO. La localisation des sites (climatologie, flore, oiseaux, abeilles) a été renseignée dans une cartographie collaborative réalisée avec le logiciel UMAP.

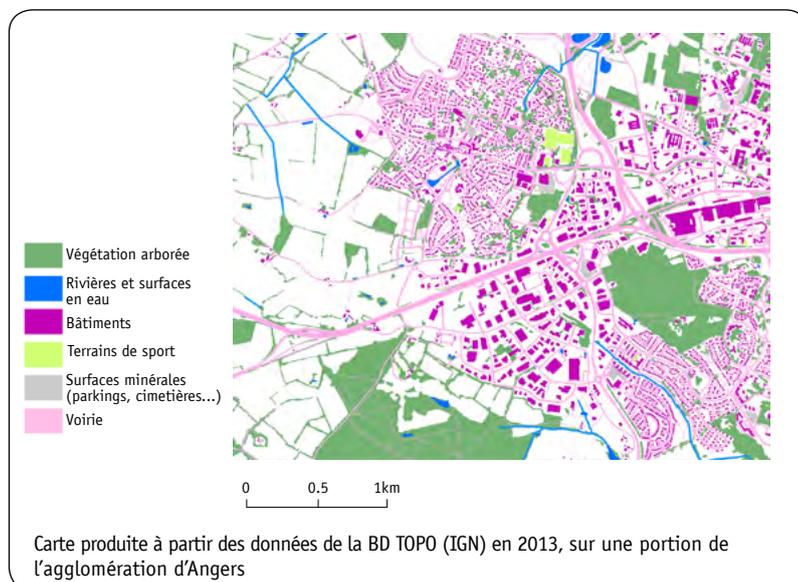


DONNÉES SPATIALES EXISTANTES

En 2013, au début du projet, les 3 agglomérations n'étaient pas couvertes sur l'ensemble du gradient ville-campagne par des couches d'occupation du sol homogènes, et d'une précision suffisante pour permettre de répondre aux attentes des écologues ou des climatologues.

La BD TOPO permettait d'avoir des données à Grande Échelle sur les 3 agglomérations (bâtiments, emprises routières, surfaces en eau, surfaces arborées...), de façon relativement homogène : ces données ont été homogénéisées et corrigées pour avoir une couverture continue des occupations du sol sur les territoires.

Dans les zones laissées "blanches", il a été nécessaire de différencier les surfaces minérales (sols nus, parkings...) des surfaces végétalisées (pelouses, jardins, bords de routes enherbés...).



ENRICHISSEMENT DE LA BASE DE DONNÉES À PARTIR D'UN INDICATEUR DE VÉGÉTATION

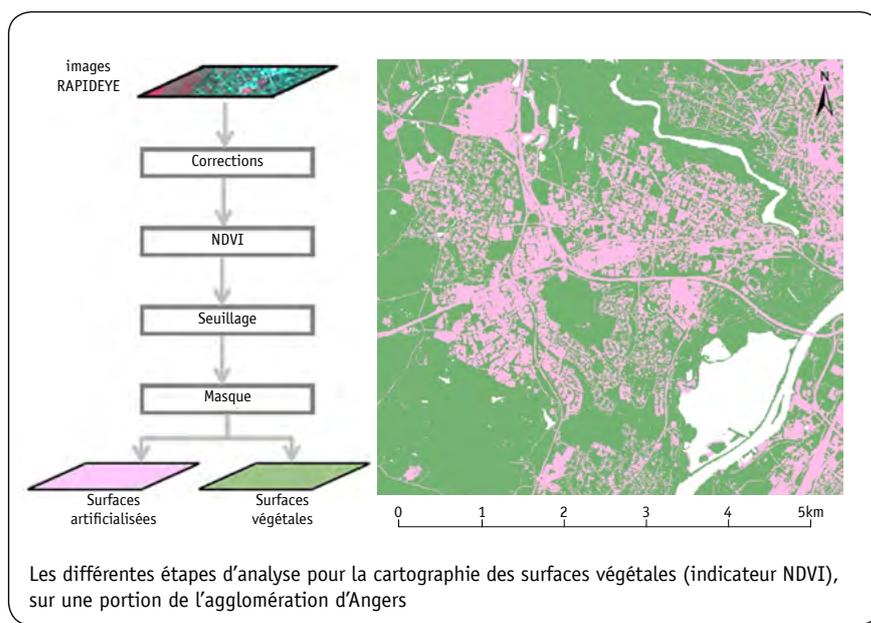
Pour l'étude de la distribution de la faune et de la flore dans les différents types d'espaces présents le long du gradient ville campagne, des données à haute ou très haute résolution spatiale sont requises. À partir des images satellites, des analyses spatiales du rayonnement permettent de créer un indice de végétation et de le cartographier.

Nommé NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), cet indicateur permet de générer une image affichant la couverture végétale.

Le NDVI se calcule de la manière suivante :

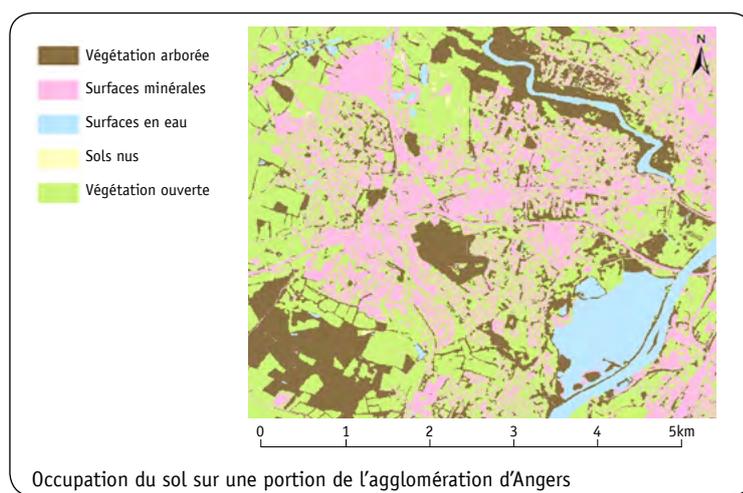
$$NDVI = \frac{(IR - R)}{(IR + R)}$$

IR = valeurs de pixel du canal infrarouge
R = valeurs de pixel du canal rouge



PRODUCTION DE LA DONNÉE D'OCCUPATION DU SOL

En combinant les données spatiales de références (BD TOPO) et le NDVI, on peut avoir relativement facilement une base de données spatiales complète et continue, avec une distinction de la sous trame arborée et de la sous trame des surfaces végétalisées « ouvertes ».



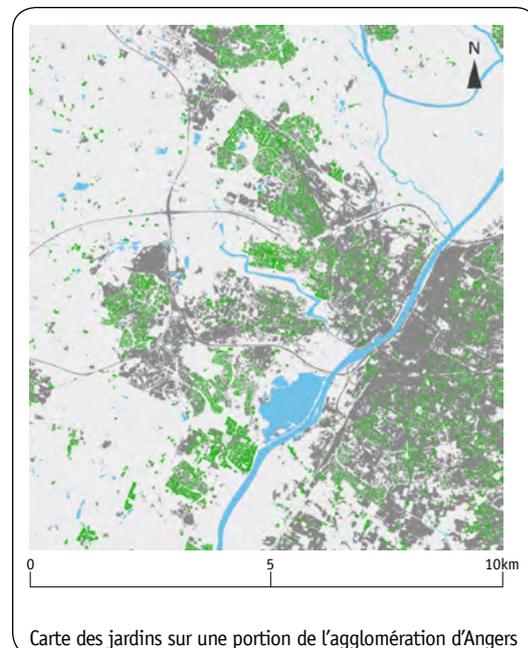
ENRICHISSEMENT DE LA BASE DE DONNÉES EN INTÉGRANT LES DONNÉES D'USAGE DU SOL

La carte d'occupation du sol ne permet pas d'identifier le type de gestionnaires des différents espaces. Le mode de gestion intéresse les chercheurs pour expliquer certains phénomènes. Par exemple, est-ce que la présence de jardins privés influence l'avifaune ?

En croisant la typologie d'occupation des sols à des données permettant d'identifier certains usages des sols, les chercheurs ont par exemple pu différencier pour l'occupation du sol "végétation ouverte" des usages "cultures", "jardins privés" ou autres. La photo interprétation et des vérifications de terrain permettent de vérifier et préciser les différents modes de gestion sur un échantillonnage de sites.

		USAGES DU SOL		
		Ilots agricoles (déclaration RPG)	Parcelles résidentielles	Parcelles de bâti non résidentiel
OCCUPATION DU SOL	Surfaces minérales	Sols nus agricoles		
	Végétation arborée	Végétation arborée	Jardins privés	Parcs et jardins
	Végétation ouverte	Cultures		
	Surfaces en eau	Surfaces en eau		

Typologie d'occupation et d'usages du sol

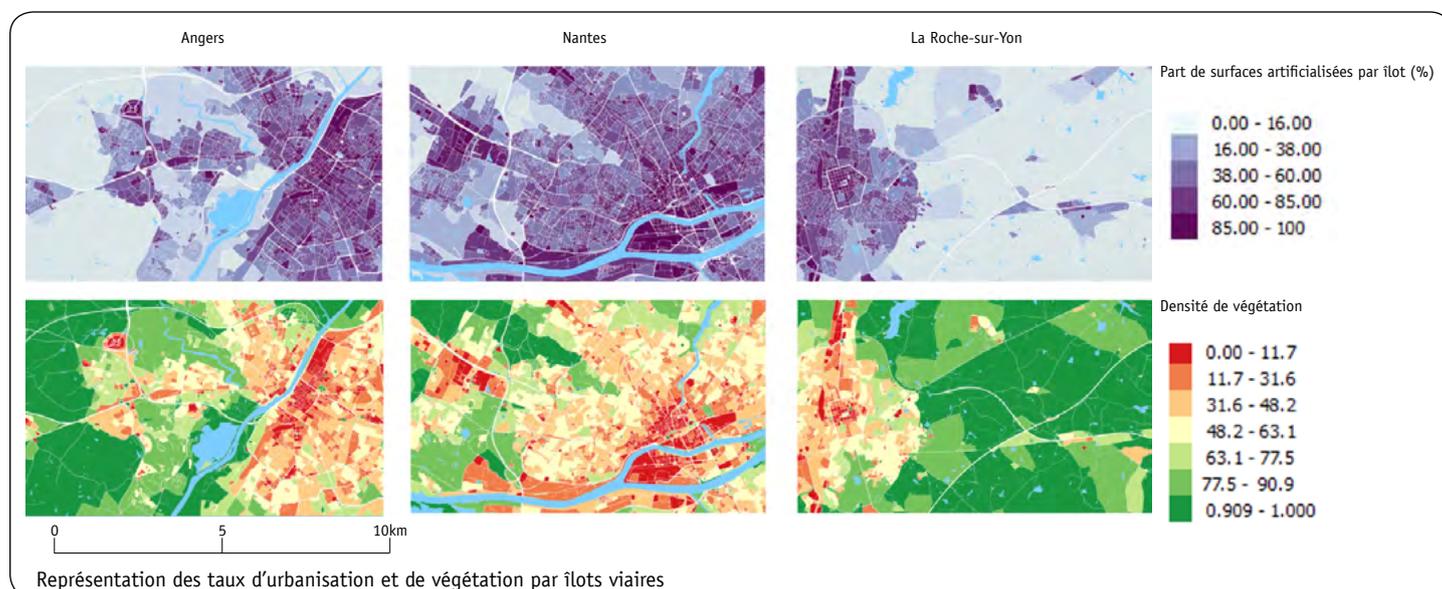


PROPOSITIONS D'INDICATEURS POUR LES AUTRES VOILETS

Selon les disciplines, la nature des données requises et leur précision varient. Les capacités de déplacement des espèces sont différentes entre plantes herbacées, oiseaux et abeilles sauvages. C'est pourquoi l'influence des surfaces alentours est testée à différentes échelles de 250 m à 1 km. L'utilisation des cartes a permis d'améliorer l'échantillonnage et de calculer des indicateurs géographiques adaptés à chaque volet.

Par exemple pour l'échantillonnage des sites en écologie végétale et écologie animale, une méthode de caractérisation du paysage urbain a été menée à partir d'une analyse par mailles. Le long du gradient ville campagne, la localisation des relevés a été définie pour représenter une diversité de contextes caractérisés par exemple par % surface artificialisée, % bâtiments hauts, % de jardins dans le voisinage.

En climatologie, les indicateurs géographiques ont été appliqués aux îlots viaires (îlots délimités par les voiries), les cartes ci-dessous illustrent sur les 3 villes deux types d'indicateurs.

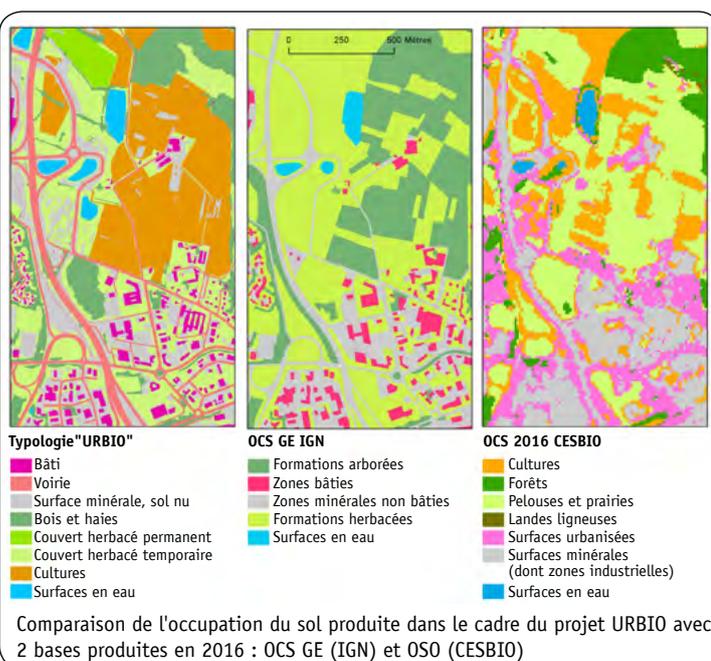


DES DONNÉES GÉOGRAPHIQUES PLUS PRÉCISES DISPONIBLES POUR LES ACTEURS PUBLICS

Les évolutions rapides des territoires urbains nécessitent une actualisation régulière des cartes d'occupation des sols. Les images satellites à haute fréquence de renouvellement, avec des résolutions spatiales pouvant descendre à quelques centimètres par pixel (Très Haute Résolution Spatiale) permettent ce suivi. En France métropolitaine par exemple, une [carte d'occupation des sols de 2016 à 10 m de résolution](#), produite par traitement d'images satellites par le CESBIO (Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère), est diffusée gratuitement; une mise à jour annuelle est prévue.

