

ign

MAGAZINE

N° 102

Printemps 2021

17_FORÊTS

Rennes ouvre ses portes
à la forêt

27_ÉCLAIRAGE

Îlots de chaleur urbains :
les comprendre pour les faire
reculer

30_PORTRAIT

Christine Zanin





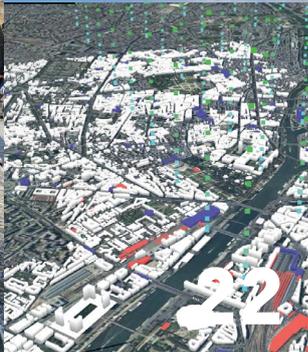
04



08



17



22



27

SOMMAIRE

04_ L'essentiel

- _Journées des portes presque ouvertes
- _Webinaire : les Journées utilisateurs nous rapprochent
- _Gratuité : l'IGN tourne la page de ses activités commerciales
- _Salon : la data reste en ligne
- _Lauréats de l'appel à projets d'IGNfab 6

08_ Le dossier

- _De l'intelligence des villes à celle du territoire : le modèle de Rennes

16_ Décryptage

- _Du BIM au CIM

17_ Forêts

- _Urbanisme : Rennes ouvre ses portes à la forêt

22_ Outils & Données

- _Îlots de chaleur urbains : les comprendre pour les faire reculer

24_ Enseignement & Innovation

- _Université Gustave-Eiffel : Sense City, démonstrateur d'innovations urbaines unique en Europe

27_ Éclairage

- _3DEXPERIENCity Virtual Rennes : de la maquette au jumeau numérique

30_ Portrait

- _Christine Zanin

ign
MAGAZINE

Trimestriel de l'Institut national de l'information géographique et forestière - 73, Avenue de Paris, 94160 Saint-Mandé.
 Tél. : 01 43 98 80 00. ISSN : 1624-9305 **Directeur de la publication** Sébastien Soriano **Directrice de la rédaction** Dominique Jeandot
Rédacteur en chef Eric Bonneau **Comité de rédaction** F. Cantat, K. Courtès, A. Defossez, F. Fuchs, D. Moisset, M. Morand, D. Pelbarg
Ont participé à la rédaction O. Constant, D. Fidel, A. Kolk, G. Tixier
Illustration Matthieu Appriou **Conception éditoriale et graphique** Citizen Press **Couverture** IGN **Crédits photos** IGN, iStock, Terra
Impression IGN **Dépôt légal** Printemps 2021

Abonnez-vous gratuitement en contactant notre service client : abonnement@ign.fr



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

SUIVEZ-NOUS SUR
LES RÉSEAUX SOCIAUX



facebook.com/ignfr/



twitter.com/ignfr/



linkedin.com/company/ignfrance/



instagram.com/ign_france/



Yann Huaumé

Maire de Saint-Sulpice-la-Forêt et vice-président au numérique et à la métropole intelligente de Rennes Métropole

L'évolution des services publics passe par la collecte des données

Rennes Métropole ambitionne de construire et de faire vivre un territoire intelligent. Depuis toujours, la métropole est un territoire d'expérimentation. Son challenge : construire une société inclusive et innovante ! Innovante, elle l'est, lorsqu'en 2000 elle décide la production d'une maquette complète du territoire en 3D, lorsqu'au printemps 2010 elle ouvre ses données publiques et lance le premier programme d'open data territorial en France. Inclusive, elle l'est par son ambition d'inventer de nouveaux modèles de services publics pour tous et individualisés, prenant en compte les besoins et les rythmes de vie différenciés, respectueux de l'intérêt général et des solidarités indispensables pour faire communauté.

Nous voyons aujourd'hui l'aboutissement de travaux de plus de trente ans sur la donnée. Les prémices n'étaient alors qu'affaires de spécialistes et d'experts. C'est sur les bases d'expertises très techniques qu'ont été initiées les premières collaborations entre Rennes et l'IGN, notamment sur la question des données géolocalisées, sujet sur lequel l'IGN est toujours le référent.

Ce partenariat s'inscrit maintenant dans une démarche open data et le Service public métropolitain de la donnée, démarche qui a été lancée à Rennes en 2017. L'objectif est de donner naissance à un collectif d'acteurs territoriaux qui souhaitent collaborer, partager des données et faire émerger de nouveaux cas d'usages répondant à l'intérêt général.

« Les données éclairent les prises de décision. »

L'enjeu du territoire intelligent est centré sur la donnée, et plus concrètement sur le pilotage de l'action publique par la data. La collecte des données et leur transformation en informations appropriables vont ouvrir de nouvelles perspectives en matière de politiques publiques. Interopérabilité et données actualisées constituent l'information de base de toute gouvernance dans un environnement numérique ouvert. Ces données éclairent les prises de décision.

Cependant, l'un des enjeux est la diversification des sources de données : partager les données du territoire et les coconstruire, mais également pouvoir utiliser des données entretenues par des acteurs nationaux. Réciproquement, les acteurs nationaux ont un fort besoin de données locales agrégées, pour eux-mêmes construire les services correspondant à leurs compétences. L'ensemble de ces données, qu'elles soient locales ou nationales, qu'elles soient produites et diffusées par les collectivités ou l'IGN, sont un « bien commun », un « géocommun » au bénéfice de tous. Et c'est là que les actions de l'IGN et les collaborations qu'il entretient prennent tout leur sens. Par la connaissance réciproque des besoins de chacun, par le partage des données et de la connaissance, nous pourrions collectivement offrir de meilleurs services à nos concitoyens et améliorer le fonctionnement interne de l'administration dans les territoires. Les coopérations entre l'IGN et les territoires sont donc essentielles et indispensables. La métropole rennaise souhaite continuer à s'investir aux côtés de l'IGN pour toujours innover et promouvoir l'intelligence collective sur la question des données et de leur traitement. ●



© Jean-Lionel Dias

ENSEIGNEMENT

Journées des portes presque ouvertes

Utopie. Composé de la préposition négative grecque *ou* et du mot *topos*, ce néologisme créé par Thomas More désigne un lieu qui n'existe pas. Pour ne pas faire de l'école une utopie, l'ENSG-Géomatique organisait ses journées portes ouvertes pour retrouver une vie presque normale. En attendant le retour de l'effervescence estudiantine, l'ensemble des établissements d'enseignement supérieur du Campus Descartes ont privilégié un format virtuel pour ouvrir leurs portes le samedi 6 février. Lors de cette journée inédite, les visiteurs du Net ont pu découvrir la géomatique et l'ensemble des formations initiales, professionnelles et à distance de l'ENSG, grâce à de nombreuses ressources en ligne telles que des vidéos de présentation, des plaquettes d'information

et des portraits d'anciens étudiants. Près de 300 personnes ont pu participer à la conférence en direct et se renseigner sur les formations proposées à l'ENSG-Géomatique comme le cycle de technicien supérieur géomètre/géomaticien, celui d'ingénieur ou de la licence professionnelle. L'ENSG, rappelons-le, est la seule école qui couvre tous les domaines de la géomatique. Tout au long de ce samedi, les visiteurs ont échangé par tchat avec des enseignants et des étudiants, qui ont profité de l'occasion pour présenter les différentes associations et événements qui rythment la vie du campus. La vie du campus de l'Université Gustave-Eiffel nous manque, vivement demain ! ●

f

t

in

 **Pour en savoir plus**
<https://www.ensg.eu/>



WEBINAIRE

Les Journées utilisateurs nous rapprochent

En janvier, plus de 1 100 personnes ont assisté aux Journées utilisateurs des données forestières, événement dématérialisé présentant les enjeux des données forestières de l'IGN et leurs usages par les professionnels de la filière bois-forêt. Quatre webinaires d'une heure, chaque jour, pour connaître les méthodes statistiques de l'inventaire forestier, les outils collaboratifs, évaluer la ressource en bois et carbone dans les territoires forestiers ou identifier la biodiversité des écosystèmes forestiers. L'ADEME, la Direction départementale des territoires des Vosges, le parc naturel régional des Boucles de la Seine normande, le conservatoire botanique national du Massif central et l'Institut technologique FCBA ont témoigné de leur collaboration avec l'IGN et de leurs usages des outils et données de l'inventaire. Et depuis le 1^{er} janvier, la BD FORET® est gratuite. ●

 Retrouvez l'intégralité des webinaires sur la chaîne YouTube de l'IGN www.youtube.com/user/IGNcommunication

LES CHIFFRES



3 départements,

Ille-et-Vilaine, Loiret et Hauts-de-Seine ont vu leur représentation parcellaire cadastrale unique (RPCU) validée en 2020.

375 889 mises à jour

d'adresses par contributions externes, sans intervention IGN, dans les bases de données de l'IGN en 2020, soit 65 % d'augmentation par rapport à 2019.

14 505 alertes

de mise à jour de voies reçues en 2020, via le principe collaboratif de l'IGN, sur tout le territoire français.

La boutique IGNrandô



Le Finistère à vélo

Le vélo est le grand gagnant de la crise sanitaire, et le succès de la série « Découverte à vélo » le prouve. Nouvelle venue dans cette collection, « Le Finistère à vélo » avec ses 130 parcours cyclo et VTT pour plus de 4 000 km d'itinéraires. Véritable appui à la préparation de parcours avec lien numérique vers FFvélo pour retrouver tous les tracés de cartes et télécharger les parcours en format GPX. Destinée aux sorties sportives, balades en famille et à la clientèle touristique.

Prix : 8,95 € TTC
Échelle 1 : 110 000 (1 cm = 1,1 km)



Côte de Granit Rose. Lannion. Perros-Guirec

La gamme des Mini s'agrandit ! Elle tient dans la main et a tout d'une grande avec ses itinéraires de grande randonnée (GR), ses informations touristiques.

Prix : 8,70 € TTC
Échelle 1 : 25 000 (1 cm = 250 m)
Dimension pliée : 7,5 cm X 11 cm



Le service Carte à la carte

Le nouveau service Carte à la carte est disponible. Cliquez sur « accéder au service » et découvrez toute la gamme de cartes personnalisables : randonnée, tourisme, montagne. Choisissez la zone, le titre, le format, la photo de couverture et intégrez vos données personnelles du type tracés, croquis, icônes ou textes.

À partir de 17,90€ TTC
Pour la revente et l'événementiel, 2 échelles sont maintenant disponibles, 1 : 25 000 et 1 : 50 000. Les posters à la carte complètent l'offre avec des photos aériennes ou des cartes anciennes.

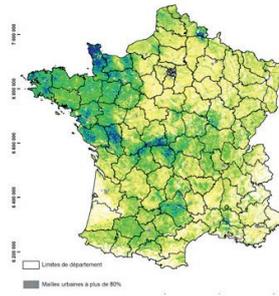


@ATLANBOIS

12 février 2021

[OBSERVATOIRE DU BOCAGE]

Il est l'un des paysages les plus favorables à la biodiversité Mais le bocage enregistre un recul significatif Pour le préserver l'@IGNFrance et l'@OFBiodiversite travaillent ensemble à la mise en place du 1er dispositif national de suivi des bocages 📍



Densité de haies par hectare selon le dispositif de suivi des bocages

Densité de haies en mètres linéaires par Ha

- 0 - 20
- 21 - 40
- 41 - 60
- 61 - 80
- 81 - 100
- 101 - 120
- 121 - 140
- 141 - 275

Extraction réalisée au 1:6 000 000
Source BD TOPO®, RPQ (IGN); mailles 1x1 km (MNHN)
Système de projection : Lambert 93, coordonnées en mètres

Version 1.0 du 11/06/2020



@IGNPRESSE

23 octobre 2020

#IGNrando au #19h45 @M6 « Des applications pour rester connectés à la nature » #outdoor #PassionRando #nature #loisirs #IGN Merci @DianeDouzille

JT en Replay

bit.ly/3miKBjw

VOUS L'AVEZ DIT

Vous nous faites part de vos réflexions et questions sur les réseaux sociaux. Engageons la conversation !



