

# DES VILLES ET DES HOMMES

## CROISSANCE URBAINE ET DÉFIS HUMAINS

La ville est sans cesse plus complexe et soumise à de nombreux défis. Pour y répondre, la télédétection est utilisée sur tous les fronts : elle aide à mettre à jour l'information nécessaire, améliore les outils de diagnostic et génère de nouveaux indicateurs de la qualité de vie.



En 2008, notre planète a atteint le point d'inflexion où la population urbaine globale a dépassé la population rurale. Le nombre de citadins est passé d'un homme sur dix en 1990 à plus d'un homme sur deux aujourd'hui. En 1970, Tokyo et New York étaient les seules agglomérations de plus de dix millions d'habitants. Depuis, le nombre de mégapoles a décuplé et continue de croître, et ce principalement dans les pays en développement. Quant aux cités de plus d'un million d'habitants, elles se comptent par centaines, en Europe occidentale notamment, où plus de deux habitants sur trois sont citadins. La ville est donc confrontée aux grands enjeux de la durabilité, à l'intersection de la cohésion sociale, du développement économique et de la préservation de l'environnement. Elle est au cœur d'une gestion en évolution continue et pour laquelle les outils de télédétection se révèlent très utiles.

### MIEUX CERNER LA DYNAMIQUE URBAINE

La ville est animée de changements quasi permanents. Ses limites extérieures sont sans cesse repoussées et en son sein, les restructurations



Les projets MAMUD, ASIMUD, VALI-URB et BIOHYPE ont été financés par le programme national de recherche en Observation de la Terre Stereo II de la Politique scientifique fédérale belge (BELSPO).  
Plus d'infos : [eoedu.belspo.be](http://eoedu.belspo.be) > Coin des profs ; [eo.belspo.be](http://eo.belspo.be) > Directory > Projects

## DES VILLES ET DES HOMMES

de quartiers, les nouvelles constructions ou la création d'espaces verts se succèdent. Ces changements affectent tant l'environnement humain que naturel. Pour maintenir la qualité de vie des habitants face à cette dynamique, les autorités locales doivent impérativement en connaître les causes, la chronologie et les effets. Plusieurs projets de recherche ont étudié ces paramètres en s'appuyant sur les informations spatiales et temporelles de plus en plus détaillées fournies par la télédétection.

Le projet **MAMUD** a ainsi utilisé des images à haute résolution et des séries temporelles à moyenne résolution pour mesurer l'impact de la croissance urbaine sur la structure du paysage et sur l'accessibilité des zones vertes pour les

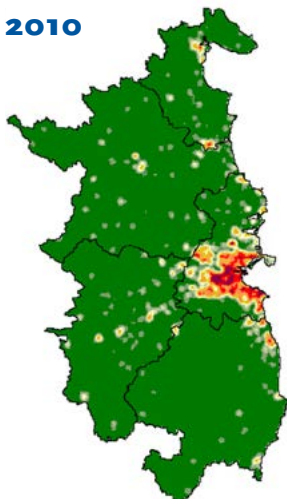
résidents. Les méthodes ont été développées et testées pour les villes de Dublin et Istanbul. Toutes deux ont en effet connu une expansion considérable : alors que Istanbul absorbe continuellement l'exode rural depuis près d'un demi-siècle, Dublin a été dopée par une forte effervescence économique, du début des années 1990 à la crise financière de 2008.

Un autre projet, **VALI-URB**, a exploré comment les images à haute et très haute résolution peuvent encore améliorer la caractérisation du tissu urbain et des changements qu'il subit. L'étude a porté spécifiquement sur l'évolution, dans la ville et sa périphérie, des surfaces bâties et de la végétation, toutes deux constituant un équilibre fragile qu'il faut suivre en continu.