L'IGN, pour compléter son Référentiel à Grande Echelle (RGE : Scan 25, BD ORTHO, BD Alti, BD Parcellaire et BD Adresses) a débuté en 2014 la production d'une base de données vectorielle pour la description de l'occupation du sol : l'OCS GE (Occupation du Sol à Grande Echelle). Une couverture complète du territoire français est prévue, produite à partir des bases données existantes d'occupation et d'usages des sols compatibles avec le RGE.

La directive européenne Inspire et la loi NOTRe de 2015 en France, ont permis la diffusion de nombreuses données géographiques publiques, via notamment des plateformes régionales. Pour faciliter le partage, chaque jeu de données est décrit par des métadonnées, dont le contenu et la présentation sont standardisés. Des catalogues de données ont été créés, ainsi que des portails de mise à disposition de données comme data.gouv.fr.



DES CARTES POUR CARACTÉRISER LES TRAMES VERTES

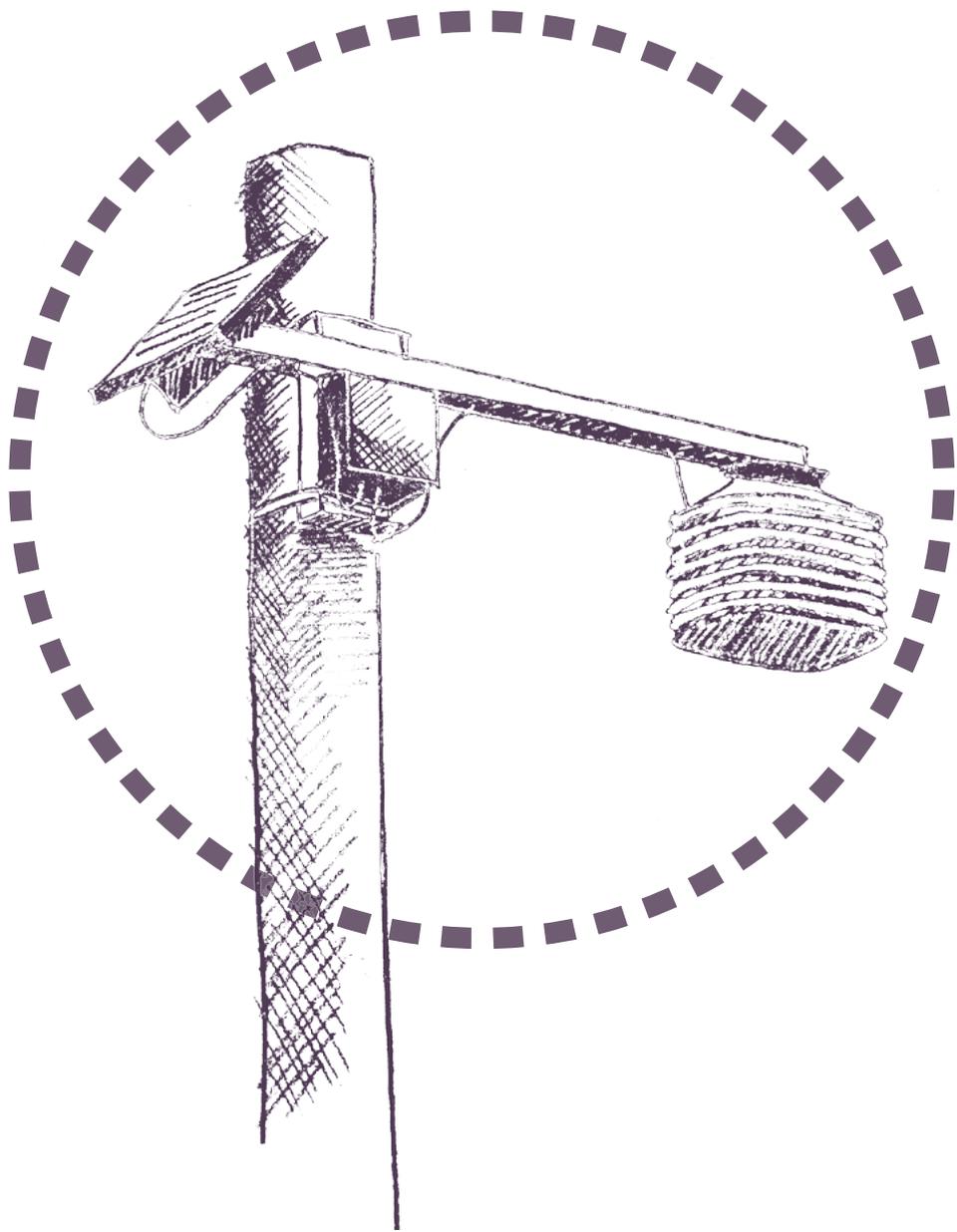
Les méthodes cartographiques utilisées dans URBIO permettent de cartographier la majorité des espaces de nature en milieu urbain. Des données liées à l'usage du sol (jardin, bâti, agricole) complètent les analyses spatiales. A l'échelle des territoires des agglomérations, cartographier les « potentialités de biodiversité » peut permettre d'aller plus loin et aider à la concrétisation des trames vertes et bleues. Les indicateurs géographiques utilisés dans URBIO (% milieux ouverts, NDVI) servent à caractériser ces potentialités. Au contraire, des cartes de friction ou de coût de déplacement peuvent être créées pour des espèces virtuelles, offrant une vision nouvelle du territoire et permettant de les comparer (Avon et al., 2014). Ces indices (potentialités et frictions) doivent être définis et construits avec les écologues, pour approcher au mieux la réalité. Plusieurs méthodes d'identification des continuités écologiques sont disponibles au [Centre de ressources Trame verte et bleue](#). Ces approches permettent d'identifier les secteurs à enjeu en matière de biodiversité. Les cartes servent aussi de support à la concertation, pour échanger sur les potentialités écologiques et sur les projets d'action à différentes échelles. La hiérarchisation des enjeux issue de la concertation orientera les choix d'aménagement du territoire.

DES CARTES PARTICIPATIVES

Le développement des projets collaboratifs et participatifs sur internet touche également le secteur de la cartographie. La disponibilité des données, des images, des interfaces permet aux citoyens de s'approprier l'information géographique et de participer à la création de cartes avec des logiciels tels que uMap et les données d'Open Street Map. Ce type de carte peut être utilisé simplement par des collectivités dans le cadre d'une démarche de concertation ou par les collectifs de citoyens pour partager des informations sur différents sujets : espaces de nature remarquable, paysage du quotidien, déplacements doux, arbres en villes.

POUR ALLER PLUS LOIN

- Avon, Bergès, Roche, 2014. Comment analyser la connectivité écologique des trames vertes ? Cas d'étude en région méditerranéenne. *Sciences Eau & Territoires*, 14, p 14-19
- Clergeau, Blanc, 2013. [Le référentiel Trames Vertes Urbaines](#), Ladyss, MNHN, Plante & Cité
- Ducommun, Lucot, 2017. Les cartes et les données pédologiques - des outils au service des territoires. Educagri éditions, 174 p.
- Linglart, Morin, Paris et Clergeau, 2016. [Méthodologie de mise en place d'une Trame verte urbaine : le cas d'une communauté d'agglomération, Plaine Commune](#), Cybergeo : European Journal of Geography
- Muratet, Lorrillière, Clergeau, Fontaine, 2013. Evaluation of landscape connectivity at community level using satellite-derived NDVI, *Landscape Ecology* 28, pp. 95-105
- Seress, Lipovits, Bokony, Czuni, 2014. Quantifying the urban gradient: A practical method for broad measurements, *Landscape and Urban Planning* 131, pp. 42-50





DIAGNOSTIC DES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

Pour en savoir plus sur les résultats, contactez Marjorie MUSY : marjorie.musy@cerema.fr, Isabelle CALMET : isabelle.calmet@ec-nantes.fr



Jardin Anna Marly / Val'Hor

“ En période de canicule, les espaces végétalisés sont des îlots de fraîcheur

L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

L'îlot de chaleur urbain (ICU) est caractérisé par l'élévation locale de la température enregistrée en milieu urbain par rapport aux zones rurales voisines et aux températures moyennes régionales. De 2 à 4°C la nuit pour un été standard, cette élévation peut atteindre 8°C en période de canicule (mesures réalisées à Paris en 2003).

Les causes de l'îlot de chaleur sont liées à divers paramètres :

- surfaciques : la faible proportion de surfaces naturelles par rapport aux surfaces artificielles imperméables réduit l'évapotranspiration et augmente le stockage de la chaleur dans les matériaux;
- morphologiques : la forme du tissu urbain piège le rayonnement et réduit la ventilation;
- anthropiques : la climatisation, le chauffage des bâtiments et le trafic automobile induisent des émissions de chaleur dans l'atmosphère.

VÉGÉTALISATION ET ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

La végétalisation est reconnue comme une solution efficace pour rafraîchir le climat urbain : le végétal améliore le confort thermique en absorbant mieux les rayonnements solaires que les surfaces minérales, les arbres apportent de l'ombrage, les plantes transpirent de la vapeur d'eau. L'optimisation des services de régulation thermique passe par une meilleure connaissance du fonctionnement du végétal. La forme urbaine conditionne particulièrement la place et le fonctionnement du végétal et de la biodiversité urbaine. Les spécificités et l'évolution du climat urbain soulèvent des interrogations sur les capacités d'adaptation de la

biodiversité en milieu urbain. En connectant les espaces naturels, les projets de trames vertes urbaines (TVU) permettront-ils aux espèces de se déplacer et de s'adapter pour une meilleure résilience de l'écosystème urbain ?

CLIMATOLOGIE URBAINE ET URBANISME DURABLE

La surchauffe urbaine risque de s'amplifier avec l'augmentation des épisodes de canicule liée au dérèglement climatique. Les conséquences sont multiples, de l'inconfort thermique aux risques sanitaires. En période de canicule, dans les zones urbaines, l'absence de rafraîchissement nocturne associée à des températures élevées augmente le risque de surmortalité pour les populations les plus vulnérables.

La climatologie urbaine mesure et modélise les températures à différentes échelles, du bâtiment au territoire. En ville, les chercheurs parlent de micro climatologie urbaine tellement les conditions peuvent changer d'une rue à l'autre en fonction de l'orientation, de l'ombrage, du paysage avoisinant. A partir de données climatiques et de données spatiales décrivant la ville, les mesures et les modèles développés dans URBIO permettent de réaliser des cartes de prévisions climatiques pour la ville. Ces modèles évaluent les températures en ville en fonction d'une température de référence en périphérie, en prenant en compte la présence ou l'absence de végétation et la forme des bâtiments qui atténuent ou accentuent le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Les outils et les données ainsi produites sont utilisés dans le cadre de diagnostics de l'îlot de chaleur urbain.

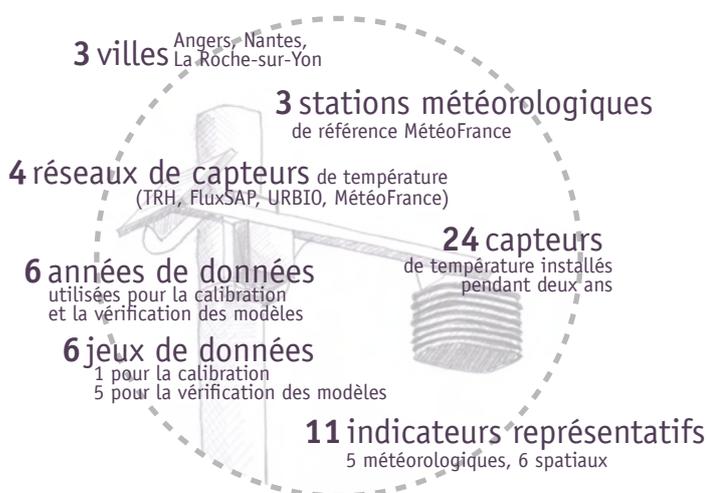
MÉTHODOLOGIE



LES QUESTIONS URBIO

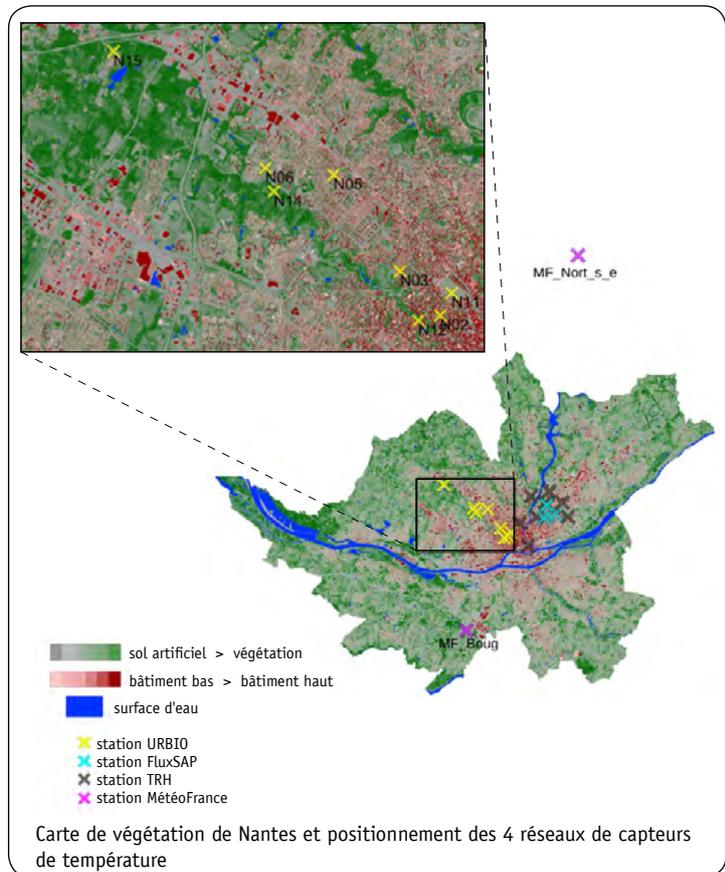
- ▶ Comment mesurer et estimer l'îlot de chaleur urbain ?
- ▶ Quel est l'effet du paysage urbain sur les températures ?
- ▶ Comment développer des modèles généralisables à toute agglomération et à toute période ?

