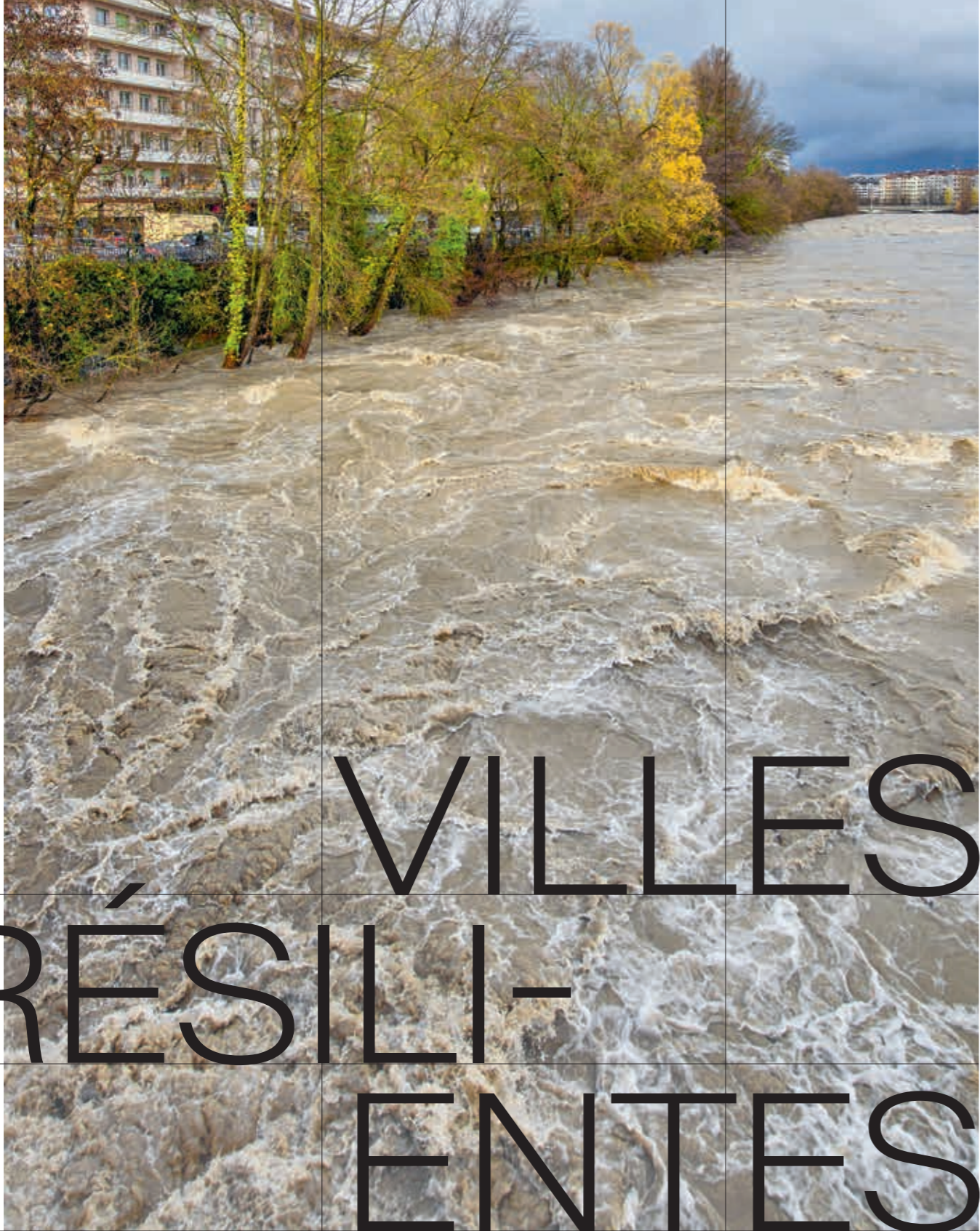


VILLES DURABLES



VILLES RÉSILIENTES

PAR YANNICK POYAT

Depuis quelques années, la question du sol prend de plus en plus d'importance au sein des réflexions sur l'aménagement des espaces extérieurs. En témoigne l'emploi fréquent de l'expression « sol vivant » dans les cahiers des charges des concours d'architecture du paysage qui est loin d'être anodine. À la différence du « sol fertile » voué à la productivité, le « sol vivant » doit, pour sa part, continuer de fonctionner sur le long terme. Cette approche permet de soulever la question de la vulnérabilité du sol, puisque tout ce qui est vivant peut, un jour, dépérir.

