

INDICATEUR :

EVOLUTION DU TAUX D'IMPERMÉABILISATION DES SOLS

THEME : EAU ET ENVIRONNEMENT AQUATIQUE

1

INTERET ET ELEMENTS D'INTERPRETATION DE L'INDICATEUR

Question posée par l'indicateur :

Comment évolue la proportion de surfaces imperméables en Région au fil du temps ?

Contextualisation de l'indicateur :

- Problématique environnementale sous-tendue par l'indicateur : impact de l'urbanisation sur le cycle de l'eau, sur la santé des sols, sur la verdurisation, sur le climat (îlot de chaleur)
- Choix de l'indicateur : L'Europe s'est fixée des objectifs stratégiques en matière d'artificialisation des sols (voir les « objectifs quantitatifs à atteindre » ci-dessous). Dans la proposition de directive sur la surveillance et la résilience des sols qui en découle, le degré d'artificialisation des terres et d'imperméabilisation des sols constitue un des indicateurs de l'état de santé des sols.
- Contexte bruxellois : Le degré d'imperméabilisation des sols de la Région bruxelloise avait été cartographié lors d'une étude en 2006, ainsi que son évolution depuis 1955. Une actualisation de cette carte était souhaitée, non seulement pour réviser l'évaluation du **risque d'inondation** mais aussi pour juger de l'étalement urbain et de ses autres **incidences environnementales**.
Le suivi de cet indicateur est également nécessaire pour évaluer la mise en œuvre des mesures de lutte contre l'imperméabilisation des sols, dans le cadre notamment de la gestion intégrée des eaux pluviales (GIEP), de la stratégie bruxelloise Good Soil, adoptée en 2024 en application de la stratégie européenne et de la future directive sur la santé des sols, ou encore de la loi européenne sur la restauration de la nature adoptée en 2024.

Objectifs quantitatifs à atteindre et, le cas échéant, statut :

- Au niveau mondial :
Un des objectifs de développement durable des Nations Unies (15.3) est, d'ici 2030, de « lutter contre la désertification, restaurer les terres et sols dégradés, notamment les terres touchées par la désertification, la sécheresse et les inondations, et s'efforcer de parvenir à un monde neutre en matière de dégradation des terres ».
- Au niveau européen :
L'Europe s'est fixée un **objectif de « zéro artificialisation nette » des sols à l'horizon 2050**. La stratégie pour les sols à l'horizon 2030 de la Commission européenne reprend cet objectif et **requiert des Etats membres de définir des objectifs ambitieux en vue de réduire cette artificialisation nette d'ici à 2030** à l'échelle nationale, régionale et locale mais aussi de rendre compte des pouvoirs accomplis. Une proposition de directive sur la surveillance et la résilience des sols en découle. Le concept d'artificialisation y est décrit comme la conversion de terres naturelles et semi-naturelles mais aussi comme la perte de services écosystémiques fournis par les sols.
De plus, la loi européenne sur la restauration de la nature, adoptée en 2024, exige des Etats Membres de restaurer 20% des habitats terrestres d'ici 2030 et l'ensemble des écosystèmes ayant besoin d'être restaurés d'ici 2050. Les zones urbaines ont l'obligation de maintenir leurs espaces verts et leur couvert arboré.
- Au niveau bruxellois :
Aucun objectif quantitatif n'a encore été déterminé au niveau régional.
La Stratégie bruxelloise Good Soil adoptée en 2024 prévoit, à l'issue d'une étude, de fixer une trajectoire de diminution d'ici 2050. Elle prévoit également de compenser l'artificialisation de nouveaux sols par la protection et la restauration des sols de qualité.



La révision du Plan Régional d'Affectation du Sol (PRAS), en cours à l'écriture de cette fiche, pourrait rendre des zones vertes actuellement constructibles en zones non urbanisables, en application de la loi sur la restauration de la nature.