MATÉRIELS ET MÉTHODES



Pour des applications de microclimatologie urbaine, les données environnementales suivantes sont utilisées : la direction et la vitesse du vent, la température de l'air, le rayonnement global, l'humidité relative, la pression atmosphérique, la nébulosité totale.

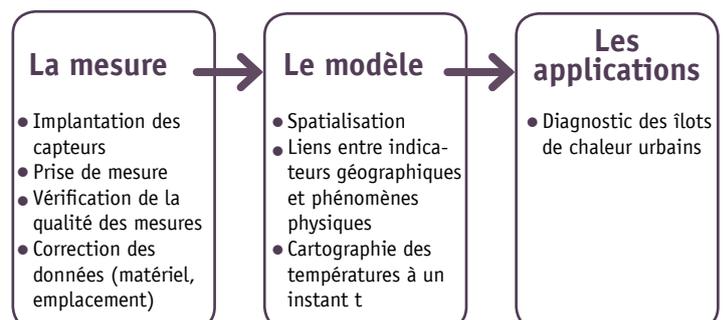
Six jeux de données sont utilisés dans le cadre de ce travail de recherche. Un premier sert à étudier les variabilités spatiales et temporelles de l'îlot de chaleur urbain pour calibrer le modèle microclimatique. Les cinq autres sont utilisés pour vérifier les estimations générées par le modèle à partir du premier. Les réseaux de capteurs URBIO ont été positionnés suivant le gradient ville-campagne. Les analyses spatiales et les indicateurs de paysages (NDVI) qui ont été utilisés pour établir le modèle spatial sont décrits dans la fiche Cartographie.



Capteurs URBIO et exemple de positionnement en milieu urbain / P. Keravec

DES MESURES IN SITU AUX APPLICATIONS

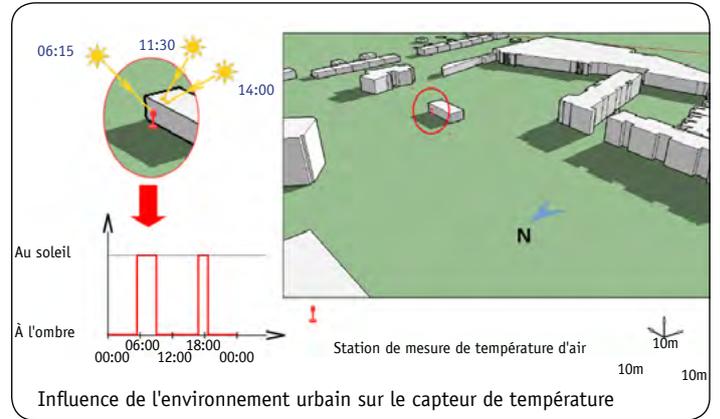
La modélisation permet d'étudier l'évolution spatiale et temporelle du phénomène d'îlot de chaleur urbain, et de tester des scénarios d'évolution : soit des évolutions spatiales comme la densification, soit des évolutions temporelles, comme le réchauffement climatique. Elle est établie à partir des mesures de terrain dont la variabilité est expliquée par des variables temporelles ou spatiales. C'est l'étape de calibration. Les chercheurs comparent ensuite les sorties du modèle à d'autres mesures réelles, c'est l'étape de validation. Les diagnostics d'îlots de chaleur urbain sont des applications qui s'appuient sur les mesures et les modèles. Ils permettent d'estimer à différentes échelles les impacts de l'îlot de chaleur pour planifier des mesures d'adaptation ou d'atténuation.





CORRECTION DES DONNÉES MICRO-MÉTÉOROLOGIQUES

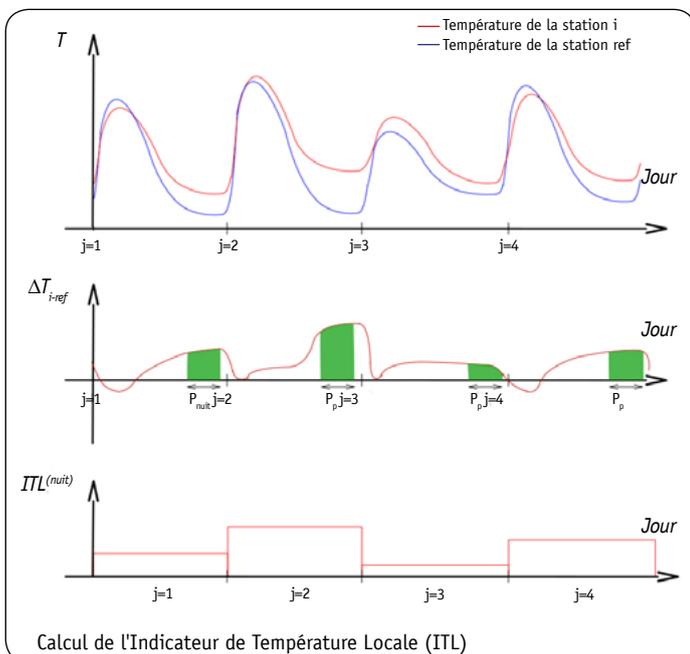
Pour mesurer et estimer l'îlot de chaleur à l'échelle des rues, les chercheurs commencent par corriger les données du réseau de capteurs de températures. Des modélisations en 3 dimensions de la ville permettent d'estimer l'impact de l'ombrage et de l'orientation du vent sur un capteur de température. Cette opération de correction est importante pour pouvoir comparer entre elles les données mesurées : il s'agit par exemple de corriger les surestimations de températures d'un capteur placé près d'un mur exposé plein sud.



ÉVALUATION DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

Sur le territoire français, les stations météorologiques de référence sont en majorité situées en zones rurales, en dehors des agglomérations urbaines. En effet, la mesure météorologique de référence doit être prise à plus de 100m de distance d'une source de chaleur, et aucun élément ne doit masquer le parcours du soleil, conditions qui sont difficiles à réunir en ville. Si cette classification a du sens et peut être appliquée pour comparer des températures à l'échelle régionale ou nationale, ce n'est pas le cas à l'échelle locale, d'autant plus en zone urbaine.

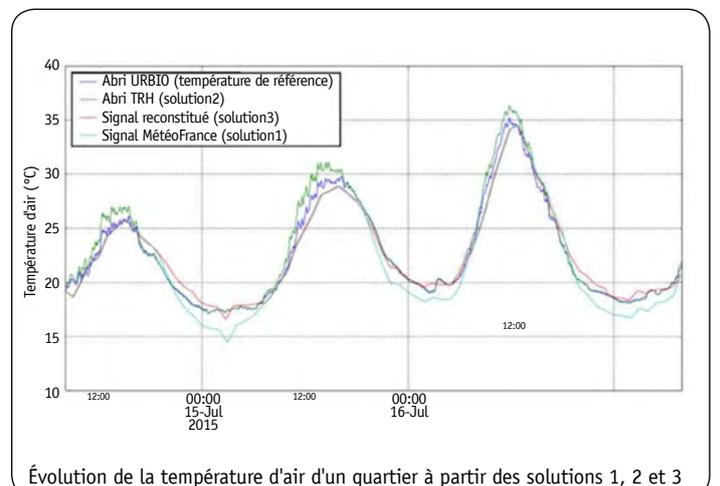
La variation entre les températures des stations de référence et des stations urbaines correspond au phénomène d'îlot de chaleur urbain. Dans le cadre d'URBIO, des Indices de Température Locale ont été testés après analyse des différents jeux de données. Ces Indices permettent d'estimer pour chaque site l'importance de l'îlot de chaleur à un instant t.



ÉVALUATION DU CONFORT THERMIQUE DANS UN QUARTIER

Lors de la conception d'une nouvelle zone d'aménagement, des études de confort thermique extérieur sont parfois menées. Les calculs de consommation énergétique des bâtiments sont eux toujours réalisés. Pour de telles évaluations, les outils de simulation thermique et aéraulique devraient prendre en compte la température du quartier. Cependant, faute d'avoir accès à des valeurs mesurées localement, c'est le plus souvent la température mesurée par MétéoFrance qui est utilisée.

Nos résultats, obtenus lors d'une campagne de mesure de trois jours estivaux sur Nantes, montrent un écart moyen à la température de référence de 1,14°C en utilisant la température de la station MétéoFrance, de 0,67°C lorsque la température est mesurée directement sur site avec un équipement de faible qualité, et 0,69°C lorsque la température est estimée en utilisant les modèles URBIO. Comparé à la mise en place d'une campagne de mesure sur site, utiliser un modèle de prévision tel que celui développé dans URBIO est donc plus économique et rapide.



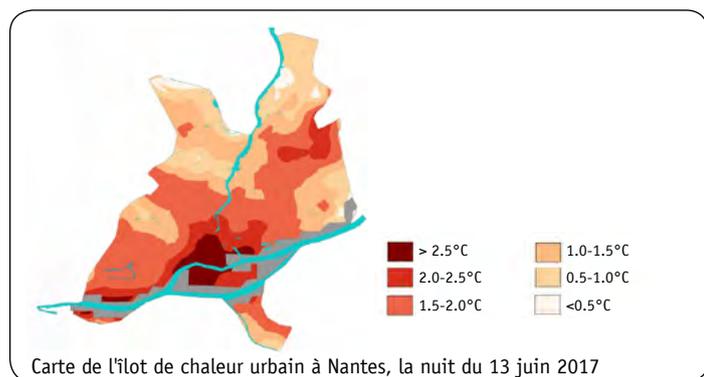
RÉSULTATS URBIO



CARTOGRAPHIES THERMIQUES DU TERRITOIRE URBAIN

Le modèle développé dans URBIO permet la réalisation de cartes climatiques :

- Des cartes de l'îlot de chaleur urbain, qui montrent ici les écarts de température ville campagne pour des conditions climatiques données, avec des surchauffes de 2,5 °C dans les zones les plus denses du centre-ville de Nantes;



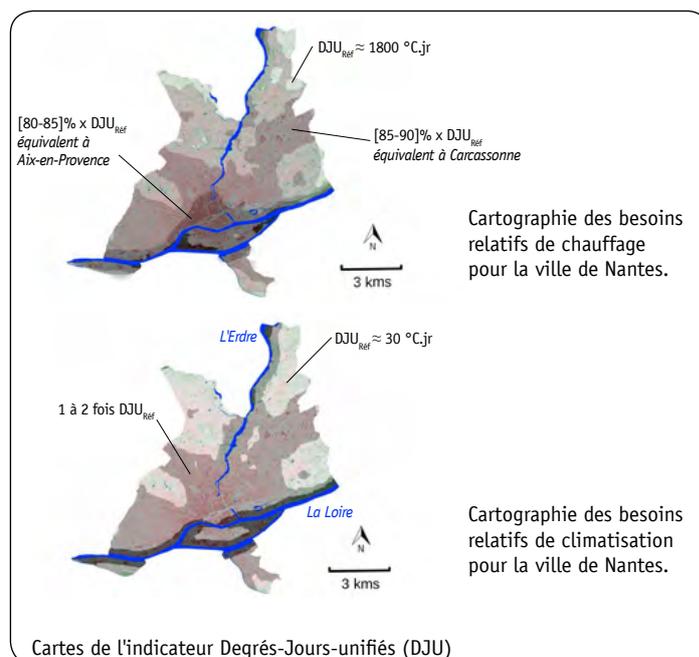
- Des cartes de l'indicateur Degrés-Jours-Unifiés (DJU), qui cumulent les températures sur une période, peuvent également être utilisées pour caractériser le climat d'une zone et estimer les consommations de chauffage ou de climatisation d'un bâtiment.

Pour représenter ces résultats et mieux se projeter sur les effets microclimatiques liés à l'îlot de chaleur urbain, une comparaison a été faite entre les DJU de différents quartiers de Nantes et ceux de plusieurs villes françaises. Cette façon de présenter les résultats permet de rendre compte des modifications microclimatiques engendrées par la ville : placer un bâtiment en zone urbaine dense à Nantes correspond en termes de DJU à le placer dans une autre région climatique française.

Pour les besoins de chauffage, la zone de centre-ville, la plus chaude, assimilable au climat d'Aix en Provence, est constituée de bâtiments hauts et de très peu de surfaces végétales. En péri-

phérie s'inscrivent ensuite des zones intermédiaires (DJU de Carcassonne) densément bâties mais avec des hauteurs de bâtiments plus faibles qu'en centre-ville et une végétation plus dense. Des trouées plus fraîches sont constituées d'espaces verts de taille importante ou de zones pavillonnaires bien végétalisées. En terme de besoin de chauffage, l'îlot de chaleur permet théoriquement de limiter de 20% les consommations énergétiques par rapport à une zone située en périphérie (la station MétéoFrance prise comme référence est à Nort-sur-Erdre).

Les besoins estivaux de climatisation pour la région de Nantes sont naturellement faibles (moins de 30°C.jr/an calculés pour à la station MétéoFrance de Nort-sur-Erdre), mais en centre-ville les besoins de fraîcheur sont deux fois plus importants du fait de l'îlot de chaleur (plus de 60°C.jr/an pour certaines zones de l'agglomération).



LA DOUCEUR RELATIVE DES BORDS DE LA LOIRE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

En matière de consommation de chaleur et de froid, l'exemple nantais ne met pas forcément en avant les effets négatifs de l'ICU : en hiver, les consommations de chauffage sont plus faibles en ville qu'en périphérie tandis qu'en été les besoins supplémentaires de froid en ville sont négligeables devant les besoins de chaleur. Néanmoins, la température moyenne ainsi que la fréquence des événements caniculaires devraient augmenter ces prochaines décennies.

Une étude pilotée par le Secrétariat général aux affaires régionales (SGAR) a analysé l'évolution pour le siècle en cours de plusieurs paramètres climatiques en retenant trois des quatre scénarios du GIEC (Groupe d'experts sur l'évolution du climat).

