



13. ANALYSE DES SURFACES NON BÂTIES EN RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE PAR INTERPRÉTATION D'IMAGES SATELLITAIRES

1. Introduction

L'abondance, le type, la qualité, le statut (en particulier l'accessibilité publique) ainsi que la répartition et la connectivité des différents types de végétation constituent des éléments importants de la qualité de vie et de l'environnement en milieu urbain. A ce titre, le suivi qualitatif et quantitatif des espaces verts et, plus largement, de la végétation et des espaces non bâtis fournit de précieuses informations pour une gestion durable de la ville.

Différentes sources, apportant des informations de nature différentes et complémentaires, peuvent être utilisées pour assurer ce suivi : télédétection (photos aériennes et images satellitaires), enquêtes de terrain, bases de données administratives (cadastre, espaces verts, aménagement du territoire, voiries), etc.

La télédétection est susceptible de contribuer significativement au monitoring de l'évolution du milieu urbain et, en particulier, de changements de l'occupation du sol. Cette technique présente en effet des atouts notamment en terme de vision synoptique (par exemple, à l'échelle d'une ville et de sa périphérie), de reproductibilité des données (suivi dans le temps, comparaison avec d'autres entités géographiques), ou encore, de combinaison des données obtenues avec d'autres types de données au sein de systèmes d'information géographiques.

Cette fiche présente succinctement les principaux résultats d'une étude commanditée par Bruxelles Environnement et visant à analyser l'évolution des espaces non bâtis en Région bruxelloise via une méthode basée sur l'exploitation d'images satellitaires.

2. Cadre de l'étude

L'étude (en anglais) « Actualisation de la cartographie et analyse de l'évolution des zones (vertes) non bâties en Région de Bruxelles-Capitale », réalisée en 2010 (sur base des données satellitaires datant du printemps 2008) à la demande du département « Statégie Espaces verts », comporte 3 parties :

- Cartographie des espaces non-bâtis (~ verts) basée sur des données récentes de télédétection haute résolution (Région bruxelloise);
- Analyse de l'évolution des espaces non-bâtis (~ verts) dans et autour de la Région de Bruxelles-Capitale au cours des dernières décennies (Région bruxelloise et alentour sur une distance de 5 km au-delà des limites régionales) ;
- Description de processus d'urbanisation d'espaces verts ayant eu lieu en Région bruxelloise illustrée par une dizaine d'exemples concrets.

Cette fiche synthétise les principaux résultats de la première partie de cette étude. Le document complet peut être téléchargé à partir du centre de documentation du site web de Bruxelles Environnement.

3. Présentation des résultats

3.1. Cartographie des espaces non-bâtis (~verts) basée sur des données récentes de télédétection haute résolution

La première partie de l'étude submentionnée se concentre sur l'exploitation de données satellitaires haute résolution pour :

- Estimer la superficie couverte par la végétation en Région bruxelloise et cartographier sa répartition spatiale ;
- Analyser la répartition entre végétation de type ouvert et fermé (~dense) ;
- Analyser la fragmentation et l'isolement des espaces verts.



L'estimation de la couverture végétale s'est basée sur l'utilisation d'une image mosaïque orthorectifiée construite à partir d'images satellitaires haute résolution (pixel de 2,4 mètres x 2,4 mètres) prises par le satellite Quickbird entre le 20 mai et le 2 juin 2008. La première étape de l'analyse a consisté à réaliser une distinction entre zones vertes et non vertes en se basant sur un indice de végétation. De manière générale, le principe de ces indices consiste à établir des liens entre certaines caractéristiques des végétaux et les réflectances obtenues à certaines longueurs d'onde. L'indice utilisé dans le cadre de cette étude est l'indice de végétation par différence normalisée (Normalized Difference Vegetation Index ou NDVI) qui se base sur les propriétés de la végétation à réfléchir les ondes de longueur d'onde se trouvant dans le proche IR et à absorber celles se trouvant dans le rouge (pic d'absorption de la chlorophylle). La construction de cet indice, couramment utilisé, permet de distinguer de manière assez fine les zones ombragées, quantitativement importantes en milieu urbain. En théorie, les valeurs de l'indice comprises entre -1 et 0 correspondent aux surfaces autres que les couverts végétaux et celles comprises entre 0 et +1 correspondent à des couverts végétaux, d'autant plus denses que l'indice est élevé. Pour les sols nus, l'indice présente des valeurs proches de 0 (UVED). Dans le cadre de cette étude un pixel a été considéré comme « vert » lorsque l'indice NDVI était supérieur à 0,275.

Selon les auteurs de l'étude, la comparaison visuelle des résultats obtenus en suivant la méthodologie décrite ci-dessus avec l'examen de photos aériennes à grande échelle a montré que les espaces verts pouvaient être délimités avec précision en recourant à l'analyse d'images satellitaires haute résolution.

