

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/319204432>

# Indicateurs biologiques et services écosystémiques des sols urbains : propositions de gestion

Technical Report · August 2017

DOI: 10.13140/RG.2.2.16030.23362

CITATIONS

0

READS

267

5 authors, including:



**Joël Amossé**

French National Institute for Agriculture, Food, and Environment (INRAE)

18 PUBLICATIONS 125 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**E. Havlicek**

Université de Neuchâtel

19 PUBLICATIONS 104 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Edward A. D. Mitchell**

Université de Neuchâtel

427 PUBLICATIONS 11,885 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**R.C. Le Bayon**

Université de Neuchâtel

82 PUBLICATIONS 1,601 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Use of testate amoeba functional diversity of assess peatlands evolution [View project](#)



CRD ANSES [View project](#)

sèche ( $r=0.83$ ), la porosité totale ( $r=0.76$ ) et la teneur en eau pondérale ( $r=0.80$ ).

Malgré ces bonnes corrélations, des essais similaires sur un grand nombre d'échantillons de sols sont nécessaires avant de se prononcer sur l'éventuelle possibilité d'estimer certains de ces paramètres physiques par des paramètres biologiques.

Enfin, la période de prélèvement des échantillons de sol est à revoir afin de minimiser l'influence du travail du sol sur la densité apparente, la porosité totale et la teneur en eau pondérale.

### **Bibliographie**

Boivin, P., 2014. Physique des sols: matières organiques et compaction des sols, quels liens faut-il faire? *Agronomie, écologie et Innovations* n°79, septembre/octobre : 9-12.

Boivin, P., Brunet, D. & Gascuel-Oudou C., 1990. Densité apparente d'échantillon de sol : méthode de la poche plastique. Milieux poreux et transferts hydriques, juillet 1991, *Bulletin du GFHN* N°28 : 59-71.

Dexter, A.R., Richard, G., Arrouays, D., Czyz, E.A., Jolivet, C. & Duval, O., 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma* 144 (3-4): 620-627.

Diserens, E. & Spiess, E., 2004. Interactions entre train de roulement et sol en grandes cultures. TASC : une application informatisée pour juger et optimiser les charges infligées au sol. Rapport FAT N°613, 16p.

Goutal, N., Bottinelli, N., Gelhaye, D., Bonnaud, P., Nourrisson, G., Demaison, J., Brêthes, A., Capowiez, Y., Lamy, L., Johannes, A., Boivin, P., Ranger, J., 2013. Le suivi du fonctionnement de la restauration de deux sols forestiers après tassement dans le Nord-Est de la France. *Étude et gestion des sols*, volume 20 (2) : 163-177.

Guérif, J., Richard, R., Dürr, C. Machet, J.M., Recous, S. & Roger-Estrade, J., 2001. A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment. *Soil Tillage Research* 61: 13-32.

Heuscher, S.A., Brandt, C.C., Jardine, P.M., 2005. Using soil physical and chemical properties to estimate bulk density. *Soil Science Society of America Journal* 69:51-56.

Maître, V., 2014. Indicateurs de développement durable : matière organique et activité biologique dans les sols agricoles du canton de Vaud. Bureau pEaudSol, Bex, 84p.

Rossier, N., 2013. Analyse de l'activité biologique des sols, Grangeneuve, 4p.

Rossier, N. & Dessureault, J., 2004. Évolution des paramètres biologiques des sols agricoles fribourgeois. *Revue suisse Agric.* 36(2) : 77-82.

## ***Indicateurs biologiques et services écosystémiques des sols urbains : propositions de gestion***

**Joël Amossé**

*Laboratoires d'Écologie fonctionnelle et de Biodiversité du Sol, Université de Neuchâtel*

**Elena Havlicek**

*Section Sols, Office Fédéral de l'Environnement*

**Jean-Michel Gobat**

*Laboratoire d'Écologie fonctionnelle, Université de Neuchâtel*

**Edward Mitchell**

*Laboratoire de Biodiversité du Sol, Université de Neuchâtel et Jardin Botanique de Neuchâtel*

**Claire Le Bayon**

*Laboratoire d'Écologie fonctionnelle, Université de Neuchâtel*

### **Une étude des sols urbains de la ville de Neuchâtel (Suisse)**

Comme pour les autres milieux, les sols sont l'une des composantes essentielles de l'écosystème urbain. Ils y jouent un rôle dans la régulation du climat, le support de la végétation et, dans une moindre mesure, l'approvisionnement en produits alimentaires et en matières premières. En ville, les

sols évoluent rarement dans des conditions naturelles, ils sont souvent partiellement ou complètement influencés par l'homme. Les conditions urbaines peuvent modifier les facteurs pédogénétiques naturels, avec un contexte microclimatique différent (plus sec et/ou plus chaud, dû à l'effet d'îlot thermique urbain). Elles peuvent aussi induire des

changements des propriétés physiques, chimiques ou biologiques des sols par leur usage intensif (compaction) ou par accumulation de contaminants (produits phytosanitaires, salage des routes, pollution atmosphérique, etc.). Suivant le contexte historique des villes, une diversité de types de sols (naturels, quasi-naturels et construits) existe assurant différents services écosystémiques au sein du milieu urbain (MEA, 2005; OFEV, 2011; Morel *et al.*, 2014). En ville, quatre fonctions écologiques principales peuvent être retenues :