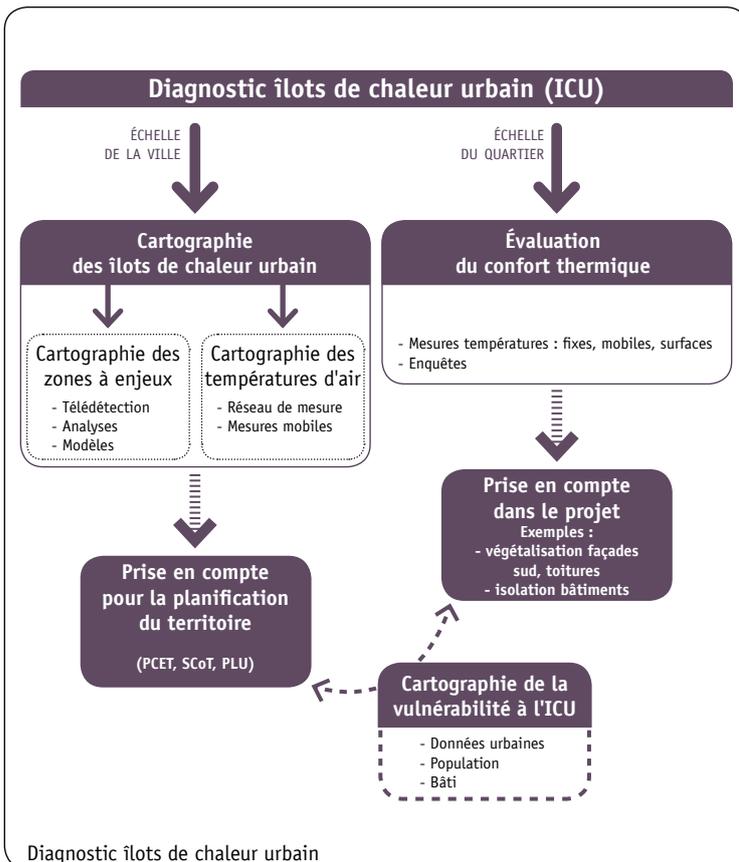
Les résultats des simulations pour la région nantaise sont donnés sous forme d'indicateurs calculés à trois horizons : 2030, 2050 et 2080. Le nombre de jours de canicule est sommé sur la période de 30 ans. On compte un jour de canicule dès lors que pendant trois jours consécutifs, les températures minimales et maximales journalières dépassent respectivement 18,5°C et 33,5°C.

Dans le cas du scénario le plus optimiste, ce nombre de jours sera de 50, 90 et 170 respectivement pour les horizons 2030, 2050 et 2080. Dans le cas du scénario le plus pessimiste, il sera de 50, 120 et 550 respectivement pour les horizons 2030, 2050 et 2080. Pour bien prendre conscience de ce dernier résultat, enregistrer 550 jours de canicule en 30 ans est équivalent à avoir en moyenne pendant l'été un épisode caniculaire tous les cinq jours (sachant qu'un épisode caniculaire dure trois jours).

DIAGNOSTIC DES ÎLOTS DE CHALEUR

Les démarches de diagnostic que plusieurs collectivités commencent à mettre en place permettent d'estimer le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Préalables aux plans d'actions, ces diagnostics sont réalisés à l'échelle d'un territoire, d'un quartier ou d'une place publique. En fonction des moyens et du temps disponible, plusieurs outils de diagnostics sont mobilisables : enquêtes in situ, campagnes de mesures fixes ou mobiles de la température de l'air, cartographie par télédétection et modélisation. Les modèles tel que celui développé dans URBIO contribuent à améliorer la précision des diagnostics.

Des cartographies de la vulnérabilité aux îlots de chaleur sont également réalisables en croisant ces données climatologiques, aux données sociales. L'objectif des diagnostics est d'identifier les principales zones à rafraîchir et les solutions les plus adaptées.



POLITIQUES PUBLIQUES ET PLANIFICATION DU TERRITOIRE

Les Plans Climats Air Énergie Territoriaux (PCAET) sont des projets territoriaux de développement durable dont la finalité est la lutte contre le changement climatique et l'adaptation du territoire. La planification des stratégies d'adaptation permet une transition progressive plus efficiente qu'une réaction postérieure à une modification du climat. S'appuyant sur une phase de diagnostic, les PCAET permettent ainsi d'intégrer la question climatique dans les outils de planification stratégique tels que le SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) et le PLU (Plan Local d'Urbanisme). Le plan d'actions du PCAET vise l'atténuation et l'adaptation au changement climatique en s'appuyant sur différents leviers : mobilités, consommation d'espace, rénovation urbaine (logement et conditions extérieures), respect de l'armature urbaine, nature en ville. La prise en compte des Trames Vertes et Bleues représente une opportunité pour envisager une autre forme d'urbanisme.

LA VILLE-NATURE BIOCLIMATIQUE

Réduire les surfaces minérales et augmenter la place du végétal en ville sont des solutions prometteuses face à la surchauffe urbaine. A l'échelle du territoire urbain, des indicateurs comme l'indice de canopée permettent d'estimer l'ombrage procuré par les arbres et de fixer des objectifs quantitatifs. Les arbres restent les meilleurs régulateurs du climat, mais de nombreuses solutions paysagères sont envisageables en fonction du projet et du contexte pour améliorer le confort thermique et le cadre de vie : toitures, façades végétalisées, noues paysagères, prairies, parcs et jardins, etc. Les outils de modélisation produits par les chercheurs permettent d'estimer l'impact sur les températures des choix d'aménagement en fonction des orientations des rues ou des bâtiments. Il existe des retours d'expériences sur la mise en oeuvre de diagnostics ICU et de politiques publiques innovantes en matière climatique (cf Pour aller plus loin), autant de méthodologies et de résultats pour sensibiliser et convaincre élus et aménageurs aux enjeux de la ville durable.

POUR ALLER PLUS LOIN

ADEME, 2017. [Surchauffe urbaine : recueil de méthodes de diagnostic et d'expériences territoriales](#)

APUR 2012, [Les îlots de chaleur urbains à Paris, Cahier 1](#)

Bernard, 2017. Signature géographique et météorologique des variations spatiales et temporelles de la température de l'air au sein d'une zone urbaine. Thèse de doctorat, École Centrale de Nantes

CEREMA, 2016. [La nature en ville comme élément de confort climatique](#) : une vidéo pédagogique du Cerema

Natureparif, 2015. [Recueil d'expérience, Capitale française de la Biodiversité. Nature en ville et changements climatiques](#)

Plante & Cité, 2014. [Impacts du végétal en ville. Fiches de synthèse issues du programme de recherche VegDUD](#)





INFLUENCE DE L'URBANISATION SUR LA VÉVÉTATION HERBACÉE

Pour en savoir plus sur les résultats, contactez Hervé DANIEL : herve.daniel@agrocampus-ouest.fr



Rezé, la Houssais, urbanisation d'une ancienne prairie / C. Clerbois



Les espaces herbacés représentent des cœurs de biodiversité en ville

LA BIODIVERSITÉ VÉGÉTALE EN VILLE

Depuis une vingtaine d'années, plusieurs travaux de recherche ont mesuré une diversité d'espèces végétales plus riche en ville que dans les paysages environnants périurbains. Cette richesse peut s'expliquer par la forte hétérogénéité d'habitats et par la présence d'un grand nombre d'espèces exotiques introduites volontairement ou non. À ces propriétés du milieu urbain s'ajoute parfois une situation géographique propice à l'expression d'une forte diversité végétale (présence de fleuve, d'espaces naturels, diversité géologique). Au-delà de l'intérêt justifié pour les espèces patrimoniales, la préservation de la biodiversité considère de plus en plus la biodiversité ordinaire et les services écosystémiques associés. Collectivités et aménageurs cherchent à promouvoir et à optimiser ces services écosystémiques dans les politiques d'aménagement de la nature en ville.

LES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DES PLANTES URBAINES

Les traits biologiques, ou traits fonctionnels, représentent les caractéristiques morphologiques, physiologiques, comportementales ou phénologiques d'un organisme (pour une plante : hauteur de végétation, taille de la graine, habitat préférentiel, offre en nectar, phénologie...). Ils permettent d'appréhender plus finement les liens entre distributions des espèces végétales et les composantes de leur environnement (degré de perturbation, pratiques de gestion,...). L'écologie du paysage a démontré que l'urbanisation fonctionne comme une série de filtres vis-à-vis de certaines espèces ou de certaines caractéristiques biologiques.

La recherche en écologie des communautés va ainsi mesurer in situ des traits biologiques pour comprendre les processus écologiques tels que la sensibilité des espèces aux perturbations liées au milieu urbain. Les traits biologiques sont décrits par des variables caractérisant les affinités d'une espèce (sensibilité/tolérance) pour certaines caractéristiques de l'habitat (pH, nutriments, par exemple).

ÉCOLOGIE DES ESPACES PRAIRIAUX EN VILLE

Les espaces prairiaux sont des milieux caractérisés par une végétation herbacée pouvant être haute et dense. Espaces à enjeux prioritaires pour la biodiversité, les prairies sont en régression à l'échelle européenne. Avec la gestion écologique de la nature en ville, on assiste en milieu urbain à une augmentation de la surface des espaces prairiaux, conséquence d'une gestion extensive alternative aux gazons. Ces milieux herbacés sont emblématiques pour les habitants d'une nouvelle forme de nature en ville. À l'extrémité rurale du gradient ville-campagne, les prairies permanentes sont soumises à une forte pression liée à la déprise agricole, à l'urbanisation et une modification des pratiques (mise en culture notamment). Le développement urbain influe donc sur la connectivité de ces habitats herbacés entre eux. Ces nouveaux écosystèmes urbains interrogent gestionnaires et chercheurs car l'impact de la gestion et les trajectoires de ces communautés végétales au sein d'une matrice urbaine sont peu connus. Ces espaces prairiaux représentent ainsi un modèle d'étude particulièrement intéressant pour analyser certains processus écologiques à l'échelle des communautés afin d'éclairer des choix d'aménagement et de gestion respectueux de cette biodiversité.

LES QUESTIONS URBIO

- ▶ Quelle est l'influence du paysage et du gradient ville-campagne sur la flore des milieux herbacés ?
- ▶ Les caractéristiques des espèces herbacées varient-elles en fonction des conditions urbaines ?
- ▶ L'urbanisation a-t-elle un effet sur les dates de floraison ?

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Un premier protocole a été élaboré afin de prendre en compte la variabilité des milieux herbacés et des contextes paysagers définis à l'échelle de fenêtre de 1km².

Un second protocole à l'échelle des populations de lierre (*Hedera helix L.*) a permis d'évaluer la réponse phénologique de cette espèce en relation avec le gradient ville-campagne.

- Protocole couverts herbacés :

97 fenêtres paysagères
d'1km²

2 variables paysagères :
% d'espaces herbacés
% d'espaces bâtis

Entre **4 et 8 relevés floristiques**
exhaustifs de 8 m² par fenêtre

648 relevés floristiques

- Protocole phénologie du lierre :

15 sites
d'observation de la floraison

10 patch de lierre
suivis par sites

30 inflorescences par patch

TYPES DE COUVERTS HERBACÉS

Des critères communs ont été établis pour le choix des habitats: végétation dominée par des graminées, mésophiles (sols relativement fertiles et bien drainés), en situation ensoleillée et gérée de façon extensive (entre 1 à 3 fauches annuelles). Quatre types d'usages ont été déterminés : prairies, bords de routes, friches, espaces verts.



Bords de route, Angers / J. Guy



Prairie, La Ferrière / J. Guy



Espace vert, La Chapelle-sur-Erdre / J. Guy



Friche, Angers / J. Guy

DES BOTANISTES DANS LA VILLE

Au sein de chacune des fenêtres paysagères, 4 à 8 quadrats de 8m² ont été positionnés de façon à ce que la végétation soit la plus homogène. Toutes les espèces sont identifiées au moyen de flores et leur abondance est définie par un coefficient de recouvrement. On maximise au sein de chaque fenêtre la diversité des milieux et la distance entre chacun d'entre eux.



Relevé botanique, La Chapelle-sur-Erdre / J. Guy



Quadrat et botaniste / C. Clerbois

DIVERSITÉ DES ESPÈCES DES MILIEUX HERBACÉS

Au total, ce sont 328 espèces végétales qui ont été recensées dans les milieux herbacés. Cette diversité représente environ 12% de la flore régionale. Les espèces les plus fréquentes sont : Houlque laineuse *Holcus lanatus* (87%), Plantain lancéolé *Plantago lanceolata* (76%), Dactyle aggloméré *Dactylis glomerata* (72%), Grande oseille *Rumex acetosa* (67%), Géranium à feuilles découpées *Geranium dissectum* (66%), Vesce commune *Vicia sativa* (60%), Flouve odorante *Anthoxanthum odoratum* (85%) et Pâturin commun *Poa trivialis* (53%). Parmi les espèces les moins fréquentes dans les relevés, *Vicia bythinica* ou *Ophiglossum vulgatum* (Liste rouge du Massif armoricain) sont relativement rares à une échelle régionale. Enfin, quelques 4 orchidées ont été inventoriées dans ces milieux herbacés.

Seulement 24 espèces exotiques ont été relevées dans l'ensemble des quadrats ce qui représente une proportion assez faible par rapport à d'autres études en milieux urbains. La richesse spécifique moyenne observée au sein des quadrats de 8 m² varie entre 5 et 46 espèces suivant le type de milieu.

Trois espèces parmi les plus communes :



Plantain lancéolé / K. Stueber CC By SA



Vesce commune / J. Hempel CC By SA



Géranium à feuilles découpées / Fornax CC By SA

Deux espèces parmi les plus rares :



Ophrys apifera / J. Guy



Ophiglossum vulgatum / Orchi CC By SA

EFFET DU GRADIENT VILLE-CAMPAGNE

Le gradient d'urbanisation a une légère influence négative sur la diversité spécifique. L'assemblage des espèces, la composition est relativement similaire entre les différents types de milieux (espaces verts, bords de route, prairies) mais toujours organisée selon le gradient ville-campagne. La différenciation des sites selon ce gradient peut être mise en relation avec les groupes d'espèces. Les espèces prairiales sont plus fréquentes dans les stations rurales, les espèces rudérales sont plus fréquentes dans les stations urbaines car elles résistent mieux aux perturbations. Les plantes présentes en ville sont révélatrices de sols plus basiques (espèces basophiles) et de conditions plus sèches. Ce résultat peut être mis en relation avec la compaction des sols et l'îlot de chaleur urbain, ainsi qu'avec l'érosion lente des matériaux de constructions.