Ci-contre: Carouge, crue centennale de l'Arve, 15 novembre 2023. Photo: Daniel Kunzi

YANNICK POYAT
INGÉNIEUR AGRONOME, DIRECTEUR TECHNIQUE DE TERASOL SA (LAUSANNE) ET SECRÉTAIRE DE L'ASSOCIATION TERRATERRE

Si l'on considère que la ville classique devait être « belle » et la ville moderne « radieuse », la ville contemporaine se doit d'être durable. Or, comment définir une « ville durable » ? La notion de durabilité englobe de nombreux aspects en lien avec la mobilité, l'énergie, la santé, le bien-être, etc. Depuis peu, la durabilité d'un territoire semble d'ailleurs intimement liée à la notion de résilience.

La résilience territoriale pourrait se définir comme la capacité d'un territoire à continuer de fonctionner en dépit des perturbations extérieures. Ces dernières prennent la forme d'événements climatiques extrêmes qui sont peu à peu devenus la norme. L'exemple de la ville de Copenhague, le 2 juillet 2011, est significatif. L'équivalent de deux mois de précipitations, soit 135 mm d'eau, s'est abattu sur la capitale danoise en l'espace de vingt-quatre heures. Une telle quantité d'eau ne pouvant être évacuée par les réseaux en si peu de temps, la conséquence d'un tel phénomène fut une inondation sans précédent qui a neutralisé une grande partie de la ville. En effet, coupures d'électricité et secteur tertiaire ne font généralement pas bon ménage.

Les coûts induits par cette inondation se sont d'ailleurs élevés à près d'un milliard d'euros. Cet exemple illustre la vulnérabilité des territoires urbains face à l'excès d'eau. L'inverse est également problématique. Vagues de chaleur, sécheresses prolongées, îlots de chaleur urbains: ces trois phénomènes ont un impact non négligeable sur la disponibilité en eau pour les organismes vivants (animaux et végétaux). L'accès à l'eau étant un besoin fondamental, le manque d'eau en périodes printanière et estivale engendre des problématiques de santé publique évidentes. La gestion de l'eau en milieu urbain est donc progressivement devenue un enjeu majeur pour les grandes agglomérations. L'ambition consiste à mettre en place des mesures concrètes pour pallier le manque, mais aussi l'excès d'eau. C'est à partir de ces réflexions qu'est né le concept de « ville-éponge », à savoir une ville capable non seulement d'infiltrer rapidement les eaux pluviales, mais également d'en retenir une partie pour assurer la croissance des végétaux. Autrement dit, une ville qui comporte des sols fonctionnels d'un point de vue pédologique²: des sols vivants.

ÉMERGENCE DU SOL VIVANT

La thématique du sol vivant est aujourd'hui omniprésente dans la littérature scientifique et professionnelle, tout comme dans les ouvrages pratiques à destination du grand public³. Cette dimension vivante du sol figurait déjà dans les premiers travaux qui ont participé à consolider les connaissances initiales de la pédologie moderne. Au XIX^e siècle, Charles Darwin propose d'ailleurs d'employer l'expression « terre animale » plutôt que « terre végétale »⁴, tant l'action des vers de terre sur les sols est, selon lui, importante.

1. Philippe Hamman, « La "ville durable" comme produit transactionnel », *Espaces et sociétés*, n°147(4), 2011, p.25-40, publié en ligne: shs.cairn.info/revue-espaces-et-societes-2011-4-page-25?lang=fr.
2. La pédologie est la science qui étudie les caractères, l'évolution et la répartition des sols.
3. Céline Pessis, « Histoire des "sols vivants". Genèse, projets et oublis d'une catégorie actuelle », *Revue d'anthropologie des connaissances*, n°14-4, 2020, publié en ligne: journals.openedition.org/rac/12437.
4. Charles Darwin, *Rôle des vers de terre dans la formation de la terre végétale*, Paris, Reinwald, 1882.