- **la production végétale** pour l'embellissement et l'ombrage des parcs et jardins ou encore la production de denrées alimentaires ;
- **la régulation du climat** à travers l'évaporation (microclimat) et le stockage du carbone (macroclimat) ;
- **le contrôle de la pollution** par la rétention des contaminants par les particules du sol et la dégradation partielle des polluants par les microorganismes ;
- **la préservation de la biodiversité végétale et animale** valorisant aussi les aspects culturels du patrimoine urbain et offrant des opportunités pour une sensibilisation et une éducation à l'environnement.

Toutes ces fonctions sont, à divers degrés, dépendantes de l'activité des organismes vivants dans le sol. De par leur abondance et leur diversité (espèces, taxons, taille, etc.), les organismes du sol sont reconnus comme de précieux révélateurs des activités humaines sur les changements d'état ou de fonctionnement des sols et donnent ainsi une indication sur le degré des perturbations anthropiques - d'origine chimique (p.ex. forte teneur en azote, contaminants), physique (p.ex. tassement, apport de matériaux) ou encore biologique (p.ex. espèces invasives) - exercées sur les sols (remaniement, apports de matériaux exogènes, etc.). Dans le contexte urbain, le développement d'indicateurs biologiques (unités mesurables comme l'abondance ou la diversité

de la faune) est en mesure de répondre aux enjeux concernant la gestion durable des sols urbains et des services qui lui sont associés. À partir de l'étude de sols urbains et de sa faune dans la ville de Neuchâtel, réalisée dans le cadre d'un doctorat soutenu financièrement par l'OFEV (Amossé 2014), notre objectif a donc été de contribuer au développement d'outils de bioindication de l'état de fertilité des sols (au sens de l'OSol, art. 1 et 2), par la mise en évidence d'indicateurs faunistiques utilisables dans le contexte des ANTHROPOSOLS. Ces travaux ont permis de dégager de potentiels groupes indicateurs de faune du sol et de proposer des pistes de modes de gestion et de préservation des sols en ville.

### **Les sols urbains et ses services écosystémiques**

Trois grands types de sols urbains ont été identifiés, présentant des niveaux graduels d'intervention humaine. Le premier type de sol urbain correspond à des sols **naturels**, le deuxième à des sols **semi-naturels**. Ces sols sont principalement localisés dans les forêts ou dans les anciennes zones agricoles (vignes, cultures, jardins). Une épaisseur du sol et une teneur en argile élevées caractérisent généralement les sols naturels, une plus faible épaisseur et une texture limoneuse ont été associées aux sols semi-naturels. Les principales fonctions assurées par ces sols sont la production végétale, la régulation du climat et la préservation de la diversité biologique.

Les **sols construits** constituent le troisième type de sols urbains et correspondent à des sols en partie (Référentiel Pédologique : Anthrosols transformés ; Anthrosols artificiels ; WRB : Technosols) ou entièrement (Référentiel Pédologique : Anthrosols construits ; WRB : Technosols) formés par l'homme. Ces sols ont été pour la plupart mis en place en vue d'y implanter une végétation rapidement (parcs et jardins). Cependant, l'ajout régulier de matière (p.ex. compost, engrais chimiques) peut modifier et

simplifier les réseaux trophiques, ce qui entraîne parfois l'altération des fonctions du sol: perte de biodiversité, lessivage des éléments nutritifs, diminution du pouvoir tampon. Une faible épaisseur du sol, une teneur élevée en sable et en artefacts de différentes natures (p.ex. mortier, ferraille, plastique, verre, goudron) témoignent de la récente mise en place de ces sols (Amossé *et al.*, 2014).

Chaque type de sol urbain a une aptitude différente à remplir les services écosystémiques (selon la classification du Millenium Ecosystem Assesment, MEA 2005) recherchés dans l'écosystème urbain (figure 10) :

1. Les services d'**approvisionnement** assurent par exemple la fourniture d'alimentation, de matières premières, d'énergie : végétaux dans le cas des jardins familiaux, bois de chauffage, production de biogaz, etc. Les sols les plus évolués (naturels et semi-naturels) sont généralement les sols plus productifs et restent les plus aptes à la fourniture des matières premières.
2. Les services de **support** assurent un habitat physique et fonctionnel à la végétation, à la faune et à la flore du sol. Ces services incluent aussi l'action du vivant sur le fonctionnement des grands cycles biogéochimiques (carbone, azote, phosphore) à travers la fragmentation, la transformation, la minéralisation et le stockage de la matière organique dans le sol et la biomasse. L'hétérogénéité spatio-temporelle des sols urbains, qu'ils soient évolués ou non, permet la création d'une diversité d'habitats pour l'établissement et le développement de nombreuses espèces.
3. Les services de **régulation** permettent notamment de moduler l'infiltration et le stockage de l'eau, le contrôle de la température grâce au phénomène d'évapotranspiration, la limitation de l'érosion et des crues, l'augmentation de la filtration de l'air et de l'eau. Les sols permettent aussi le traitement des poussières et des

polluants métalliques et organiques (transfert, stockage et décontamination) en jouant leur rôle de filtre et de réacteur biologique. Les sols évolués sont souvent plus aptes à la régulation climatique et à la purification de l'air. Cependant, les services de drainage, d'infiltration des eaux d'écoulement de surface peuvent être similaires quel que soit le type de sol.