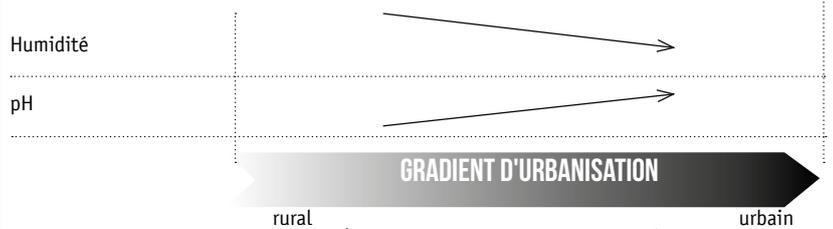
EFFET DE LA FRAGMENTATION QUI FILTRE CERTAINS TRAITS BIOLOGIQUES

Les traits fonctionnels des espèces démontrent que les espèces se sont adaptées aux conditions écologiques. Les espèces réagissent aussi à la fragmentation du milieu, les espèces des milieux fragmentés ont des graines plus légères, plus nombreuses, permettant de mieux résister aux perturbations. Ainsi, le milieu urbain et la fragmentation agissent comme des filtres sur les cortèges végétaux.

• Traits fonctionnels :

Mode et cycle de vie	Vivaces	Annuelles
Reproduction	Espèces plutôt entomogames Reproduction par graines et reproduction végétative	Espèces plutôt autogames (reproduction autonome) Reproduction par graines principalement

• Affinité de l'espèce pour :



Caractéristiques biologiques des espèces des milieux herbacés le long du gradient ville-campagne

Espèces à préférences rurales :

Flouve odorante *Anthoxanthum odoratum*, Avoine élevée *Arrhenatherum elatius*, Houlque laineuse *Holcus lanatus*.



Flouve odorante / C. Fisher CC By SA



Avoine élevée / Rasbak CC By SA

Espèces à préférences urbaines :

Avoine barbue *Avena barbata*, Liseron des champs *Convolvulus arvensis*, Crépide capillaire *Crepis capillaris*, Orge des rats *Hordeum murinum*, Millepertuis commun *Hypericum perforatum*, Picride fausse épervière *Picris hieracioides*, Vulpie faux brome *Vulpia bromoides*.



Crépide capillaire / CCO

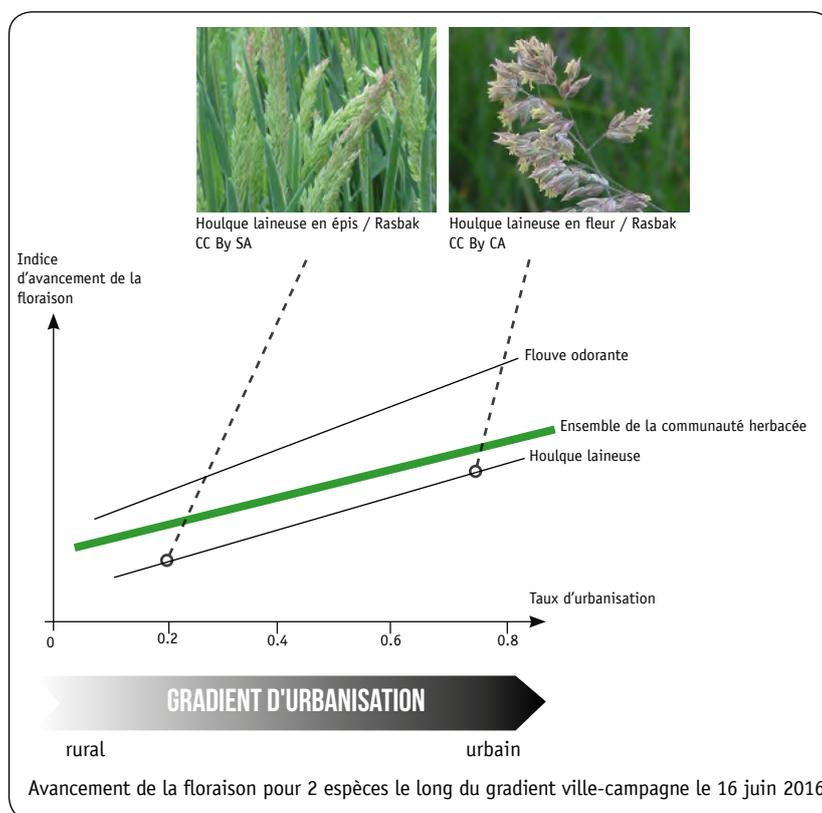


Millepertuis commun / J.F. Gaffard CC By SA

DES PLANTES QUI FLEURISSENT PLUS TÔT EN VILLE

La phénologie des plantes étudie l'apparition d'événements périodiques qui est déterminée par les variations saisonnières du climat. Les dates de floraison des plantes sont influencées par les conditions climatiques. À l'échelle urbaine, les résultats URBIO confirment que ces variations sont observables suivant le gradient ville-campagne, avec une floraison plus précoce pour l'ensemble de la communauté herbacée.

Le graphique ci-contre illustre un décalage de floraison entre milieux rural et urbain pour 2 espèces de graminées communes des prairies à une date donnée (le 16 juin 2016) : la Flouve odorante et la Houlique laineuse. La droite verte qui représente l'évolution de la floraison pour l'ensemble de la communauté herbacée suit la même tendance.



FLORAISON « MOINS TARDIVE » DU LIERRE EN MILIEU URBAIN

En complément des études sur les prairies, un suivi de la floraison du lierre a été mené dans le cadre d'Urbio. Ceci afin d'étudier si les conditions urbaines de température avaient également une influence sur les espèces à floraison tardive. L'analyse des données climatiques en lien avec la partie climatologie d'URBIO a mis en évidence des différences de température, notamment nocturnes. Des écarts de l'ordre de 2°C ont été mis en évidence entre les stations urbaines et rurales. Ces températures urbaines supérieures ont une influence sur la phénologie du lierre : les chercheurs ont observé un décalage des dates de première floraison d'une quinzaine de jours entre les stations urbaines et les autres stations. Les stations rurales et périurbaines quant à elles ne montrent pas de réelles différenciations de phénologie.

Appliqués aux travaux de recherche menés en écologie urbaine, ces résultats questionnent la manière dont ces adaptations se mettent en place mais également sur les interactions avec d'autres espèces. Quelles sont les conséquences sur les communautés d'insectes pollinisateurs pour lesquels ces ressources florales tardives (nectar et pollen) sont indispensables à l'arrivée de l'hiver ?



VERS DES INDICATEURS D'URBANITÉ ET DE RURALITÉ POUR LES ÉCOSYSTÈMES PRAIRIAUX

Ce type de résultats peut aider à formaliser des indicateurs d'urbanité et de ruralité d'un site, utiles pour l'orientation des pratiques de gestion et l'évaluation des impacts sur la biodiversité. Cette approche opérationnelle est développée dans les programmes de sciences participatives qui proposent des protocoles simplifiés basés sur des listes permettant l'analyse des traits fonctionnels. Ainsi dans le cadre du programme [Florilèges](#) prairies urbaines, des gestionnaires réalisent des suivis d'une liste limitée d'espèces prairiales. Les chercheurs aident alors à mettre en lien les traits biologiques des espèces, la richesse et les données de gestion. L'objectif est de fournir des recommandations de pratiques favorables à la biodiversité.



LES PRAIRIES URBAINES DES MILIEUX À PRÉSERVER

En milieu urbain, les résultats confirment que les prairies sont des écosystèmes de bonne qualité à préserver. On y trouve peu de plantes exotiques contrairement à d'autres écosystèmes tels que les boisements ou les friches.

Dans le cadre des réflexions de planification, les espaces interstitiels tels que les milieux herbacés et prairiaux sont souvent considérés comme des espaces disponibles permettant une densification du bâti. Cartographier ces surfaces pourraient être un bon moyen de les reconnaître et de les protéger.

DES PRATIQUES FAVORABLES À LA BIODIVERSITÉ

Les techniques de gestion, la période, la fréquence des pratiques influent sur la composition des milieux herbacés. Mais les fonctionnements écologiques des différents types de milieux herbacés de l'aire urbaine (bords de route, prairies, espaces verts) sont similaires. Si l'exportation des résidus de fauche est souvent recommandée d'un point de vue écologique, elle n'est pas forcément simple à mettre en œuvre pour un gestionnaire d'espaces verts qui ne sait pas comment valoriser le foin produit, ou qui n'a pas le matériel de fauche adapté. Les réflexions autour des agricultures urbaines peuvent être un cadre intéressant pour échanger sur la gestion et la valorisation des ressources locales et naturelles. L'éco-pâturage intéresse de plus en plus les collectivités, ce mode de gestion respecte la dynamique des prairies, il permet aussi aux citoyens de se reconnecter avec des pratiques agri-culturelles.

FLORAISONS URBAINES PRÉCOCES ET ALLERGIES

Les plantes fleurissent plus tôt en ville et ce phénomène semble fortement lié aux phénomènes d'îlots de chaleur urbains. La flore urbaine herbacée s'adapte aux conditions thermiques du milieu. D'un point de vue sanitaire, si les floraisons sont précoces en ville, les personnes allergiques aux pollens doivent être prévenues plus tôt pour ajuster au mieux leur traitement à la présence de pollens. C'est dans cet objectif que les villes de Nantes et d'Angers ont mis en place depuis plusieurs années des Pollinarium sentinelle en partenariat avec l'Agence Régionale de Santé.



SENSIBILISATION ET SCIENCES PARTICIPATIVES

Les milieux herbacés soulèvent parfois chez les citoyens des craintes (serpents, insectes) face à une nature peu maîtrisée. Le passage d'une tonte régulière à une fauche fractionnée ou tardive doit être accompagné d'actions de sensibilisation. Ces actions serviront à expliquer les bienfaits de la biodiversité mais également à observer saisonnalités, faune et flore pour accompagner un changement de regard sur ces écosystèmes.

Concernant le lien entre climat et biodiversité, des programmes de sciences participatives tels que Rando'clim en Pays de la Loire ou l'[Observatoire Des Saisons](#) proposent d'observer la phénologie de plusieurs espèces d'arbres (floraison, fructification, apparition des feuilles) pour étudier leur évolution dans le temps et apporter des éléments de réponse à l'impact du changement climatique sur notre environnement.

POUR ALLER PLUS LOIN

Cochard, 2017. Influence des facteurs paysagers sur la flore des habitats herbacés sous influence urbaine : approches taxonomiques et fonctionnelles. Thèse de doctorat, Agrocampus Ouest

Jochner, Menzel, 2015. Urban phenological studies-Past, present, future. Environmental Pollution, 203, pp. 250-261

Neil, Wu, 2006. Effects of urbanization on plant flowering phenology : A review. Urban Ecosystems, 9, pp. 243-257

Vallet, 2009. [Gradient d'urbanisation et communautés végétales d'espaces boisés. Approche à plusieurs échelles dans trois agglomérations du Massif armoricain.](#) Thèse de doctorat, Université d'Angers

Williams, Hahs, Veski, 2015. Urbanisation, plant traits and the composition of urban floras. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 17, pp. 78-86





OISEAUX DES ESPACES HERBACÉS ORDINAIRES

Pour en savoir plus sur les résultats, contactez Joséphine PITHON-RIVALLAIN : j.pithon@groupe-esa.com



Linotte mélodieuse / P. Bellion

“ En ville, certains oiseaux peuvent trouver de la nourriture et des lieux pour nicher, parfois plus facilement qu’en campagne

DES OISEAUX DANS LA VILLE

Les oiseaux en ville sont emblématiques d’une nature sauvage non domestiquée. Depuis les années 2000, les études scientifiques sur l’écologie des oiseaux en milieux urbains se sont multipliées. Les perturbations de l’environnement en milieu urbain telles que la lumière, la densité de bâti, la température, influent sur la reproduction et le comportement alimentaire des oiseaux. Les comportements humains (nourrissage, gestion, dérangement), la prédation (chats) font partie intégrante de l’écologie urbaine. En ville, des communautés particulières se forment avec des oiseaux plus ou moins tolérants aux milieux urbains. Certaines espèces comme le Faucon pèlerin qui niche sur des sites élevés, profitent de la morphologie urbaine pour s’installer sur les cathédrales et autres tours. Les oiseaux cavernicoles (qui nichent dans des cavités) trouvent aussi en ville plus d’opportunités de nidification que dans des espaces agricoles intensifs.

L’AVIFAUNE ET LES PAYSAGES URBAINS

Plusieurs études démontrent que la richesse spécifique des oiseaux diminue en ville, mais avec bien souvent des niveaux de diversité plus forts dans les zones péri-urbaines d’interface entre ville et campagne. Cette diversité des espèces en zones intermédiaires est liée à la diversité d’habitats. Moins d’espèces mais plus d’individus vivent en cœur de ville et ce sont principalement des espèces généralistes comme par exemple le Merle noir ou des espèces plus spécialistes du milieu urbain comme le Moineau

domestique. Les oiseaux se déplacent pour trouver ressources et habitats, et le paysage qui les entoure conditionne leur capacité d’adaptation et d’installation. Certaines études en écologie du paysage montrent que la composition d’une communauté d’oiseaux nicheurs d’un site dépend de son contexte paysager, plus ou moins urbanisé, boisé, etc. De telles études ont souvent focalisé sur les sites boisés, insérés dans une matrice urbaine ou rurale mais la contribution des milieux herbacés à l’avifaune le long de gradients d’urbanisation est moins étudiée.

LES ESPACES HERBACÉS LE LONG DU GRADIENT

Les couverts herbacés étudiés dans URBIO représentent des surfaces considérables soumises à des pressions de densification urbaine. On trouve des milieux herbacés de type pelouses ou prairies, de surfaces différentes, dans des parcs publics ou privés et des jardins de particuliers. Les habitats herbacés ouverts de types prairiaux sont des habitats à enjeux écologiques forts en milieu rural car ils accueillent un cortège d’espèces spécialistes des habitats ouverts dont les populations déclinent aux niveaux national et européen. Ces oiseaux de milieux ouverts sont-ils capables de pénétrer en milieux urbains si la qualité et la disponibilité des habitats le permettent ? URBIO cherche à caractériser la biodiversité (avifaune et flore) de ces espaces de nature ordinaire.