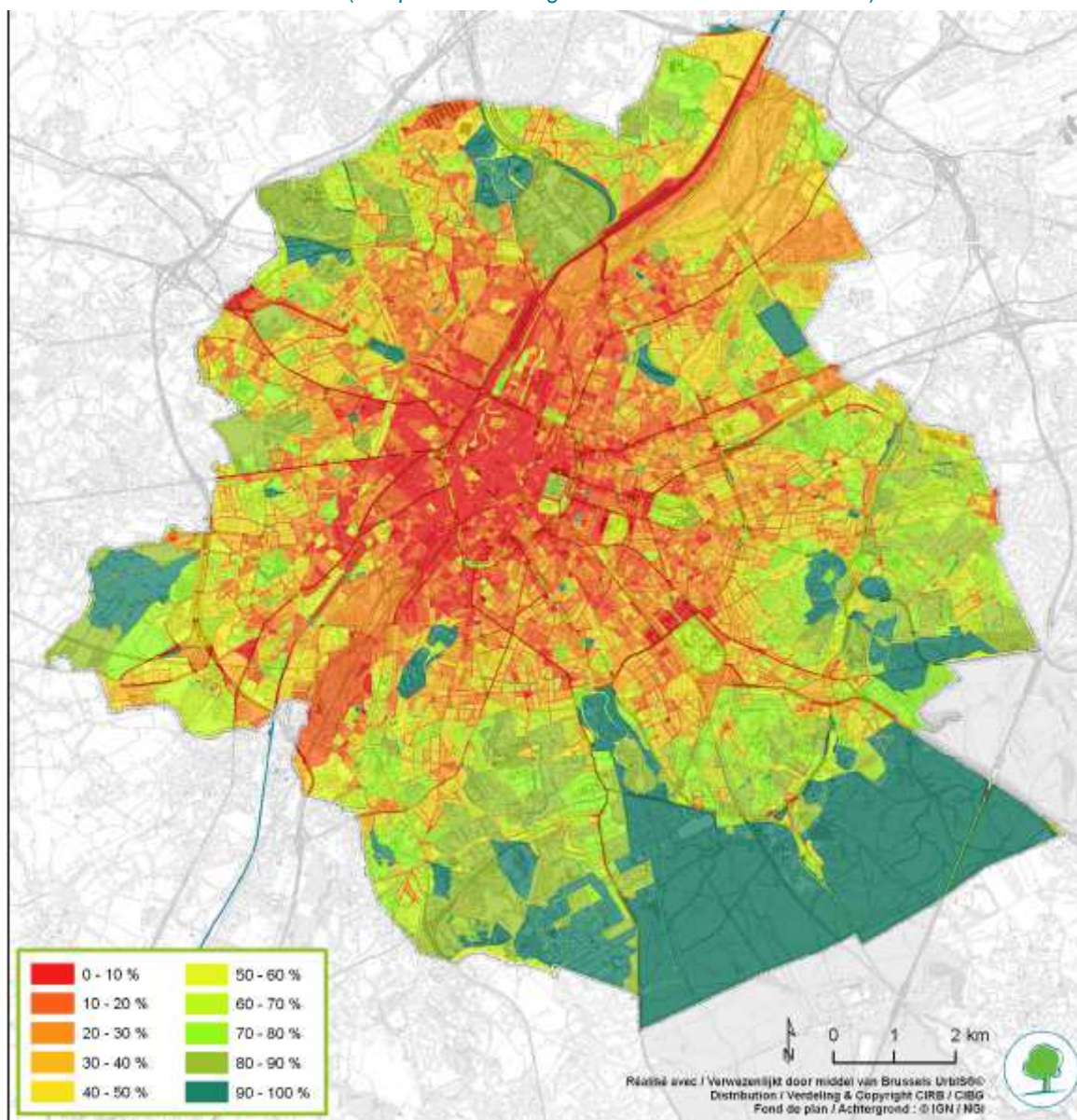
L'exploitation des images satellites haute résolution montre que la végétation couvre 54% du territoire régional. Dans le cadre de cette étude un pixel a été considéré comme « vert » lorsque l'indice NDVI était supérieur à 0,275. Il existe d'importantes variations entre le centre, peu verdurisé, et la périphérie, formant une véritable ceinture verte autour de la ville. Les zones vertes se concentrent en particulier dans le sud-est, l'est et le nord de la Région, notamment autour de la Forêt de Soignes, dans la vallée de la Woluwe, Neerpede, Ganshoren, Jette, Laeken et Neder-Over-Heembeek. Une présence notable de végétation s'observe en outre le long d'axes majeurs de communication.