2 FONDEMENTS METHODOLOGIQUES

Définition :

Cette carte indique les surfaces imperméables où l'eau de pluie ne peut pas ou difficilement s'infiltrer dans le sol. Elle a été produite pour être comparée aux précédentes cartes établies entre 1955 et 2006 lors d'une précédente étude avec :

- Une méthodologie se rapprochant le plus possible de celle de 2006,
- Le même périmètre d'étude que celle de 2006 (et couvrant 97,7% de la Région).

Unité :

Classification binaire des pixels en surface perméable / imperméable :

- Raster de 1m x 1m pour 2022,
- Raster de 60cm x 60cm pour 2006.

Degré d'imperméabilisation (%) des pixels (100 m x 100 m soit 1 ha) pour 1955, 1970, 1985, 1993, 2006

Un traitement cartographique peut ensuite être appliqué pour calculer le taux d'imperméabilisation (%) d'une zone donnée (part des pixels imperméables par rapport à la totalité des pixels dans la zone délimitée).

La carte pour 2022 à la résolution d'1 m a servi à calculer le taux de 2022 repris dans le graphique d'évolution de l'imperméabilisation de la Région bruxelloise depuis 1955 et dans ceux des communes entre 2006 et 2022.

Mode de calcul et données utilisées :

La méthodologie est détaillée dans le rapport d'étude de WEO de 2023 (parties 1 et 2 du rapport) et de l'IGEAT-ULB de 2006 (voir références bibliographiques). Elle a fait appel à l'intelligence artificielle : un **modèle d'apprentissage profond** (deep learning).

Les différentes phases de modélisation sont :

- Prétraitement (*preprocessing*)
- Entraînement (*compute / training*)
- Déploiement ou prédiction (*compute / inference*)
- Post-traitement (*compute / post-processing*).

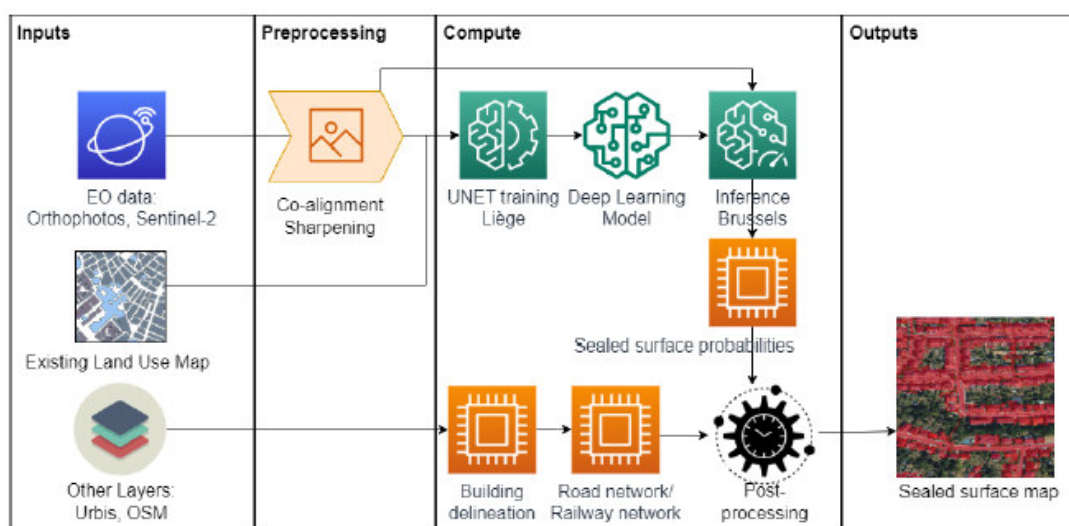


Schéma de la méthodologie (extrait du rapport WEO, 2023)

Toutes les étapes de modélisation depuis le prétraitement jusqu'au déploiement sont identiques à celles de la carte de l'imperméabilisation des sols de 2022. Pour leur description, **voir l'autre fiche méthodologique**, celle relative à l'indicateur : Taux d'imperméabilisation des sols.

Pour l'étude de 2006, les données sources utilisées étaient différentes :

- Données satellitaires de Landsat (résolution : 30 m) et de Quickbird (résolution : 2,4 m),

- Orthophoto d'UrbIS du 31 mars 2004 (résolution : 10 cm).