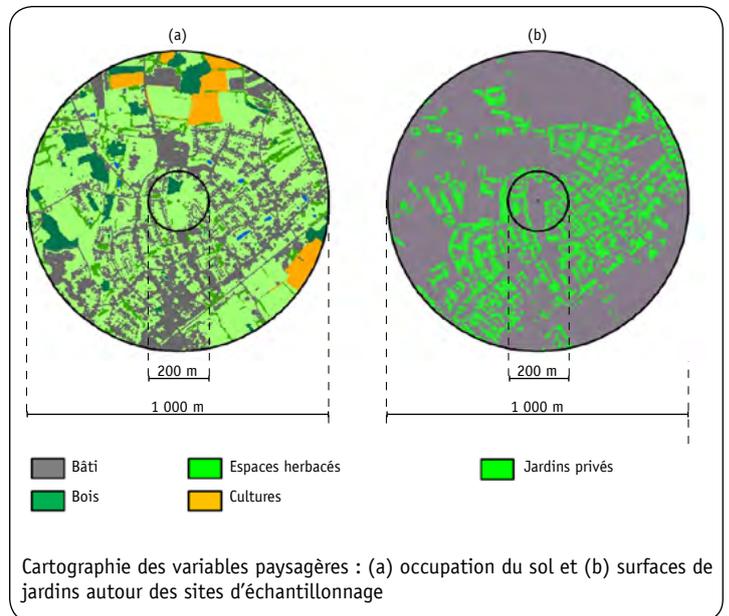
LES QUESTIONS URBIO

- ▶ Comment varie la diversité des oiseaux au sein des espaces herbacés le long des gradients ville-campagne ?
- ▶ Est-ce que la configuration spatiale des habitats et le contexte paysager, notamment le niveau d'urbanisation ou la présence de jardins privés, influent cette diversité ?
- ▶ Quelles sont les espèces qui s'adaptent à la ville et celles qui restent rurales ?
- ▶ Comment gérer ou maintenir des habitats ouverts à l'interface ville campagne ?

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les 48 sites étudiés pour l'avifaune ont été choisis le long du gradient d'urbanisation. Ces sites herbacés sont des milieux ouverts gérés de façon extensive (une à deux fauches par an), leur surface moyenne est de 1,6 ha. Chaque site était visité 3 fois par an, des relevés de la flore ont été réalisés dans le cadre du volet Végétation (cf Fiche Végétation herbacée).

La cartographie de l'occupation croisée aux données d'usage des sols a permis de quantifier les surfaces de jardins privés et publics le long du gradient d'urbanisation (cf fiche Cartographie). Pour les analyses, deux rayons (200 m et 1000 m) de description des variables paysagères sont utilisés.



St Léger des Bois / A. Cochard



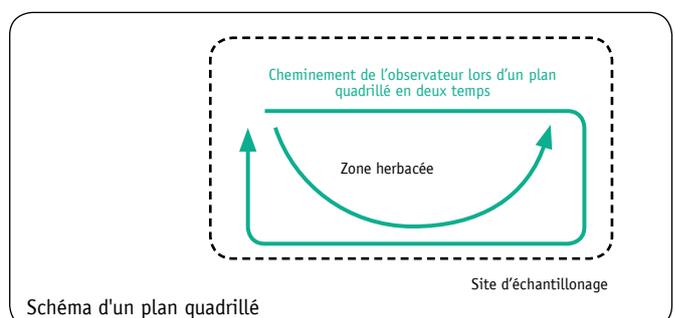
Savenière / A. Cochard



Sautron / C. Clerbois

MÉTHODE D'INVENTAIRE : LE PLAN QUADRILLÉ

Le plan quadrillé consiste à observer tous les oiseaux ainsi que leur comportement en parcourant en marchant le site échantillonné. Le cheminement commence par un premier tour discret du site, puis se termine par un passage au centre. Ce type d'inventaire apporte plus d'informations qu'un point d'écoute traditionnel car chaque espèce d'oiseau observée pourra être cartographiée (type habitat), et des comportements de nourrissage ou de reproduction (signe de territorialité) sont également relevés pour pouvoir analyser les interactions avec le milieu.

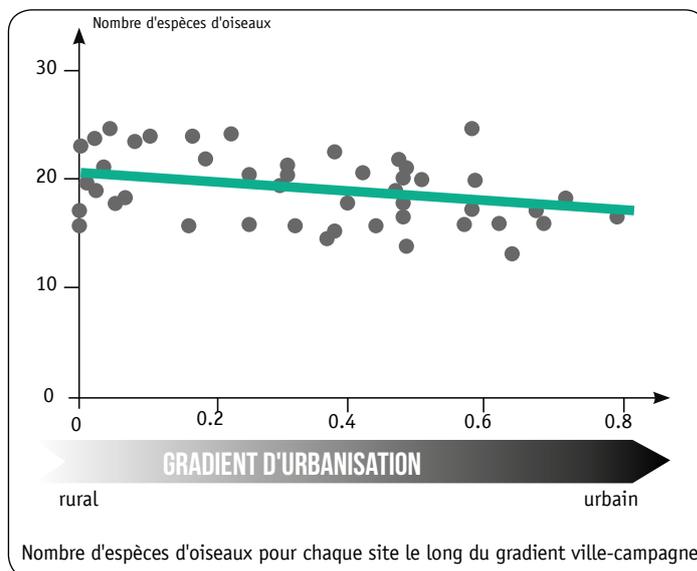


RÉSULTATS URBIO



UNE LÉGÈRE BAISSÉ DE LA DIVERSITÉ EN VILLE

Au total ce sont 72 espèces d'oiseaux qui ont été observées représentant 2042 individus. En considérant la proportion de bâti dans un rayon de 200 m autour des sites d'observation, la richesse spécifique en oiseaux (nombre d'espèces) présente une légère décroissance significative en ville. La richesse spécifique varie de 25 à 14 espèces par site. Ce résultat est en accord avec la plupart des études sur ce sujet même si le pic de richesse en zone intermédiaire périurbaine n'est pas observé ici.



OISEAUX URBAINS ET RURAUX : DES TRAITS BIOLOGIQUES DIFFÉRENTS

Comme pour la flore (cf fiche Végétation herbacée), chaque espèce d'oiseau possède des caractéristiques biologiques que les chercheurs nomment traits biologiques ou traits fonctionnels. Pour cette étude, les traits étudiés sont : le régime alimentaire, l'affinité pour l'habitat, le lieu de nidification et le statut de migrateur/sédentaire. En comparant les traits fonctionnels des espèces observées et les variables environnementales (ex : % de bâti), les résultats font ressortir les stratégies d'adaptation des oiseaux et indirectement des comportements.

La différenciation des traits fonctionnels se fait suivant le gradient d'urbanisation mais également suivant la proportion de jardin dans le paysage environnant. On retrouve plutôt dans les espaces herbacés en ville des espèces cavernicoles, sédentaires et à l'extrémité rurale du gradient des espèces forestières ou agricoles, nichant dans des milieux buissonnants associés aux milieux ouverts. On trouve aussi du côté rural des espèces nicheuses insectivores plutôt migratrices, elles sont plus exigeantes sur le type de milieu qu'elles exploitent. Ainsi les espèces migratrices ne rentrent pas en ville. Les espèces de milieux ouverts agricoles sont très peu observées en situation urbaine.

	SURFACE DE JARDINS		ENVIRONNEMENT
Écologie	Forestier / Agricole	Urbain	TRAITS BIOLOGIQUES
Nidification	Buisson	Cavernicole	
Statut	Migrateur	Sédentaire	
	GRADIENT D'URBANISATION		ENVIRONNEMENT
	rural	urbain	

Figure issue d'une analyse RLQ des données URBIO qui met en relation différents types d'objets : espèces, traits biologiques, variables environnementales.

Liens Traits biologiques - Environnement

URBANOPHILES ET URBANOPHOBES DES ESPACES HERBACÉS

Les espèces d'oiseaux présentent des affinités plus ou moins marquées avec le milieu urbain. Les espèces qualifiées de « tolérantes » sont adaptées à la ville, elles s'y installent et s'y reproduisent. D'autres espèces « non tolérantes » évitent la ville et reculent face à l'urbanisation. Enfin, il existe aussi des oiseaux « généralistes » capables de coloniser des milieux très diversifiés.

L'analyse des données URBIO fait ressortir des espèces aux extrêmes rurale et urbaine du gradient. Certaines sont clairement liées à l'habitat herbacé comme l'Alouette lulu, qui niche au

sol dans des prairies rurales, ou le Faucon crécerelle, rapace qui s'adapte à la chasse dans les espaces herbacés extensifs urbains. L'imaginaire collectif oppose traditionnellement les villes polluées et la campagne dans lesquelles la faune et les oiseaux trouvent refuge. À l'échelle des gradients ville-campagne étudiés dans URBIO, les résultats démontrent un phénomène inverse : la ville est un refuge pour de nombreuses espèces cavernicoles qui peinent à trouver des lieux pour nicher en campagne. Ces espèces cavernicoles nichent en ville dans les cavités des vieux arbres et dans les bâtiments.

URBANOPHOBES



Alouette lulu / P. Bellion

L'Alouette lulu et le Bruant jaune sont parmi les espèces typiques des milieux agricoles qui peinent à rentrer en ville, malgré l'existence d'habitats à priori favorables.



Fauvette / P. Bellion

La Fauvette (griset des jardins) est une espèce agricole, migratrice, insectivore, qui niche dans les buissons. C'est une espèce typique des zones périphériques et du paysage rural ouvert.



Grive Draine / Crusier CC-BY SA

Granivore ou insectivore selon la saison, la Grive draine se nourrit aussi de petits escargots, d'insectes et de larves diverses au printemps. Craintive, elle fréquente les milieux boisés ou buissonnants. L'hiver, on peut l'apercevoir dans les prairies.



Tourterelle des bois / P. Bellion

Très discrète, la Tourterelle des bois préfère les zones rurales. C'est une espèce agricole, granivore, nichant dans les buissons. Migratrice, elle niche en Europe de fin avril à septembre et hiverne au sud du Sahara. Elle se nourrit principalement de graines de plantes sauvages. Cette espèce décline en France du fait de la chasse et de la disparition des bocages.

URBANOPHILES



Faucon crécerelle / P. Bellion

Le Faucon crécerelle a été observé dans les sites les plus urbains de Nantes et Angers. En Europe, la richesse spécifique des rapaces diminue en ville, mais l'augmentation de l'abondance de certains prédateurs a déjà été constaté en milieu urbain où ils trouvent des sites pour nicher et une ressource en nourriture suffisante.



Rouge queue noir / P. Bellion

Nichant dans des substrats rocheux ou des bâtiments, le Rouge queue noir trouve en ville de nombreux habitats favorables : vieux édifices, sites industriels, terrains rocailleux et chantiers.



Étourneau / P. Bellion

Les Étourneaux et les Merles apprécient des espaces herbacés entretenus dans lesquelles ils cherchent des invertébrés à manger.



Verdier d'Europe / CCO Pixabay

Le Verdier d'Europe est commun dans les parcs et les jardins urbains. Il niche dans les arbres et les buissons.

GRADIENT D'URBANISATION

rural

urbain

Exemples d'espèces d'oiseaux urbanophiles et urbanophobes (Classification issue d'une analyse de modèle de niche des données URBIO)



PLANIFICATION ET BIODIVERSITÉ : PRÉSERVER DES MOSAÏQUES D'HABITATS

La préservation des milieux herbacés peut être difficile à défendre face aux pressions de l'urbanisation, mais c'est bien l'organisation du paysage qui détermine la répartition des communautés d'oiseaux en milieu urbain. Prairies, pelouses, boisements, jardins privés, friches, bâtis etc., chaque type d'espace a son importance. Quand les trames vertes et bleues sont mises en oeuvre à l'échelle régionale ou supra communale, la ville est souvent une grande zone grisée, même si elle représente un enjeu de refuge pour l'avifaune. La diversité des paysages et la biodiversité des espaces ordinaires tels que les couverts herbacés ne sont pas suffisamment considérées dans la planification urbaine.

DIVERSIFIER LES STRATES VÉGÉTALES EN VILLE

Les travaux d'URBIO montrent que les espèces spécialistes des milieux ouverts, nichant au sol ainsi que les espèces migratrices, insectivores, nichant dans des buissons, peinent à rentrer dans les espaces ouverts herbacés urbains d'Angers et de Nantes. Il a été montré à Berlin, que des espaces ouverts suffisamment vastes et peu gérés peuvent accueillir des espèces de milieux ouverts à enjeu de conservation (Meffert *et al.*, 2012). Les buissons et les strates arbustives sont particulièrement importants pour les espèces insectivores, migratrices, comme les fauvettes. Pour agir en faveur d'une avifaune diversifiée, les collectivités pourront développer et protéger les réseaux de friches ou d'espaces herbacés et buissonnants, gérés de façon extensive.

“ Plus de buissons dans les villes et plus d'arbres dans les campagnes ”

PROTÉGER LES ARBRES ANCIENS ET PLANTER

Les oiseaux observés dans les espaces herbacés urbains sont majoritairement cavernicoles. Globalement, les oiseaux cavernicoles trouvent plus facilement en ville des cavités dans des vieux arbres, des bois urbains et les bâtiments que dans les zones rurales et agricoles. Pour que les oiseaux continuent à trouver des lieux pour nicher en ville, il faut reconnaître la valeur des arbres dans les documents d'urbanisme ou dans des documents spécifiques tels que les chartes de l'arbre. Dans les campagnes, sous la pression de l'agriculture, les grands arbres ont globalement disparu, entraînant le déclin des espèces cavernicoles des milieux ouverts ruraux. Recréer ou préserver un paysage bocager en plantant des haies et d'autres formes de boisement permet de recréer des habitats pour les oiseaux cavernicoles en milieu rural.

CONCILIER BIODIVERSITÉ ET BÂTI

Dans les villes et dans les quartiers résidentiels anciens avec jardins, les oiseaux cavernicoles trouvent de nombreux sites de nidification. Les zones rurales sur lesquelles les villes s'étalent, comme les projets de lotissement ou de quartiers d'activités commerciales, sont des espaces dans lesquels les possibilités de nidification sont souvent plus rares pour ces cavernicoles (absence d'arbres, de vieux bâtiments). L'architecture évolue vers des bâtiments de plus en plus lisses en béton, verre, acier. Installer des nichoirs dans ce type de milieu peut aider les oiseaux à s'installer et suppléer au manque de cavités naturelles. Planter des arbres et aménager des espaces de nature sont des mesures plus durables. Pour les oiseaux urbains, il existe des risques importants de collision avec les surfaces vitrées transparentes et réfléchissantes, plusieurs alternatives et des propositions de marquage sont présentées dans les guides sur « biodiversité et bâti ».



OBSERVER ET DÉCOUVRIR LES OISEAUX

Dans tous les territoires, des ornithologues passionnés et des associations proposent des animations pour les scolaires, pour le grand public. En Pays de la Loire, vous pouvez vous rapprocher des associations comme la LPO (Ligue pour la Protection des Oiseaux), les CPIE (Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement) et l'association Bretagne Vivante. Des expositions thématiques sur la biodiversité sont régulièrement présentées aux Muséum d'Angers et de Nantes, et au Centre Beautour à La Roche-sur-Yon. Les naturalistes amateurs peuvent aussi partager leurs observations avec l'outil en ligne Visionature (www.ornitho.fr).