Carte 13.1

Degré de verdurisation (en pourcentage de couverture végétale par îlots URBISⁱ) en Région de Bruxelles-Capitale (2008)

Source : Van de Voorde et al. 2010 (interprétation d'images satellitaires haute résolution)



En 1997, l'IGEAT- assisté par le laboratoire de botanique systémique et de phytosociologie de l'ULB ainsi que par le bureau d'étude COOPARCH - avait également cartographié les espaces verts de la Région bruxelloise et ce, à la demande de Bruxelles Environnement. Cette cartographie a été réalisée à partir de plusieurs types de données : données topographiques numériques de l'IGN (échelle 1:10.000^{ème}, 1989), photos aériennes infrarouge Eurosense (échelle 1:4.000^{ème}, avril 1996), données administratives et cadastrales URBIS (échelle 1:1.000^{ème}) et enquêtes de terrain complétées par des

ⁱ Bases de données cartographiques et alphanumériques de la Région de Bruxelles-Capitale



documents divers. Dans cette étude, le taux de verdurisation (défini comme la superficie occupée par la végétation ligneuse, herbacée, cultivée et aquatique) a été calculé pour chaque îlot délimité dans la géométrie Urbis à partir des informations récoltées. Le calcul de ce taux inclut tous les espaces verdurisés quels qu'ils soient (y compris jardins, espaces verts associés à la voirie, etc.).

Selon cette étude, les espaces verts (pris au sens large c'est-à-dire y compris jardins, espaces verts associés à la voirie, talus de chemin de fer, cimetières, etc.) occupaient dans les années '90 une superficie de 53% du territoire bruxellois (voir fiche « Degré de verdurisation et espaces verts », 2002).

La comparaison des résultats de ces 2 études ne permet toutefois pas de conclure que la superficie d'espaces verts est pratiquement restée identique entre les 2 inventaires. Les méthodes ne sont en effet pas comparables par exemple en terme de résolution (plus petites superficies prises en compte pour établir le pourcentage de verdurisation). D'autres sources de non comparabilité peuvent par exemple provenir de la façon dont la couronne des arbres est prise en compte (c'est-à-dire selon que l'on considère comme verdurisée la surface projetée au sol ou uniquement la base du tronc), des précisions apportées par le travail de terrain, des dates de prises de vue aérienne, de la prise en compte ou non des espaces bâtis au sein des espaces verts, des difficultés d'interprétation liées aux ombres du bâti, etc.

Une autre étude commanditée en 2006 par l'ex-administration de l'équipement et des déplacements (aujourd'hui Bruxelles Mobilité) met d'ailleurs clairement en évidence la progression régulière des surfaces imperméabilisées (non vertes) entre 1955 et 2006 (Vanhuyse et al., 2006). Selon cette étude, basée sur l'analyse détaillée de données cartographiques et de télédétection, le taux d'imperméabilisation au niveau régional est passé d'environ 40% en 1993 à environ 47% en 2006. Les 53% restants correspondent à des espaces verts au sens large (jardins, bois et forêt, parcs, friches, cimetières, stades sportifs, etc.). L'évaluation des taux à l'échelle communale met également en évidence l'importance du bâti dans les communes les plus centrales.

En tout état de cause, les trois études ont mis en évidence les très importantes disparités entre le centre, peu verdurisé, et la périphérie, formant une véritable ceinture verte autour de la ville. Les zones vertes se concentrent en particulier dans le sud-est, l'est et le nord de la Région, notamment autour de la Forêt de Soignes (qui à elle-seule représente 1 657 ha soit un peu plus de 10% du territoire bruxellois), dans la vallée de la Woluwe, Neerpede, Ganshoren, Jette, Laeken et Neder-Over-Heembeek. Une présence notable de végétation s'observe en outre le long d'axes majeurs de communication (Bruxelles Environnement 2012).