Au niveau du post-traitement, l'étude de 2022 a, comme en 2006, utilisé la couche UrbIS des zones d'eau :

Couches UrbIS 2006*	Couches UrbIS 2022	Classification de la surface
Wb : Zones d'eau	UrbAdm_STRETCH_OF_LAND : type : WB	Perméable
	UrbAdm_BLOCK : type: WB	

En revanche, un **post-traitement additionnel** a été appliqué au résultat pour réduire l'impact des différences de modèle dans la comparaison. Plusieurs autres couches UrbIS ont été utilisées :

Couches UrbIS 2006*	Couches UrbIS 2022	Classification de la surface
Ss : Surfaces de rues	UrbAdm_STREET_SURFACE_LEVEL0 : type: S, I, B, PB, A, W, C, AC, IC, K, SC, IL	Imperméable
Bu : Bâtiments	UrbAdm_BUILDING	Imperméable
Rb : Zones de chemin de fer	UrbAdm_RAIL	Perméable
Gb : Zones vertes	UrbAdm_BLOCK : type : GB	Perméable
* L'année des couches UrbIS utilisées dans l'étude de l'IGEAT-ULB n'est pas mentionnée		

Les couches qui augmentent l'imperméabilisation sont les surfaces de rues et les bâtiments. Celles qui diminuent l'imperméabilisation sont les zones de chemin de fer et les zones vertes.

Rappelons que dans le modèle de 2022, ces éléments de couverture du sol étaient classifiés d'après les prédictions du modèle.

Source des données utilisées :

Etude de WEO de 2023 pour le compte de Bruxelles Environnement (voir références bibliographiques)

Etude de l'ULB-IGEAT de 2006 (voir références bibliographiques)

Périodicité conseillée de mise à jour de l'indicateur :

Une mise à jour dans les 5 ans devrait avoir lieu.

3 COMMENTAIRES RELATIFS A LA METHODOLOGIE OU A L'INTERPRETATION DE L'INDICATEUR

Limitation / précaution d'utilisation de l'indicateur :

Performance du modèle de 2006 par rapport au modèle de 2022

La performance des modèles de 2006 et de 2022 a été comparée en utilisant l'orthophoto d'UrbIS de 2004 (donnée source de l'étude de 2006) et les mêmes 7.600 pixels de vérification (19 blocs de 400 pixels) que pour le modèle de 2022 (voir le détail dans la fiche méthodologique relative à l'indicateur du taux d'imperméabilisation des sols) :

Surfaces imperméables	Modèle de 2006	Modèle de 2022
Précision	94,3%	96,0%
Rappel	79,4%	88,8%
f-score	86,3%	92,3%

La performance du modèle de 2022 est supérieure à celle de 2006 :

- Au niveau de la précision (% de pixels classifiés comme imperméables par le modèle qui sont vraiment imperméables)
- Au niveau du rappel (% des zones imperméables réelles qui sont correctement classifiées dans le modèle)



- Au niveau du f-score, moyenne harmonique de ces deux variables (prédiction correcte des surfaces imperméables).

Des analyses complémentaires ont révélé que cette différence de performance concernait **surtout les terrains privés (terrasses, parkings) et les petits chemins**. Il convient donc de relativiser les différences de surfaces imperméables estimées entre 2006 et 2022.

Comparaison des modèles en incluant 6 blocs de vérification additionnels

Par ailleurs, 6 zones d'intérêt dont l'occupation du sol a fortement changé entre 2006 et 2022 ont été sélectionnées. Et un bloc de vérification pour chacune a été évalué, soit au total 2.400 pixels :

- La prison de Haren (de perméable à imperméable),
- Le site du campus hospitalier Bordet-Erasme (de perméable à imperméable)
- La friche Josaphat (d'imperméable à perméable),
- Le parc de la porte de Ninove (d'imperméable à perméable),
- Tour & Taxis (mixte),
- Triangle Delta (mixte).

L'erreur de modélisation (comparaison de la différence de surfaces imperméables simulées en 2006 et 2022) pour les 25 blocs est de 1,59%. Le modèle de 2022 arrive à bien identifier les changements en surfaces imperméables entre 2006 et 2022 (corrélation de 98%).