@ACTULAFR

13 janvier 2021

Les données publiques de l'@IGNFrance relatives à la topographie, au relief et à la visualisation du territoire sont libres et gratuites #opendata #dataset #cartographie #géographie



@UMR1434_CORINNE

4 novembre 2020

#soutenance #HDR Olivier Bouriaud @IGNFrance #LIF Réponses de la productivité des forêts aux fluctuations météorologiques : biais et surestimations des estimations de terrain soutenance en format 100 % virtuel le 05/11/20 à 10h bit.ly/363Y8OU #forêt



@BERNARDLUSSET

3 février 2021

Quelque chose me dit que @IGNFrance met à jour en ce moment ses données sur les zones inondables de la moyenne Garonne



@ACTEURSPUBLICS

5 janvier 2021



L'ancien président de l'Arcep, désormais à la tête de l'IGN, revient sur sa vision de la transformation numérique de l'État et de la réforme de l'État en général à travers la notion d'« État en réseau », plus partenarial et proche du terrain. @sorianotech



**GRATUITÉ**

L'IGN tourne la page de ses activités commerciales

L'Institut national de l'information géographique et forestière a ouvert ses données en accès libre et gratuit le 1^{er} janvier 2021. Après un premier pas vers la gratuité en 2009 pour l'enseignement et la recherche, puis en 2011 pour les missions de service public, l'institut a pris l'initiative de devancer d'un an la date fixée par le Premier ministre. En accord avec le nouveau positionnement en appui aux politiques publiques défini par le contrat d'objectif et de performance signé avec l'État, cette décision montre l'ouverture de l'établissement aux partenariats et sa volonté de développer de nouveaux modes de fonctionnement plus collaboratifs, en coconstruction, à l'écoute des besoins. L'IGN se met en mode projet en aidant à construire, évaluer et produire, souvent en partenariat ou avec l'appui de sous-traitants. En devançant l'appel, l'institut se met en marche vers une gouvernance ouverte de la composante géographique de l'État plateforme. ●

 Retrouvez la liste des bases de données diffusées sous licence ouverte Etalab 2.0 sur geoservices.ign.fr



© Photomontage : DR

SALON

La data reste en ligne

La data a son salon et c'est à Nantes que ça se passe... et partout dans le monde, ce salon étant 100 % en ligne pour répondre aux contraintes bien connues. À l'heure où l'IGN passe à l'open data, l'institut se devait d'être présent à cette édition du 15 décembre dernier. Les équipes IGN y présentaient leurs derniers projets combinant intelligence artificielle, big data et technologies de pointe pour l'acquisition et le traitement de données toujours plus fines et une description toujours plus précise des territoires. Trois conférences à voir et à revoir : le projet européen URCLIM pour fournir des informations fiables sur l'évolution du climat aux acteurs des territoires urbains; le programme national Lidar Haute Densité pour décupler la connaissance du territoire; et le projet AI4GEO pour développer une solution de production automatique de l'information géospatiale 3D qui garantira un niveau de qualité maîtrisé. 1 800 participants en direct ont plongé dans toutes les formes de data. ●

 **À revoir**

Les conférences :
app.imagina.io/app/module/151742/111131

ACCOMPAGNER

Lauréats de l'appel à projets d'IGNfab 6

Cinq start-up ont été retenues pour le 6^e appel à projets « Énergie et Climat » d'IGNfab, l'accélérateur de projets de géoservices de l'IGN : Deepki, Reuniwatt, Openergy, U.R.B.S et Geosophy. En intégrant IGNfab, ces entreprises vont bénéficier de l'accompagnement de l'IGN et de sa vingtaine de partenaires, de l'expertise, de l'appui du réseau et des données #GéodataPourLeClimat de l'IGN. Deepki, créée en 2014, a lancé un programme d'innovation baptisé Geode pour identifier la résilience énergétique

des bâtiments. Le projet Parcs de Reuniwatt consiste à réaliser la cartographie des installations photovoltaïques sur un territoire. Openergy propose sa solution d'audit énergétique numérique Odyssée pour automatiser la modélisation en 3D de jumeaux énergétiques. U.R.B.S est une jeune entreprise créée en 2020, son projet Sirius a pour objectif de détecter les îlots de chaleur urbains. Geosophy vise à déterminer les consommations énergétiques des bâtiments en lien avec la géo-énergie. ●



 **Pour en savoir plus**

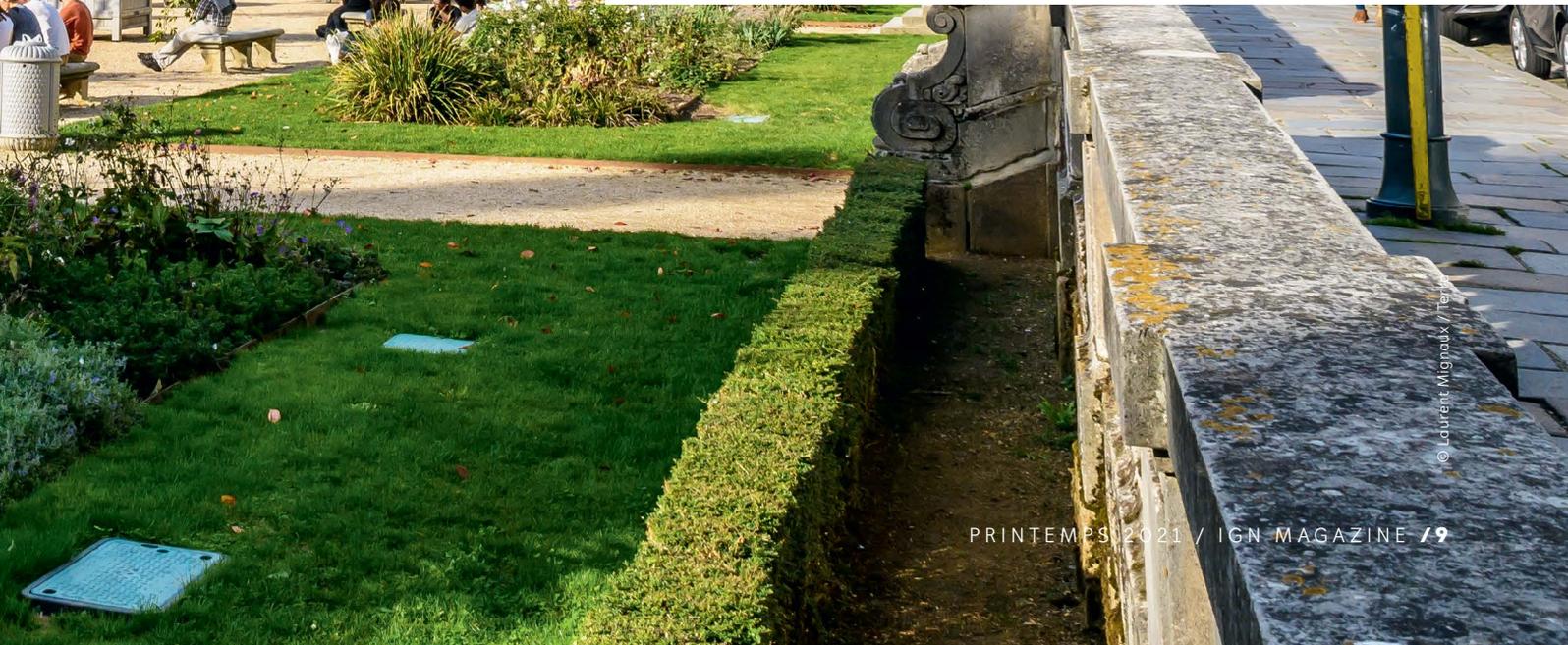
IGNfab : www.ign.fr/ignfab
 Deepki : www.deepki.com
 Reuniwatt : reuniwatt.com/fr
 Openergy : www.openergy.fr
 U.R.B.S : www.imope.fr
 geosophy.io : geosophy.io

De l'intelligence des villes à celle du territoire : le modèle de Rennes





« Vivre en intelligence ».
Dès les années 1990, la ville puis la métropole de Rennes font de cette injonction leur devise et leur projet. Loin d'être un simple slogan, cette volonté prend corps au travers de nombreuses innovations qui font aujourd'hui de Rennes Métropole un modèle français de la Smart City. De la première maquette 3D réalisée en 1999 à la modélisation de la végétation urbaine, l'IGN accompagne la métropole novatrice tout en bénéficiant de son retour d'expérience.



Labellisée « French Tech » en novembre 2014, signataire avec l'État du pacte métropolitain d'innovation « Ville intelligente et mobilité » en 2017, lauréate de l'appel à projets européen « Action urbaine innovante » en août 2019, la métropole de Rennes fait figure de leader national en matière de Smart City. « *Tout a commencé en 1999, lorsqu'avec notre maquette 3D nous nous sommes dotés de ce qui allait devenir un véritable jumeau numérique de la ville, se souvient Christelle Gibon, responsable des projets innovants au Service d'information géographique de Rennes Métropole, qui définit ainsi ce jumeau : « Il s'agit d'un ensemble de données interopérables qui servent à mettre en place, analyser et suivre des politiques publiques.* » Marion Glatron, directrice déléguée à l'innovation et à la Smart City de la métropole rennaise, enfonce le clou : « *La ville intelligente est avant tout une question de service public. Il s'agit de mettre le numérique au service des orientations politiques : que souhaite-t-on faire pour préserver les ressources, lutter contre le changement climatique, favoriser l'inclusion sociale, l'accessibilité ? L'intelligence est d'abord celle qui consiste à travailler ensemble sur des projets transversaux, collaboratifs, partenariaux.* »

Le bureau des temps

Depuis 2002, la métropole de Rennes, avec ses 43 communes et 400 000 habitants, dispose d'un « bureau des temps », qui s'attelle à améliorer la qualité de vie des usagers en travaillant sur l'organisation temporelle du territoire. En étudiant les données de trajets obtenues par les validations des titres de transport, ce bureau, en partenariat avec Kéolis, l'opérateur du métro, a identifié les principaux pics de fréquentation. Sollicitée, l'université a modifié les horaires des premiers cours ce qui a abouti à diminuer le nombre de voyageurs sur les créneaux horaires les plus encombrés. Le confort des usagers n'est pas le seul bénéfice : cette utilisation habile des données et cette coopération des acteurs ont évité à la collectivité d'investir dans des rames de métro supplémentaires, un report d'investissement évalué à 10 milliards d'euros. Le bureau des temps développe actuellement un nouvel outil numérique, « À la bonne heure », pour élargir aux entreprises cette méthode d'étalement des heures d'affluence.

IGN inside

Dès l'origine, la Smart City s'est construite avec la complicité de l'IGN. « *L'acquisition de prises de vue aériennes, les techniques de cartographie mobile déployées par les équipes de Stéréopolis, les sujets de normalisation et de R&D ont fait*



Maquette 3D de Rennes.

« Jumeau numérique : ensemble de données interopérables qui servent à mettre en place, analyser et suivre des politiques publiques. »



l'objet de nombreux échanges, qui ont été précieux pour développer la maquette 3D devenue aujourd'hui le socle de la plateforme 3DEXPERIENCity Virtual Rennes », témoigne Christelle Gibon, qui évoque aussi la détection de la végétation arborée par l'IGN en 2014, ayant abouti à la modélisation complète des arbres de la ville.