3.2. Cartographie des espaces verts ouverts et fermés

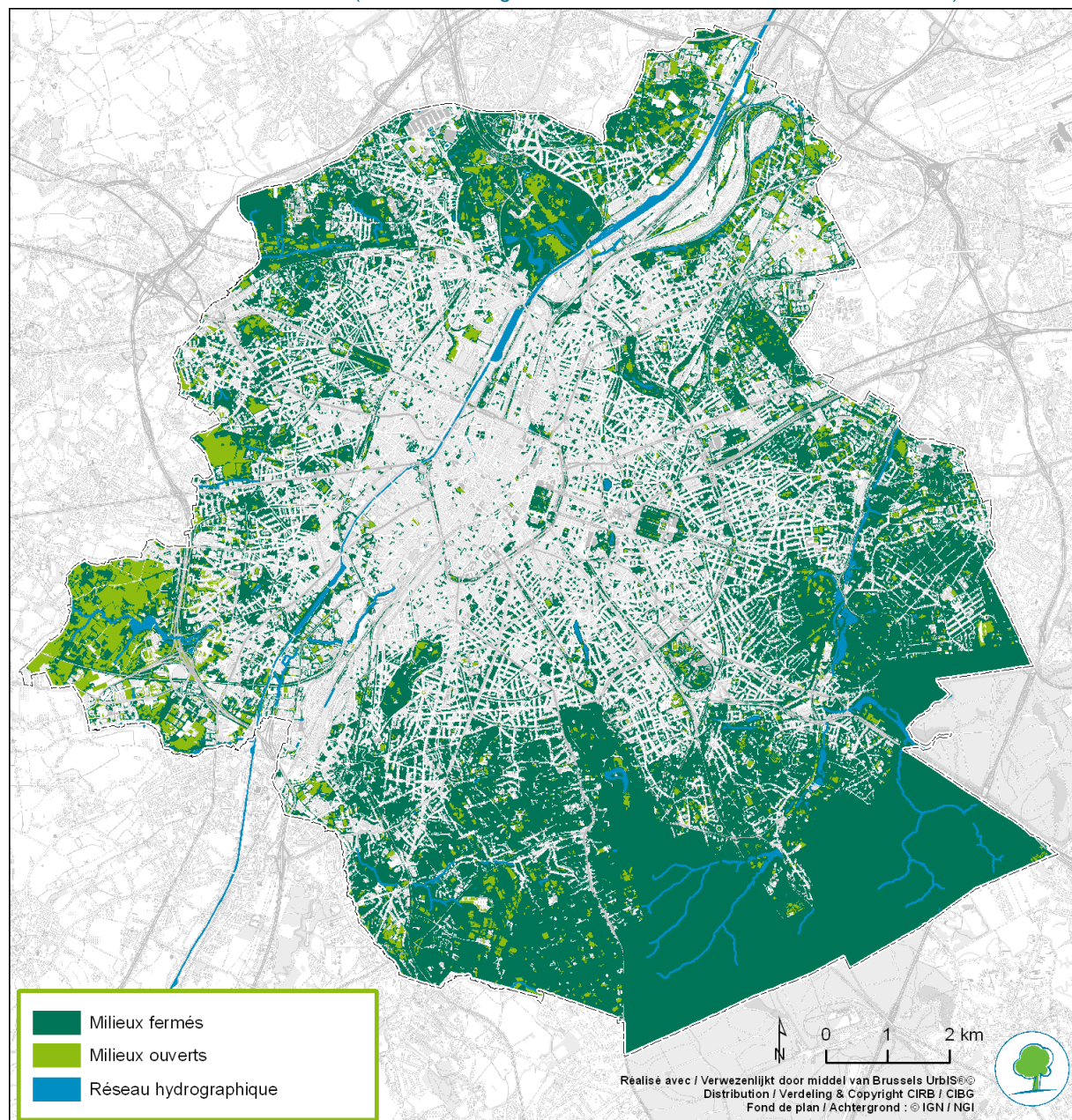
La seconde étape de l'analyse a été d'opérer une distinction entre milieux naturels ouverts (pelouses, prairies, terres agricoles) et milieux fermés ou denses (bois, parcs et jardins avec arbres et buissons) en se basant sur l'information spectrale et la texture de l'image (variabilité de teinte entre pixels).



Carte 13.2

Localisation des espaces verts en Région de Bruxelles-Capitale et répartition entre milieux fermés et ouverts à l'échelle des îlots URBIS (sous-estimés par la méthode de détection utilisée)

Source : Van de Voorde et al. 2010 (sur base d'images satellitaires haute résolution datant de 2008)



Comme dans les autres entités urbaines, l'analyse montre qu'en Région bruxelloise la majeure partie des zones vertes consiste en végétation fermée (principalement arborée). Selon cette analyse, les milieux fermés (denses) représentent 44% de la superficie régionale tandis que les milieux ouverts couvrent de l'ordre de 10% du territoire. Rappelons que la forêt de Soignes couvre à elle seule plus de 10% de la superficie régionale.

**Tableau 3.3**

Aperçu quantitatif des espaces verts en Région de Bruxelles-Capitale et répartition entre milieux ouverts et fermés (sous-estimés par la méthode de détection utilisée)

Source: Van de Voorde et al, 2010 (sur base d'images satellitaires haute résolution datant de 2008)

	Superficie (ha)	% de la superficie totale de la RBC
Végétation totale	8 713,9	54,0%
Milieux ouverts	1 572,2	9,7%
Milieux fermés	7 141,8	44,3%

La part de milieux ouverts est cependant sous-estimée car l'analyse par télédétection classe automatiquement les arbres isolés (et donc aussi les arbres d'alignements) dans la catégorie "milieux fermés". De nombreux jardins et de grandes parties de parcs ont ainsi été cartographiés en milieu fermé, alors qu'ils se caractérisent justement par une alternance de milieux ouverts et denses. La superficie totale de milieux ouverts est donc sensiblement supérieure à 1 572 hectares. Les plus grandes zones de milieux ouverts ont par contre été correctement détectées (Bruxelles Environnement, 2012).