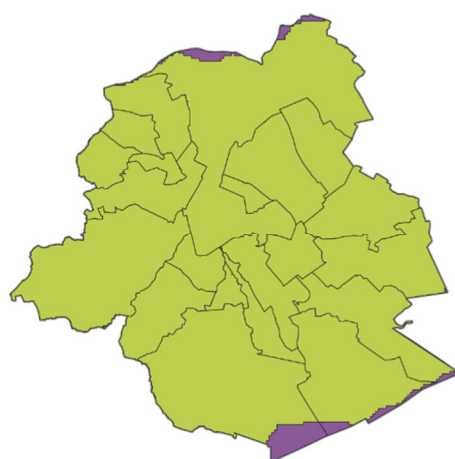
Précaution d'utilisation

Le périmètre d'étude ne couvre pas toute la Région bruxelloise (97,7% - voir ci-dessous dans le §7 – Couverture spatio-temporelle). Il s'arrête aux limites des bassins versants de la Senne et de la Woluwe. De petites zones au nord et au sud en forêt de Soignes ne sont pas reprises. Or **les zones exclues de l'analyse sont majoritairement perméables**, ce qui introduit un biais dans l'estimation du taux des surfaces imperméables.

Les communes dont le territoire est incomplet dans la zone d'étude sont :

Commune	Surface totale (ha)*	Surface incluse dans la zone d'étude (ha)	Part incluse dans la zone d'étude (%)	Surface exclue de la zone d'étude (ha)
Variations du périmètre d'étude				
Ville de Bruxelles	3.309	3.216	97,2%	93
Auderghem	897	883	98,4%	14
Uccle	2.287	2.098	91,7%	189
Watermael-Boitsfort	1.298	1.226	94,5%	72
Variations liées à l'évolution des frontières communales (données UrbIS)				
Jette	519	516	99,4%	3
Anderlecht	1.791	1.790	99,9%	1
Woluwe-Saint-Pierre	894	893	99,9%	1
Région de Bruxelles-Capitale	16.242	15.870	97,7%	372

* Registre cadastral par commune, 2022, Statbel



Partie de la Région bruxelloise

Deel van het Brussels Gewest

■ Incluse dans l'analyse
Dat is opgenomen in de analyse

■ Exclue de l'analyse
Dat is uitgesloten van de analyse



Difficultés méthodologiques rencontrées :

- Limiter les biais méthodologiques liées aux différences de méthode entre l'étude de 2006 et celle de 2022.
- Date des données sources UrbIS utilisées dans l'étude de 2006 non mentionnée.

Indicateurs complémentaires ou alternatifs (indicateur « idéal ») :

- Types et perméabilité des revêtements de sols
- Occupation du sol (bâti, routes, zones vertes, zones d'eau, etc.)

Données complémentaires (pour interprétation, analyse plus fine...) :

- Taux de végétalisation
- Couverture végétale
- Dispositifs de GiEP (Gestion intégrée des Eaux Pluviales)

4 LIENS AVEC D'AUTRES INDICATEURS OU DONNEES (RAPPORTS SUR L'ETAT DE L'ENVIRONNEMENT BRUXELLOIS)

- Espaces verts et biodiversité – La couverture végétale en Région bruxelloise
- Espaces verts et biodiversité – Fragmentation des habitats naturels
- Climat – Cartographie des îlots de chaleur à Bruxelles
- Cartographie relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondations

5 PRINCIPALES INSTITUTIONS IMPLIQUEES DANS LE DEVELOPPEMENT D'INDICATEURS SIMILAIRES (EUROPE, BELGIQUE, AUTRE SI PERTINENT)

- Agence Européenne de l'Environnement – Indicateur « Imperviousness and imperviousness change in Europe »
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/imperviousness-and-imperviousness-change-in-europe>
- Région wallonne : Etat de l'environnement wallon - « Imperméabilisation des sols »
<http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicator sheets/SOLS%20Focus%201.htm>
- Région flamande : Departement Omgeving, Indicator « Verharding »
<https://indicatoren.omgeving.vlaanderen.be/indicatoren/verharding> en Jaarlijkse bodemafdekkingskaart Vlaanderen <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/jaarlijkse-bodemafdekkingskaart-vlaanderen-jaarbak>