4. Les services **culturels** représentent une valeur spirituelle, récréative et esthétique. Ces services sont aussi bien assurés dans les sols anciens que les sols récemment mis en place. Le rôle d'archivage historique et archéologique des sols urbains peut être inclus dans cette catégorie.

#### **Les indicateurs faunistiques des sols urbains**

Dans le contexte urbain, les groupes de faune ont été choisis suivant les connaissances existantes (taxonomie, écologie), la facilité de leur détermination, leur coût d'identification ainsi que leur potentiel indicateur déjà établi pour d'autres types de sols. Les annélides (vers de terre et enchytréides) et les nématodes sont reconnus comme des bioindicateurs pertinents dans les sols agricoles et naturels. Leur applicabilité a donc été testée dans les sols urbains.

#### **Les vers de terre**

Les vers de terre (macrofaune), ingénieurs des sols (Jones *et al.*, 1994), sont de loin les organismes du sol les plus étudiés. Leur large distribution et leur répartition en catégories écologiques (épigés, endogés et anéciques) (Bouché, 1977) fournissent une information précise sur l'état de fonctionnement global des sols. Dans les sols urbains, les communautés de vers de terre sont de précieux indicateurs de conditions de mise en place des sols, en étant étroitement liées à leur épaisseur (p.ex. anéciques) (Amossé *et al.*, 2016).

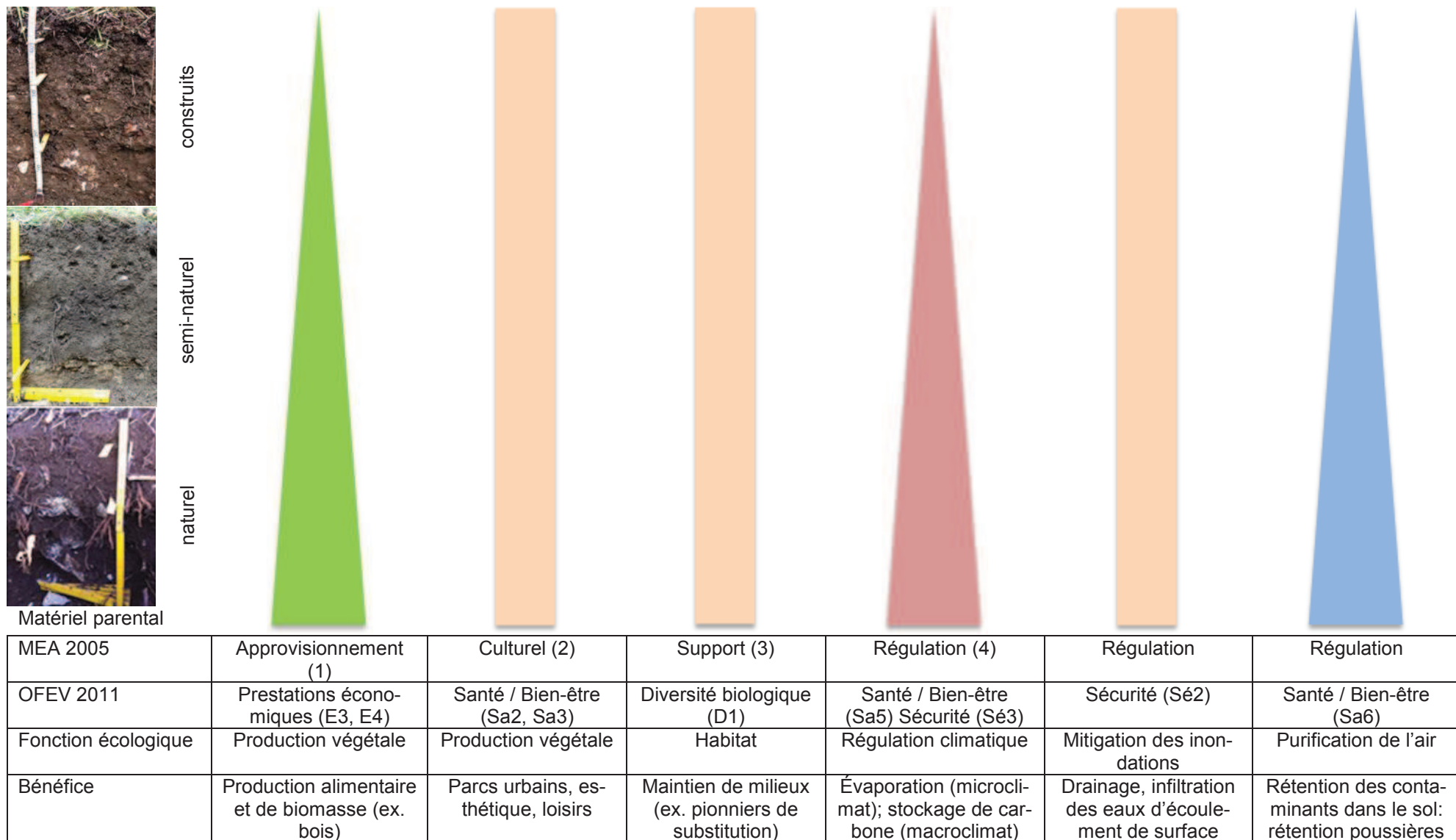


Figure 10 : Schéma général des services écosystémiques, fonctions écologiques et bénéfiques pouvant être apportés suivant le type de sols urbains.