Par ailleurs, compte tenu du fait qu'une partie des sols des parcelles agricoles était nue lors de la prise des images satellitaires analysées, l'analyse a été complétée par les données sur les parcelles agricoles de la couche « maillage vert » disponible pour la Région bruxelloise. Si les parcelles agricoles n'étaient pas identifiées comme vertes via l'analyse des images satellites, elles ont été considérées comme des espaces verts de type ouverts.

Comme le souligne le « Rapport Nature » (Bruxelles Environnement, 2012), les grandes zones de milieux ouverts se concentrent surtout dans l'ouest et le nord de la région. La zone rurale de Neerpede (Anderlecht) est la porte bruxelloise du Pajottenland. Du côté du Scheutbos, du Hoogveld et du Kattebroek et, dans une moindre mesure, des vallées du Geleytsbeek et du ruisseau de Verrewinkel, on trouve aussi d'importantes continuités de milieux ouverts avec la Région flamande limitrophe.

La Forêt de Soignes, la vallée de la Woluwe et les zones boisées d'Uccle forment, avec les quartiers résidentiels situés entre elles, la plus grande bande de milieux denses (fermés) d'un seul tenant. Dans le nord de la région, on remarque surtout les bois de Jette, le Domaine royal et Neder-Over-Heembeek (Val du Bois des Béguines).

3.3. Analyse de la fragmentation et de l'isolement des espaces verts

L'analyse de la fragmentation des espaces verts a mis en évidence différents éléments :

- Les superficies de végétation ouverte sont fortement fragmentées : la région compte 350 parcelles de végétation ouverte plus grandes que 0,5 ha qui ont en moyenne une superficie de 1,8 ha (la moitié ont cependant moins de 0,8 ha, chiffre correspondant à la médiane), cette moyenne étant néanmoins sensiblement plus élevée dans la « sous-région » du Nord Ouest (voir carte ci-dessous) de la Région (3,3 ha) ;
- La région compte 1 687 parcelles de végétation fermée d'une superficie supérieure à 0,5 ha qui ont en moyenne une superficie de 3,5 ha, cette moyenne étant toutefois nettement supérieure dans la « sous-région » Sud et Sud Est (5,96 ha) en raison de la présence de la forêt de Soignes ;
- Par comparaison avec ce qui précède, les espaces verts fermés sont moins fragmentés puisque l'analyse a dénombré 352 parcelles denses d'une superficie supérieure à 3 ha et qui en moyenne ont une superficie de 12,62 ha. Pour les superficies fermées de plus de 5 ha, 205 parcelles d'une superficie moyenne de 18,9 ha ont été recensées.

Pour pouvoir procéder à cette analyse à l'échelle de la parcelle, la carte « raster » originale du couvert végétal (résolution à l'échelle des pixels de 2,4 m) a été généralisée en utilisant une unité de

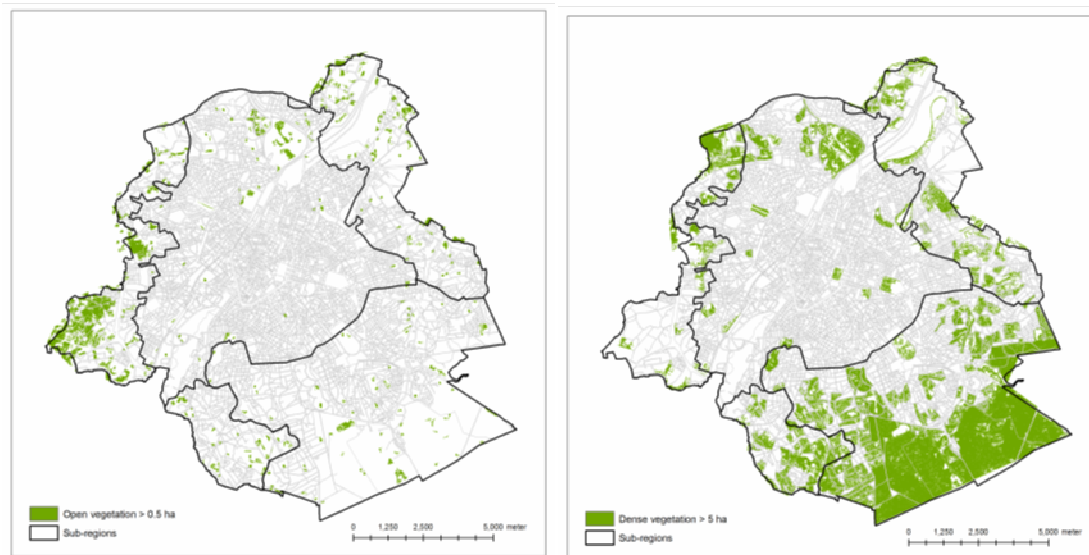


cartographie de 100 pixels (parcelle de 576 m²) au niveau des îlots et de 50 pixels (288 m²) au niveau des routes.

