

Good Soil IQSB professionnels

Guide : Indice de qualité des sols
bruxellois (IQSB)



Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	2
<i>IQSB C'EST QUOI ?</i>	3
POURQUOI UN <i>IQSBPro</i>	4
1. QUELQUES CONCEPTS ET DÉFINITIONS	4
METHODOLOGIE DE <i>IQSBPro</i>	5
1. TRAVAIL DE TERRAIN	5
1.1. Définition des zones homogènes	5
1.2. Sondages – Échantillonnage.....	6
1.3. Observations additionnelles	8
2. PARAMÈTRES À MESURER	9
2.1. Mesures de terrain	9
2.2. Paramètres de laboratoire	12
3. DÉTERMINATION DE L' <i>IQSBPro</i>	14
3.1. La méthode de calcul.....	14
Calcul des valeurs de référence	14
Calcul de l'indice par zone homogène	15
Calcul de l'indice Global par parcelle	16
3.2. Interprétation	17
4. INTERPRÉTATION DE L' <i>IQSBPro</i>	18
5. ANALYSES DES SERVICES ET MENACES	19
5.1. Analyses des Services écosystémiques	19
5.2. Analyses des dégradations (ou menaces de dégradations)	22
5.3. Attribution des sous-indices par parcelle	24
6. CONSEILS	25
ANNEXE : RÉFÉRENCES	26

IQSB C'EST QUOI ?

L'indice de qualité des sols bruxellois est **un indice de sensibilisation** à l'importance du sol et aux rôles qu'il remplit pour le bon fonctionnement de notre environnement et *in fine* de notre société.

Le sol assure toute une série de services à notre société et à l'environnement comme le substrat sur lequel poussent les végétaux qui sont à la base de la chaîne alimentaire mais aussi la filtration de l'eau de pluie ou le stockage du carbone atmosphérique. Cet indice s'inscrit dans la stratégie Good Soil qui a pour but de protéger et d'améliorer la qualité des sols de la Région de Bruxelles-Capitale.



L' *IQSB* est un score unique et global qui est attribué à chaque parcelle cadastrale étudiée. Il est basé sur une analyse quantitative d'une dizaine de paramètres du sol. Cet indice global s'obtient en moyennant l'ensemble des paramètres relevés à différents endroits d'une parcelle. L'objectif est d'évaluer la capacité du sol à fournir un ou plusieurs services écosystémiques.

POURQUOI UN *IQSB^{Pro}*

L'objectif de l'*IQSB^{Pro}* est de faire prendre conscience aux porteurs de projets, aux architectes paysagistes, aux bureaux d'études, aux urbanistes,... que le sol est une ressource naturelle, non renouvelable, à prendre en compte dès la conception d'un projet. Il intervient en complément aux obligations découlant de la législation en vigueur en matière de pollutions du sol.



À travers cet indice, Bruxelles Environnement souhaite que les porteurs de projets intègrent la notion de **qualité du sol** dans la conception de leurs projets de développement urbain le plus en amont possible. **L'idée est d'adapter au mieux l'équation de l'utilisation future du sol avec son état qualitatif actuel.** De cette façon, il sera possible d'affecter les sols de meilleure qualité au développement de la nature et la biodiversité, l'agriculture, la séquestration du carbone,

l'infiltration des eaux pluviales ; et les sols de moins bonne qualité¹ à des constructions de bâtiments, des routes... C'est la base d'une gestion durable des sols telle qu'elle existe déjà en Suisse, en Allemagne, etc.

1. Quelques concepts et définitions

Avant de rentrer dans les détails de l'*IQSB^{Pro}*, il convient de clarifier quelques définitions afin que tous les lecteurs de ce document aient la même compréhension de certains concepts.

Sol : le sol est l'interface entre la roche, l'air et l'eau. Il est constitué de plusieurs horizons (couches) de matières organiques et minérales. Cette organisation est le résultat de l'altération de la roche mère et de la dégradation des matières organiques déposées en surface. Son épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres en fonction du climat, de la topographie, de sa composition et de son âge. Le sol abrite plus d'un quart des espèces vivantes sur Terre et la majorité d'entre elles se trouve dans les 30 premiers centimètres du sol, c'est-à-dire dans la portion la plus oxygénée.

Qualité du sol : la qualité des sols est l'état du sol qui permet à ce dernier d'assurer l'ensemble des fonctions écosystémiques qu'il supporte. Cette qualité intègre les aspects chimique, physique et biologique.

Sol de qualité : un sol est considéré comme étant un sol de qualité lorsqu'il est capable de remplir un maximum de services écosystémiques.

Services écosystémiques du sol : ils correspondent à l'ensemble des services rendus par les sols à l'environnement et *de facto* à notre société. Sans ces services, l'environnement tel que nous le connaissons n'existerait pas. Le sol fournit des services d'approvisionnement (production d'eau potable, de denrées alimentaires), des services de régulation (filtration des eaux de surface, séquestration du carbone atmosphérique), des services culturels (préservation des biens

¹ Ne fait pas référence à la qualité mécanique des sols. Cfr définition en page 2

archéologiques, support aux espaces verts) et des services de soutien (pour la faune et la flore, les différents cycles des éléments (eau, carbone, etc.).

METHODOLOGIE de *IQSB^{Pro}*

Pour chaque terrain étudié, pouvant comprendre une ou plusieurs parcelles, l'expert chargé de définir l'*IQSB^{Pro}* devra suivre la démarche suivante :

- a. Définition **des zones homogènes** sur le site du point de vue du sol sur base de paramètres géophysiques, pédologiques et historiques de la zone ;
- b. **Prélèvement des échantillons** de sol et relevé des observations de terrain au sein de chaque zone homogène du site ;
- c. **Mesures sur le terrain et analyses** en laboratoire des échantillons de sol ;
- d. **Calcul** de l'*IQSB^{Pro}* pour chaque zone et interprétation de l'*IQSB^{Pro}*
- e. **Calcul** de l'*IQSB^{Pro}* global pour chaque parcelle
- f. **Analyse** des services écosystémiques (via l'*IE_i*) et des menaces (via l'*ID_i*) sur le site sur base des données récoltées.