Les vers de terre épigés vivant essentiellement dans les horizons très organiques du sol sont souvent rares dans les sols urbains, à l'exception de certaines espèces résistantes telles que *Lumbricus rubellus*. Les vers de terre endogés (p.ex. *Allolobophora chlorotica*) sont particulièrement attractifs en tant que bioindicateurs de structuration du sol dans les sols urbains en assurant en permanence la formation de nouvelles galeries (jusqu'à une moyenne de 2 km de galeries par mètre carré après trois mois d'incubation en microcosmes, obs. pers. basée sur les travaux d'Amossé *et al.*, 2015). Cette forte activité de bioturbation favorise de nombreuses fonctions écologiques du sol comme la régulation hydrique (p.ex. infiltration et stockage de l'eau), l'intégration de la matière organique au sol (p.ex. stockage de carbone) ou encore le cycle des éléments nutritifs grâce à la stimulation de l'activité des bactéries, améliorant la croissance et la production végétales (Lavelle *et al.*, 2006). L'aptitude des vers de terre endogés à vivre dans des sols peu épais, faiblement dotés en éléments nutritifs, leur faible sensibilité aux conditions de transport et de stockage des sols et leur vitesse de reproduction (p.ex. production de cocons élevée), souvent mieux adaptées que celles des anéciques, comme par exemple *Lumbricus terrestris*, les placent parmi les premiers acteurs de la structuration des sols nouvellement mis en place.

### Les enchytréides

Les enchytréides (mésafaune) ont fait l'objet de quelques études en milieux naturels et agricoles, mais restent encore bien moins étudiés que les vers de terre. En tant que décomposeurs, ils occupent une position clé dans le processus de fragmentation et de décomposition de la matière organique (Didden *et al.*, 1997). Dans le contexte urbain, les communautés d'enchytréides sont étroitement corrélées à la teneur en carbonates ( $\text{CaCO}_3$ ) des sols (Amossé *et al.*, 2016), reflétant ainsi les pratiques courantes de mélange ou d'apport de matériaux

carbonatés dans les sols urbains. La richesse spécifique, la composition des communautés ainsi que les différentes stratégies de vie (*r vs K*) (Graefe et Schmelz, 1999) des enchytréides renseignent sur le niveau de perturbation du sol en surface. Dans certains sols semi-naturels, la richesse spécifique est plus élevée que dans les sols construits. Notre étude a aussi montré une part plus élevée d'espèces à stratégie *r* (majoritairement *Buchholzia sp.* et *Enchytraeus sp.*) dans des sols urbains construits (Amossé *et al.*, 2016). Pour une majeure partie, les espèces identifiées sur les sites étudiées sont similaires à celles d'autres villes européennes (Schulte *et al.*, 1989; Pižl and Schlaghamersky, 2007) ce qui permet d'envisager une généralisation des résultats et la définition d'indicateurs globaux à l'échelle européenne. De recherches complémentaires restent néanmoins nécessaires afin de définir la chorologie des espèces et leurs rôles fonctionnels (épigés, épi-endogés, épi-anéciques et endogés) dans les sols.

### Les nématodes

Les nématodes (microfaune) donnent une information précieuse sur l'état des réseaux trophiques dans le sol en répondant rapidement aux perturbations (Ritz *et al.* 2009 ; Yeates 2003 ; Yeates *et al.* 1995). Par le biais de différents indices fondés sur les classes fonctionnelles (herbivores, bactérivores, fongivores, carnivores et omnivores) et leurs stratégies de vie, ils sont reconnus comme des bioindicateurs pertinents de la qualité des sols agricoles et des sols contaminés (Bongers, 1990; Yeates *et al.*, 1993; Bongers & Bongers, 1998; Yeates, 2003). Dans le contexte urbain, l'indice de structure (IS, fondé sur la complexité des réseaux trophiques) et la diversité des genres renseignent sur la stabilité du sol avec des valeurs souvent plus élevées observées dans les sols semi-naturels que dans les sols construits. Par exemple, des genres indicateurs de structures trophiques complexes comme *Aporcelaimellus* (carnivore à

long cycle de vie, à faible taux de reproduction et intolérant aux stress, Bongers & Ferris, 1999) ont essentiellement été retrouvés dans les sols urbains quasi naturels, confirmant que la complexité des réseaux trophiques va de pair avec la stabilité et la maturation des systèmes écologiques. À l'inverse, un genre indicateur d'enrichissement tel que *Rhabditis* (bactérovore à cycle de vie

court, au taux de reproduction élevé et peu sensible aux perturbations, Bongers & Ferris, 1999) a été retrouvé en abondance dans les sols récemment mis en place et amendés avec du compost, montrant en partie l'effet de l'apport d'éléments nutritifs en abondance sur la composition des communautés de nématodes.