En résumé, le sol rend de nombreux services essentiels au maintien du bien-être. La fourniture de ces services est directement dépendante de l'activité biologique du sol. Par exemple, le sol représente le principal support de croissance des plantes, lesquelles permettent notamment de se nourrir, se vêtir, construire des maisons et admirer des paysages inspirants. Au-delà d'un ancrage physique pour les racines, le sol peut être considéré comme un réservoir d'eau et de nutriments qui permet aux plantes de croître — ce rôle de réservoir découlant directement de l'activité biologique du sol. En effet, la capacité d'un sol à retenir de l'eau et des nutriments est intimement liée à sa teneur en humus¹¹, dont la formation découle de l'activité des vers de terre et des micro-organismes (bactéries et champignons).

Le vivant permet donc au sol de fixer les nutriments essentiels à la croissance des plantes tels que l'azote, le phosphore, le magnésium, le manganèse, le cuivre, le zinc, le fer... Cependant, avant toute chose, ces organismes édaphiques¹² participent à créer ces nutriments. Tous ces éléments sont bénéfiques aux plantes par l'action des micro et macro-organismes du sol à travers la minéralisation de la matière organique morte et l'altération de la roche-mère.

Tout en assurant la croissance végétale, les organismes du sol participent également à faciliter l'infiltration des eaux pluviales. Les vers de terre dits « anéciques » (*Lumbricus terrestris*) créent des galeries verticales durables entre la surface du sol et la profondeur. Celles-ci fonctionnent comme de véritables drains qui acheminent rapidement les eaux pluviales en profondeur. À travers les différents exemples cités précédemment, le lien entre le sol vivant et la résilience territoriale se dessine peu à peu. Il est plus aisé de comprendre ce nouvel engouement pour la thématique du sol vivant qui peut parfois conduire à des pratiques discutables, car trop centrées sur le vivant et non sur les conditions qui permettent à ce dernier de perdurer.

Concrètement, pourquoi est-ce si important?