© Alchimik Lab. 3DEXPERIENCE Virtual Rennes

Le partenariat entre Rennes Métropole et l'IGN au sujet de la 3D est bidirectionnel : l'IGN participe à l'acquisition des données sources dans le cadre d'un partenariat régional (prises de vue aérienne), et le Service d'information géographique (SIG) métropolitain met à sa disposition sa maquette 3D actualisée. Celle-ci participe à construire, au sein du Conseil national de l'information géographique (CNIG), le Géostandard numérique 3D qui garantira les échanges et l'interopérabilité entre les différentes modélisations 3D des territoires.

Enfin, l'expertise IGN se retrouve aussi du côté des applications, puisque Kermap, la société rennaise qui réalise la cartographie de la végétation de la métropole, avec une précision telle qu'elle sert au suivi du développement de la canopée arborée de la ville, a été incubée à l'IGNfab, l'accélérateur de projets innovants de l'IGN.

Open data

La métropole de Rennes fut, en 2010, une des premières collectivités à s'engager dans l'open data et à rendre publiques ses données. Aujourd'hui, sur la plateforme web data.rennesmetropole.fr, près de 400 jeux de données provenant des administrations rennaises et métropolitaines et de partenaires du territoire, couvrant des domaines aussi variés que la géolocalisation d'équipements publics, les budgets, les transports, l'état civil, la collecte des déchets, les manifestations sportives ou culturelles..., sont accessibles à tous et réutilisables par chacun. ●

3 QUESTIONS À



Yannick Sourrisseau

Rédacteur en chef
du webmagazine
« Ville intelligente »

Comment est né « Ville intelligente » ?

Notre webmagazine est né en janvier 2017, à la suite de l'obtention du label French Tech par l'agglomération Angers Loire Métropole et de la mobilisation des acteurs angevins autour des objets connectés (IoT). Aujourd'hui, notre magazine a des correspondants à Saclay, Lille, Marseille et Mulhouse pour suivre partout l'essor des villes intelligentes.

Nous essayons de faire un magazine intelligent en travaillant collectivement.

Comment définissez-vous la Smart City ?

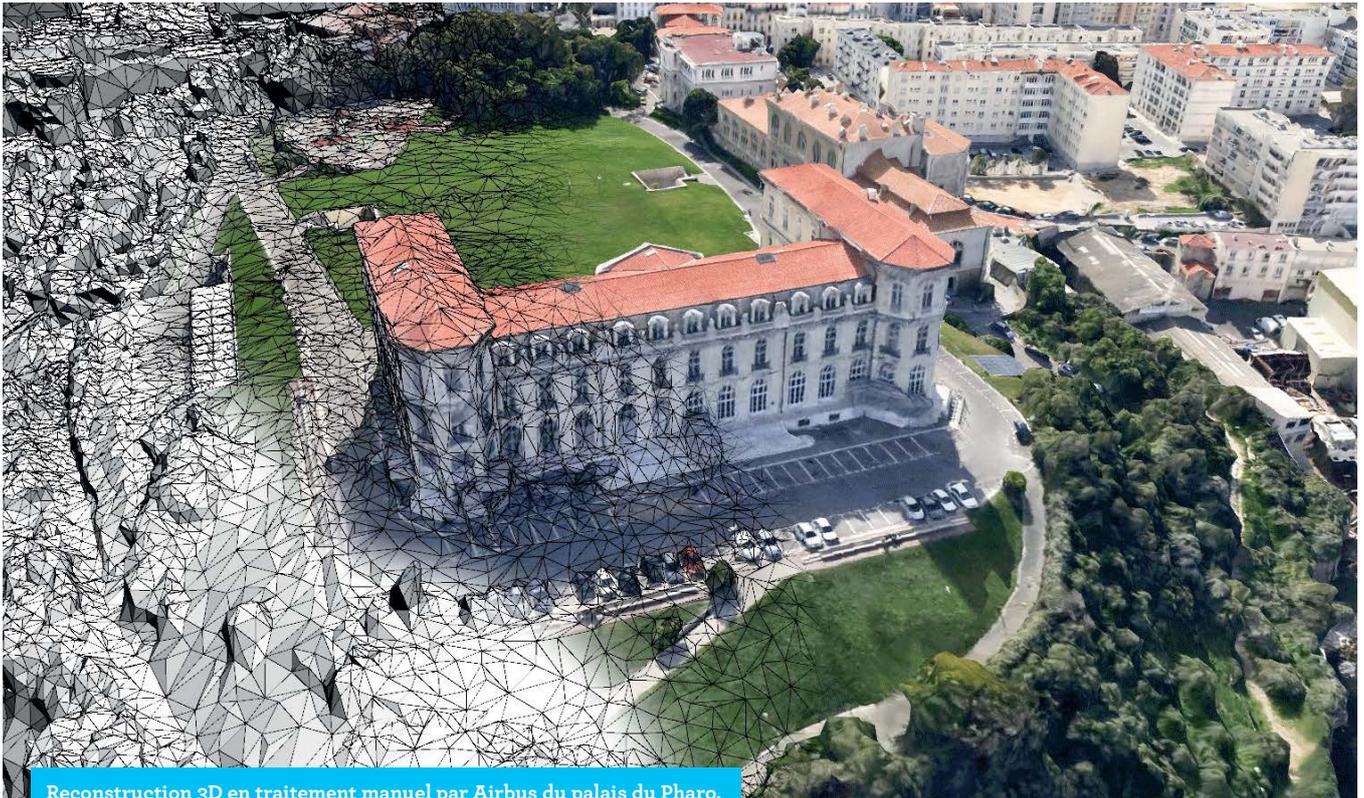
Comme le dit l'enseignant-chercheur Carlos Moreno, expert en la matière, « *l'intelligence d'une ville, c'est d'abord celle de ses citoyens* ».

La Smart City est une ville créative, ingénieuse et humaine qui cherche à améliorer le fonctionnement d'une zone urbaine en la rendant plus agréable à vivre et en y associant ses habitants. La ville intelligente est celle qui suscite l'adhésion. La technologie est un outil au service des citoyens. Si on l'impose, elle est rejetée. La transparence est fondamentale.

Les citoyens doivent trouver un avantage aux technologies déployées et être associés le plus largement à l'émergence des projets. Enfin, il faut les informer sur l'usage qui est fait de leurs données.

Comment passer de la ville intelligente au territoire intelligent ?

Ce n'est pas une simple question d'échelle. Zones urbaines et territoires ruraux n'ont ni les mêmes besoins ni les mêmes moyens. Penser à l'échelle du territoire, ce n'est pas simplement élargir la ville, c'est aussi accepter de réharmoniser les relations entre la ville et ses fournisseurs de ressources, de construire une gouvernance qui associe l'ensemble des acteurs du territoire, et c'est sans doute l'occasion de réexaminer les flux entre ville et campagne. La pandémie et le confinement ont mis en évidence à la fois le besoin de nature et la possibilité de télétravailler. Ces paramètres-là vont rester et doivent être intégrés à la vision du territoire de demain.



© Airbus Defense Securité

Reconstruction 3D en traitement manuel par Airbus du palais du Pharo, à Marseille, pour illustrer l'objectif d'automatisation visé par AI4GEO.

AI4GEO : Smart City et intelligence artificielle

Quatre ans, un consortium de 9 partenaires¹, un investissement total de 31,6 millions d'euros, le projet AI4GEO dispose de moyens à la hauteur de son ambition : automatiser la production d'informations géospatiales pour la fourniture à terme de services à forte valeur ajoutée.

L'IGN s'implique avec l'ONERA et le CNES, avec le support d'industriels pour lever les verrous technologiques afin d'être capable de générer automatiquement, grâce au deep learning et au machine learning, des maquettes 3D extrêmement précises (LOD 3) à partir d'images satellitaires et sur l'ensemble de la planète. Lancé en 2019, le projet débouchera sur la création de démonstrateurs

de nouveaux services, avec, par exemple, des applications pour les villes intelligentes, qui pourraient ainsi bénéficier de cartes 3D annotées et mises à jour à faible coût. ●

1. CLS, CNES, CS SI, EADS GEO, Geosat, IGN, ONERA, QuantCube, Qwant.

 **Pour en savoir plus**
www.ai4geo.eu

Données : la participation citoyenne

Les données sont le cœur de la ville intelligente. Les rendre publiques et accessibles est nécessaire, mais ne suffit pas. Il faut aussi associer les citoyens à leur production. À Rennes, les projets Ambasad'air et Atlas de la biodiversité font appel au crowdsourcing. Pour le premier, des micro-capteurs (CO₂, particules fines, radon) sont remis aux citoyens qui effectuent eux-mêmes des mesures de la qualité de l'air en extérieur comme en intérieur et partagent leurs mesures sur une carte inter-

active hébergée par la Maison de la consommation et de l'environnement. Pour l'Atlas de la biodiversité, la direction des jardins et de la biodiversité de Rennes et le SIG métropolitain font appel, depuis le premier trimestre 2021, aux citoyens pour leur signaler des espèces remarquables. « Nous recueillons aussi les contributions de nos communes, auxquelles nous allons proposer, cette année, de répertorier leurs espaces de jeux pour les enfants », détaille Cécile Tamoudi, responsable du SIG de Rennes Métropole. L'IGN aussi mobilise les citoyens pour l'alimenter en données. En 2020, les citoyens du Morbihan et de l'Ain ont ainsi signalé, sur une application dédiée (ALEA), plus de 8 000 bornes de propriété qui vont servir à caler le nouveau référentiel cadastral unique. « Cette expérience a été un tel succès que nous envisageons de l'étendre à tout le territoire », souligne Jean-Luc Acquitter, délégué régional Bretagne de l'IGN. ●

Plateformes de données : l'interopérabilité est la clé

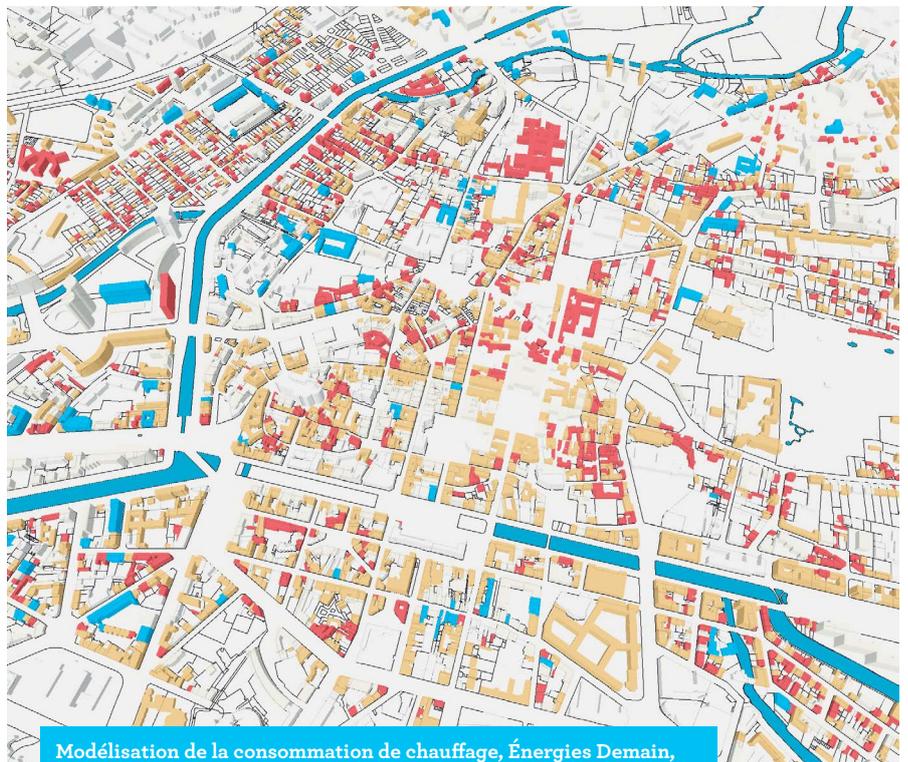
Des plateformes de données proposent de partager les informations. Mais celles-ci doivent-elles être constituées à l'échelle locale ou nationale ? Tandis que Rennes travaille au développement de la plateforme RUDI, l'IGN développe, avec la Géoplateforme, le futur espace public de l'information géographique. Comment s'articulent ces plateformes multi-scalaires ?