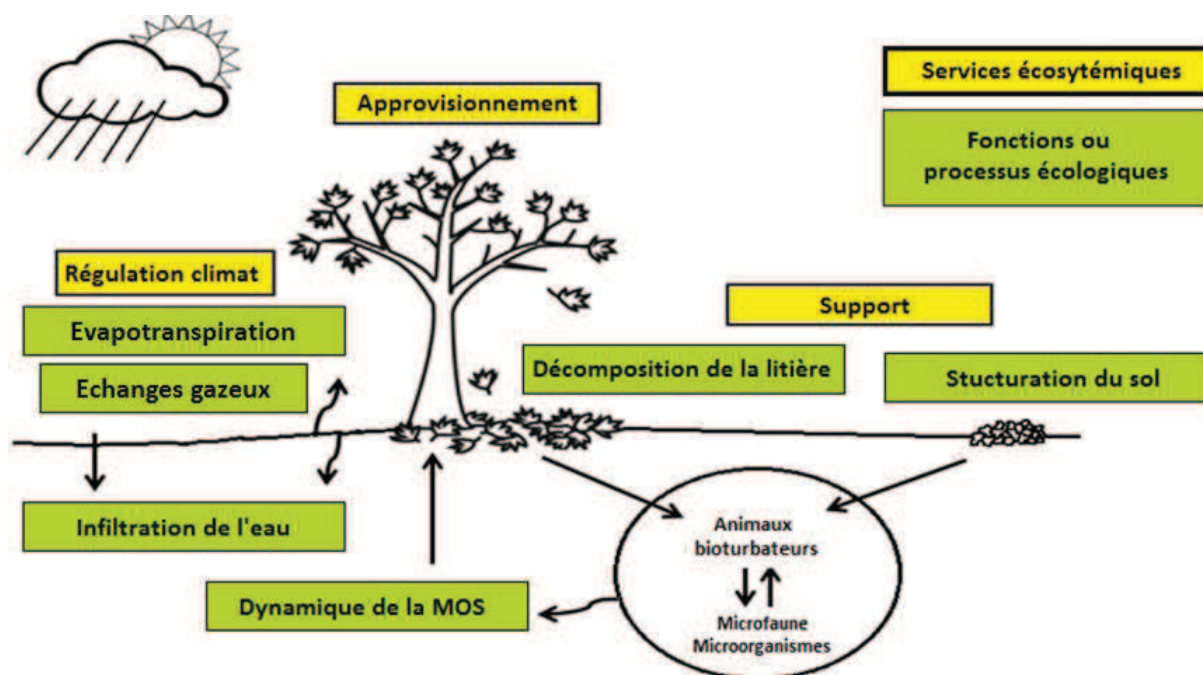


Figure 11 : Fonctions ou processus écologiques et services écosystémiques pouvant être assurés par la faune du sol en milieu urbain (MOS : matière organique du sol).

### Indicateurs faunistiques des sols urbains : fonctions, processus écologiques et services écosystémiques

Les services écosystémiques dépendent des fonctions ou des processus écologiques qui sont assurés par les organismes ingénieurs telles les plantes, mais aussi la pédofaune (figure 11). La taille des indicateurs faunistiques permet de cibler son rôle fonctionnel spécifique (figure 12):

- la formation et le maintien de la structure physique des sols par les vers de terre (endogés et anéciques), favorisent l'infiltration et le stockage de l'eau, l'intégration de la matière organique au sol (stockage de carbone) ou encore la création d'habitats pour d'autres organismes du sol;

- la décomposition et la fragmentation physique de la matière organique par les enchytréides (associés aux arthropodes du sol) jouent un rôle clé dans le processus de transformation des matières organiques en ville;
- la dynamique de la matière organique du sol et le cycle des éléments nutritifs contrôlés par les microorganismes et les nématodes permettent à la végétation de croître et de réguler la température en ville (évapotranspiration).