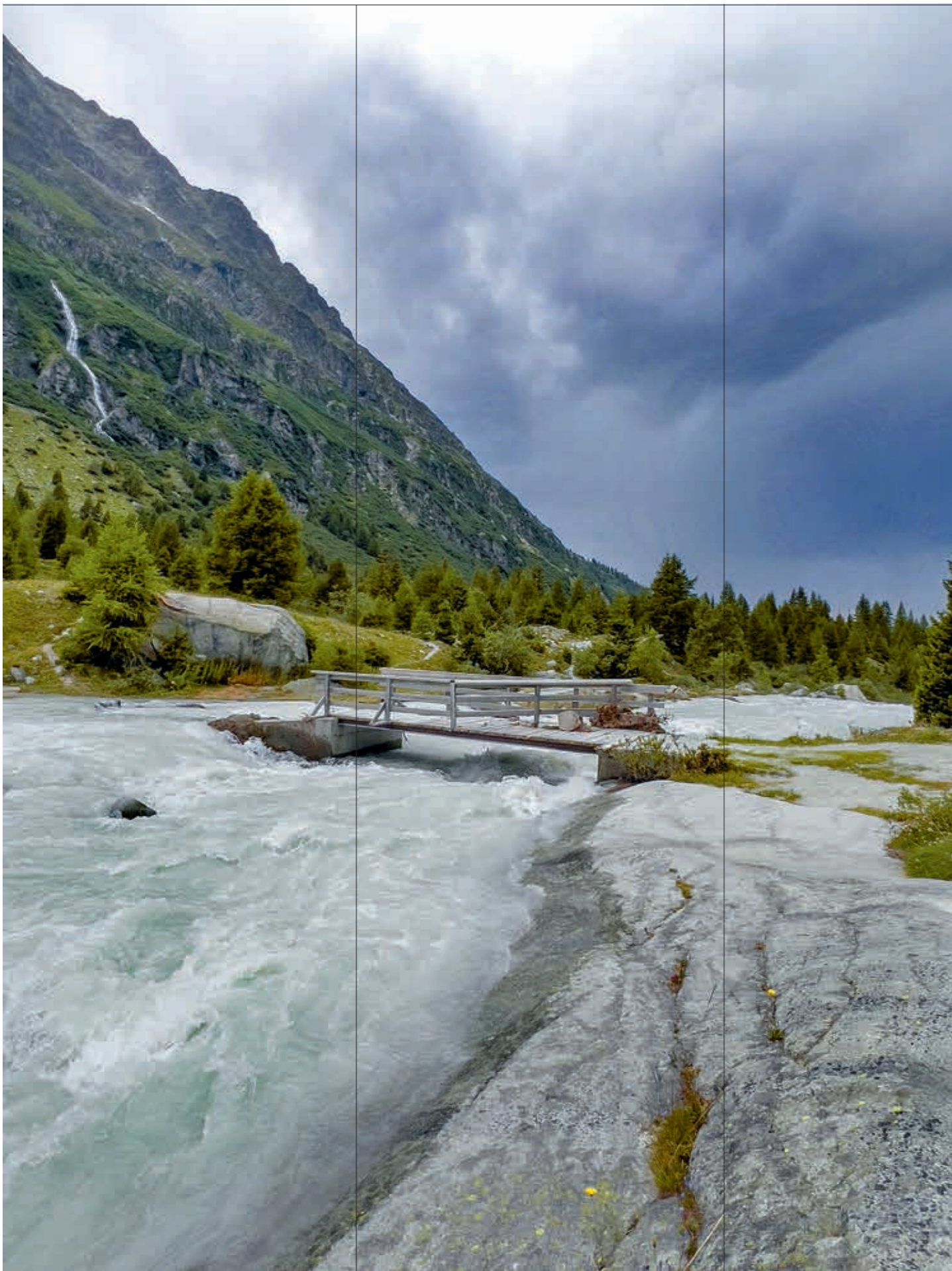
LE SOL VIVANT REND SERVICE

Au début des années 2000 naît le concept de « service écosystémique » dans l'approche utilitariste de la nature⁹ où les fonctions écologiques, portées par les écosystèmes, sont interprétées comme des services. Le but étant d'attirer l'attention du grand public sur la nécessité de conserver la nature, l'idée directrice souligne le fait que les sociétés humaines tirent des bénéfices du bon fonctionnement des écosystèmes¹⁰.

5. Louiza Boukharavaeva et Marcel Marloie, « Vassili V. Dokoutchaïev et l'écologie urbaine », *Étude et Gestion des Sols*, vol.20, 2013, p.117-126, publié en ligne: journals.openedition.org/ethnoecologie/2283.
6. Enrico Bellini, *Sols et constructions. État de la technique et des pratiques*, Berne, Office fédéral de l'environnement (OFEV), Connaissance de l'environnement n°508, 2015, p.16, publié en ligne: soletconstruction.ch/methodes/Mthodes/Directives/OFEV_Sols%20et%20Constructions_2015.pdf
7. Simon Jeffery et al., *European Atlas of Soil Biodiversity*, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2010.
8. Urs Steiger et Ruedi Stähli (dir), Gregor Klaus, *Richesses du sol*, Programme national de recherche « Utilisation durable de la ressource sol » (PNR 68), Office fédéral de l'environnement, Office fédéral de l'agriculture et Office fédéral du développement territorial, Berne, 2015 publié en ligne: vitival.ch/media/document/0/richessesdu-sol_.pdf
9. Walter E. Westman, *How Much Are Nature's Services Worth? Measuring the Social Benefits of Ecosystem Functioning is Both Controversial and Illuminating*, *Science*, vol.197, n°4307, septembre 1977, p.960-964.
10. Virginie Maris et al., « Regards croisés sur les valeurs de la biodiversité et les services écosystémiques », in Phillip Roche, Ilse Geijzendorffer, Harold Levrel & Virginie Maris (dir), *Valeurs de la biodiversité et services écosystémiques. Perspectives interdisciplinaires*, Versailles, Quæ, 2016, p.13-20.
11. Le terme « humus » est ici utilisé pour faire référence au complexe argilo-humique ou au plasma, soit l'alliance entre les argiles et la matière organique (chaînes carbonées).
12. Qui ont rapport à la nature du sol.