En observant des oiseaux « ordinaires » ou des espèces phare comme les Faucons qui s'installent en ville, les habitants découvrent l'équilibre fragile entre l'Homme et la biodiversité et l'intérêt d'une gestion écologique des espaces de nature et du cadre de vie quotidien.

POUR ALLER PLUS LOIN

LPO, CAUE 38, 2013. [Guide Biodiversité et Bâti](#)

Clergeau, 2011. Ville et biodiversité, les enseignements d'une recherche pluridisciplinaire. Presses Universitaires de Rennes, 235 p.

Jokimäki, Suhonen, Jokimäki-Kaisanlahti, Carbó-Ramirez, 2014. Effects of urbanization on breeding birds in European towns : Impacts of species traits. *Urban Ecosystems* 19, pp. 1565-1577

Meffert, Marzluff, Dziocck, 2012. Unintentional habitats : Value of a city for the wheatear (*Oenanthe oenanthe*). *Landscape and Urban Planning*, 108, pp. 49-56





LES ABEILLES SAUVAGES DANS LES ESPACES VERTS URBAINS

Pour en savoir plus sur les résultats, contactez Olivier LAMBERT : olivier.lambert@oniris-nantes.fr



Bottière-Chénaie, Nantes / O. Lambert



*Essentielle à la pollinisation,
la diversité des abeilles sauvages structure les
écosystèmes et la biodiversité végétale*

ABEILLES SAUVAGES ET POLLINISATION

Les abeilles sauvages ont été nommées ainsi en opposition aux abeilles domestiques. L'abeille domestique ou mellifère (*Apis mellifera*) est élevée dans des ruches par les apiculteurs pour produire du miel, et bien connue du grand public. Moins connues, les abeilles sauvages jouent un rôle pourtant primordial pour la pollinisation des plantes sauvages et cultivées. Ce groupe représente près de 1000 espèces en France. À titre de comparaison, on dénombre environ 120 espèces de mammifères et 600 espèces pour l'ensemble constitué des « papillons de jour », des odonates (ex. libellules) et des orthoptères (ex. sauterelles). Le régime alimentaire des abeilles strictement végétal, composé de nectar et de pollen, ainsi que leur corps recouvert de poils ramifiés, leur sont caractéristiques. Lors de leur activité de récolte alimentaire, activité de butinage, les abeilles transportent des grains de pollen de fleur en fleur et participent involontairement à la reproduction des plantes à fleurs. Grâce à la pollinisation, les abeilles sauvages participent ainsi au maintien de la diversité végétale. Leur efficacité est démontrée et repose essentiellement sur leur grande diversité; par exemple, en leur présence, la production de fruits est en moyenne deux fois plus importante et de meilleure qualité qu'en présence des abeilles domestiques seules (Garibaldi et al., 2013).

DÉCLIN GLOBAL DES POLLINISATEURS

Ces vingt dernières années, les abeilles sauvages sont en déclin comme tous les insectes pollinisateurs. Plusieurs facteurs sont suspectés et interagissent : pesticides, pathogènes, fragmentation des habitats. La modification profonde des paysages est une menace sérieuse pesant sur les abeilles sauvages, avec d'une part la monoculture et l'homogénéisation végétale des paysages agricoles, et d'autre part la fragmentation et la destruction des habitats causées par l'intensification de l'urbanisation. Face à ce déclin global, différents réseaux de recherche académiques ou participatifs, se sont développés en Europe, pour mieux connaître et favoriser les insectes pollinisateurs.

DES ABEILLES SAUVAGES DANS LA VILLE

L'étalement et la densification des villes entraînent la diminution des habitats naturels et du couvert végétal indigène. Les plantes ornementales exotiques sont généralement peu utilisées par les insectes sauvages. Cependant, des études récentes démontrent que face à l'intensification des pratiques agricoles, les espaces urbains et péri urbains sont des zones refuges potentielles pour les pollinisateurs, même si les effets de l'urbanisation sur leur santé ou leurs comportements restent peu connus. Comprendre et évaluer l'impact de l'urbanisation sur les abeilles est nécessaire pour améliorer les pratiques de gestion des villes dans un but de conservation de la biodiversité.

LES QUESTIONS URBIO

- ▶ Quelle est la diversité d'abeilles sauvages en ville ?
- ▶ Y-a-il un effet du gradient d'urbanisation sur les communautés d'abeilles sauvages ?
- ▶ Les modes de gestion des couverts herbacés impactent-ils les abeilles sauvages ?
- ▶ Quelle flore est plus utilisée par les abeilles sauvages ?

MATÉRIELS ET MÉTHODES



Dans les trois villes, le taux d'urbanisation, considéré comme le pourcentage de surfaces imperméables de la matrice environnante, a été calculé dans un rayon de 500 m et de 1000 m autour des sites. En effet, la distance de butinage des abeilles sauvages est de l'ordre de quelques centaines de mètres pour la plupart des espèces.



rural

urbain

En 2014, l'effet du gradient d'urbanisation a été étudié sur 5 sites dans les 3 villes. En 2015, 6 sites (par ville) présentant différents modes de gestion (prairie ou pelouse) ont été choisis le long du gradient.

ECHANTILLONNAGE DES ABEILLES SAUVAGES ET DE LA FLORE

La détermination de la majorité des abeilles sauvages nécessite une observation sous loupe binoculaire (analyse de la nervation des ailes, ponctuation de la cuticule, ...) et parfois une dissection (pièces génitales des mâles).

La capture et la mise à mort des individus sont donc indispensables pour connaître la diversité spécifique en abeilles sauvages sur les sites étudiés (la pression d'échantillonnage pratiquée n'impacte cependant pas les populations d'abeilles sauvages). La technique de l'échantillonnage actif au filet a été

utilisée afin de pouvoir mettre en relation la plante butinée et l'abeille collectée, et d'épargner tous les insectes non concernés par l'étude.

La détermination à l'espèce étant délicate, de nombreux spécimens ont dû être envoyés à l'Observatoire des Abeilles pour une identification précise et certifiée par des spécialistes.

Des relevés floristiques ont été réalisés dans 4 quadrats (5 x 5 m) par site pour pouvoir comparer la flore disponible et la flore effectivement butinée par les abeilles.

Échantillonnage des abeilles sauvages : entre 10h et 18h d'une journée ensoleillée, deux observateurs parcourent chacun deux transects de 50 m pendant 10 minutes



Bottière-Chénaie, Nantes / E. Balança



Bottière-Chénaie, Nantes / E. Balança



Parc des Oudairies, La Roche-sur-Yon / D. Blottière

DIVERSITÉ DES ABEILLES SAUVAGES

Au total, ce sont 3524 abeilles qui ont été capturées durant les 2 campagnes d'échantillonnage.

Les genres les plus représentés sont *Bombus*, *Lasioglossum*, *Andrena* et *Halictus*. Ce sont également les genres qui comptent le plus grand nombre d'espèces échantillonnées (pour *Andrena*, 30 espèces en 2015 et 40 en 2014). À l'inverse, plusieurs genres ne comptent qu'une seule espèce identifiée (*Chelostoma*, *Eucera*, *Tetraloniella*, *Hoplitis*, *Ceratina...*) ou des effectifs très faibles (*Coelioxys*, *Epeolus*, *Macropis*, *Stelis*).

En 2014, les espèces les plus fréquemment capturées sont les bourdons les plus communs (*Bombus pascuorum*, *B. terrestris*, *B. lapidarius*). L'Anthophore à pattes plumeuses (*Anthophora plumipes*) et l'Halicte de la scabieuse (*Halictus scabiosae*) sont également 2 espèces très fréquemment collectées avec 118 et 112 individus.

En 2015, les espèces les plus fréquemment rencontrées sont principalement des espèces des genres *Lasioglossum* (93 individus pour *Lasioglossum pauxillum*, 82 pour *Lasioglossum villosulum*, 73 pour *Lasioglossum malachurum*) et *Halictus* (83 individus pour *Seladonia subaurata*, 81 pour *Halictus scabiosae*). De nombreuses espèces n'ont été trouvées que sur un seul site, et en petits effectifs (ex. à Angers : un *Halictus pollinosus* au Parc Balzac, 3 *Bombus sylvarum* à Jeanne Jugan, ...). Pour une cinquantaine d'espèces d'abeilles, seuls un à deux individus ont été recensés comme par exemple un unique individu de *Bombus jonellus*, espèce jugée rare dans la région des Pays de la Loire (Mahé, 2015).

Les bourdons (*Bombus*) ont l'avantage de vivre en colonie et d'être présents toute la saison contrairement aux autres abeilles sauvages qui pour la plupart n'ont une période de vol que de quelques semaines. Les abeilles sauvages solitaires les plus rencontrées sont généralistes et terricoles (*Andrena*, *Halictus*, *Lasioglossum*).

Quelques espèces rencontrées dans les relevés URBIO :



Bombus terrestris / O. Lambert



Andrena cineraria / O. Lambert

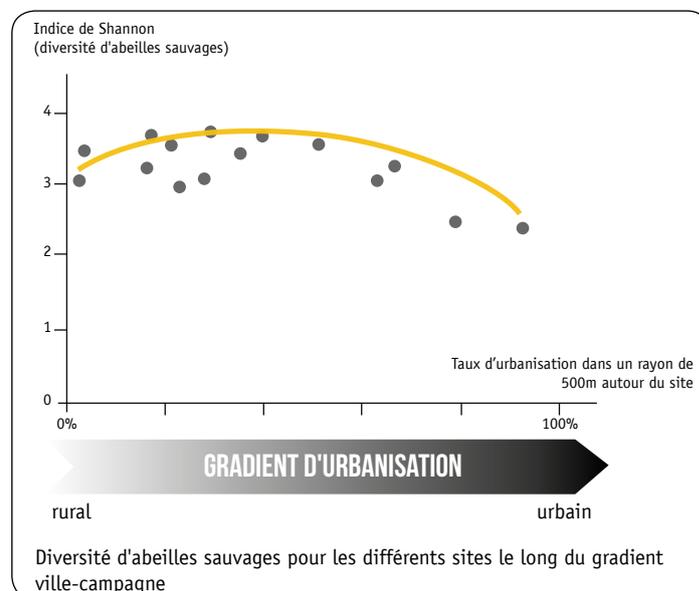


Halictus scabiosae / O. Lambert

EFFET DE L'URBANISATION : DES SITES INTERMÉDIAIRES PLUS RICHES

Les données ont permis de montrer un impact du taux d'urbanisation sur la distribution des abeilles sauvages (2014). Certaines espèces comme *Anthophora plumipes* et *Osmia cornuta* ont été collectées principalement en ville. D'autres comme *Eucera nigrescens* semblent préférer la campagne. La diversité des espèces est plus grande dans les sites présentant un taux d'urbanisation intermédiaire. Ce résultat confirme ceux de l'étude précédemment menée à Lyon dans le cadre du programme URBANBEES.

De manière générale, les sites intermédiaires (entre péri-urbain et très urbanisés, c'est-à-dire au milieu du gradient) semblent les plus favorables aux abeilles sauvages grâce à la diversité des milieux (potentiel de nidification) et des ressources florales (quantité et durée).



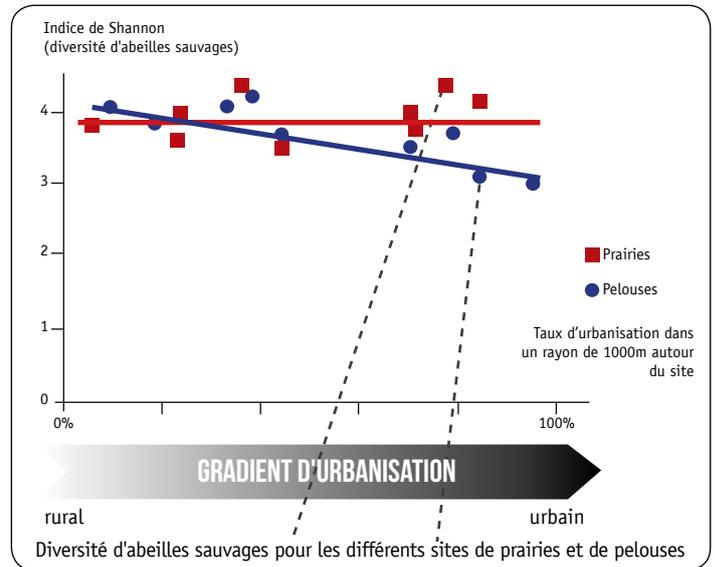


PRAIRIES OU PELOUSES : QUE PRÉFÈRENT LES ABEILLES ?

En 2015, les chercheurs ont étudié l'influence de deux modes de gestion des couverts herbacés à partir des pelouses (espaces herbacés tondu régulièrement) et des prairies (espaces herbacés à gestion extensive), réparties le long du gradient d'urbanisation, du centre-ville à la campagne. En périphérie de la ville, la richesse spécifique en abeilles sauvages ne semble pas impactée par le mode de gestion (pas de différence entre les pelouses et les prairies). La diversité des milieux environnants permet en effet aux abeilles sauvages de trouver des ressources florales. En milieu très urbanisé, au contraire, les prairies bénéficiant d'un mode de gestion extensif sont plus attractives que les pelouses régulièrement entretenues et fournissant ainsi de moindres ressources alimentaires. Dans les prairies, la diversité d'abeilles sauvages ne varie pas significativement le long du gradient : on trouve des prairies riches et des prairies moins fréquentées en abeilles sauvages en ville comme en périphérie.

Par contre, il y a une différence significative de diversité d'abeilles sauvages entre les pelouses urbaines moins diversifiées et les pelouses situées à l'extrémité rurale du gradient. Pour les zones périphériques et rurales cela peut s'expliquer par une meilleure intégration des pelouses dans une trame verte permettant des échanges avec d'autres sites plus diversifiés, tandis que les pelouses urbaines sont isolées dans une matrice imperméable.

Les résultats de l'étude montrent que ce sont bien les caractéristiques écologiques des sites et leur mode de gestion qui conditionnent la présence des abeilles, plus que le taux d'urbanisation en lui-même, puisqu'elles peuvent se maintenir en milieu fortement urbanisé si leurs exigences écologiques sont remplies (ressources alimentaires, abri).