Depuis 2016, Rennes Métropole développe un Service public métropolitain de la donnée (SPMD), dont l'objectif est de favoriser le partage et l'usage des données numériques pour créer des applications et des services urbains innovants. Cet outil de développement du territoire a valu à la métropole bretonne un financement européen de près de 4 millions d'euros dans le cadre de l'appel à projets Action urbaine innovante pour développer la plateforme RUDI (Rennes Urban Data Interface), un portail de partage de données du territoire.

RUDI

« Avec ce projet, nous devrions disposer, dès 2021, d'un premier prototype de plateforme de données à disposition de l'ensemble des acteurs du territoire métropolitain : administrations, entreprises privées, associations, chercheurs et bien sûr citoyens. La grande diversité de ces données permettra de produire de nouveaux services performants, respectueux de la vie privée et de l'intérêt général », détaille Marion Glatron, directrice déléguée à l'innovation et à la Smart City de Rennes Métropole, qui souligne qu'une des ambitions de RUDI est d'offrir aux citoyens la possibilité de vérifier l'usage qui est fait de leurs données personnelles. Autre enjeu majeur : l'interopérabilité.

« L'ouverture est au cœur du projet de portail RUDI qui a vocation à faciliter le partage de la donnée territoriale, y compris à l'échelle nationale, voire européenne. Nous travaillons à l'interfaçage de RUDI avec les autres plateformes, y compris au niveau national avec le Géoportail de l'IGN par exemple », précise Christelle Gibon, responsable des projets innovants à Rennes Métropole.



Modélisation de la consommation de chauffage, Énergies Demain, 3DEXPERIENCE Virtual Rennes.

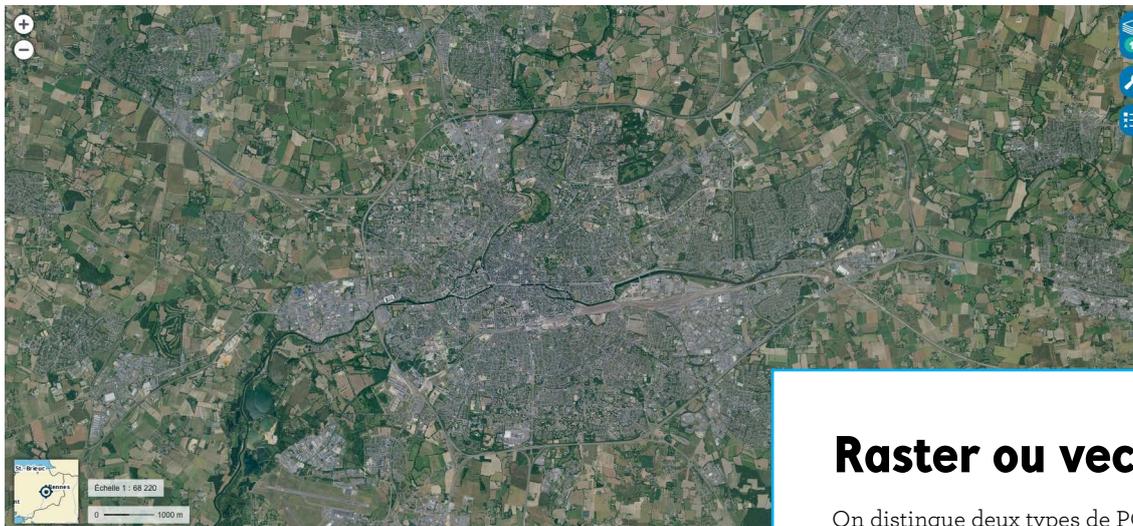
© Rennes Métropole

Géoplateforme

« Le Géoportail, et son extension le Géoportail de l'urbanisme, sur lequel 20 000 collectivités doivent déposer leurs documents d'urbanisme, est déjà un outil de partage de données. Mais nous souhaitons l'ouvrir et l'élargir pour en faire une Géoplateforme de référence. Notre objectif est de créer, avec près d'une vingtaine de partenaires publics et privés au démarrage, une infrastructure destinée à devenir l'espace public de l'information géographique. Il s'agit d'un outil collaboratif au sens où différents acteurs travaillent ensemble pour construire une base de données et les nouveaux services associés à ces données », explique Benoît Morando, ingénieur de l'IGN, chargé de la coordination

avec les partenaires. La future Géoplateforme doit recueillir des informations produites localement, et rassembler ces informations dispersées. « Bien entendu, l'interopérabilité entre la Géoplateforme et les infrastructures régionales de données géographiques est essentielle. L'IGN facilite les échanges entre les acteurs », poursuit Benoît Morando. « Nous n'avons sans doute pas encore suffisamment intégré dans notre réflexion les agglomérations qui sont très avancées sur des sujets pointus, ni assez pris en compte les enjeux de la 3D. Nous devons passer de notre vision plane à grande échelle à la vision 3D des villes », conclut-il. La condition nécessaire à un mariage réussi entre RUDI et la Géoplateforme... ●

PCRS : l'IGN référent national



Raster ou vecteur ?

On distingue deux types de PCRS : le « vecteur », issu de levés par mobile mapping, restitution photogrammétrique ou levé direct sur le terrain ; et le « raster », ou PCRS image, ortho-image à très haute résolution réalisée à partir de photographies aériennes à 5 cm.

En juillet 2019, la Direction générale de la prévention des risques donnait pour mandat à l'IGN d'accompagner le déploiement national des plans de corps de rue simplifiés (PCRS) en assurant l'animation du processus d'élaboration des PCRS par le partage de l'expertise, en favorisant activement l'existence du socle commun de base des PCRS sur l'ensemble du territoire, et en assurant sa diffusion sur une plateforme nationale en accord avec les acteurs nationaux. « Nous avons plusieurs partenariats en cours avec le Morbihan, l'Ille-et-Vilaine, la Haute-Garonne, l'Yonne, la Saône-et-Loire, les Deux Sèvres et la Vienne pour produire ou aider à produire du PCRS image, soit une orthophotographie d'un pixel de résolution 5 cm et d'une précision de 10 cm », explique Francis Guyot, chef de département au sein du service des partenariats et des relations institutionnelles. « Rennes dispose d'un PCRS vecteur très détaillé depuis 1995, élaboré en partenariat avec les gestionnaires de réseaux et en cours d'extension à l'échelle de la métropole. Mais celui-ci ne couvre que les centres-

bourgs. Nous allons donc affréter un avion pour effectuer des prises de vue du territoire métropolitain pour réaliser en même temps un PCRS raster ainsi que des photos obliques qui serviront à texturer les façades de notre maquette numérique », indique Cécile Tamoudi, responsable du SIG métropolitain. Les données seront mises à la disposition de la coopération public-public conclue en 2020 associant l'IGN, qui réalise le PCRS de l'ensemble de l'Ille-et-Vilaine, le Syndicat départemental de l'énergie 35, Mégalis Bretagne, ainsi que la ville et la métropole de Rennes. ●

La normalisation au cœur de l'intelligence

« **L'**IGN a su rassembler de nombreuses collectivités pour réfléchir aux spécifications au niveau national en matière de maquettes urbaines, en associant également les éditeurs de logiciels. Nous avons d'ailleurs passé une convention pour mettre notre maquette 3D

à la disposition de l'IGN afin qu'elle l'aide à élaborer le futur standard numérique au sein du Conseil national de l'information géographique (CNIG) », explique Christelle Gibon, responsable des projets innovants au SIG de Rennes Métropole. « L'enjeu est de parvenir à un consensus entre les acteurs pour que les différents systèmes

soient interopérables. L'interopérabilité n'est possible que si des normes garantissent l'échange de données », résume Dimitri Sarafinof, chef du département normalisation à l'IGN. L'institut participe également au projet MINnD, aux côtés de plus de 70 partenaires. Ce projet contribue à la transition numérique dans le domaine des infrastructures et de l'aménagement durable, par les standards (IFC, CityGML) et le développement de processus et d'outils Building Information Modeling (BIM). L'objectif IGN est d'y assurer l'interopérabilité entre les deux secteurs, celui de la géographie et celui des infrastructures. ●

DATES CLÉS

2009

Président de l'association rennaise **BUG**, qui promeut les usages du numérique au bénéfice de tous

2012

Publie chez FYP éditions
« open data : comprendre l'ouverture des données publiques »

2015

Publie chez FYP éditions
« Datanomics, les nouveaux business models des données »

2018

Coordonne le rapport de l'Administrateur général des données remis au Premier ministre
« La donnée comme infrastructure essentielle », publié à la Documentation française



© R. Erney/rat

« L'ouverture des données publiques est la règle »

Pour **Simon Chignard**, spécialiste de l'open data et conseiller stratégique chez Etalab¹, un département de la direction interministérielle du numérique, la donnée est au cœur des enjeux de demain.

Quelles sont vos missions actuelles au sein d'Etalab ?

Simon Chignard : En tant que conseiller chargé de la stratégie, j'accompagne la mise en œuvre de la politique publique de la donnée, tant sur son ouverture que sur son exploitation. À ce titre, j'ai récemment contribué aux travaux de la mission² confiée par le Premier ministre au député Éric Bothorel.

Pourquoi ouvrir les données publiques ?

S. C. : La première raison est économique. Les données publiques sont produites ou collectées dans le cadre d'une mission de service public et présentent une forte valeur de réutilisation. Au-delà de leur usage initial, elles peuvent être réutilisées pour prendre de meilleures décisions. Par exemple, utiliser des données dédiées à l'exploitation d'un réseau de transport permettant de déterminer l'emplacement le plus pertinent possible d'un nouveau commerce. La deuxième est juridique. Depuis la loi pour une République numérique de 2016, l'ouverture des données publiques est devenue la règle. La troisième est davantage sociétale. Les très nombreux téléchargements

des données liées à la Covid-19 sur la plateforme nationale data.gouv.fr témoignent de cette demande de transparence.

Quels sont les enjeux de l'open data, notamment pour les villes intelligentes ?

S. C. : L'open data a le mérite de mettre la question de la donnée à l'agenda des décideurs. Depuis près de dix ans, des métropoles françaises ont montré la voie en mettant à disposition les données publiques de leur territoire. Or, ouvrir, c'est se poser une série de questions portant sur la disponibilité, la qualité et l'exploitation. *In fine*, ces enjeux sont aussi ceux de la ville intelligente. La question de la gouvernance des données du territoire est aussi posée : quel est le rôle de la collectivité, par exemple vis-à-vis d'acteurs privés qui produisent des données sur un territoire (Airbnb par exemple) ? Ce n'est d'ailleurs pas un hasard que le projet RUDI (Rennes Urban Data Interface), explorant de nouvelles modalités de partage des données sur un territoire, financé par le programme européen UIA, ait vu le jour à Rennes, un des territoires pionniers de l'open data.