1. Travail de terrain

1.1. Définition des zones homogènes

La première étape consiste à définir des zones ayant des propriétés de sol relativement homogènes sur le site d'étude. La visite de terrain est indispensable afin de ressentir, voir et toucher le sol. Il est aussi possible de se baser sur des récits des habitants proches ou des images aériennes et satellitaires de la zone. L'expert est invité à motiver ses choix.

Voici une série de critères non-exhaustifs qui peuvent servir à la détermination des zones homogènes au niveau du sol sur une parcelle cadastrale :

- a) Sur base d'observations de terrain
 - Topographie
 - zone d'accumulation, fond de vallée
 - zone d'érosion, pente
 - zone stable, zone relativement plate
 - Occupation de surface
 - bosquet, forêt
 - le type de végétation peut donner des indications sur le type de sol.
 - zone humide – marécageuse
 - zone enherbée
 - zone anthropique (gravier, pavés, dolomie...)
 - Sur base d'observations (visuelles et manuelles) des premiers centimètres du sol
 - Texture du sol
 - Couleur du sol
 - Structure du sol
- b) Consultation de cartes
 - Inventaire de l'état du sol

- Brugis
- Bruciel
- Topographiques

Une seule zone homogène devra être considérée pour les parties imperméabilisées non-bâties.

1.2. Sondages – Échantillonnage

Plusieurs types de stratégie sont à appliquer sur le site pour une investigation complète du site.

Zone homogène non-imperméabilisée

a) Bloc de terre (0-30 cm de profondeur)

- Extraction à la bêche/Louchet (35cm sur ± 15 cm) ;
- Extrait dans un endroit représentatif de la zone homogène ;
- Chaque bloc de terre doit être géolocalisé ;
- L'extraction du bloc de terre doit être faite de manière à conserver sa structure ;
- La plupart des tests/analyses sont effectués sur les blocs de terre ;
- L'expert s'efforcera de réaliser au minimum un prélèvement de bloc de terre par parcelle, sauf si cela implique une modification de la stratégie entraînant une augmentation significative ou une mauvaise répartition des points de prélèvement (ex : terrain constitué de plusieurs parcelles trop petites, petites parcelles englobées dans un site plus large, etc.)

Nombre de blocs de terre à prélever :

	Par zone homogène		
	<1Ha	1-10 Ha	>10Ha
Nombre de blocs de terre	1/1000m ² Avec un minimum de 1	1/3500m ²	1/5000m ²

NB : Le nombre de blocs de terre est arrondi à l'unité supérieure

- Exemple : sur un terrain d'une surface de 17Ha (considéré comme 1 seule zone homogène), 34 blocs de terre sont prélevés.

b) Sondage (jusqu'à 1 m maximum)

- Tarière exclusivement ;
- Réalisé dans un endroit représentatif de la zone homogène ;
- Chaque sondage doit être géolocalisé ;
- L'expert s'efforcera de réaliser au minimum un sondage par parcelle, sauf si cela implique une modification de la stratégie entraînant une augmentation significative ou une mauvaise répartition des points de prélèvement (ex : terrain constitué de plusieurs parcelles trop petites, petites parcelles englobées dans un site plus large, etc.) ;
- Chaque sondage doit être décrit par horizon et éventuellement photographié ;

- Texture² (appréciation de terrain) et éléments grossiers (cailloux) ;
- Couleur ;
- Humidité ;
- Traces d'hydromorphie ;
- Pourcentage de matériaux exogènes dans le profil et leur nature (gravats, briques, ferraille, plastiques, cendrées, etc.) ;
- Présence de couche compactée ;
- Profondeur du sol.

Nombre de sondages à effectuer :

	Par zone homogène		
	<1Ha	1-10 Ha	>10Ha
Nombre de sondages	1/2000m ² Avec un minimum de 1	1/5500m ²	1/7000m ²

NB : Le nombre de sondages est arrondi à l'unité supérieure.

- Exemple : sur un terrain d'une surface de 17Ha (considéré comme 1 seule zone homogène), 25 sondages sont effectués.

S'il le juge nécessaire, l'expert peut s'écarter des règles énumérées ci-dessus et adapter le nombre de prélèvements et de sondages en fonction du type et de la taille du projet.

c) Échantillons composites en surface

- À l'aide d'une tarière Edelman ou de tout autre échantillonneur de surface ;
- Un échantillon composite par zone homogène ;
- L'expert s'efforcera de répartir les échantillons élémentaires de manière à en prélever au minimum un par parcelle, sauf si cela implique une modification de la stratégie entraînant une augmentation significative ou une mauvaise répartition des points de prélèvement (ex : terrain constitué de plusieurs parcelles trop petites, petites parcelles englobées dans un site plus large, etc.) ;
- Le nombre d'échantillons élémentaires composant chaque échantillon composite devra correspondre aux prescriptions suivantes :

	Par zone homogène		
	<1Ha	1-10 Ha	>10Ha
Nombre d'échantillons élémentaires	12	12 minimum + 1/3500m ²	12 minimum + 1/5000m ²

NB : Le nombre d'échantillons élémentaires est arrondi à l'unité supérieure

² Texture : proportion relative des différents éléments minéraux (caractérisés par leur taille) présents dans la terre fine d'un sol. La texture et le taux d'argile peuvent-être réalisés in-situ sur base d'observations organoleptiques et de manipulations simples (ex : test du boudin)

Zone homogène imperméabilisée

- a) Échantillons pris dans le sol en place, juste en dessous de la zone stabilisée/fondation
- À l'aide d'une tarière Edelman ou le cas échéant un autre moyen plus adapté.
 - L'expert s'efforcera de réaliser au minimum un échantillon par parcelle, sauf si cela implique une modification de la stratégie entraînant une augmentation significative ou une mauvaise répartition des points de prélèvement (ex : terrain constitué de plusieurs parcelles trop petites, petites parcelles englobées dans un site plus large, etc.) ;

	Zone homogène imperméabilisée			
	<200 m ²	200-500 m ²	500-1000 m ²	>1000 m ²
Nombre d'échantillons	1	2	3	4+1 par 1000 m ² supplémentaires

1.3. Observations additionnelles

En outre, l'expert veillera à relever les points suivants :