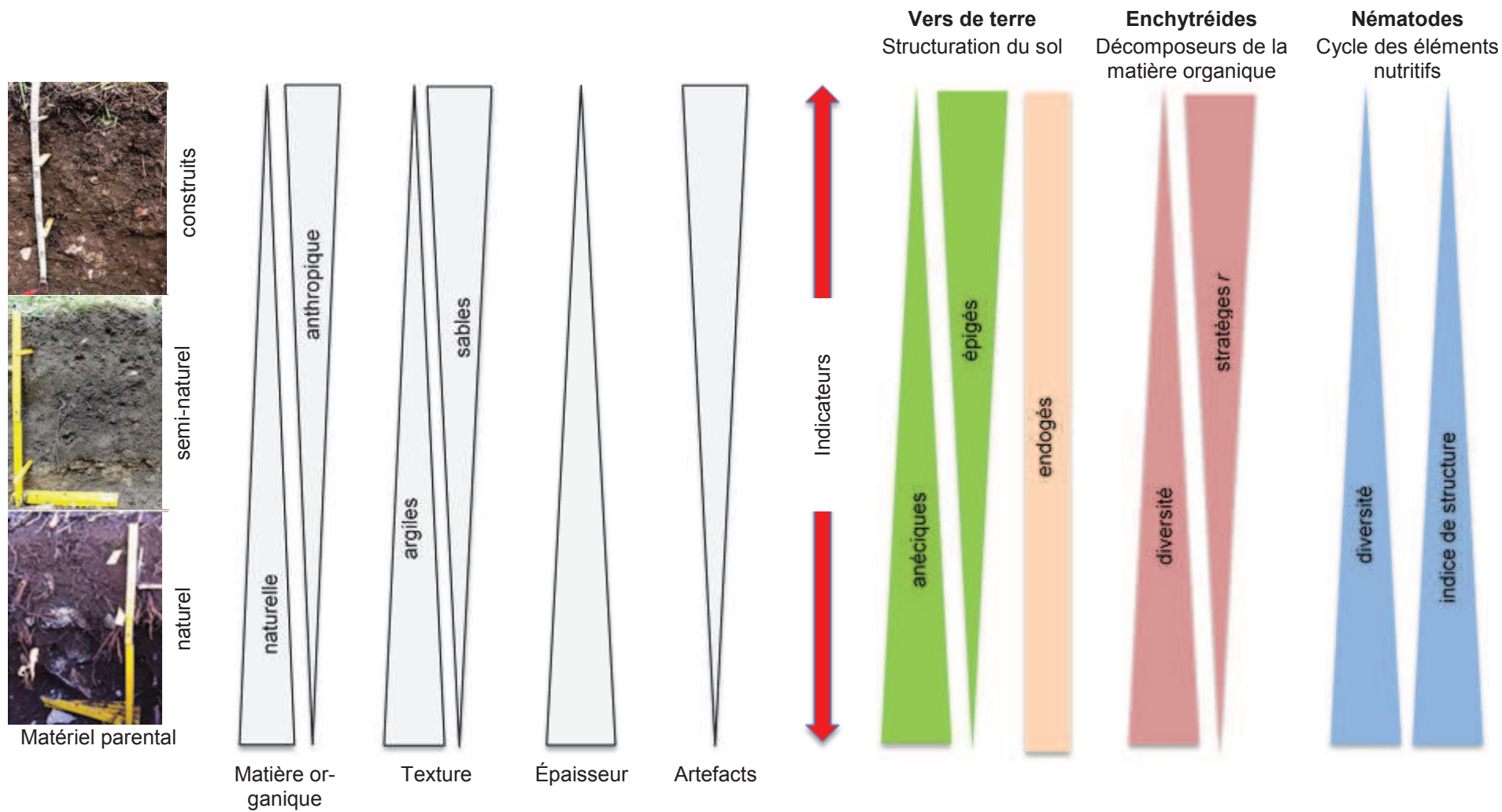


Figure 12: Schéma général des propriétés physico-chimiques et biologiques des différents types de sols urbains.

## Propositions de gestion des sols urbains

Si le végétal a une place prépondérante dans la gestion des villes en raison de sa fonction paysagère (ex. : parcs végétalisés, jardins, arbres d'alignement), le sol urbain, qui lui sert de support fonctionnel, reste encore peu considéré. Selon la nature du matériau parental et selon leur degré d'évolution, les sols urbains ont des caractéristiques physico-chimiques (épaisseur, teneur en argile, pH) et biologiques différentes des sols naturels. Les vers de terre, les enchytréides et les nématodes sont des indicateurs biologiques appropriés, reflétant les particularités fonctionnelles des sols urbains d'un point de vue physique (structuration du sol par les vers de terre et la décomposition de la matière organique par les enchytréides) et chimique (cycle des éléments nutritifs assurés par les nématodes), favorisant la production végétale, la régulation du climat et d'autres services associés. Grâce à leur répartition ubiquiste, leur abondance, leur facilité d'extraction et d'identification au niveau de l'espèce/genre/groupe fonctionnel, ces organismes permettent de contribuer au développement de méthodes fiables d'évaluation de la qualité des sols urbains en Suisse.

À partir de ces résultats, des propositions de gestion des sols urbains peuvent être formulées :

- mettre en place les sols urbains en s'inspirant des conditions naturelles des sols d'origine, notamment de leur stratification en horizons (génie pédologique);
- augmenter l'épaisseur des sols avec des matériaux pédologiques<sup>1</sup> (matériel organo-minéral) et technologiques (matière organique de type compost) afin de réduire le stress hydrique et favoriser la colonisation de la faune du sol (ex.: vers de terre endogés et anéciques);

<sup>1</sup> Il est possible, dans le contexte urbain, de valoriser les matériaux terreux issus du décapage de la couche supérieure et de la couche sous-jacente des sols de chantiers, dans la mesure où ces derniers ne peuvent être réutilisés à l'endroit de leur décapage, et si leur qualité (physique, chimique et biologique) est appropriée à l'usage souhaité (voir