Carte 13.4

Localisation, par sous-régions, des parcelles d'espaces verts ouverts de plus de 0,5 ha et des espaces verts denses (= fermés) de plus de 5 ha

Source : Van de Voorde et al. 2010 (sur base d'images satellitaires haute résolution datant de 2008)



Pour analyser la connectivité spatiale entre espaces verts, il importe de prendre en compte l'éloignement entre parcelles. Cette approche s'avère essentielle en milieu urbain où les barrières physiques, en particulier les infrastructures routières, sont spécialement nombreuses.

Les cartes de fragmentation reprises ci-dessous présentent une vue intéressante de la connectivité spatiale des espaces verts en Région bruxelloise. Elles ont été établies en considérant l'éloignement entre parcelles de même type (milieu ouvert de plus de 0,5 ha, milieu fermé/dense de superficie comprise entre 0,5 et 5 ha et milieu fermé/dense de superficie supérieure à 5 ha). Plus la distance minimale d'une parcelle à une autre parcelle du même type est importante, plus cette parcelle est considérée comme faiblement connectée (isolée).

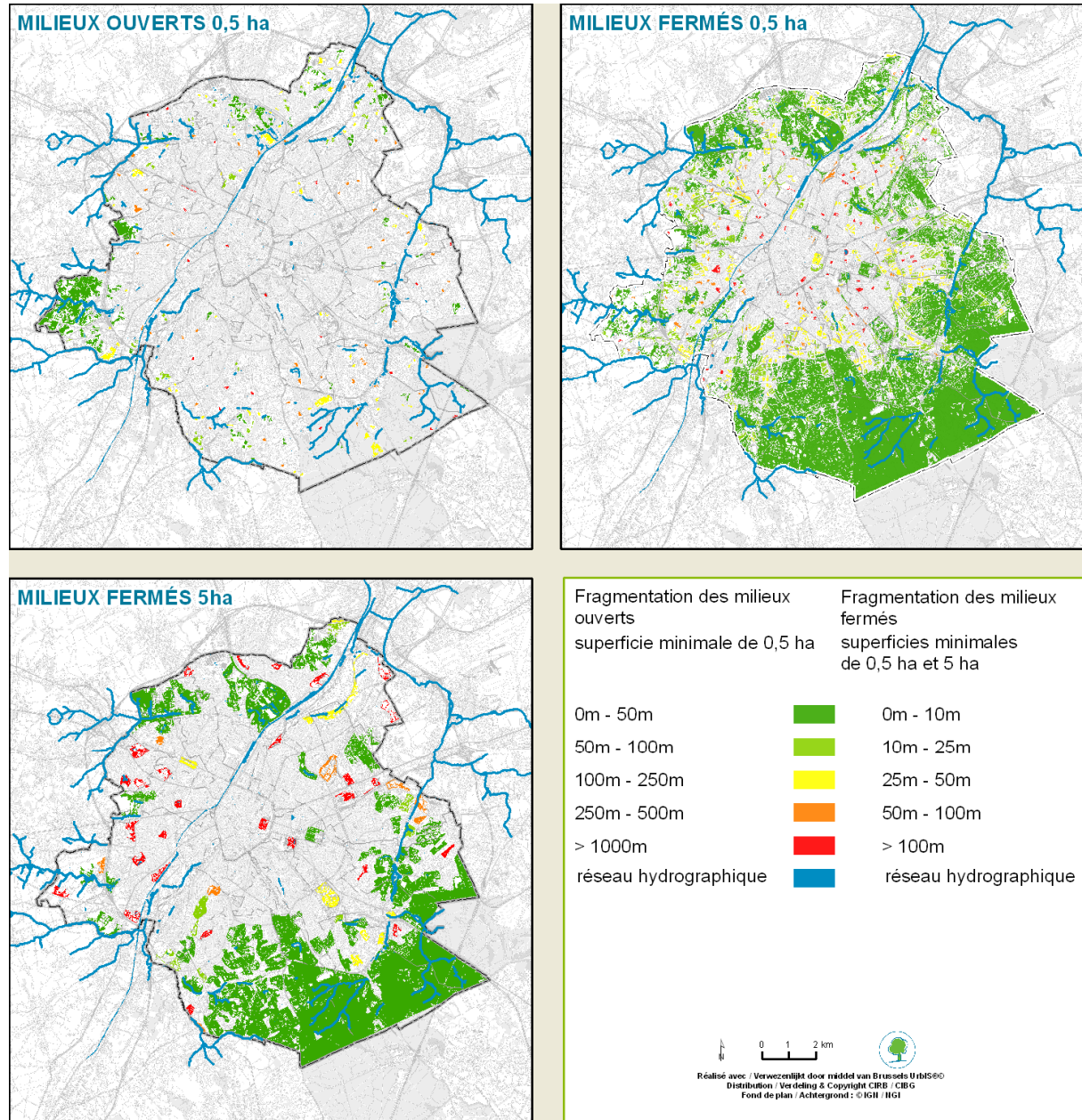


Carte 13.5

Carte de fragmentation des espaces verts

Source : Van de Voorde et al. 2010 (sur base d'images satellitaires haute résolution datant de 2008)

Le résultat rendu est basé sur la plus petite distance entre une tache de végétation et sa voisine la plus proche (= nearest neighbour analyse). Seules les taches d'au moins 0,5 ha de milieux ouverts ou d'au moins 0,5 ou 5 ha de milieux fermés ont été prises en compte dans l'analyse.



Le tableau ci-dessous présente cette approche de manière quantitative. Il fournit notamment, par type d'espaces verts (milieu ouvert de plus de 0,5 ha, milieu fermé/dense de superficie comprise entre 0,5 et 5 ha et milieu fermé/dense de superficie supérieure à 5 ha), le pourcentage de parcelles se trouvant à une distance inférieure à 10 mètres d'une parcelle de même type. Les résultats sont également ventilés par sous-régions.



Tableau 13.6

Nombre et superficie de parcelles selon type d'espaces verts (ouverts/fermés), taille, sous-régions biologiques et éloignement à d'autres parcelles de même type

Source: Van de Voorde et al, 2010 (sur base d'images satellitaires haute résolution datant de 2008)