Veyrier, inondation du plateau de Vessy lors de la construction des Grands Esserts, 2023. Photo: Daniel Kunzi





13. Le biochar correspond à du charbon de bois obtenu par pyrolyse (combustion sans oxygène).

14. Bruno Glaser et Jago Jonathan Birk, « State of the Scientific Knowledge on Properties and Genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Indio) », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 82, avril 2012, p.39–51.

FAIRE PERDURER LE VIVANT

Si le vivant demeure une condition indispensable au bon fonctionnement des sols, la priorité n'est pas d'« injecter » à tout prix du vivant dans le sol, mais de créer des conditions favorables au maintien d'une activité biologique sur le long terme. En témoignent les mycorhizes, ces champignons symbiotiques qui offrent l'opportunité aux plantes d'accéder à des ressources (eau, nutriments) que les racines, seules, ne peuvent extraire. Une pratique émergente consiste à inoculer des mycorhizes dans le sol pour aider les plantes à renforcer leur résilience face aux différentes contraintes urbaines (îlots de chaleur, forte compacité du sol, etc.) pouvant représenter un frein à leur croissance.

Bien que cette pratique ne soit pas dénuée de sens, elle ne couvre qu'une partie du problème. En effet, si la présence de champignons mycorhiziens est primordiale pour 95% des plantes terrestres, la priorité est plutôt de créer les conditions pour que ces champignons s'installent naturellement et perdurent. En d'autres termes, la priorité n'est pas d'avoir un sol vivant, mais plutôt un sol capable d'accueillir du vivant. Pour cela, il est impératif de garantir la présence des trois éléments que sont l'oxygène, l'eau et le carbone.

Tout organisme vivant dans le sol et dont l'action est bénéfique aux plantes a besoin de respirer, de boire et de manger, tout comme les êtres humains. Cette nécessité peut sembler contradictoire avec le besoin de portance, omniprésent en milieu urbain (piétonnes, véhicules). En effet, un sol portant est un sol compacté, soit un sol qui n'autorise ni la circulation d'oxygène et d'eau ni la dégradation des chaînes carbonées. Pour lever cette contradiction, les pédologues ont mis au point des solutions techniques destinées à reconstituer des sols à la fois vivants et portants. Ces innovations techniques marquent l'émergence d'une ingénierie pédologique dont l'ambition est de proposer des modèles de reconstitution de sols qui puissent assurer les fonctions urbaines nécessaires au développement du vivant (végétal, animal, fongique et bactérien).

Le mélange terre-pierres est sans nul doute l'une des premières innovations techniques à avoir été utilisée en milieu urbain. Le principe est simple: la fosse de plantation est remplie de pierres de gros calibre qui forment un squelette incompressible pour assurer la portance. Les vides entre les pierres sont remplis de terre pour assurer la croissance racinaire et le développement de micro-organismes. D'autres solutions techniques, inspirées du mélange terre-pierres, ont progressivement émergé comme le système de Stockholm. Ingénieux, ce dernier offre portance, gestion des eaux pluviales et oxygénation de la fosse de plantation. La terre est remplacée par du biochar¹³ mélangé à du compost, en référence à la *terra preta* (terre noire en portugais) amazonienne réputée pour sa fertilité¹⁴.

Ces innovations techniques, qui sont basées sur des principes simples et offrant la possibilité de faire perdurer le vivant en ville, ne sont toutefois applicables que pour des situations bien précises. Des questions demeurent, notamment en ce qui concerne les surfaces végétalisées sur dalle (constructions souterraines). Une dalle en béton ne pourra en effet jamais remplacer le rôle d'une roche-mère qui participe activement à la fertilité du sol (apport de minéraux, remontée capillaire d'eau, etc.). Il apparaît donc évident qu'augmenter l'épaisseur de sol sur dalle n'est pas un gage de fertilité. L'ingénierie pédologique a encore de beaux jours devant elle pour apporter des solutions techniques à la diversité des situations rencontrées en milieu urbain.

Val d'Hérens, Ferpèche,
crue de la Borgne, juillet 2024.
Photo: Daniel Kunzi