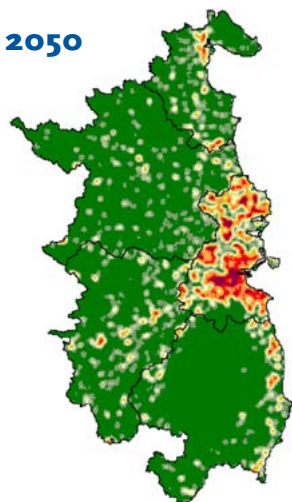


Vues satellites d'Istanbul en 1990 (en haut : image Landsat 5 à 30 m de résolution) et en 2009 (en bas : image SPOT 5 à 10 m de résolution). Sur ces images en fausses couleurs, l'extension de la ville est nettement visible en gris-vert.

2010



2050



Degré d'urbanisation de la ville de Dublin en 2010 et projection pour 2050.

## VERS UN MODÈLE PLUS JUSTE

La gestion urbaine se fait souvent à l'aide de modèles qui simulent l'évolution probable de la situation. La Commission européenne et ses grandes instances comme l'Agence européenne de l'Environnement les utilisent pour évaluer l'impact de nouvelles directives et recommandations. En affinant l'extraction d'information sur l'occupation du sol en milieu urbain à partir des données satellitaires, le projet **MAMUD** a pu améliorer tant les cartes existantes que le modèle de croissance urbaine **MOLAND** utilisé depuis 2002.

Un tel modèle requiert, outre des paramètres comme les catégories socio-économiques, la topographie ou l'infrastructure routière, des informations spatiales détaillées sur l'occupation des espaces urbains. Les images satellitaires sont ici très utiles, même si l'occupation du sol ne peut être dérivée directement des mesures spectrales. Une méthode a donc été développée pour déduire l'occupation des sols à partir des formes urbaines, grâce à des cartes dérivées des images satellitaires qui rendent compte de la structure et de la densité du bâti. Cette information permet ensuite de calibrer le modèle **MOLAND**, c'est-à-dire d'ajuster ses paramètres de façon à obtenir un accord optimal entre l'occupation des sols prévue et celle réellement observée par télédétection.

Le projet **ASIMUD**, quant à lui, s'est penché sur le degré d'incertitude des prédictions. Celui-ci dépend des incertitudes liées tant aux paramètres initiaux qu'aux données de référence utilisées pour la calibration. Les chercheurs ont développé une méthode de calibration automatique qui

intègre, à chaque étape de la procédure de simulation, des données satellitaires récentes d'occupation des sols. En termes très simples, l'équipe a démontré qu'en assimilant certaines données réelles dans la dynamique de simulation, le modèle devient plus performant : il valide les données confirmées et supprime les autres, réduisant ainsi le degré d'incertitude de l'ensemble et la chaîne. L'algorithme développé a été mis à la disposition des utilisateurs potentiels, sous la forme de scripts de programmation (en langage informatique Python) sous licence Open Source. Ces avancées profitent notamment au *Ruimte Model Vlaanderen*, un modèle d'occupation des sols utilisé comme outil d'aide à la décision par plusieurs organismes flamands (*Agentschap voor Natuur en Bos*, *Vlaamse MilieuMaatschappij*, *Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*).