	Nombre de parcelles	% de parcelles dont distance à une parcelle de même type		Surfaces (ha)	
		< 10 mètres	≥10 mètres	moyennes	médianes
EV ouverts > 0,5 ha					
Ensemble RBC	350	19	81	1,8	0,8
Sous-régions périphériques	260	21	79	1,8	-
Nord Ouest	85	49	51	3,3	1,1
Nord Est	73	11	89	1,1	0,8
Sud Est	31	6	94	1,1	0,8
Sud et Sud Ouest	71	3	97	1,1	0,7
Reste de la RBC	90	16	84	1,8	-
EV fermés > 0,5 ha					
Ensemble RBC	1 687	68	32	3,5	1,2
Sous-régions périphériques	1103	80	20	4,4	-
Nord Ouest	153	63	37	2,8	1,2
Nord Est	268	81	19	2,5	1,2
Sud Est	134	85	15	3,5	1,7
Sud et Sud Ouest	548	83	17	6,0	1,5
Reste de la RBC	584	46	54	1,8	-
EV fermés > 5 ha					
Ensemble RBC	205	72	28	18,9	8,5
Sous-régions périphériques	171	76	24	19,7	-
Nord Ouest	14	29	71	15,3	8,7
Nord Est	31	52	48	10,6	8,2
Sud Est	22	82	18	12	8,3
Sud et Sud Ouest	104	88	12	24,7	7,9
Reste de la RBC	34	53	47	14,9	-

Cette analyse de la fragmentation des espaces verts met en évidence le fait que seule une fraction limitée (19%) des espaces verts ouverts se trouve à moins de 10 mètres d'une autre parcelle verte de type ouvert. Ces espaces ouverts connectés se trouvent essentiellement dans la zone rurale de Neerpede aux confins de la commune d'Anderlecht.

Pour les espaces verts fermés, une part importante des parcelles se situe à moins de 10 mètres d'une autre parcelle densément couverte (respectivement 68% et 72% à l'échelle régionale selon que l'on considère les espaces verts de plus de 0,5 ha ou de plus de 5 ha).

Le centre et la périphérie ne se distinguent pas seulement par leur degré de verdurisation mais également par la connectivité spatiale de leurs espaces verts. Sans surprise, celle-ci est moindre dans les zones plus centrales où la plupart des espaces verts correspondent à des îlots intérieurs de jardins au cœur d'îlots d'habitations. Il n'en reste pas moins que le morcellement des habitats naturels constitue également un problème en terme de biodiversité dans la couronne verte de la région. En effet, outre l'éloignement entre parcelles mis en évidence sur base de l'analyse des images satellites, la connectivité entre espaces verts est également liée au type de végétation, à sa



valeur biologique ou encore, à la présence de barrières physiques telles que des voiries et clôtures (sous-détectées dans le cadre de cette analyse).