- à long terme, modérer l'apport de compost afin de permettre le développement des communautés faunistiques du sol en équilibre avec le mode d'entretien du sol;
- laisser la litière en place ou, partiellement, les résidus de tonte afin de stimuler l'activité biologique des sols;
- limiter les perturbations dans la première couche du sol (p.ex. compaction, labour) en évitant les passages répétés des engins d'entretien. Cette couche de sol regroupe la majeure partie de la vie du sol et joue un rôle essentiel d'interface entre la partie aérienne et l'ensemble du sol (zone de transit pour la faune, échanges hydriques et gazeux);
- favoriser la connectivité entre les sols des espaces urbains (par exemple chemins non goudronnés, pavés ajourés, passages herbeux) afin d'augmenter la fonctionnalité des sols par le transfert des espèces ;
- renoncer à l'usage de pesticides<sup>2</sup> dont une partie, souvent importante, n'atteint pas le ravageur visé, mais directement le sol, et dont les effets négatifs sur les organismes du sol sont connus (Bünemann et al. 2006) ;
- mettre en place un monitoring biologique des indicateurs faunistiques pertinents pour évaluer ou mesurer l'efficacité des mesures mises en œuvre.

En raison de la variabilité des sols, qui s'exprime aussi dans le contexte urbain, les propositions de gestion doivent être évaluées en fonction des situations locales, en tenant compte des aspects environnementaux, mais également financiers et sociaux. L'information de la population joue un rôle important dans l'acceptation d'un entretien différencié, qui s'accompagne souvent d'une modification paysagère (par exemple passage d'un gazon à un milieu diversifié). Les

Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets : OLED articles 17 et 18).

<sup>2</sup> La réduction ou l'abandon de l'usage des phytosanitaires est déjà mis en œuvre dans certaines villes de Suisse.

services des parcs et promenades municipaux qui ne disposent pas d'une expertise en science du sol peuvent consulter les spécialistes de la protection des sols<sup>3</sup> pour la reconstitution des sols urbains à partir de matériaux terreux issus du décapage et pour définir la mise en œuvre des mesures appropriées. Finalement, des possibilités de monitoring biologique peuvent être réalisées en collaboration avec des instituts de recherche, sous forme de travaux de mémoire.

### Références bibliographiques

Amossé, J., 2014. *La faune du sol comme indicateur de la qualité des sols urbains*. Université de Neuchâtel, Faculté des sciences.

Amossé, J., Dózsa-Farkas, K., Boros, G., Rochat, G., Sandoz, G., Fournier, B., Mitchell, E.A.D., Le Bayon, R.-C., 2016. Patterns of earthworm, enchytraeid, and nematode diversity and community structure in urban soils of different ages. *European Journal of Soil Biology*, 73:46-58.

Amossé, J., Jelmini, J.-P., Havlicek, E., Mitchell, E.A.D., Le Bayon, R.-C., Gobat, J.-M., 2014. Mille ans d'extension urbaine à Neuchâtel: évolution des paysages et des sols. *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, 133: 05-26.

Amossé, J., Turberg, P., Milleret-Kohler, R., Gobat, J.-M., Le Bayon, R.-C., 2015. Effects of endogeic earthworms on the soil organic matter dynamics and the soil structure in urban and alluvial soil materials. *Geoderma*, 243-244: 50-57.

Bünemann, E. K., Schwenke, G. D., Van Zwieten, L., 2006. Impact of agricultural inputs on soil organisms—a review. *Soil Research*, 44(4): 379-406.

Bongers, T., & Ferris, H., 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *TREE*, 14(6): 224-228.

Bongers, T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83 : 14-19.

Bongers, T., Bongers, M., 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* 10 : 239-251.

Bouché, M.B., 1977. Stratégies lombriciennes. *Ecological Bulletins* (25), 122-132.

Conseil fédéral de Suisse, 2008. Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (814.12) (OSol) du 1er juillet 1998 (État le 1er juillet 2008), 12 p.

Diden, W.A.M., Fründ, H.C., Graefe, U., 1997. *Fauna in Soil Ecosystems*. Chapter 5: Enchytraeids.

Edited by Gero Benckiser. Marcel Dekker, Inc. New York. ISBN-10: 0824797868. 400 pp.

Graefe, U., & Schmelz, R., 1999. Indicator values, strategy types and life forms of terrestrial Enchytraeidae and other microannelids. *News Enchytraeidae*, 6: 59-68.

Jones, C.G., Lawton, J.H., Shachak, M., 1994. Organisms as ecosystem engineers, *Oikos*, 69: 373-386.

Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J.P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services.

ICSZ - Soil Animals and Ecosystems Services, Proceedings of the XIV<sup>th</sup> International Colloquium on Soil Biology. *European Journal of Soil Biology*, 42:3-15.

Millenium Ecosystem Assessment (MA), 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC, 86 pp.

Morel, J.L., Chenu, C., Lorenz, K., 2014. Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas (SUITMAs), *Journal of Soils and Sediments*, special issue : SUITMA 7, DOI 10.1007/s11368-014-0926-0.

Office Fédéral de l'Environnement (OFEV), 2011. Indicateurs pour les biens et services écosystémiques. *Systématique, méthodologie et recommandations relatives aux informations sur l'environnement liées au bien-être*, 14 pp.