- Surface de pleine terre³ à l'échelle de la parcelle ;
- Surface imperméabilisée⁴ hors bâti à l'échelle de la parcelle ;
- Lors du test de compaction, la valeur la plus élevée relevée en psi et le plafond de la couche de compaction s'il y en a une ;
- Présence éventuelle de croute de battance en surface ;
- Indices organoleptiques dans les profils de sondage ou les blocs de terre ;
- Description du développement et de la densité racinaires dans les blocs de terres et bioturbation;
- Si la parcelle est reprise à l'inventaire de l'état du sol, il est nécessaire de connaître sa catégorie et, en cas de pollution, les résultats de l'étude de risque (risque en situation standard ou non) ;
- Présence de plantes invasives envahissantes ;
- Typologie des usages du sol à l'échelle de la parcelle suivant la catégorisation suivante :
 - Sol forestier
 - Sol agricole
 - Sol parc
 - Sol prairie
 - Sol zone humide
 - Sol établissement⁵

³ Pleine terre selon la définition suivante : « terrain libre de toute construction y compris dans le sous-sol »
Par exemple exempt de tout bâtiment, dalle de surface ou souterraine, revêtement de surface (y compris aménagements en gravier ou dolomie), mur, cave ou barrière en sous-sol, etc.

⁴ Toute surface recouverte par un revêtement imperméable ou un bâtiment.

⁵ Sol établissement : cette catégorie inclut toutes les terres développées, y compris l'infrastructure des transports et les établissements humains de toutes dimensions, sauf s'ils sont déjà inclus dans d'autres catégories. La catégorie d'affectation des sols établissements inclut les sols, la végétation herbacée vivace comme la pelouse et les plantes de jardins, les arbres des établissements ruraux, les jardins de fermes et les zones urbaines. Parmi les exemples d'établissements sont inclus les terrains situés le long de rues, qu'il s'agisse de pelouses

- Autre

Ces points additionnels serviront à étayer et contextualiser les explications avancées dans la partie Analyses des Services Ecosystémiques locaux (Point 4.).

Remarque importante :

Afin que les observations, les mesures in-situ et la prise d'échantillons soient les plus représentatives possibles, il est important d'effectuer ces opérations dans des **conditions climatiques appropriées**. Concrètement, cela signifie que l'humidité du sol doit être proche de la **capacité maximale en eau** du sol (minimum 48h après des pluies abondantes). Si le sol est trop sec, il sera difficile de prélever les échantillons et l'activité biologique sera probablement fortement ralentie. Si le sol est trop humide, on risque de le compacter et avoir du mal à déceler sa structure.

2. Paramètres à mesurer

Les paramètres physiques, biologiques et chimiques à mesurer ont été classés en 2 catégories : mesures réalisées sur le terrain via un bloc de terre et mesures réalisées en laboratoire via un échantillon composite.

L'ensemble des paramètres devant être mesurés dans le cadre du calcul des différents indices demandés sont repris dans le tableau suivant :

2.1. Mesures de terrain

Indicateur	Unité	Profondeur, type d'échantillon et méthode	Pondération
Structure	/	Bloc de terre Observations : 0-30 cm Méthode : Vess Test ou test à la bêche (voir liens utiles)	Friable , agrégats se désagrègent très facilement entre les doigts : 5 pt Intact , agrégats se désagrègent facilement entre les doigts : 4 pt Ferme , grande partie des agrégats se désagrègent facilement entre les doigts : 3 pt Compact , le bloc se brise difficilement d'une seule main : 2 pt Très compact , le bloc se brise très difficilement d'une seule main : 1 pt - Zone imperméabilisée , pas de mesure : 1 pt

commerciales ou résidentielles (rurales ou urbaines), de jardins privés, de cours de golf, terrains de sports, de cimetières, si tant est que ces terres sont associées fonctionnellement ou administrativement avec des villes, villages ou autres types d'établissements et qu'elles ne sont pas comptabilisées dans une autre catégorie d'affectation des terres.

Stabilité des agrégats	/	Bloc de terre Observations : 0-30 cm Méthode : Slake test (p34 + voir liens utiles)	Agrégats stables, le bloc ne s'est pratiquement pas dégradé, forme des agrégats tombés intacte, eau claire : 5 pt Agrégats moyennement stables, moins d'1/3 du bloc s'est dégradé et agrégats au fond du bocal ont gardé leur forme, eau légèrement trouble : 3 pt Agrégats instables, le bloc s'est dégradé en grande partie, eau trouble et particule fine au fond du bocal : 1 pt - Zone imperméabilisée, pas de mesure : 1 pt
Compaction	/	A l'aide d'une tige pénétrométrique munie d'un manomètre (voir liens utiles) ⁶. Stratégie d'investigation correspondante au 'bloc de terre' Si bloqué sur un matériau exogène, refaire autant de fois que nécessaire sur 1 m si possible Relever aussi la valeur en psi la plus élevée du test et la profondeur du plafond de la couche	Pas de zone de compaction diagnostiquée: 5 pt Zone compactée diagnostiquée: 1 pt - Zone imperméabilisée, pas de mesure : 1 pt
Conductivité hydraulique	K (m/s)	In situ dans les 50 premiers centimètres du sol en place (Essais INFOFICHES : Matsuo, Porchet, Porchet Tube), Double-anneau Attention ! Le nombre d'investigation à réaliser correspond à la stratégie 'bloc de terre' divisée par 3 (arrondi à l'unité	$\geq 10^{-4}$: 5 pt $10^{-5} \leq X < 10^{-4}$: 4 pt $10^{-6} \leq X < 10^{-5}$: 3 pt $10^{-7} \leq X < 10^{-6}$: 2 pt $< 10^{-7}$: 1 pt - Zone imperméabilisée, pas de mesure : 1 pt

⁶ Détermination et localisation d'une couche compacte en fonction de la profondeur à mettre en parallèle avec des observations de profil et de terrain pour interprétation.

		supérieure) uniformément réparti sur l'ensemble de la zone homogène	
Régime hydrique du sol	/	Bloc de terre Observations : 0-30 cm Taches d'hydromorphie ⁷	Pas d'observations : 5 pt Taches de rouille (nappe battante) : 3 pt Taches bleu gris à verte (nappe permanente) : 1 pt