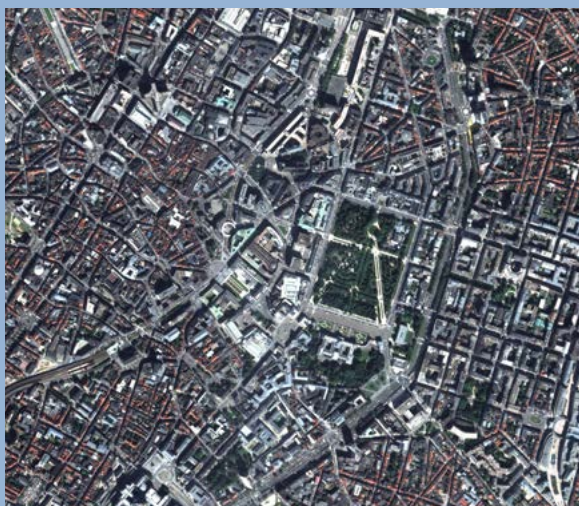
## DES PIXELS IMPERMÉABLES

De grande ampleur, le projet **MAMUD** a également exploré l'impact de la croissance urbaine sur l'hydrologie. Les constructions de bâtiments ou d'équipements urbains (parkings, routes asphaltées, etc.) réduisent en effet fortement la perméabilité des sols. Cette imperméabilisation massive limite l'infiltration normale des eaux de pluie et accélère le ruissellement, ce qui augmente et aggrave les risques d'inondation en cas de fortes intempéries. Traversée par trois cours d'eau, la ville de Dublin subit fréquemment de tels épisodes qui mettent ses habitants en danger et provoquent des dégâts matériels importants.

Dans le nord de la ville, le bassin versant de la rivière Tolka, particulièrement vulnérable, a servi de zone d'étude. Assistés par le Conseil municipal de Dublin et le Trinity College, les chercheurs ont pu établir, à partir des séries temporelles satellitaires, des cartes détaillant le coefficient de ruissellement dans le bassin versant pour 1988 et 2001. Leur comparaison met en évidence l'importante augmentation des surfaces imperméables, à coefficient élevé, ce qui reflète bien le phénomène d'urbanisation durant cette période. Sur cette base, un modèle de prédiction des inondations a été développé. Il tient compte non seulement des données pluie/débit mais également des changements dans la densité des différentes affectations du sol (résidentiel, commercial, industriel, récréatif, etc.). Pour les autorités, de tels outils permettent d'orienter les politiques et les décisions d'aménagement vers des choix plus sûrs.



## PLÉIADES, DES CAPACITÉS INÉDITES POUR LA CARTOGRAPHIE URBAINE



Très peu de temps après leur lancement, les satellites Pléiades ont délivré des images directement utiles à de nombreux projets de recherche. Lancés respectivement en décembre 2011 et 2012, les satellites jumeaux Pléiades 1A et 1B forment une constellation de nouvelle génération qui complète les services offerts par les satellites SPOT. En orbite à 694 kilomètres d'altitude, les satellites Pléiades peuvent prendre jusqu'à 1000 clichés par jour avec une capacité de revisite quotidienne. Légers et agiles, ils sont capables de tourner sur eux-mêmes pour varier les angles de vue, ce qui permet d'acquérir des images stéréoscopiques grâce auxquelles le relief du terrain peut être restitué. Si leur champ de vision est plus étroit que celui des satellites SPOT, leur résolution spatiale, en revanche, atteint 50 centimètres, ce qui autorise un véritable zoom sur les zones observées. Précision, répétitivité, stéréoscopie, les images Pléiades ont tous les atouts pour la cartographie du tissu urbain, particulièrement hétérogène et soumis à des changements fréquents.

Les satellites Pléiades ont été développés sous la responsabilité du CNES, l'Agence spatiale française, mais parmi les pays partenaires du programme, la Belgique occupe une place importante. En retour de cette participation, la Politique scientifique fédérale peut offrir un quota d'images à tarifs préférentiels aux utilisateurs établis en Belgique qui remplissent une mission de service public, pour accomplir des tâches dans le cadre de cette mission et pour des services non-marchands. Elle a donc mis en place un système de distribution et d'archivage de données Pléiades, appelé Belgian Pléiades Archive. Pour en savoir plus, visitez le portail *Belgian Pléiades Archive*: [pleiades.belspo.be](http://pleiades.belspo.be)

## UN MAILLAGE VERT SANS ACCROC

Si l'aménagement du territoire nécessite de bons outils d'aide à la décision, c'est aussi le cas pour les politiques environnementales qui y sont intimement liées. Adhérant aux efforts collectifs de gestion "verte" et durable, les villes s'engagent à respecter une série d'impositions locales et européennes (Directive Habitats, Stratégie paneuropéenne pour la diversité biologique et paysagère, etc.).