Pižl, V., & Schlaghamersky, J., 2007. The impact of pedestrian activity on soil annelids in urban greens. *European Journal of Soil Biology*, 43(1): S68-S71.

Ritz, K., Black, H.I.J., Campbell, C.D., Harris, J.A., Wood, C., 2009. Selecting biological indicators for monitoring soils: a framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development. *Ecological Indicators* 9 : 1212-1221.

Schulte, W., Fründ, H.-Ch., Söntgen, M., Graefe, U., Ruzsokowski, B., Voggenreiter, V., Weritz, N., 1989. *Zur Biologie städtischer Böden, Beispielraum: Bonn-Bad Godesberg*. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. – Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, KILDA-Verlag F. Peking, Greven, ISBN: 3-88949-168-5. 192 pp

Yeates, G.W., 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biology and Fertility of Soils* 37 : 199-210.

Yeates, G.W., Bongers, T., De Goede, R.G.M., Freckman, D.W., Georgieva, S.S., 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology* 25 : 315-331.

Yeates, G.W., Orchard, V.A., Speir, T.W., 1995. Reduction in faunal populations and decomposition following pasture contamination by a Cu-Cr-As based timber preservative. *Acta Zoologica Fennica* 196 : 297-300.

<sup>3</sup> La Société Suisse de Pédologie a mis en place une procédure de reconnaissance pour les pédologues candidats au titre de «spécialistes de la protection des sols sur les chan-

tiers». Cette reconnaissance est soumise à un règlement défini en étroite collaboration entre la SSP, les responsables cantonaux de la protection des sols, les milieux de la construction et l'OFEV.

## Glossaire

*Ingénieurs du sol* : a pour spécificité de moduler directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour les autres espèces suite à des modifications physiques des sols et, par conséquent, de modifier, maintenir ou créer des habitats (Jones, 1994).

*Vers de terre épigés* : espèces pionnières de petite taille (1 à 5 cm) souvent de couleur rouge à la surface du sol (fractionnement des matières mortes)

*Vers de terre endogés* : espèces de taille variable (1 à 20 cm) peu pigmentées (rose, gris voire vert) dans les 30 premiers centimètres du sol (création d'une structure grumeleuse du sol facilitant la circulation de l'eau)

*Vers de terre anéciques* : espèces de milieu peu perturbé, de grande taille (10 à 30 cm) avec une couleur foncée (rouge ou brune) au niveau de la tête puis gradient de couleur vers la queue. Ils creusent des galeries verticales en profondeur permettant l'enfouissement et le brassage de la matière organique avec le sol.

*Stratèges r* : stratégie d'adaptation aux milieux instables basée sur la production d'un grand nombre de jeunes en peu de temps et une mortalité très élevée.

*Indice de Structure (IS)* : reflète la stabilité du milieu en fonction de l'abondance des groupes fonctionnels (bactériovores, fongivores et prédateurs). Plus il est élevé, moins le milieu est perturbé.

## **Le mieux est l'ennemi du bien : limiter le travail de la terre stimule la vie du sol**

**Claudia Maurer, Wolfgang Sturny**

Service de la protection des sols du canton de Berne, Rütli, 3052 Zollikofen  
claudia.maurer@vol.be.ch

**Andreas Fliessbach, Paul Mäder, Hansueli Dierauer**

Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL), Ackerstrasse 113, 5070 Frick

*Stimuler la vie du sol* : Une agriculture qui ménage les ressources place le sol et ses multiples fonctions au centre de ses activités. Les bactéries, les champignons et autres organismes du sol travaillent plus efficacement si le brassage mécanique reste limité à 5 - 8 cm de profondeur. Un travail réduit stabilise le sol et stimule sa vitalité, le protégeant ainsi de l'érosion.

### Introduction

La vie au sein du sol revêt une importance décisive pour que celui-ci puisse remplir ses fonctions. Les plantes produisent de la biomasse, dont les résidus nourrissent la pédofaune. Les microorganismes (bactéries, champignons, algues, unicellulaires) se chargent quant à eux de la décomposition en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et en sels minéraux, bouclant ainsi le cycle des nutriments et rendant les minéraux à nouveau disponibles pour la croissance des plantes. Les microorganismes utilisent une partie du

carbone pour produire leur substance corporelle. Une autre partie reste dans le sol, est transformée en humus (matière organique) et contribue ainsi à la formation d'une structure grumeleuse en agglomérant les particules minérales du sol.

Un sol grumeleux, riche en humus, présente une structure stable – condition première pour une bonne absorption de l'eau et la protection contre l'érosion et le tassement.

### Évaluation de la qualité du sol

Les puissantes machines utilisées de nos jours, combinées à la forte intensité des interventions portent souvent atteinte à la structure du sol. Le tassement, l'érosion et le ruissellement sont néfastes non seulement pour la fertilité des sols, mais aussi pour notre eau potable. L'amélioration et la stabilisation de la structure des sols sont donc d'une importance primordiale. Les systèmes culturaux travaillant le sol moins en profondeur et sans le retourner sont censés