Paramètres de terrain supplémentaires spécifiques au calcul des sous-indices			
Espèces exotiques envahissantes (plantes)	/	Observation visuelle à l'échelle de la zone homogène	Absence : 5pt Présence sur une superficie inférieure à 15 % de la zone homogène : 3 pt Présence sur une superficie supérieure ou égale à 15 % de la zone homogène : 1pt
Pente	/	Observations visuelles de la pente sur la zone homogène : si plusieurs observations prendre celle la plus représentative.	Absence de pente : 5 pt Pente modérée ou légère courte : 3 pt Pente forte ou légère longue : 1 pt
Couvert végétal	/	Observations visuelles du couvert végétal le plus représentatif de la zone homogène	Potager, Prairie ou massif: 5 pt Gazon ou agriculture intensive : 3pt Absence de couverture de sol : 1 pt

Légende :

- Structure : organisation des constituants solides d'un sol ;
- Stabilité des agrégats : cette dernière est assurée par les exsudats de la vie du sol agissant comme un liant naturel des agrégats entre eux ;
- Compaction : augmentation de la densité et diminution de la porosité (air et eau) du sol. Un sol compacté entrave le développement des racines, réduit l'infiltration de l'eau... ;
- Conductivité hydraulique : mesure la capacité d'écoulement de l'eau à travers le sol ;
- Régime hydrique du sol : évalue le degré d'hydromorphie du sol ;
- Espèces exotiques envahissantes (plantes) : espèces de plante introduites par l'homme sur le territoire et en dehors de son aire de répartition naturelle. leur développement menace les écosystèmes naturels en place ;
- Pente : inclinaison du terrain ;
- Couvert végétal : type de végétation recouvrant le sol (prairie, massif, potager, gazon, agriculture intensive) ;
- Le nombre de tests de compaction et de conductivité hydraulique est déterminé selon la surface des zones homogènes du terrain.

⁷ Indice à considérer à l'exclusion des zones marécageuses naturelles

2.2. Paramètres de laboratoire

Indicateur		Unité	Profondeur, type d'échantillon et méthode d'analyse	Pondération	
pH		/	Prélèvement : 0-30 cm Échantillon composite pH KCL en laboratoire	$6,5 \leq X < 7,5$: 5 pt $6 \leq X < 6,5$ ou $7,5 \leq X < 8$: 4 pt $5,5 \leq X < 6$ ou $8 \leq X < 8,5$: 3 pt $5 \leq X < 5,5$ ou $8,5 \leq X < 9$: 2 pt $5 >$ ou $9 \leq$: 1 pt	
CEC à pH neutre		cmol/kg	Prélèvement : 0-30 cm Échantillon composite Cobaltihexamine (norme ISO 23470)	≥ 35 : 5 pt $25 \leq X < 35$: 4 pt $15 \leq X < 25$: 3 pt $8 \leq X < 15$: 2 pt < 8 : 1 pt	
Paramètres de fertilité ⁸	P	mg/100g matière sèche	Prélèvement : 0-30 cm Échantillon composite Extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA à pH 4.65 (méthode de Lakanen et Erviö)	$\geq 10,9$: 5 pt $8,2 \leq X < 10,9$: 4 pt $6,1 \leq X < 8,2$: 3 pt $4 \leq X < 6,1$: 2 pt < 4 : 1 pt	Score du paramètre le plus bas
	K	mg/100g matière sèche	Prélèvement : 0-30 cm Échantillon composite Extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA à pH 4.65 (méthode de Lakanen et Erviö)	$\geq 24,4$: 5 pt $19,6 \leq X < 24,4$: 4 pt $16,4 \leq X < 19,6$: 3 pt $12,9 \leq X < 16,4$: 2 pt $< 12,9$: 1 pt	
	Mg	mg/100g matière sèche	Prélèvement : 0-30 cm Échantillon composite Extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA à pH 4.65 (méthode de Lakanen et Erviö)	$\geq 19,8$: 5 pt $14,8 \leq X < 19,8$: 4 pt $12 \leq X < 14,8$: 3 pt $9,7 \leq X < 12$: 2 pt $< 9,7$: 1 pt	

⁸Ce calcul de points se base sur les situations les plus fréquemment rencontrées ; en présence de sols aux caractéristiques extrêmes (sols très sableux ou très argileux, très acides ou très basiques...), ces points devront être nuancés. Il s'agit des paramètres de fertilité **biodisponibles**.

	Ca	mg/100g matière sèche	Prélèvement : 0-30 cm Échantillon composite Extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA à pH 4.65 (méthode de Lakanen et Erviö)	≥317 : 5 pt 261≤X<317 : 4 pt 225≤X<261 : 3 pt 189≤X<225 : 2 pt <189 : 1 pt	
Rapport C/N	/		Prélèvement : 0-30 cm Échantillon composite N total : Méthode par combustion sèche ISO 13878 C : voir carbone organique total Préciser indépendamment également les valeurs de Carbone et d'Azote (mg/100g)	8≤X<10 : 5 pt 10≤X<12 : 4 pt 12≤X<15 ou 6≤X<8 : 3 pt 15≤X<20 : 2 pt ≥20 ou <6 : 1 pt	
Biomasse microbienne		mg C/kg	Prélèvement : 0-30 cm Échantillon composite Technique : chloroform fumigation, estimation par calcul à partir de l'azote microbien	≥643 : 5 pt 465≤X<643 : 4 pt 340≤X<465 : 3 pt 242≤X<340 : 2 pt <242 : 1 pt	
Carbone organique total		% m.s.	Prélèvement : 0-30 cm Échantillon composite Combustion sèche (ISO 10694)	≥ 3,3 : 5 pt 1,6≤X<3,3 : 4 pt 1,3≤X<1,6 : 3 pt 1,2≤X<1,3 : 2 pt <1,2 : 1 pt	
Paramètre de laboratoire supplémentaire spécifique au calcul des sous-indices					
Texture	U, E, L G A, P, Z S		0-30 cm Bloc de terre Analyse granulométrique réalisée en laboratoire Classification pédologique Lefebure et al., 2018	Z S : 5 pt P : 4 pt L G A : 3 pt E : 2 pt U : 1 pt	

Légende :