6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (METHODOLOGIE, INTERPRETATION)

- WEO, juillet 2023. « Carte des surfaces imperméables de la Région de Bruxelles-Capitale 2022 ». Etude réalisée pour le compte de Bruxelles Environnement. Parties 1 et 2. 54 pp. Disponible sur :
https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/Rapport_Partie_1-2_Carte_Impermeable_Bruxelles_vf.pdf
Partie 3 – Revêtements perméables, toitures vertes, terrains de sport. 20 pp. Disponible sur :
https://document.environnement.brussels/opac_css/doc_num.php?explnum_id=11044
- ULB-IGEAT (S. Vanhuysse, J. Depireux et E. Wolff), octobre 2006. « Etude de l'évolution de l'imperméabilisation du sol en Région de Bruxelles-Capitale ». Etude réalisée pour le compte du Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale - AED – Direction de l'eau. 60 pp. Disponible sur :
https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/STUD_2006_ImpermeabiliteSolsRBC
- REGLEMENT (UE) 2024/1991 DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL du 24 juin 2024 relatif à la restauration de la nature et modifiant le règlement (UE) 2022/869. J.O. du 29.7.2024. 93 pp. Disponible sur : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401991
- COMMISSION EUROPEENNE, novembre 2021. « Stratégie de l'UE pour la protection des sols à l'horizon 2030 – Récolter les fruits de sols en bonne santé pour les êtres humains, l'alimentation, la nature et le climat ». COM/2021/699 final. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité Economique et Social européen et au Comité des Régions. 31 pp. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699>



- Proposition de DIRECTIVE DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL relative à la surveillance et à la résilience des sols, juillet 2023. COM/2023/416 final. 74 pp+19 pp d'annexes. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0416>
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT, adoptée en mai 2024. « Stratégie Good Soil – Vers une gestion intégrée et durable des sols bruxellois ». 17 pp. Disponible sur : <https://leefmilieu.brussels/goodsoil>

7 COUVERTURE SPATIO-TEMPORELLE

Série temporelle disponible :

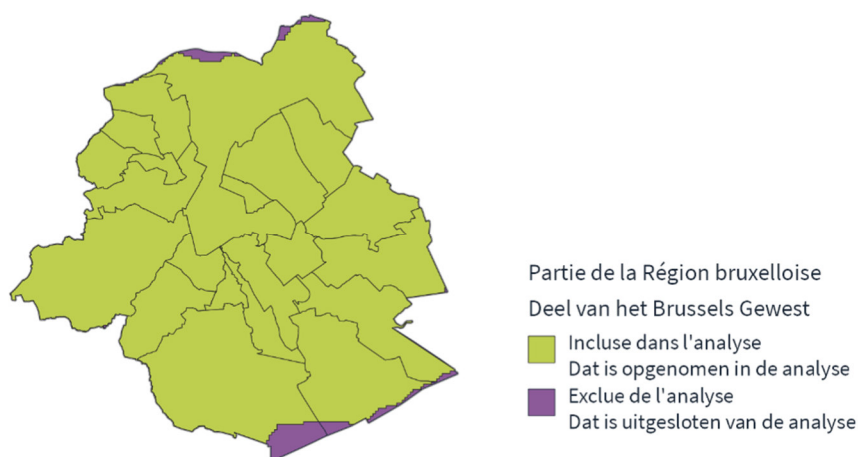
1955, 1970, 1985, 1993, 2006 et 2022

Couverture spatiale des données :

Raster de 1 m x 1 m – 2022

Raster de 100 m x 100 m (1 ha) - 1955, 1970, 1985, 1993, 2006

97,7% de la superficie de la Région bruxelloise (voir §3 pour plus de détails)



Date de dernière mise à jour de l'indicateur :

Juillet 2024

Date de dernière mise à jour de cette fiche méthodologique :

Juillet 2024