Quels sont les liens entre open data et big data ?

S. C. : D'un côté, on met l'accent sur la facilité de réutilisation, de l'autre sur le volume et la diversité des types de données produites. Là encore, la crise sanitaire a montré les bénéfices d'un meilleur partage et d'une meilleure circulation des données, qu'il s'agisse de données produites par le public et le privé, par exemple les données anonymisées des opérateurs de téléphonie mobile. En ce sens, Open et Big Data avancent de concert.

Quelle est la place des opérateurs publics dans un monde où la donnée est au cœur du modèle économique ?

S. C. : Elle est centrale. On parle beaucoup de souveraineté. Être maître de son destin pour un pays, c'est pouvoir appuyer ses décisions sur des données qu'il maîtrise de bout en bout. C'est pour cela que les producteurs des données de référence, comme l'IGN, ont un rôle central à jouer dans cette économie de la data, en encourageant la circulation des données qu'ils produisent. Le passage à la gratuité, depuis janvier 2021, des données produites par l'Institut est à ce titre une étape supplémentaire. ●

1. www.etalab.gouv.fr

2. www.gouvernement.fr/remise-du-rapport-sur-la-politique-publique-de-la-donnee-des-algorithmes-et-des-codes-sources

Du BIM au CIM

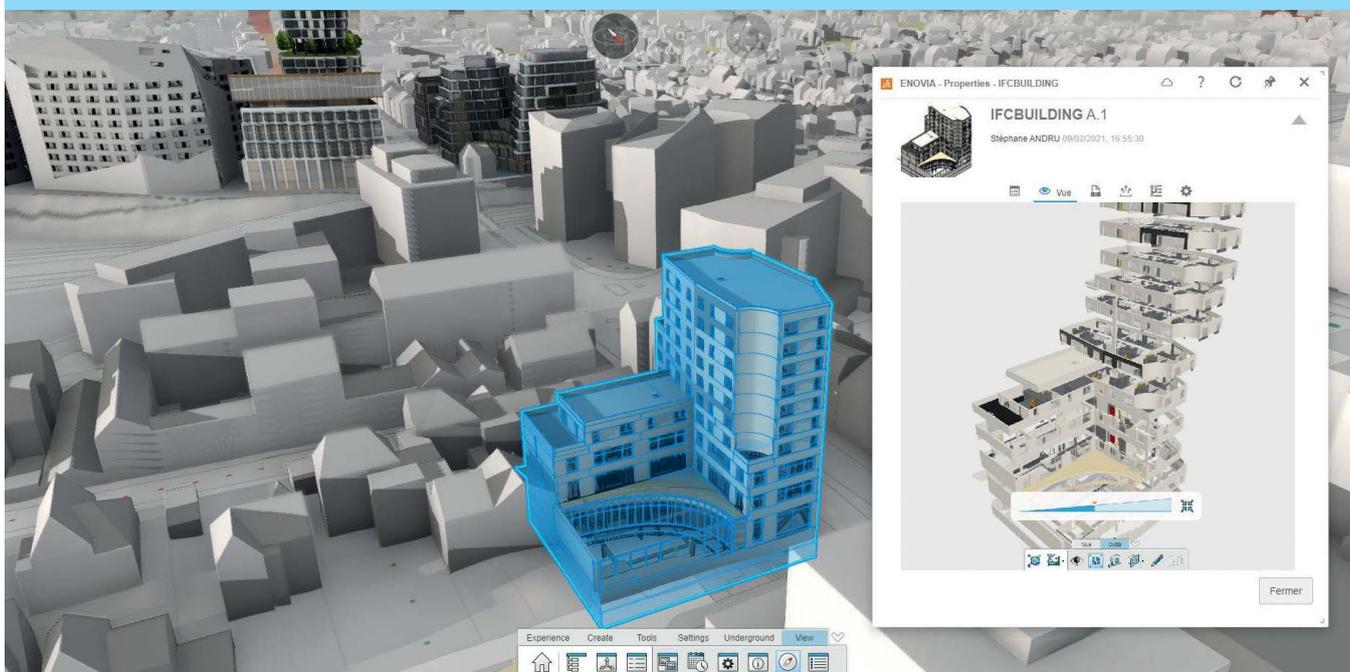
Passer du dedans au dehors, du bâtiment à la ville, de la vision de l'architecte à celle de l'urbaniste : pour cela, il faut rendre interopérables les systèmes de modélisation, dont le Building Information Modeling et le City Information Modeling.

BIM :

Le Building Information Modeling désigne la modélisation 3D d'un ouvrage et le processus de collaboration autour de cette maquette numérique. L'enjeu est que maîtres d'œuvre, architectes et maîtres d'ouvrage disposent d'un outil commun de visualisation et de partage des informations. Le standard le plus courant dans le domaine du BIM pour l'échange de données relatives à la construction est l'IFC, qui s'étend progressivement aux infrastructures.

CIM :

Le City Information Modeling est une extension du BIM à l'échelle du territoire. La description 3D de la ville et de son environnement fait l'objet d'un standard ouvert, le CityGML.



© Rennes Métropole

En intégrant le BIM dans le CIM on place un ouvrage et ses équipements dans leur environnement urbain, ce qui facilite par exemple l'instruction du permis de construire, la concertation avec le public, et la réalisation de simulations d'ombrages, de flux de circulation, ou encore d'impact sur la qualité de l'air dans le cas d'équipements industriels... À Rennes, par exemple, on souhaite que bientôt les demandes de permis soient déposées en BIM afin d'alimenter la maquette CIM du territoire.

Pour favoriser le passage du BIM au CIM, c'est-à-dire de l'échelle du bâtiment à celle du territoire, en conservant l'ensemble des informations, une démarche GéoBIM s'est mise en place en France et en Europe dès 2010, dans laquelle l'IGN et le CSTB prennent part aux activités de normalisation et aux travaux de recherche. L'IGN coordonne par exemple le projet de recherche BIOM (Building Inside/Outside Modeling) financé par l'ANR et dont l'objectif est d'automatiser au maximum la modélisation conjointe intérieure et extérieure de bâtiments existants à partir de données images et lidar acquises à partir de points de vue aériens et terrestres.

« La convergence BIM-CIM et les verrous technologiques qu'elle soulève sont au cœur de nos réflexions pour atteindre un jumeau numérique multi-scalaire, systémique et dynamique. »

Christelle Gibon, responsable des projets innovants au SIG de Rennes Métropole.



URBANISME

RENNES OUVRE ses portes à la forêt

En promouvant la construction-bois ou en s'ouvrant plus largement à la végétation, Rennes participe à l'émergence d'une ville nouvelle, plus agréable, plus vertueuse et plus durable. L'IGN est aux côtés de la filière bois régionale pour lui fournir un état précis de la ressource et de son évolution.



© Istock

Quand le bois retrouve droit de cité

La ville n'a pas toujours été l'univers minéral qu'on se représente aujourd'hui : qu'on se souvienne du Moyen Âge et ses maisons à pans de bois... Or, ce type d'utilisation apparaît aujourd'hui comme l'un des moyens d'atténuer le réchauffement climatique en séquestrant durablement du carbone. Et, dans ce domaine, Rennes et sa métropole font figure de pionnières.

« Pour assurer le retour en force du bois dans la construction tout en assurant une maîtrise des coûts, il faut atteindre une masse critique, estime Christophe Blot, responsable du Programme local

de l'habitat intercommunal. C'est l'objectif central de l'appel à manifestation d'intérêt [AMI] que nous avons lancé en 2017 et qui offre à nos communes qui s'engagent l'assistance à maîtrise d'ouvrage, assurée par Abibois, l'interprofession de la filière bois bretonne. C'est une incitation forte car, s'il est très répandu dans l'équipement collectif, l'usage du bois dans le logement garde un aspect expérimental qui peut inquiéter un adjoint aux travaux ou un directeur technique, même aguerris. » Onze projets sur 10 communes ont ainsi été mis sur les rails, pour un total de 343 logements d'une grande diversité : individuels, intermédiaires ou collectifs, portés par des bailleurs sociaux ou des promoteurs privés... Aucun n'étant encore achevé, il est encore trop tôt pour en tirer toutes les leçons, qu'il s'agisse de la reproductibilité des techniques et de la maîtrise des coûts, au cœur de la démarche. Mais plusieurs acquis se dégagent déjà. Le seuil de 36 kg par mètre carré de matériaux biosourcés – très majoritairement du bois – pressenti par Abibois comme point d'équilibre entre volontarisme écologique et compétitivité économique semble se confirmer. Des outils de calcul de la

© Rennes Métropole



Vue en perspective de l'immeuble réalisé par le cabinet Liard & Tanguy, l'Île-Ô-Bois, ZAC Beauregard, Rennes.

part de matériaux biosourcés et de décomposition de leurs coûts spécifiques sont désormais à la disposition des porteurs de projets.

De quel bois parle-t-on ?

« Surtout, la filière est en train de faire la preuve de ses capacités d'étude et de mise en œuvre, souligne Hervé Boivin, animateur construction chez Abibois. Cela rassure les élus et crée un fort effet d'entraînement. Nantes et Vannes, par exemple, s'inspirent directement de la démarche rennaise. » De son côté, Christophe Blot évalue à un millier le nombre de logements sur le territoire de la métropole indirectement liés à l'AMI.

Comme dans la ville médiévale, l'idéal, bien sûr, serait que le bois provienne des forêts environnantes. Mais l'Histoire, cette fois, joue contre la Bretagne, ne lui ayant légué qu'une ressource appauvrie (voir encadré). Craignant pour sa pérennité alors que les plantations massives de résineux réalisées jusqu'aux années 1970 sont arrivées à maturité, la filière a confié à l'IGN, en 2014, la réalisation d'un inventaire à



La forêt bretonne

Un déboisement massif jusqu'à la fin du XIX^e siècle a fait de la Bretagne l'une des régions les moins boisées de France. Son territoire est aujourd'hui couvert par 15 % de forêts, contre 31 % à l'échelle nationale. La forêt bretonne regagne du terrain, avec un accroissement biologique de 2,8 millions de m³ par an alors que seulement 1,3 million de m³ sont récoltés sur la même période (Le mémento inventaire forestier édition 2020). Son morcellement entre un nombre élevé de propriétaires ne favorise pas son exploitation optimale ni la reconstitution d'un stock de qualité, sur des sols souvent appauvris.



PAROLE
D'EXPERT

Patrice Liard
architecte, cabinet Liard & Tanguy



« Nous travaillons depuis longtemps le bois dans les équipements publics. L'AMI de Rennes Métropole nous a donné l'occasion de nous lancer dans le logement privé en bois. Contrairement aux idées reçues, le bois est tout à fait adapté aux grandes hauteurs. Dans l'immeuble de 5 étages plus attique que nous construisons dans la ZAC Beauregard, le béton est cantonné au rez-de-chaussée et aux parties communes. »

« Il faut recréer une culture de l'arbre et faire, jusque parmi les populations urbaines, la pédagogie de l'abattage, qui fait partie du cycle de la ressource. »

Gildas Prevost, animateur ressource et valorisation à Abibois



façon, pour disposer de données et de projections réalistes sur ces essences. « Nous avons visité quatre fois plus de placettes¹ d'inventaire que pour l'inventaire national, explique Frédéric Letouzé, expert à l'IGN. Ce travail a mis en évidence une ressource importante, mais parfois difficile à exploiter, largement constituée de gros pins maritimes de qualité inégale. Des innovations seront nécessaires pour les valoriser. Peut-être dans le cadre de l'actuel plan de relance, qui met l'accent sur la transition écologique. »

Depuis 2018, à Rennes, une scierie mobile transforme en bois d'œuvre la meilleure part des arbres abattus dans l'espace public, qui se retrouve ensuite bien souvent sous forme de mobilier urbain. Peut-on imaginer cycle plus vertueux ? ●

1. La méthode de l'inventaire forestier est décrite dans *IGN Magazine* n° 98, en page 16.



© Kermap

KERMAP

● ZONE DE DÉTECTION

26 Arbres	241 m³ Volume arboré
6,7 t Carbone stocké	4m10 Hauteur moyenne

Modélisation 3D réalisée par Kermap sur une partie de Rennes Métropole.