- pH : Le pH (potentiel hydrogène) indique le degré d'acidité d'un sol sur une échelle de 1 à 14. Un sol neutre et bien équilibré
- CEC : mesure qui décrit la capacité du sol à stocker les éléments minéraux accessibles pour les végétaux. Plus elle est élevée, plus les possibilités de fixation des cations sont importantes (taille du « frigo » augmente). La valeur de la CEC d'un sol est fonction des quantités d'argile et de matière organique qu'il contient, mais aussi de la nature de ces éléments et du pH du sol ;
- Les paramètres de fertilité sont ici estimés par la concentration en Phosphore (P), Potassium (K), Magnésium (Mg) et Calcium dans le sol (Ca). Les résultats devront être nuancés dans les interprétations à la lumière des autres facteurs influençant les paramètres de fertilité (texture, pH et CEC) ;
- Rapport C/N : décrit la teneur relative en carbone et en azote dans le sol et permet de juger du degré de décomposition (minéralisation) de la matière organique par les organismes vivants ;
- Biomasse microbienne : quantité de carbone issu du vivant contenu dans les microbes du sol (bactéries, champignons) ;
- Carbone organique total : Mesure du carbone organique dans le sol. Permet d'évaluer indirectement la quantité de matière organique dans le sol. Également un indicateur de la capacité du sol à stocker le carbone (opéré par les micro-organismes) ;
- Texture : catégorie de grosseur des particules minérales d'un sol (argile, limon et sable).

3. Détermination de l'*IQSB^{Pro}*

3.1. La méthode de calcul

Calcul des valeurs de référence

Sur base des différents résultats issus des analyses (bloc de terre, échantillons composites), il sera possible de déterminer des valeurs de référence pour chaque paramètre par zone homogène (imperméabilisée et non-imperméabilisée).

Cas particulier des paramètres de terrain

En cas d'observations multiples sur la hauteur d'un même bloc de terre, faire une moyenne pondérée en fonction de l'épaisseur de chaque observation et arrondir cette valeur à l'unité près. Cette valeur est la valeur représentative pour le paramètre de ce bloc de terre.

En cas de zone homogène comportant plusieurs points d'investigation, une moyenne doit être effectuée par paramètre pour obtenir sa valeur de référence pour sa zone. Ces valeurs de référence pourront ensuite permettre de calculer l'*IQSB^{Pro}* et les sous-indices.

Choix des paramètres pertinents en fonction du type de zone homogène

À noter qu'une zone homogène imperméable implique de facto une dégradation des paramètres physiques du sol : structure, stabilité des agrégats et compaction. Ces paramètres doivent être considérés d'office comme insatisfaisants et une cotation de 1 point sans effectuer de mesures de terrain doit leur être attribuée.

Dès lors, les paramètres à mesurer par type de zones homogènes sont repris dans le tableau suivant :

MESURES DE TERRAIN	Zones homogènes non-imperméabilisées	Zones homogènes imperméabilisées
Structure	X	Pas de mesure (1 pt)
Stabilité des agrégats	X	Pas de mesure (1 pt)
Compaction	X	Pas de mesure (1 pt)
Conductivité hydraulique	X	Pas de mesure (1 pt)
Régime hydraulique du sol (hydromorphie)	X	X
MESURES DE LABORATOIRE	Zones homogènes non-imperméabilisées	Zones homogènes imperméabilisées
pH KCl	X	X
CEC	X	X
Paramètres de fertilité (P, K, Mg, Ca)	X	X
Rapport C/N	X	X
Biomasse microbienne	X	X
COT	X	X

Calcul de l'indice par zone homogène

Le calcul de l'indice par zone homogène est expliqué ci-après :

Formule à appliquer au sein de chaque zone homogène (*i*) aussi bien imperméabilisée que non imperméabilisée

$$IQSB_i^{Pro} = \frac{\sum(P_i)}{N_p} * \frac{100}{5}$$

Où

- $IQSB_i^{Pro}$: Indicateur de qualité des sols bruxellois au sein d'une zone homogène *i*
- P_i : Valeur de référence de chaque paramètre de la zone homogène *i*
- N_p : Nombre total de paramètres mesurés

La présence de remblais de mauvaise qualité peut affecter négativement la qualité intrinsèque du sol que cela soit par exemple en termes de pollution ou de présence de déchets potentiels. Plus la présence de matériaux exogènes est importante, plus la qualité des remblais en sera affectée.

En ce sens, un facteur de pénalité sous forme de pourcentage devra être appliquée à l'indice de qualité des sols par zone homogène ($IQSB_i^{Pro}$) en fonction de la quantité de matériaux exogènes observés par zone selon le tableau suivant :

Pourcentage de matériaux exogènes observés	Pourcentage de pénalité appliqué à l'indice
< 1 %	Pas de pénalité
Entre 1 et 10 %	-15%
Entre 10 et 25 %	-25%
>25 %	-35%

Le pourcentage de matériaux exogènes se détermine par zone homogène et est une moyenne des pourcentages de matériaux exogènes des sondages de cette zone.

De même, en cas de pollution du sol avérée selon l'ordonnance sol (parcelle en catégorie 3 ou 4), un facteur de pénalité sous forme de pourcentage devra également être appliqué à l'indice de qualité des sols par zone homogène ($IQSB_i^{Pro}$) selon le tableau suivant :

Risque	Pourcentage de pénalité appliqué à l'indice
ER (usage standard) montre l'absence de risque	-25%
Pas encore d'ER ou ER (usage standard) montre la présence de risque ou pollution unique en cours/attente de traitement	-35 %

Les pénalités de remblais et de pollution ne sont pas cumulatives. Dans les cas où une zone présente à la fois des matériaux exogènes et une pollution avérée, alors uniquement la pénalité la plus importante est retenue.

Calcul de l'indice Global par parcelle

L' $IQSB^{Pro}$ Global de la parcelle s'obtient via la formule suivante :

$$IQSB_G^{Pro} = \frac{\sum(IQSB_i^{Pro} * A_i)}{A_I}$$

Où

- $IQSB_G^{Pro}$: Indicateur global de qualité des sols bruxellois pour l'ensemble de la parcelle
- A_i : surface de la zone homogène i sur la parcelle
- A_I : surface de l'ensemble des zones homogènes de la parcelle

Pour vous aider avec ces formules, n'hésitez pas à télécharger le [fichier Excel](#) mis à votre disposition sur la page web de l' $IQSB^{Pro}$.