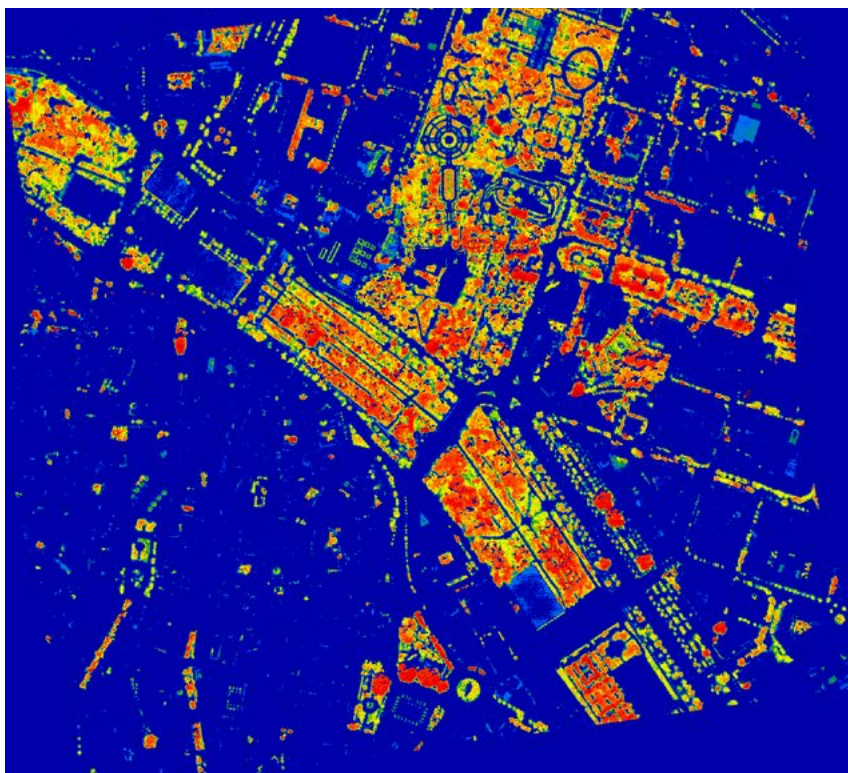
Mesure de la fluorescence chlorophyllienne induite par le rayonnement solaire grâce à un spectromètre portatif.

La Région bruxelloise, par exemple, est soucieuse de préserver et d'entretenir le maillage vert qui quadrille la ville. En milieu urbain, les zones

vertes remplissent de nombreuses fonctions: elles régulent la pollution et l'écoulement des eaux, elles constituent pour les citoyens un poumon d'aération dans un tissu urbain très dense et, lorsqu'elles sont connectées, elles assurent la continuité des corridors écologiques qui libèrent le passage des espèces animales et végétales vers les zones vertes environnantes.

Pour obtenir une information à jour sur ces corridors, le projet **VALI-URB** a étudié comment caractériser et répertorier la totalité des espaces verts bruxellois: ceux de l'espace public mais aussi les éléments moins accessibles comme les toitures végétales, les sentiers privés, les jardins ou les parcs à l'intérieur des îlots. L'imagerie satellitaire offre en effet une vue de la totalité des superficies urbaines, y compris ces zones vertes hors d'atteinte. De plus, les satellites de dernière génération, comme Pléiades, fournissent des images de vastes étendues, avec une résolution qui atteint 50 centimètres, ce qui permet un inventaire cartographique précis et l'analyse des changements. Les chercheurs, en combinant des données satellitaires à différentes échelles avec des cartes topographiques existantes, ont développé une méthode de cartographie des corridors écologiques consolidée et reproductible. Élaborée à Bruxelles, la méthode a été transposée et testée sur deux villes françaises de moyenne importance: Strasbourg et Rennes, et ce en partenariat avec des universités locales et certaines autorités intéressées par ces résultats pour la gestion de leur territoire.