R & D

Végétation en ville : agrandir la carte des possibles

De l'arbre, on peut dire qu'il est très attendu au tournant... de la rue. Pour atténuer les effets du réchauffement climatique en apportant ombre et fraîcheur dans l'univers minéral de la ville, pour offrir aux citoyens des paysages et des espaces apaisants, pour abriter une biodiversité riche et importante... Encore faut-il qu'il soit en nombre, placé de manière favorable et en bonne santé.

« Entre l'habitat, l'activité économique, les équipements, les mobilités et les réseaux, la concurrence est rude, souligne Bertrand Martin, responsable Exploitation au sein de la Direction des jardins et de la biodiversité à la ville de Rennes. Or la densification urbaine, induite par l'objectif de "zéro artificialisation nette" à l'horizon 2030, ne va cesser de faire monter la pression. Pour défendre la place du végétal, il fallait d'abord améliorer la connaissance de l'existant, en particulier sur les espaces privés. » En 2015, l'IGN réalise une détection de la végétation arborée, croisant un modèle numérique de hauteur et des orthophotographies infrarouges. Modélisés en 3D, les arbres y figurent avec posi-

tionnement x, y et z, diamètre du houppier et hauteur. Mais les arbustes et la trame enherbée ne sont pas pris en compte. En 2017, dans le cadre d'un appel d'offres lié au programme TEPCV¹, Rennes confie à la société Kermap, une jeune pousse incubée à l'IGNfab, la mission d'aller plus loin.

Bientôt une charte de l'arbre

« Grâce à cette commande, nous avons pu mettre au point l'outil que les villes attendaient, s'enthousiasme Nicolas Beaugendre, son co-fondateur. Nous avons utilisé les photos aériennes acquises par Rennes Métropole, en particulier les vues obliques, pour dériver, à partir de la 3D, la biomasse aérienne. On peut même simuler les ombres projetées sur les façades en fonction des heures et des saisons. L'évolution pourra être mesurée tous les trois ans, à chaque nouvelle campagne d'acquisition. C'est une périodicité suffisante pour tenir à jour les documents d'urbanisme comme le PLU². » D'autres développements sont en cours pour corriger les biais pouvant fausser les comparaisons, comme l'orientation de la lumière et le stade d'activité végétative. Ils mettent à contribution les images fournies tous les



3 QUESTIONS À



Jean Nabucet

Chercheur à l'université
Rennes II

En quoi consiste la thèse que vous pilotez ?

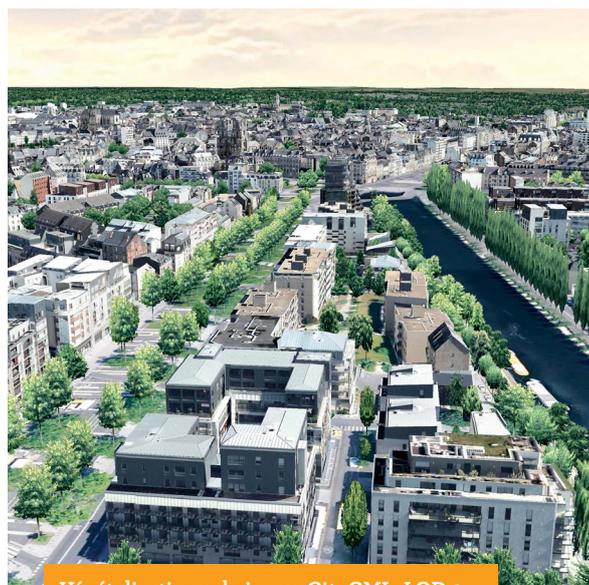
Il s'agit d'apprendre à des algorithmes à identifier, sur des images satellitaires, les incidents de parcours rencontrés par les arbres – manque d'eau, maladie, blessure, retard de croissance, etc. – puis de les relier à des causes, qui pourront être ponctuelles, comme un épisode de chaleur ou une intervention malheureuse, ou structurelles, comme l'implantation de réseaux ou l'imperméabilisation des sols alentour.

Quelle méthode allez-vous employer ?

Nous allons partir du terrain : 100 « individus », d'âges et d'essences divers, feront pendant un an l'objet d'une batterie de mesures régulières, jusqu'à la composition chimique de leurs feuilles. Nous allons aussi exhumer toutes les données disponibles sur leur environnement et leur histoire. Puis tenter de relier l'ensemble de ces éléments avec les images du satellite Sentinel-2 prises à la même période.

Sur quoi va-t-elle déboucher ?

Sur un outil utilisable par les services concernés pour cibler, parmi les milliers d'arbres qu'ils ont à suivre, ceux qui sont en stress. Grâce à lui, les collectivités pourront mieux gérer leur patrimoine arboré, sans reproduire les erreurs du passé. Car un arbre mal accompagné dans sa croissance ne rendra jamais, en 50 ou 100 ans d'existence, les services écosystémiques qu'on attend de lui dans le contexte actuel de changement climatique. C'est pourquoi il est si important que la connaissance scientifique sorte des laboratoires.



© 3DEXPERIENCE Virtual Rennes

Végétalisation urbaine en CityGMI, LOD 2.

5 ou 6 jours par les satellites... qui vont aussi être utilisées par un ambitieux programme de recherche dans le cadre d'une thèse Cifre³ co-encadrée par Rennes Métropole, le CNRS et l'ONERA⁴, visant à mettre en place un suivi sanitaire de la canopée arborée depuis l'espace (voir notre « 3 questions à... »). « La donnée évolue à un rythme tel que nos équipes disposeront bientôt d'outils incroyablement fiables et précis pour optimiser leurs interventions, estime Bertrand Martin. Pour autant, l'arbre continuera de requérir une vigilance de tous les instants. Nous sommes en effet très nombreux à intervenir sur l'espace public et il suffit d'un oublié dans la chaîne de l'information, par exemple un conducteur d'engin, pour que des mois d'efforts soient annihilés en quelques minutes. » Aussi, pour sensibiliser tous les

acteurs de l'arbre, des grands aménageurs aux simples propriétaires de jardin, la ville a lancé en 2019 la rédaction partagée d'une charte qui rappellera bientôt à chacun qu'à sa modeste place, il a son rôle à jouer. ●

1. Territoires à énergie positive pour la croissance verte.
2. Plan local d'urbanisme.
3. Conventions industrielles de formation par la recherche.
4. Office national d'études et de recherches aérospatiales.

CHIFFRES CLÉS



30 000

arbres de plus d'ici à 2026,

c'est l'objectif de Rennes, qui figure déjà dans le top 5 national des villes les plus arborées, avec 130 000 arbres sur son domaine propre.

Source : www.nosvillesvertes.fr

1 hectare

de parc équivalent à 3 000 kW de rafraîchissement, soit l'équivalent de 1 000 appareils à air conditionné.



Rendu des températures simulées par les modèles de Météo France dans un contexte urbain 3D, reprise en cours dans la bibliothèque OpenSource iTowns de recherches de l'équipe LASTIG-Geovis. Les cubes de couleur sont des points en lesquels les températures sont simulées et leur teinte correspond à une valeur de température.



© iTowns

ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

Les comprendre pour les faire reculer

Témoins de l'avancée du réchauffement planétaire, les îlots de chaleur sont au cœur des stratégies d'adaptation au changement climatique des villes. Deux programmes de recherche complémentaires tentent de faciliter leur prise en compte par la communauté scientifique comme par les acteurs locaux.

A

pparue au milieu du XX^e siècle, l'expression «îlot de chaleur urbain» (ICU) désigne des phénomènes complexes, où s'entremêlent de nombreux facteurs : conditions climatiques, topographie, couverture végétale, bâti et revêtements... Dans le contexte du réchauffement climatique, ces élévations de température localisées sont étudiées de près car leurs répercussions sanitaires et environnementales peuvent être importantes. Professeur de géographie à l'université Rennes II, Vincent Dubreuil a fait des îlots de chaleur urbains l'un de ses principaux sujets de travail depuis 2003

en concentrant les recherches de son équipe sur le territoire rennais. « *Notre première initiative a été de déployer un réseau de stations climatiques dans la métropole afin d'y suivre le développement des îlots de chaleur* », explique le chercheur. Constitué de 26 points de mesure, ce dispositif a mis en évidence un ICU en centre-ville, principalement nocturne et saisonnier, avec des écarts de températures pouvant atteindre 7°C par rapport aux abords ruraux de la ville. Ce premier maillage sera bientôt complété par un réseau d'une centaine de microcapteurs connectés qui mesurent les fluctuations des températures et du taux d'humidité en temps réel. Parallèlement, deux autres projets ont été initiés pour améliorer la compréhension des

ICU et de leurs effets. Le premier est mené en collaboration avec le Brésil autour de l'exploitation des couches infrarouges d'images satellitaires pour observer les températures de surface croisées avec des mesures physiques. Le second consistera à étudier les impacts des ICU sur la végétation, en combinant mesures climatiques, images satellitaires et études phénologiques des plantes pour voir si ces données pourraient servir de « proxy¹ » de l'évolution des îlots de chaleur. « Par ailleurs, notre équipe a récemment rejoint le Service national d'observation Observil, qui fédère 19 unités de recherche françaises sous l'égide du CNRS, annonce Vincent Dubreuil. L'objectif de cette nouvelle structure est de favoriser la mutualisation des données et des méthodes pour l'étude du fonctionnement des écosystèmes urbains. »

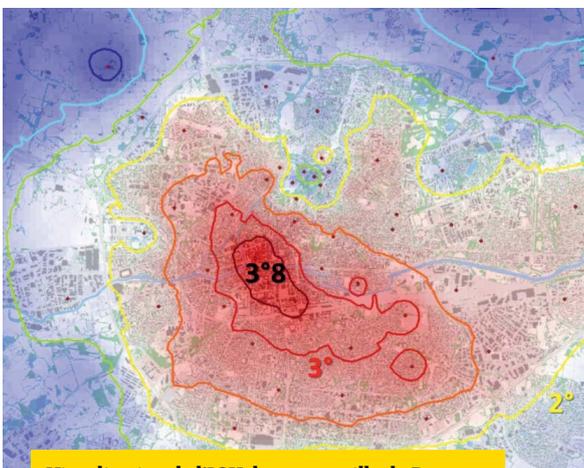
URCLIM : modéliser, cartographier et visualiser