3.2. Interprétation

L'IQSB^{Pro} est un outil de sensibilisation qui permet aux porteurs de projets d'intégrer la notion de qualité du sol dans la conception de leurs projets de développement urbain le plus en amont possible. Afin de faciliter l'interprétation de l'indice au commanditaire de l'étude, l'expert emploiera une carte de ce type :

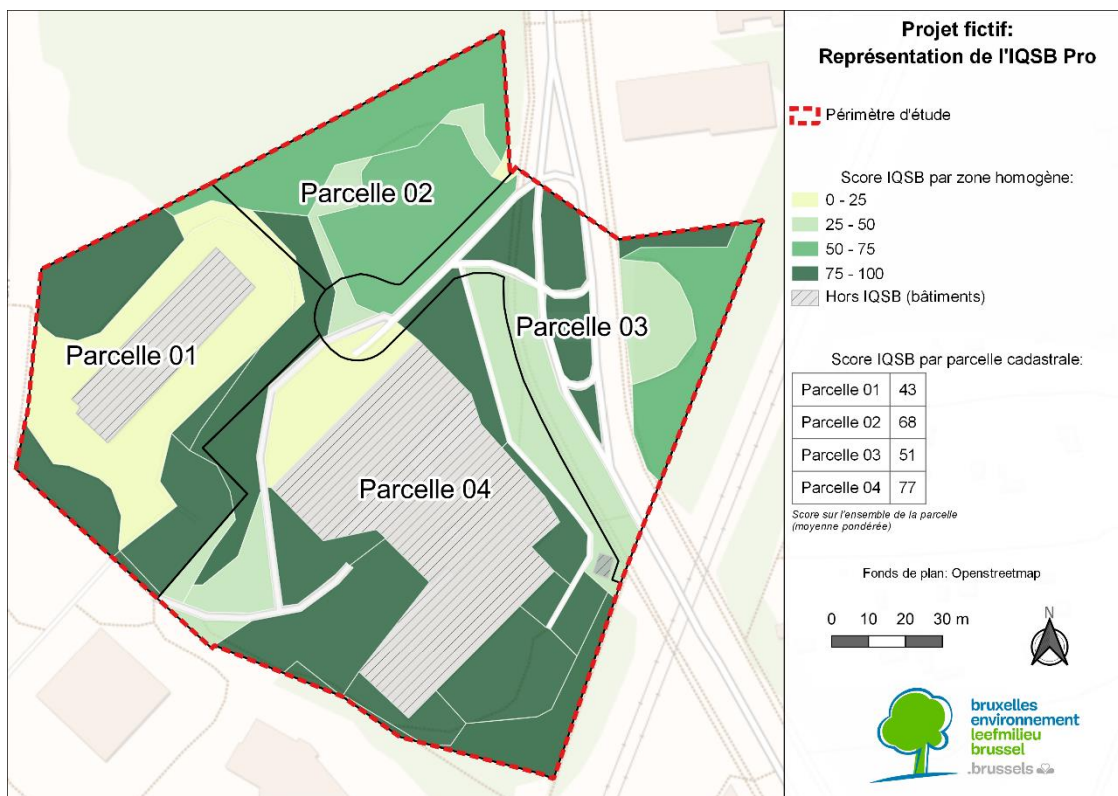


Figure 1 : exemple de représentation pour un cas fictif

Remarque importante :

L'expert se prononcera sur la fiabilité de l'indice sur base notamment du nombre de paramètres qui auront été intégrés dans l'analyse ou sur l'étendue de la zone bâtie de la parcelle.

4. Interprétation de l'IQSB^{Pro}

L'interprétation de l'IQSB Pro se fait par parcelle, sur base du « calcul de l'indice global ». Ce score permet ainsi d'attribuer une classe à la parcelle considérée, selon le tableau suivant :

<i>IQSB^{Pro}</i>	Classe	Interprétation
Entre 100 et 75	Sol de classe A	Sol de bonne à très bonne qualité sans limitation d'usage Les sols de classe A sont des sols de bonne à très bonne qualité sans limitations en termes d'usage. Ce sont des terres avec des paramètres physiques, chimiques et biologiques optimaux pouvant fournir un maximum de services écosystémiques. Les sols de classe A sont des sols à préserver et à traiter avec beaucoup de soin. Ces sols devront rester le plus possible perméables, non compactés et maintenus végétalisés. Il est également préférable que ces terres ne soient pas excavées, ou, le cas échéant, qu'elles soient réutilisées sur place.
Entre 74 et 50	Sol de classe B	Sol de moyenne à bonne qualité avec peu de limitations d'usage Les sols de classe B sont des sols de moyenne à bonne qualité avec certaines limitations pour les services écosystémiques qu'ils peuvent fournir. Ces sols ont besoin de mesures conservatrices afin de limiter/éviter leur détérioration dans le futur et/ou afin d'améliorer/d'optimiser les relations sol-eau et sol-air si les sols sont cultivés. En dehors de cas particuliers liés à un contexte et des processus naturels, ces sols ont encore un potentiel pour être améliorés en ce qui concerne leurs paramètres physiques, chimiques et biologiques. Il est préférable de garder le plus possible ces sols perméables, de maintenir ou stimuler leur végétalisation et d'éviter leur compaction. Si ces terres devaient être excavées, il est opportun d'évaluer si elles peuvent être réutilisées sur place ou s'il faut les améliorer au préalable.
Inférieur à 50	Sol de classe C1	Sol de qualité moyenne mais à haute valeur ajoutée Les sols de classe C1 sont des sols présentant de (fortes) limitations en termes de services écosystémiques qu'ils peuvent fournir, mais dont l'usage actuel est à préserver du fait de leur contribution particulière à la préservation de certains services écosystémiques intéressants (ex : cycle de l'eau, biodiversité). Ces sols présentent des paramètres généralement plus bas mais qui ne sont pas nécessairement le fruit d'une dégradation liée aux activités humaines ou à une mauvaise gestion. Il peut s'agir par exemple de certains sols naturellement plus pauvres présentant une biodiversité unique à ces milieux qu'il convient de préserver, ou encore des milieux forestiers qui tendent naturellement vers une acidification et une perte de nutriments.
	Sol de classe C2	Sol de faible qualité et dégradé nécessitant un traitement mais qui n'est pas réalisable actuellement Les sols de classe C2 sont similaires aux sols de classe C1 du point de vue de leur capacité à fournir des services écosystémiques, mais leur