4. Conclusion

Par essence, les villes constituent des territoires particulièrement dynamiques en terme de changements d'affectation de l'usage des sols.

Dans de nombreux domaines de la gestion urbaine liés à l'aménagement de l'espace, tant à l'échelle régionale que locale, il est fondamental de disposer de données géolocalisées permettant d'avoir un état des lieux et un suivi de ces modifications : extension du bâti, imperméabilisation de parcelles, disparition de friches ou d'espaces verts ou, a contrario, création de nouveaux espaces verts (y compris en toiture), modification de la hauteur de bâtiments, inventaires des arbres d'alignement en voirie, etc. La collecte et la mise à jour de ces données nécessitent des ressources humaines et financières importantes.

La télédétection constitue un outil intéressant d'acquisition et d'analyse de données géolocalisées, permettant un inventaire et un suivi dans le temps - selon une méthodologie reproductible, relativement simple et rapide à mettre en œuvre - des changements en matière d'utilisation de l'espace, notamment au niveau des espaces verts. A cet égard, selon l'étude présentée partiellement dans cette fiche, la végétation couvrait en 2008, de manière très inégale, 54% du territoire bruxellois essentiellement par des formations fermées (bois, parcs et jardins avec arbres et buissons). Dans l'interprétation de ces données, il convient néanmoins d'être attentif au fait que la superficie considérée comme verte inclut la couronne des arbres. Par ailleurs, la prise de vue aérienne rend également difficile la distinction entre milieux ouverts et milieux fermés à l'échelle de petits espaces verts comprenant des arbres isolés (jardins) ou des rangées d'arbres le long des voiries.

Le recours à l'interprétation d'images satellitaires a également permis de tenter une quantification du phénomène de morcellement des espaces verts, phénomène qui constitue une entrave au développement de la biodiversité en limitant les possibilités de dispersion de certaines espèces. Cette approche ne permet néanmoins pas de rendre compte de tous les obstacles empêchant in situ les déplacements de la faune et de la flore (clôtures par exemple).

L'intégration des données satellitaires dans un système d'information géographique permet également d'effectuer d'intéressants croisements entre de multiples données (par ex. utilisation du sol versus densité de population, nature du sol et du sous-sol, limites administratives, etc.). Ces approches peuvent être réalisées tant au niveau de petites surfaces que de vastes étendues de territoires (région, pays voire continent).

Si les inventaires sur le terrain restent indispensables pour rassembler des données concernant par exemple la typologie détaillée des espaces verts, leur qualité écologique, leur maillage, leur accessibilité au public ou encore, pour valider les interprétations d'images satellitaires, le recours à la télédétection permet d'apporter une vision synoptique de certains changements du milieu urbain et constitue un support efficace au travail de terrain.

Sources

1. BRUXELLES ENVIRONNEMENT 2012. « Rapport sur l'état de la nature en Région de Bruxelles-Capitale », 158 pp
http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/NARABRU_20120910_FR_150dpi.PDF
2. VAN DE VOORDE T., CANTERS F. ET CHEUNG-WAI CHAN J. 2010. « Mapping update and analysis of the evolution of non-built (green) spaces in the Brussels Capital Region – Part I & II », cartography and GIS Research Group, department of geography, VUB, étude réalisée à la demande de Bruxelles Environnement, 35 pp
http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/Study_NonBuildSpaces_I_II_en.PDF
3. IGEAT, LABORATOIRE DE BOTANIQUE SYSTÉMATIQUE ET DE PHYTOSOCIOLOGIE, COOPARCH 1997 « Rapport final Maillage vert – Etablissement de la situation de fait et de droit des espaces verts du territoire de la RBC en vue de l'élaboration du maillage vert », étude réalisée à la demande de Bruxelles Environnement, 28 pp + annexes (document interne).



4. UNIVERSITÉ VIRTUELLE ENVIRONNEMENT & DÉVELOPPEMENT DURABLE (UVED).
« Module de formation à distance ENVCAL 'Suivi de l'environnement par télédétection' », <http://e-cours.univ-paris1.fr/modules/uved/envcal/html/index.html#>
5. VANHUYSSE S., DEPIREUX J., WOLFF E. 2006. « Etude de l'imperméabilisation du sol en Région de Bruxelles-Capitale », étude réalisée par l'ULB-IGEAT pour le Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale, AED – Direction de l'eau, octobre 2006

Autres fiches à consulter

Thème « L'occupation du sol et les paysages bruxellois »

- Fiche 3. « Degré de verdurisation et espaces verts », 8 pp.

Auteur(s) de la fiche

DE VILLERS Juliette

Relecture

ENGELBEEN Mathias, DAVESNE Sandrine

Date de rédaction : avril 2013