« On retrouve la même ambition de mutualisation dans URCLIM », résume Bénédicte Bucher, directrice de recherche au sein du LASTIG². Ce projet européen lancé en 2017 réunit 8 partenaires sous le pilotage de Météo France avec l'ambition de prototyper des services climatiques urbains qui fournissent une information sur l'évolution du climat en ville et sur l'efficacité des stratégies d'adaptation. Ses travaux portent sur la modélisation de phénomènes comme les îlots de chaleur. L'IGN est impliqué à plusieurs niveaux dans le projet. Une première mission consiste à développer des méthodes de catalogage pour aider les scientifiques à utiliser les données disponibles afin de créer des cartographies à l'échelle hectométrique des paramètres urbains utiles aux études climatiques. « Sur ce chantier, les maîtres mots sont interopérabilité et transposabilité, poursuit la chercheuse. Si l'on veut pouvoir comparer les cartes de l'îlot de chaleur rennais et de celui d'Helsinki par exemple, il faut que leurs processus de construction et les sources d'information sur lesquelles elles s'appuient soient harmonisés. » Le LASTIG travaille aussi sur l'exploitation des données de télédétection, de photogrammétrie et d'apprentissage pour améliorer la représentation des caractéristiques urbaines et préparer de nouvelles générations de



« L'objectif est de favoriser simultanément la production de connaissances sur le climat urbain et leur transfert aux acteurs opérationnels. »

Bénédicte Bucher



Visualisation de l'ICU du centre-ville de Rennes.

cartes d'occupation du sol. Le dernier chantier porte sur la visualisation 3D avec l'élaboration de méthodes de restitution des données climatiques dans un contexte géographique, qui seront transposées dans iTowns, le moteur de navigation 3D d'IGN. « À terme, l'objectif est de favoriser simultanément la production de connaissances sur le climat urbain et leur transfert aux acteurs opérationnels. C'est une perspective intéressante pour l'adaptation des villes au changement climatique », indique Bénédicte Bucher en conclusion. ●

1. Dans les sciences expérimentales et sociales, un proxy est une variable de substitution qui n'est pas significative en soi mais qui remplace une variable non mesurable ou observable.

2. LASTIG : www.umr-lastig.fr



UNIVERSITÉ GUSTAVE-EIFFEL

Sense City, démonstrateur d'innovations urbaines unique en Europe

Implantée au cœur de la cité Descartes, à Paris-Est, la chambre climatique Sense City est un dispositif expérimental unique en matière de recherche et d'innovation. Son objectif : étudier les processus urbains majeurs afin de mieux prévoir la ville de demain.

Classée « Équipement remarquable » de l'Université Gustave-Eiffel depuis le 1^{er} janvier 2020, Sense City est une chambre climatique sur laquelle sont construites des portions de territoire d'une surface totale de 800 m², appelées mini-villes. La chambre climatique, montée sur rails, se déplace selon les besoins sur un des deux espaces d'expérimentation. Ceux-ci sont équipés de réseaux de micro-capteurs et de nanocapteurs qui étudient la pollution de l'air, de l'eau et des sols, et qui analysent en continu la

performance de matériaux et d'aménagements urbains. « *Un des intérêts principaux de l'équipement est de mener les recherches à l'échelle réelle. Il ne s'agit pas ici de maquettes, ce sont de vrais objets - bâtiments, trottoirs, fenêtres -, mais de petite taille. On peut ainsi placer de nombreux éléments dans un espace restreint* », explique Anne Ruas, coordinatrice du projet.

La chambre climatique et la première mini-ville ont été inaugurées en mars 2018. 122 capteurs y ont alors été branchés et effectuent régulièrement des mesures sur la qualité de l'air, la météo ou la consommation énergétique des

bâtiments. Un des deux espaces dispose d'un sous-sol afin d'étudier la détection de réseaux, la géothermie et la pollution des sols. Un chalet en fibre de bois et des panneaux solaires ont été installés début 2019. Puis la « mini-ville 2 » a été inaugurée fin 2019. Sa vocation : analyser l'apport de la végétation et de l'eau en ville pour développer de nouvelles solutions lors des canicules ou assurer de meilleurs écoulements en période de pluie. En 2021, une maison en argile crue doit être construite pour explorer – ou redécouvrir – les propriétés thermiques de ce matériau ancien sous différents climats.

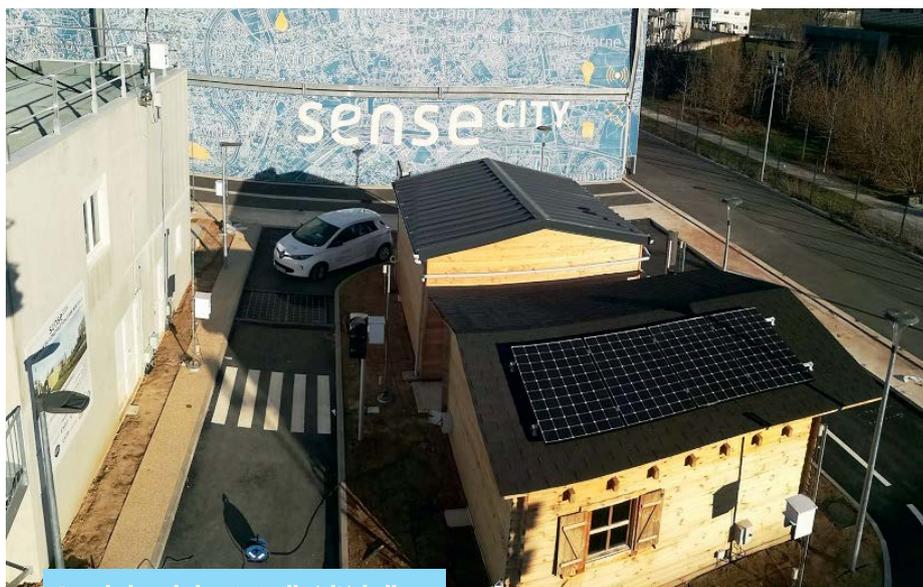
Programmer des canicules

« Dans la chambre climatique, des conditions météorologiques spécifiques peuvent être programmées sur des durées déterminées et les expériences peuvent être renouvelées autant que nécessaire, reprend Anne Ruas. Il est possible, par exemple, de programmer des canicules sur des périodes de plusieurs semaines et d'examiner les effets de cette canicule sur la pollution, l'apport et la résistance de la végétation ou la calibration des capteurs. Une mini-ville est faite pour porter un ensemble d'expérimentations sur des durées de quelques jours à plusieurs mois selon les besoins exprimés. »

Une illustration des nombreuses recherches menées dans la « mini-ville 1 » : la route dépolluante par nanostructures d'oxyde de zinc. Cette expérience dirigée en juillet 2019 par Yamin Leprince, professeure à l'université Paris-Est, et Marie Le Pivert, doctorante, a montré l'efficacité des matériaux innovants de Sense City. Une portion de route bitumée a été recouverte de nanostructures d'oxyde de zinc - ZnO - et un muret de carrelages recouverts de ZnO a été construit. Dans la chambre hermétique de mini-ville 1, la pollution a été volontairement créée par un véhicule en accélération et le simulateur solaire. Résultat : la concentration de NOx a été significativement diminuée en présence des surfaces dépolluantes.

Accélérateur de projets de recherche

Autre exemple de recherche, celle menée par Julien Waeytens, chercheur à l'Université Gustave-Eiffel, sur les modèles et mesures pour un diagnostic thermique ciblé du bâtiment. « En France, le secteur tertiaire et résidentiel représente 45 % des consommations énergétiques. Dans le contexte de dérèglement climatique et d'épuisement des ressources, la réduction de ces consommations devient un enjeu majeur. Il est donc utile d'identifier les éléments de bâtiment entraînant de fortes déperditions. C'est ce que nous avons cherché à faire : une stratégie numérique a été proposée pour réaliser un diagnostic thermique ciblé des bâtiments, détaille le 



Les chalets de la mini-ville à l'échelle 1.

© Sense City



« Dans la chambre climatique, des conditions météorologiques spécifiques peuvent être programmées sur des durées déterminées. »

Anne Ruas





Un doctorant effectue la maintenance de capteurs de qualité de l'air.

« Sense City facilite et accélère les projets de recherche appliquée sur l'innovation urbaine. »



» chercheur. Nous avons reproduit dans Sense City un scénario de climat hivernal et exploité les données des capteurs afin de valider la méthode numérique proposée. » Les résultats obtenus ont fait l'objet de publications dans des revues internationales.

Pour le chercheur, Sense City offre un modèle intermédiaire entre les travaux en laboratoire et les observations dans la ville réelle, où l'environnement est non maîtrisé. « Pour valider nos travaux, il est important de faire plusieurs fois les mêmes essais avec des paramètres différents. C'est une des grandes plus-values de cet équipement : il facilite et accélère les projets de recherche appliquée sur l'innovation urbaine. » Julien Waeytens a ainsi travaillé sur plusieurs programmes en 2019 et 2020. « Que ce soit sur la qualité de l'air, de l'eau ou sur le thermique, Sense City génère des jeux de données réelles et fournit des informations que l'on n'aurait pu obtenir en ville. » ●

3 QUESTIONS À



Frédéric Bourquin

Directeur du département COSYS
(Composants et systèmes) à l'Université
Gustave-Eiffel.

Dans quel contexte le projet Sense City s'est-il inscrit au départ ?

À l'origine, sur la période 2011-2019, Sense City était un ÉQUIPEX, équipement d'excellence du Programme d'investissement d'avenir de l'Agence nationale de la recherche, doté d'un budget de 9 millions d'euros. Désormais complètement opérationnel, Sense City est devenu un équipement emblématique de l'Université Gustave Eiffel (UGE). Créée en janvier 2020, l'UGE rassemble six établissements d'enseignement supérieur et de recherche de Paris, dont l'IFSTTAR.

Quels sont les enjeux principaux de cet équipement inédit ?

Sense City constitue aujourd'hui un laboratoire d'innovation urbaine générique bien adapté à la mise au point, à l'échelle 1, de solutions pour comprendre, mesurer, prédire le métabolisme urbain au sens large et y remédier. Il représente une belle opportunité d'accélérer la visibilité internationale de la technologie française : plusieurs records du monde en nanotechnologies y ont été établis pour la mesure précise à bas coût. La création de valeur entrepreneuriale est un de ses enjeux majeurs. Quatre start-up ont fondé leur offre de valeur ajoutée sur des données obtenues sur Sense City. On peut citer les systèmes de nanosondes pour la qualité de l'eau, validés sur le réseau de Sense City, qui se trouvent actuellement déployés en Inde ; ou les systèmes Altaroad, qui pèsent les camions à la sortie des plus gros chantiers du Grand Paris Express. De beaux projets concernant la dépollution de l'air, les capteurs nouvelle génération ou une plateforme microgrid - réseau électrique basse tension - sont également très prometteurs.

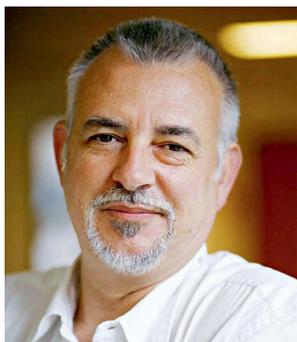
Comment Sense City peut-elle « doper » la recherche sur l'innovation urbaine ?

Préparer la réponse aux grands enjeux sociétaux passe par de la recherche en conditions réelles et protégées, sans mettre en danger le citoyen. Cela sous-entend de réaliser des expériences dans un endroit où l'on peut faire des erreurs, et où l'on peut recommencer ses essais selon quantité de paramètres différents. L'équipement autorise également de passer plus rapidement à un niveau de maturité technologique avant commercialisation (TRL5). En démontrant que ce qui fonctionne en labo fonctionne dans la réalité, Sense City accélère le « time to market » des projets innovants.