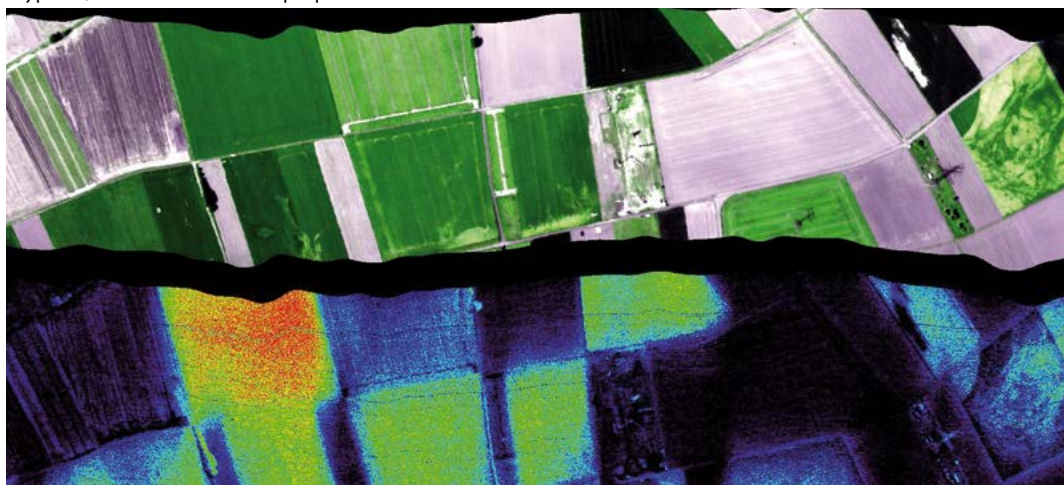
Pour la ville de Valence, les valeurs d'un index de végétation (extrait de données hyperspectrales) représentées en couleurs permettent de visualiser les arbres individuellement.

## LA VÉGÉTATION, SENTINELLE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

La qualité de l'air est un autre grand défi urbain. Elle est localement influencée par l'agencement des rues et l'importance du trafic qui y circule. Les indices de qualité de l'air auxquels nous sommes maintenant habitués sont calculés à partir des concentrations de plusieurs polluants atmosphériques, mesurées séparément (CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ozone, etc.).

À la recherche d'une approche plus intégrée, le projet **BIOHYPE** s'est intéressé à la végétation urbaine, constamment exposée à l'ensemble des polluants. Le feuillage pollué, qui a accumulé les différentes substances pendant toute sa saison de croissance, ne réfléchit pas la lumière exactement de la même manière qu'un feuillage sain, non stressé. Son observation par télédétection pourrait donc être un bon indicateur du niveau de pollution, tout comme le canari suffoquant dans la mine de charbon donnait l'alerte sur le manque d'oxygène.

Fluorescence de différents types de végétation, capturée par le capteur aéroporté Hyplant, dans le cadre de la préparation de la mission FLEX de l'ESA.



Copyright: U. Rascher, Forschungszentrum Jülich.

## L'INDICATEUR À SUIVRE : LA FLUORESCENCE

Le projet, réalisé en collaboration avec l'Université de Valence en Espagne, a été mené sur deux sites d'étude, les villes de Gand et de Valence. Quatre espèces d'arbres courantes dans les rues de cette dernière ville ont été sélectionnées; des échantillons d'arbres implantés dans des zones de trafic intense ont été observés et comparés à d'autres situés dans des zones plus calmes. Une batterie complète de mesures de réflectance ont été relevées soit directement sur le terrain, soit grâce à un spectromètre aéroporté.

En plus du rayonnement solaire réfléchi, les plantes émettent une radiation faible, la

fluorescence chlorophyllienne. Les chercheurs ont pu mettre en évidence que celle-ci variait effectivement en corrélation avec l'intensité du trafic urbain. Les premiers résultats tendent donc à montrer que la fluorescence pourrait à terme devenir un bio-indicateur de pollution intéressant, par exemple pour orienter des politiques de protection des habitants et évaluer l'impact des mesures mises en place.

L'Agence spatiale européenne prévoit d'ailleurs une mission spécifiquement consacrée à la fluorescence, avec le lancement du satellite FLEX – pour *Fluorescence Explorer*.