		amélioration est considérée comme actuellement peu pertinente voire impossible, par exemple en raison d'une impossibilité technique ou d'incompatibilité avec la fonction ou l'usage actuel du terrain. Par exemple, dans le cas d'un terrain actuellement imperméabilisé pour un usage qui le nécessite, s'il n'y a pas d'intention de changer cet usage prochainement, il n'est pas possible d'améliorer ce sol. De même sur des terrains à usage intensif (type terrain de sport), tant que cet usage ne change pas, il n'est pas forcément pertinent de travailler à une amélioration du sol qui se dégraderait de nouveau très vite.
	Sol de classe D	Sol de faible qualité et dégradé nécessitant un traitement Les sols de classe D sont similaires aux sols de classe C1 et C2 du point de vue de leur faible capacité à fournir des services écosystémiques. Cependant, un traitement est possible et doit être réalisé. Ces sols devront être améliorés afin qu'ils puissent livrer à court, moyen ou long terme des services écosystémiques de valeur.

5. Analyses des services et menaces

5.1. Analyses des Services écosystémiques

À l'aide des mesures et observations de terrain réalisées, il sera possible d'évaluer la performance de chaque service écosystémique au sein de chaque zone homogène non-imperméabilisée (IE_i).

Pour des raisons de pertinence, les indices des services écosystémiques de la zone homogène imperméabilisée ne seront pas calculés.

Les services à considérer peuvent être nombreux mais nous en avons sélectionnés quatre prioritaires déterminés en accord avec les plans défendus par la Région de Bruxelles-Capitale et validés dans le cadre de notre stratégie Good Soil. Il s'agit des services suivants :

- le service de support pour la croissance des plantes et habitat pour la biodiversité (abri pour la faune et la flore) ;
- le service d'approvisionnement en nourriture (production de denrées alimentaires) ;
- le service de régulation du cycle de l'eau (filtration des eaux de surfaces, séquestration du carbone atmosphérique) ;
- le service de régulation du climat (stockage de carbone) ;

Pour plus d'information, reportez-vous à notre page web : [les services rendus par les sols](#).

À chaque service écosystémique correspond des paramètres qui sont spécifiquement révélateurs de leur qualité et à reprendre dans le calcul des sous-indices par services écosystémiques.

Ces indicateurs sont repris dans le tableau suivant :

MESURES DE TERRAIN	Support pour croissance des plantes et habitat pour la biodiversité ⁹	Approvisionnement en nourriture	Régulation du cycle de l'eau	Régulation du climat
Structure	X	X	X	X
Stabilité des agrégats	X	X	X	X
Compaction	X	X	X	
Conductivité hydraulique			X	
Régime hydrique du sol (hydromorphie)	X	X	X	
Plantes invasives	X			
MESURES DE LABORATOIRE	Support pour croissance des plantes et habitat pour la biodiversité	Approvisionnement en nourriture	Régulation du cycle de l'eau	Régulation du climat
pH KCl	X	X		
CEC	X	X		
Paramètres de fertilité (P, K, Mg, Ca)	X	X		
Rapport C/N	X	X		
Biomasse microbienne	X	X		
COT	X	X		X
Texture			X	

Le calcul de l'indice de performance de chaque service écosystémique (IE_i) se calcule de façon similaire à l'indice $IQSB^{Pro}$:

$$IE_i = \frac{\sum(P_i)}{N_p} * \frac{100}{5}$$

Où

- IE_i : Indice de Performance du Service Écosystémique X des sols bruxellois au sein d'une zone homogène i
- P_i : Valeur de référence de chaque paramètre du service écosystémique considéré de la zone homogène i
- N_p : Nombre total de paramètres mesurés pour le service écosystémique considéré

⁹ À noter que des zones d'intérêt écologiques peuvent présenter des indicateurs faibles mais une biodiversité spécifique adaptée à un milieu naturellement dégradé.

De même que pour l'IQSB par zone homogène, la présence de remblais de mauvaise qualité peut affecter négativement la capacité des sols à fournir des services écosystémiques. Les mêmes pénalités sont ainsi appliquées à tous les services écosystémiques en cas de présence de matériaux exogènes selon le tableau suivant :

Pourcentage de matériaux exogènes observés	Pourcentage de pénalité appliqué à l'indice
< 1 %	Pas de pénalité
Entre 1 et 10 %	-15%
Entre 10 et 25 %	-25%
>25 %	-35%

Le pourcentage de matériaux exogènes se détermine par zone homogène et est une moyenne des pourcentages de matériaux exogènes des sondages de cette zone.

En ce qui concerne la pollution du sol, un facteur de pénalité n'est appliqué qu'en cas de pollution en cours ou en attente de traitement (y compris ER) ou présentant un risque en situation standard. Les pénalités sont appliquées selon le tableau suivant :

Statut de la pollution	Support pour croissance des plantes et habitat pour la biodiversité	Approvisionnement en nourriture	Régulation du cycle de l'eau	Régulation du climat
Pas encore d'ER ou ER (usage standard) montre la présence de risque ou pollution unique en cours/attente de traitement	-20%	Réduit à maximum 49%	Réduit à maximum 49%	-20%

Les pénalités de remblais et de pollution ne sont pas cumulatives. Dans les cas où une zone présente à la fois des matériaux exogènes et une pollution avérée, alors uniquement la pénalité la plus importante est retenue.

Pour vous aider avec ces formules, n'hésitez pas à télécharger le fichier Excel mis à votre disposition sur la page web de l'IQSB^{Pro}.

Les services écosystémiques rendus par les sols sont évalués sur base des seuils suivants:

IE_i	Évaluation
$\geq 70 \%$	Atteint
$40 \% \leq X < 70 \%$	Satisfaisant
$X < 40 \%$	Insuffisant

L'expert veillera à résumer ces informations dans un tableau récapitulatif pour chaque zone homogène (exemple ci-dessous). Dans ce tableau, un système de couleur permettra au lecteur de pouvoir rapidement repérer les services écosystémiques qui sont atteints, satisfaisants ou insuffisants par un sol.