3DEXPERIENCE City Virtual Rennes : de la maquette au jumeau numérique

Commandée pour célébrer le passage à l'an 2000, la maquette 3D numérique de la ville de Rennes est devenue, vingt ans plus tard, un véritable outil d'aménagement et de planification de la métropole, avec un périmètre élargi adossé à une offre de services innovants.





« Dès 1996, nous étions en mesure d'afficher des objets sans limitation de volume ni de textures. »

François Gruson



Ingénieur de l'École centrale Paris, option construction civile, François Gruson a également obtenu un diplôme d'architecte pour lequel il s'est consacré à l'étude de la représentation depuis le Moyen Âge. Un cursus qui le prédisposait à devenir un pionnier de la maquette numérique.

La naissance d'Archividéo

« À Rennes, un laboratoire de l'école d'architecture disposait d'un relatoscope, un appareil d'exploration de maquettes au moyen d'une caméra endoscopique. J'ai vite compris que la synthèse d'images associée à un processus de conception assistée par ordinateur présentait un intérêt supérieur, en s'affranchissant de la maquette physique avec ses décors et personnages de train électrique », raconte-t-il. Pour passer de l'idée aux projets, François Gruson fonde Archividéo en 1985, qui met en images de synthèse projets architecturaux et opérations d'aménagement. « J'ai commencé à m'intéresser aux bases de données urbaines, en particulier à l'ancêtre de la base de données TOPO® de l'IGN ainsi qu'à l'association de photographies aériennes aux modèles numériques de terrain. La première ville que j'ai modélisée fut Saint-Brieuc. Mais le véritable déclic est venu lorsque nous avons réalisé, pour la ville d'Aulnay-sous-Bois, un plan d'occupation des sols en 3D. Les services d'urbanisme de la ville disposaient d'une orthophotographie à 16 cm, d'un



© Dassault Systèmes

modèle numérique de terrain très détaillé, des emprises de tous les bâtiments, mais il nous a fallu simuler leurs hauteurs au moyen de règles, car nous n'avions pas les données. Malgré cela, élus comme citoyens ont été emballés », se souvient François Gruson. Pour Rennes, la maquette 3D réalisée par Archividéo permet de voyager dans le temps, de parcourir la ville d'hier, celle d'aujourd'hui, et de se projeter dans les aménagements futurs. « Cette maquette nous a initialement servi pour communiquer auprès du grand public, avec de la texturation générique. En 2007, grâce à des photographies aériennes obliques réalisées par l'IGN, nous avons disposé de texturations réelles ce qui a démultiplié les usages. La maquette a été un véritable outil de médiation urbaine », raconte Cécile Tamoudi, responsable du SIG de Rennes Métropole. Les premiers usages techniques sont apparus progressivement : calcul des hauteurs des bâtiments pour les interventions des pompiers, simulation de croissance d'arbres pour vérifier les aménagements paysagers, impact des constructions futures sur l'ensoleillement d'un bâtiment... « Aujourd'hui la maquette est devenue une plateforme qui aide à construire, suivre et évaluer les politiques publiques en croisant différents types de données : comment les mesures du plan climat-air-énergie territorial influent-elles sur la qualité de l'air ? Quelle est la surface de sols imperméabilisés ? Quel est l'impact sur la biodiversité de tels aménagements ? » énumère Cécile Tamoudi.



Projet de réaménagement en promenade des Portes bordelaises, le rempart médiéval de Rennes, sur la plateforme 3DEXPERIENCity Virtual Rennes.

3DEXPERIENCity

« La maquette 3D est devenue un jumeau numérique de la métropole, c'est-à-dire un socle de données connecté aux autres systèmes de la ville et du territoire, mobilisant la coopération de l'ensemble des acteurs publics et privés, et en particulier les citoyens », souligne Christelle Gibon, responsable des projets innovants à Rennes Métropole. En 2013, François Gruson vend Archividéo à Dassault Systèmes, qui l'intègre à sa plateforme Internet de réalité virtuelle 3DExperience. Avec cette acquisition, l'éditeur de logiciels va développer et déployer des jumeaux numériques à Singapour, Hong Kong, Jaipur mais aussi en France, à l'échelle de la région Grand Est, et bien sûr dans la métropole bretonne, où la maquette 3D est devenue la plateforme 3DEXPERIENCity Virtual Rennes, à la suite d'un partenariat engagé en 2017. « Notre centre de recherche et développement sur la ville intelligente est resté basé à Rennes, où nous avons d'excellentes relations avec la métropole et les nombreuses PME du pôle de compétitivité Images et réseaux », précise Simon Huffeteau, vice-président Construction, villes et territoires chez Dassault Systèmes. Ces PME contribuent à développer des services sur le jumeau numérique du territoire : modélisation de la consommation d'énergie des propriétaires occupants, intégration des avis des citoyens dans une interface de réalité augmentée participative, reconstitution de la végétation urbaine pour mesurer les ombrages ou les îlots de chaleur... Présent dès le début de l'aventure, l'IGN continue à alimenter le jumeau numérique rennais puisque ses systèmes de détection automatique de la végétation ont servi à réaliser la modélisation complète des arbres du territoire, y compris dans les espaces privés. ●



Modélisation du quartier de la gare de Rennes sur la plateforme 3DEXPERIENCity Virtual Rennes.

Christine Zanin

Enseignante-chercheuse en géographie et en cartographie, Christine Zanin partage sa passion pour les cartes avec le plus grand nombre, que ce soit en siégeant au bureau du Comité français de cartographie ou au sein de l'Association internationale de cartographie, ou encore en cosignant *Mad Maps*, un atlas haut en couleur qui démontre avec humour que les cartes ne sont ni neutres ni sages.



La cartographie est un sport de combat

« **J**e passe mon temps entre le Sud et le Nord », annonce d'emblée Christine Zanin. Elle fait allusion à ses déplacements continuels entre sa résidence varoise de Lorgues et son pied-à-terre parisien à Vincennes, mais la formule pourrait résumer son enfance. À l'âge de 2 ans, elle quitte sa Provence natale dans les pas de son père employé par des organismes affiliés à l'ONU et enchaîne voyages, missions et séjours à l'étranger. Sa scolarité commence en espagnol, dans les écoles communales mexicaines, se poursuit en portugais au Brésil dans la capitale Brasilia qui vient de sortir de terre, puis reprend dans des collèges ruraux de Colombie... En 1978, elle obtient le bac au lycée français de Washington DC avec dans ses bagages un goût prononcé pour les voyages, une intense curiosité et une passion pour le théâtre, auquel elle veut consacrer sa vie. « Mon père n'envisageait pas que j'arrête les études. Je me suis donc inscrite, sans beaucoup de conviction, en histoire à Paris I. J'ai vite réalisé que ce qui me plaisait c'était surtout la géographie,

« **Multiplier les cartes décale le regard.** »

et j'ai fait une double licence, avant d'abandonner l'histoire puis le théâtre au profit des cartes, qui m'avaient accompagnée tout au long de mon enfance nomade. » Après un DESS de cartographie, Christine Zanin fait une thèse sur la qualité de vie dans les villes françaises de plus de 50 000 habitants pour

laquelle elle dessine ses cartes à l'encre de Chine, les colorie à la main. « Aujourd'hui encore, je fais dessiner et colorier des cartes à mes étudiants en master professionnel Carthagéo », souligne-t-elle, poussant la malice jusqu'à leur faire concevoir et tracer des cartes sentimentales donnant à voir leurs émotions ou leurs parcours de vie. « Ce type d'exercice permet de s'initier à la sémiologie de la cartographie, de comprendre les règles qui régissent la réalisation d'une carte, cet objet graphique qui doit parler immédiatement à l'œil », explique-t-elle. Beaucoup des jeunes cartographes qu'elle forme se perçoivent désormais comme des géomaticiens, plus disposés à coder qu'à dessiner. « Ils en oublient parfois les fondamentaux de la représentation, optant pour des aplats de couleurs pour figurer des variables quantitatives de stocks que des cercles proportionnels restitueraient bien mieux », déplore-t-elle.

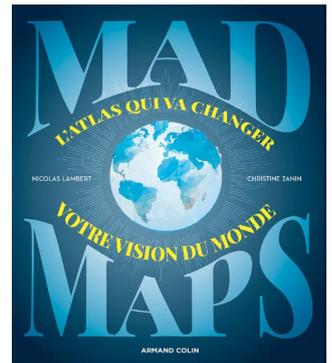
Un instrument d'orientation

Au sein de l'unité mixte de service RIATE, sous la double tutelle du CNRS et de l'Université de Paris, qu'elle codirige entre 2006 et 2013 puis qu'elle dirige jusqu'en 2017, elle ren-

contre Nicolas Lambert, ingénieur de recherche en SIG. Avec lui, elle réalise un « Atlas interactif des régions européennes »¹ qui permet d'observer une même variable avec 35 cartes différentes. De leur collaboration naîtront deux livres, publiés chez Armand Colin, un *Manuel de cartographie* en 2016, puis *Mad Maps*, en 2019, sous-titré « L'atlas qui va changer votre vision du monde ». « Nous avons failli appeler ce livre "La cartographie est un sport de combat". L'idée est de montrer que les cartes ne sont jamais neutres, qu'elles orientent le regard dans tous les sens du verbe. Nous invitons le lecteur à perdre le nord pour changer de point de vue », explique-t-elle. Ainsi, dans *Mad Maps*, on trouve aussi bien le monde vu par les artistes que par les astronomes, une carte des fonds sous-marins et une autre représentant les inégalités entre les femmes et les hommes, un planisphère orienté sud ou centré sur la Chine...

« La manière dont les choses sont représentées sur une carte influe sur notre lecture et notre compréhension. Une carte toute rouge ne produit pas le même effet qu'une carte en noir et blanc. En même temps qu'il témoigne de l'extrême richesse de la cartographie, *Mad Maps* invite aussi à se méfier des cartes et à apprendre à les lire », souligne Christine Zanin. ●

1. Voir riate.cnrs.fr/?p=4745



BIOGRAPHIE

1961

Naissance de Christine Zanin, le 28 janvier, à Aix-en-Provence

1983

Maîtrise de géographie à l'université de Paris I et naissance de son premier enfant.

1991

Maître de conférences à Lyon II

2009

Reçoit avec Nicolas Lambert le prix de l'innovation de l'université Paris-Diderot pour l'Atlas interactif des régions européennes

2016

Cosigne avec Nicolas Lambert le Manuel de cartographie, chez Armand Colin

2019

Parution de Mad Maps, coécrit avec Nicolas Lambert, chez Armand Colin

repères

LE WEBZINE

Des clés pour comprendre le monde de l'information géographique et forestière





La forêt en France : portrait-robot

Près d'un tiers du territoire métropolitain est couvert de forêt. Ce patrimoine d'une grande diversité biologique place la France quatrième dans le classement des États européens les plus boisés. Mais que sait-on vraiment de l'état de nos forêts ? Et comment produit-on les données de référence à leur sujet ? Entrez dans les coulisses des statistiques forestières...

[En savoir plus →](#)



ign

MAGAZINE



TÉLÉCHARGEZ
GRATUITEMENT
IGN MAGAZINE
sur www.ign.fr



Téléchargez le magazine
en scannant ce QR code !

Naissance d'un webzine

Nouveau venu, ce webzine *Repères* veut créer un réflexe « expertise IGN » auprès du grand public. Son ambition est de faire connaître l'activité de l'IGN et d'offrir des clés pour comprendre le monde de l'information géographique et forestière.



Pour en savoir plus

<https://www.ign.fr/reperes>