Prairie Jeanne Jugan, à Angers : diversité d'abeilles élevée (fauche précoce, site très urbanisé, non ouvert au public) / D. Blottière



Les douves du Château des Ducs de Bretagne, à Nantes : diversité d'abeilles faible (tonde régulière, site très urbanisé, forte fréquentation) / D. Blottière

UNE FLORE LOCALE POUR UNE GRANDE DIVERSITÉ D'ABEILLES

Les analyses des relevés de flore et des préférences de butinage sur espaces herbacés à gestion extensive montrent qu'une grande diversité d'espèces végétales est butinée. Sur 243 espèces relevées, les abeilles ont visité 160 espèces différentes. Les deux familles de plantes préférées des abeilles sont : les Asteracées (porcelles, pissenlits, pâquerettes,...) et les Fabacées (trèfles, lotiers, vesces,...). On note également que la grande majorité des espèces herbacées butinées sont des espèces natives naturellement présentes dans la région, les espèces horticoles et exotiques étant butinées en majorité par des espèces généralistes (des bourdons, voire quelques espèces d'andrénes et de mégachiles).



D. Blottière



E. Balança

De gauche à droite, et de haut en bas :

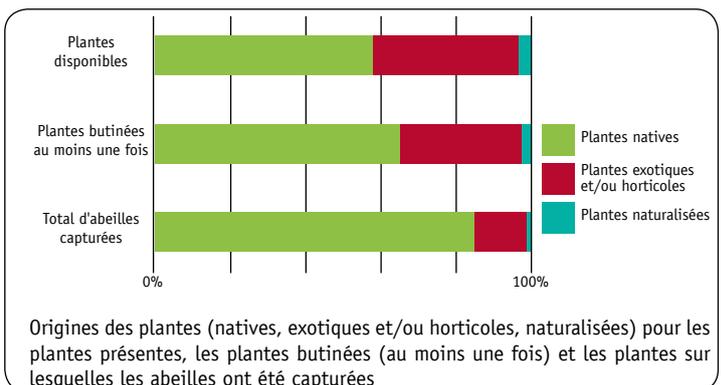
Bombus lapidarius femelle sur porcelle enracinée;
Seladonia subaurata sur pâquerette;
Halictus scabiosae sur centaaurée;
Bombus terrestris sur trèfle.



O. Lambert



O. Lambert



Sur l'ensemble des sites, près de 40 % des espèces végétales disponibles sont d'origine horticole ou exotique, et elles représentent 33 % du nombre d'espèces butinées, 84 % des abeilles ont été capturées sur des espèces natives. Les espèces natives sont préférées aux espèces végétales exotiques ou horticoles. Si certaines espèces horticoles peuvent être attractives pour les abeilles sauvages, elles ne peuvent assurer le maintien et la survie des abeilles dans le milieu. Les milieux urbains peuvent donc abriter une grande diversité d'abeilles s'ils sont gérés de manière favorable à la flore locale. Les abeilles sauvages ont besoin de ressources alimentaires adaptées à proximité de leur lieu de nidification. C'est le mode de gestion qui va déterminer les espèces végétales présentes, leur abondance et leur répartition.



FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT DES POLLINISATEURS SAUVAGES EN VILLE

Pour des espaces verts urbains favorables aux abeilles sauvages et autres pollinisateurs :

- ▶ Offrir une mosaïque d'habitats, des sites de nidifications diversifiés (sols nus, cavités) et une grande variété d'espèces végétales pour l'alimentation des abeilles (pour une floraison continue et étalée dans le temps);
- ▶ Favoriser les ressources florales indigènes et préférer des végétaux issus de collectes locales pour privilégier l'interaction plante-insecte;
- ▶ Limiter la fréquence de tonte et de fauche des espaces herbacés, et faucher de manière fractionnée les prairies (accès favorisé et continu aux ressources alimentaires).

La conservation d'éléments du paysage tels que du bois mort, des murs en pierres sèches, des zones argilo-sablonneuses et de sol nu, permet de proposer des sites de nidification diversifiés et utiles aux abeilles sauvages. Évitant des espaces agricoles pollués par les pesticides, de plus en plus de ruchers sont installés dans les espaces naturels et en milieu urbain. Mais la ressource en nectar sur un territoire possède ses limites; pour éviter la compétition de l'abeille domestique sur les abeilles sauvages, les scientifiques recommandent de limiter la densité de ruches au km².

Fauche différenciée au parc du Grand Blottereau (Nantes), zones de pelouses pour les activités de loisir et zone de prairie pour la préservation de la biodiversité.



0. Lambert



La marque Végétal local garantit la collecte locale des espèces sauvages.

SENSIBILISER ET MOBILISER LES ACTEURS

Les abeilles sauvages et leurs rôles sont largement méconnus par rapport aux abeilles domestiques. Il est important de sensibiliser un maximum d'acteurs sur ces espèces, car le service de pollinisation qu'elles assurent est essentiel au monde végétal. À travers les abeilles et les autres pollinisateurs sauvages (syrphes, papillons, etc.), les citoyens découvrent les interactions entre

espèces et comprennent pourquoi des espaces de nature sont essentiels à la biodiversité. Citons par exemple l'exposition "Oh apidés..." diffusée en Pays de la Loire par le CVFSE. L'installation d'hôtels à insectes peut être envisagée, mais leur efficacité est discutée car ils sont inefficaces en l'absence de ressources alimentaires adaptées à proximité. Ils ne favorisent par ailleurs que les abeilles nichant dans des cavités, et ne sont pas utiles aux abeilles terricoles pourtant plus nombreuses (près de 3/4 des espèces françaises) mais aussi plus impactées par l'imperméabilisation des sols. Ces installations sont à l'heure actuelle plutôt à considérer comme des supports pédagogiques pour sensibiliser le grand public à l'existence et l'importance des abeilles sauvages et autres insectes.



AMÉLIORER LES CONNAISSANCES

Tout en sensibilisant les publics, chercheurs et naturalistes se mobilisent localement pour améliorer les connaissances sur les pollinisateurs, notamment via les sciences participatives ([SPIPOLL](#), suivi photographique des pollinisateurs). [L'Observatoire des abeilles](#) qui réunit des chercheurs et des naturalistes passionnés publie notamment la liste départementale des abeilles sauvages de Bretagne, des Pays de la Loire et de Basse-Normandie. On peut trouver des guides taxonomiques et des atlas approfondis en Angleterre, en Allemagne, en Belgique ou en Suisse. A Nantes, une expérimentation menée par le CVFSE a commencé en 2016 avec les services de la ville et de la métropole pour affiner les connaissances sur les modes d'entretiens favorables aux abeilles. Beaucoup de choses restent à découvrir sur l'écologie des abeilles sauvages.



POUR ALLER PLUS LOIN

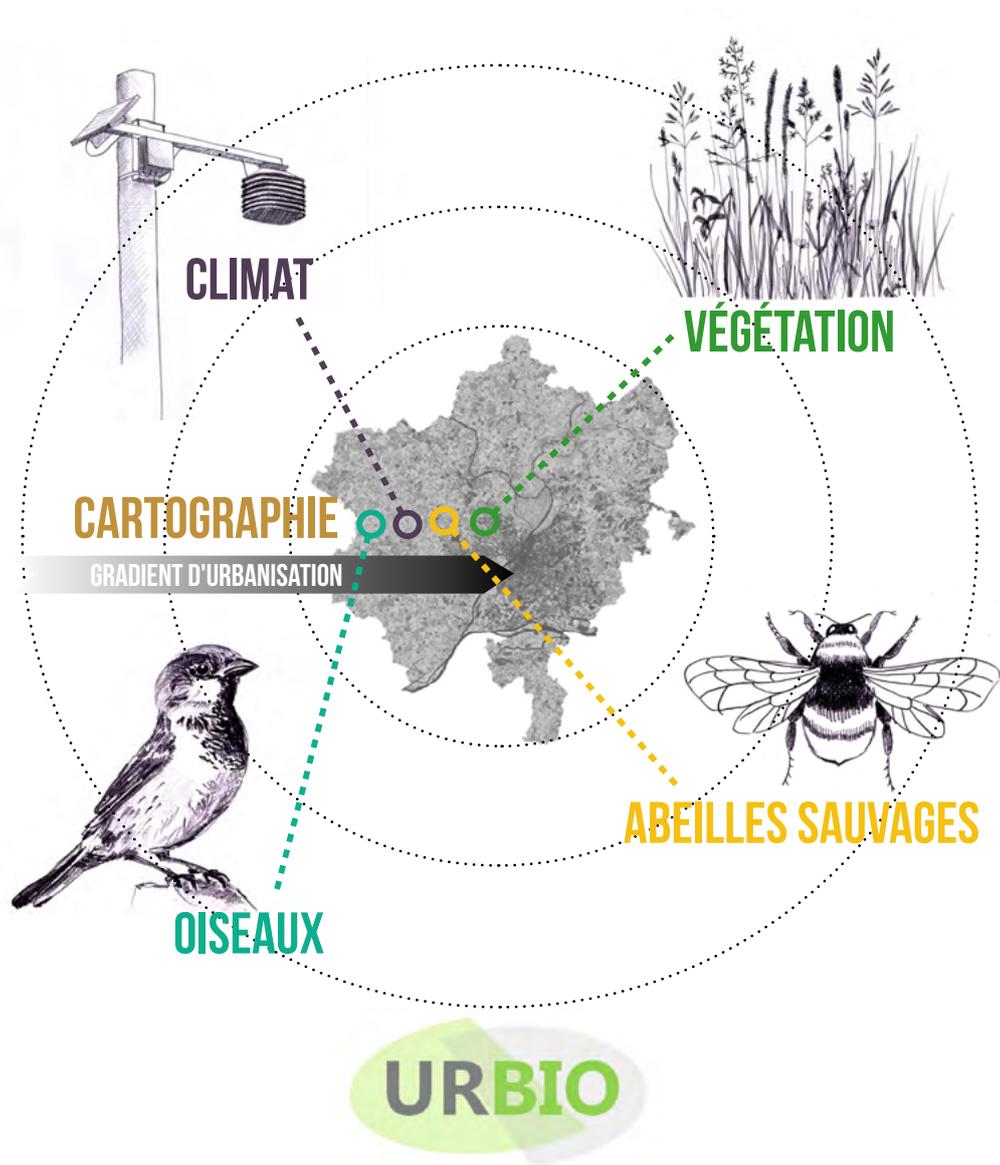
Arthropologia, INRA, 2014. Projet URBANBEES - Guide de gestion écologique pour favoriser les abeilles sauvages et la nature en ville, 127p.

Garibaldi et al., 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science* 339 pp. 1608-1611

Lemoine, 2015. [Les carrières de sable : une opportunité pour les abeilles sauvages](#). EPF Nord Pas de Calais et Union Nationale des Producteurs de granulats, 140p.

Mahé, 2015 (coord.). Les bourdons du Massif armoricain. Atlas de la Loire-Atlantique. Penn ar Bed, 221, 84p.

Plan national d'action « France, terre de pollinisateurs »



CONCLUSION

À l'issue de ces cinq années de recherche, ce document présente une synthèse des nouvelles connaissances sur la biodiversité des aires urbaines produites dans le cadre du projet URBIO. Les résultats contribuent à faire progresser l'écologie urbaine vers une meilleure compréhension des interactions entre espèces et milieux, même si tous les résultats ne sont pas directement exploitables pour des opérateurs de terrain. Gestionnaires et aménageurs y trouveront des éléments de compréhension et d'action pour poursuivre le travail déjà engagé pour intégrer la biodiversité dans la conception et la gestion des couverts enherbés et autres espaces de nature associés. Pour préparer la ville de demain, les scientifiques partagent leurs connaissances et leurs approches sur des socio-écosystèmes complexes et dynamiques, que sont les espaces de nature dans le paysage urbain.

CARTOGRAPHIE ET DIAGNOSTICS D'ICU

Avec des images satellites et des données de plus en plus accessibles, les outils de cartographie permettent de visualiser et de quantifier les espaces de nature dans le paysage urbain. Ces approches méthodologiques, associées à des expertises de terrain en écologie et en paysage, sont utilisables dans la mise en œuvre des Trames Vertes et Bleues pour identifier les continuités écologiques et les potentialités écologiques des espaces à caractère naturel. En intégrant ces analyses géographiques à des modèles d'îlot de chaleur urbain, il est aujourd'hui possible d'évaluer l'impact de la biodiversité sur le confort thermique à différentes échelles. Les épisodes récurrents de canicules estivales rappellent l'importance d'anticiper l'adaptation au changement climatique en s'appuyant sur des diagnostics d'îlots de chaleur urbain.

BIODIVERSITÉ URBAINE ET GESTION ÉCOLOGIQUE

Les études sur l'avifaune et sur la végétation herbacée illustrent de quelle manière le milieu urbain agit comme un filtre pour certaines espèces et pour certains traits biologiques. La biodiversité qui s'exprime en ville est sous l'influence du gradient ville-campagne. Sur le gradient, les différences observées, par exemple sur les dates de floraison, interrogent sur l'importance des mécanismes d'adaptation en cours. L'état des connaissances scientifiques ne permet pas de les attribuer à des adaptations génétiques. Les résultats sur les abeilles sauvages démontrent que la gestion des couverts enherbés est un facteur majeur pour la qualité écologique de ces milieux. Diversification des habitats (haies, sols nus, zones humides etc.), conservation des arbres à cavité, développement d'une strate buissonnante, gestion extensive des couverts herbacés, fauche exportatrice échelonnée dans le temps etc., les recommandations URBIO confirment l'intérêt de la gestion écologique des espaces de nature en ville. De façon générale, la connectivité des espaces de nature en ville reste la meilleure manière de permettre le déplacement des espèces, de préserver la biodiversité et d'assurer la résilience des écosystèmes.

ET LA SUITE ?

URBIO a permis de valoriser les compétences scientifiques sur la biodiversité urbaine des équipes de recherche présentes en région Pays de la Loire, et de les appliquer à des contextes de gestion. Grâce au projet URBIO, de nouvelles expérimentations ont vu le jour, des liens se sont tissés entre chercheurs, collectivités et établissements d'enseignement supérieurs et agricoles. Trois équipes du programme URBIO (IRSTV, Agrocampus Ouest, Plante & Cité) ont démarré de nouvelles collaborations dans le cadre de [Nature4Cities](#), un programme européen de Recherche et Innovation Horizon 2020 sur l'évaluation des "solutions fondées sur la nature".





Pour citer cette publication :

Agrocampus Ouest, ESA, IRSTV, CVFSE/Oniris, Plante & Cité, 2017. URBIO Biodiversité des aires urbaines. Synthèses des travaux de recherche. Plante & Cité, Angers, 36 p.