De plus, l'expert réalisera aussi **une ou plusieurs cartes de la zone** d'étude afin de montrer la variabilité spatiale (entre les zones homogènes) des services écosystémiques.

Service écosystémique	IE_i	Évaluation	Justification
1. Ser. Ecosyst	X	Atteint	Exemple : Les résultats du test X, combinées à ceux du test Y soutiennent notre interprétation. C'est pourquoi, le Ser. Ecosyst. 1. est particulièrement bien rempli dans cette zone.
2. Ser. Ecosyst	X	Insuffisant	...
3. Ser. Ecosyst	X	Non applicable	...
4. Ser. Ecosyst	X	Satisfaisant	...

5.2. Analyses des dégradations (ou menaces de dégradations)

De manière analogue aux indices de services écosystémiques et à l'aide des mesures et observations réalisées sur le terrain ou en laboratoire, il est possible d'évaluer les dégradations (ou menaces de dégradations) qui affectent ou qui pèsent sur les sols et de calculer des indices représentatifs du degré des dégradations du sol au sein de chaque zone homogène.

Ces dégradations peuvent être évaluées à l'aide d'un indice établi sur base d'indicateurs spécifiques. Les dégradations considérées par cette indice sont les suivantes :

- Perte de matière organique
- Perte de biodiversité
- Érosion
- Perte de nutriments
- Compaction

Le tableau suivant reprend la liste des indicateurs d'évaluation de l'indice de dégradation par zone homogène non-imperméabilisée :

MESURES DE TERRAIN	Manque de matière organique	Perte de biodiversité	Érosion	Perte de nutriments	Compaction
Structure		X	x		X
Stabilité des agrégats		X	x		
Compaction		X	x		X
Conductivité hydraulique			x		
Régime hydrique du sol (hydromorphie)		X			
Espèces invasives		X			
Couvert végétal			x		
Pente			x		
MESURES DE LABORATOIRE	Manque de matière organique	Perte de biodiversité	Érosion	Perte de nutriments	Compaction
pH KCl		x		x	
CEC		x		X	
Paramètres de fertilité (P, K, Mg, Ca)		X		X	
Rapport C/N		x		x	
Biomasse microbienne		x			
COT	X	x		x	
Texture			X		

Le calcul de l'indice de chaque dégradation (ID_i) se calcule de façon similaire à l'indice $IQSB^{Pro}$, mais est inversement proportionnel aux cotes des paramètres (plus les cotes par paramètres sont basses, plus l'indice de dégradation est élevé et plus le sol est dégradé) :

$$ID_i = 100 - \frac{\sum(P_i)}{N_p} * \frac{100}{5}$$

Où

- ID_i : Indice de dégradation de la menace X des sols bruxellois au sein d'une zone homogène i
- P_i : Valeur de référence pour chaque paramètre de la menace considérée de la zone homogène i
- N_p : Nombre total de paramètres mesurés pour la menace considérée

Un tableau listant les dégradations (ou menaces de dégradation) affectant les sols de la zone d'étude sera joint au rapport de l'*IQSB^{Pro}*. Ce tableau se basera sur les indices de dégradation ainsi que toutes autres observations réalisées afin de déterminer les dégradations (ou menaces de dégradations) les plus sensibles, leur intensité et leur localisation. Si nécessaire, une carte localisant les menaces pourra aussi être produite.

Dégradation	ID	Localisation	Justification
1. Dégradation		Zone A	Observations de terrain (voir photos) + résultat d'analyse du paramètre X et Y
2. Dégradation		Zone B	...
3. Dégradation		-	Non applicable
4. Dégradation		Zone D	...
5. Dégradation		-	Non applicable

Pour plus d'information, reportez-vous à notre page web : [des sols sous pression](#)

5.3. Attribution des sous-indices par parcelle

Pour attribuer, à l'échelle de la parcelle, le sous-indice d'un service écosystémique X : prendre la valeur maximale de ce service entre toutes les zones présentes sur la parcelle, comme suit :

Exemple	Support pour croissance des plantes et habitat pour la biodiversité	Approvisionnement en nourriture	Régulation du cycle de l'eau	Régulation du climat
Zone A	25	49	60	75
Zone B	50	60	65	70
Parcelle X	50	60	65	75

Pour attribuer, à l'échelle de la parcelle, le sous-indice d'une dégradation X : prendre la valeur maximale de cette dégradation entre toutes les zones présentes sur la parcelle, comme suit :

Exemple	Manque de matière organique	Perte de biodiversité	Érosion	Perte de nutriments	Compaction
Zone A	0	60	20	80	10
Zone B	50	35	40	10	25
Parcelle X	50	60	40	80	25

6. Conseils

Si besoin, l'expert sol pourra remettre avis ou conseils afin d'améliorer la qualité du sol, favoriser l'épanouissement d'un service écosystémique et/ou lutter contre une menace affectant le sol.

L'expert fera ses recommandations en termes de zones à bâtir (sol de moins bonne qualité), le cas échéant de zones à désimperméabiliser (sol avec un meilleur potentiel pour remplir les services écosystémiques) et de zones à préserver pour les services écosystémiques (sol de meilleure qualité).

Ce point dépendra du niveau de concrétisation du projet en cours et des souhaits du commanditaire de l'étude.

Annexe : Références

Test	Français
VESS test	Guimarães, R.M.L., Ball, B.C., and Tormena, C.A. (2011) adaptée de Boizard, H. et al., in Baize, D. et al., (2013), Evaluation Visuelle de la Structure des horizons de surface des sols cultivés (VESS) , Canton de Vaud, INRA, Hepia, 2018
Slake test	Lambert, M., Vlamincq, N., Maughan, N., Richelle, L., Visser, M., (2018), Guide d'observation et pistes d'action pour des sols vivants en maraîchage , Laboratoire d'Agroécologie de l'Université Libre de Bruxelles
Compaction : tige pénétrométrique	Tomis, V., Turillon, C., Duparque, A., (2018), Guide méthodique de la tige «pénétro» , projet Sol-D'Phy
	Nederlands
	English