



hepia - Agronomie

Technosols construits : état de la science, aspects légaux et techniques

Pascal Boivin

Professeur de Science du Sol

HES-SO Genève - HEPIA

Technosol ?



hepia - Agronomie

Food and Agriculture Organization, 2014. World reference base for soil resources 2014. FAO, Rome.

- Les Technosols regroupent des sols dont les propriétés et la pédogenèse sont dominées par leur origine technique. Ils contiennent une quantité importante d'artéfacts (un objet clairement fabriqué ou fortement altéré par l'homme ou extrait de plus grandes profondeurs) ou sont colmatés par un matériau technique dur (matériau dur créé par l'homme et ayant des propriétés différentes d'une roche naturelle) ou contiennent une géomembrane. Ils comprennent des sols sur déchets (décharges, boues, cendres, terrils et poussières), des chaussées avec leurs matériaux sous-jacents non consolidés, des sols avec géomembranes et des sols construits.

<> Anthrosols

- Les Anthrosols sont des sols qui ont été modifiés profondément par des activités humaines comme l'apport de matériau organique ou minéral, de charbon de bois ou de résidus ménagers, par l'irrigation ou les pratiques culturales..
- Les Anthrosols se situent là où les gens ont pratiqué l'agriculture depuis très longtemps.

Soils with strong human influence

Soils with long and intensive agricultural use: ANTHROSOLS

Soils containing many artefacts: TECHNOSOLS



Technosols construits – une forte pression



- Fabriqués à partir de déchets bruts, exemple : granulats de déconstruction, résidus industriels (carcasses ordinateur, pâte à papier...)
 - Travail au cas par cas - expérimental
- Fabriqués à partir de matériaux d'excavation
- Cette dernière catégorie représente la source de matériaux la plus abondante en Suisse et dans la plupart des pays industriels.
 - Future Circular Collider (CERN): 8 millions m³ de molasse excavés
 - Genève: 3 millions de tonnes par an

Technosols construits: des besoins



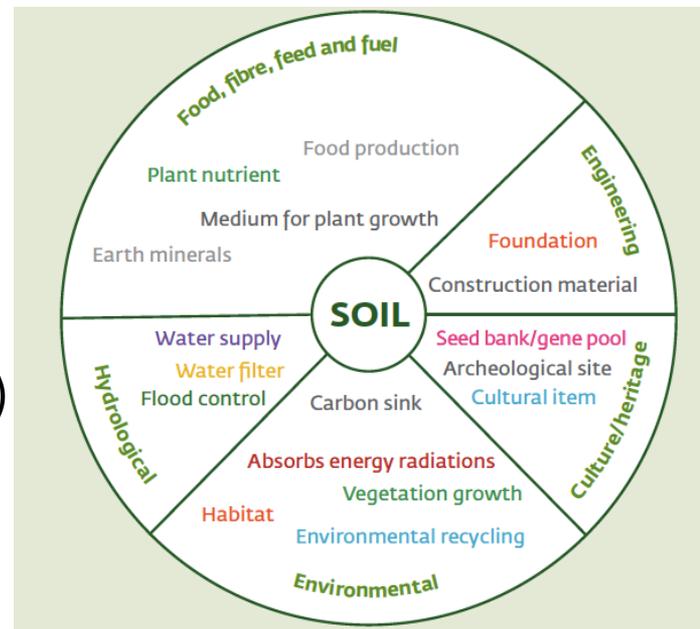
hepia - Agronomie

- Les villes et aménagements ont besoin de terre végétale
- Le marché des terres végétales est tendu et les terres vendues sont de très mauvaise qualité
 - Nota: une [norme Terres Végétales](#) a été rédigée pour le Département du Territoire Genevois. Son application est fréquente dans des litiges.
- Il est fortement souhaité de ne plus consommer de terre végétale qui par définition a été décapée d'un autre sol

Un TechoSOL peut-il être un SOL ?



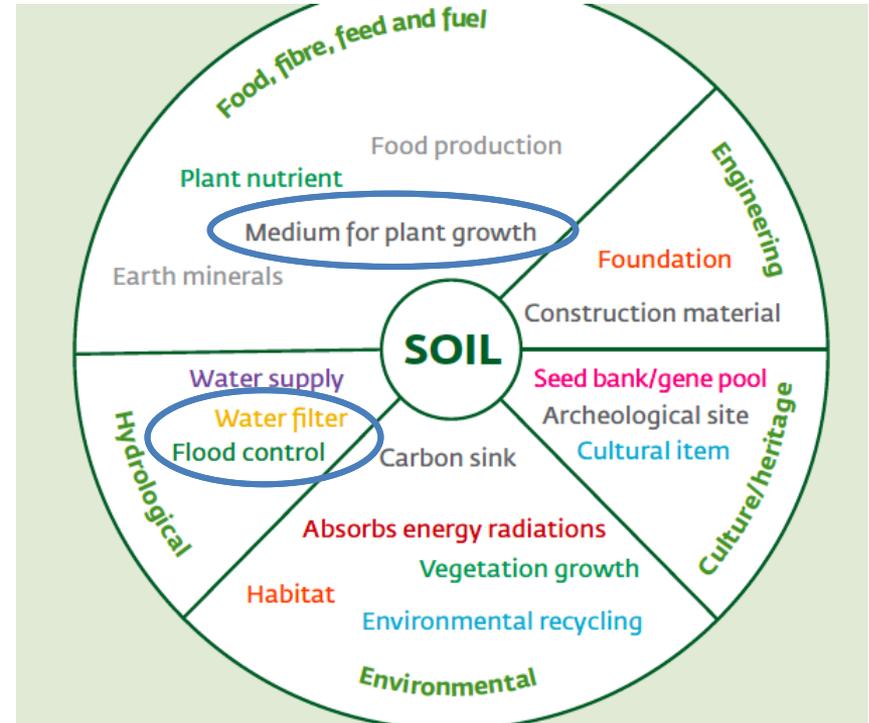
- Qu'est-ce qu'un sol ? Quel sol veut-on ?
- Une définition par la situation physique
 - Selon LPE Art. 4bis: [...] Par sol, on entend la couche de terre meuble de l'écorce terrestre où peuvent pousser les plantes.
- Une définition par les fonctions (quel sol veut-on ?)
- Une définition par les propriétés: lien propriétés – fonctions
- Recherche: comment créer les propriétés qui procurent les fonctions



Quelles fonctions sont attendues ?



- Aménagement urbain
 - Support de la végétation
 - Infiltration – épuration des eaux
- Quelles propriétés liées ?
 - Structure
 - Réserve en eau
 - Aération
 - Stabilité structurale
 - Matière organique (nutriments)



Former un sol



- Un sol ce sont des vides, un squelette (sables et particules de taille supérieur), des constituants colloïdaux.
- Constituants colloïdaux: matière organique, oxides et argiles minéralogiques.
- Plasma: systèmes aux propriétés émergentes formé par l'assemblage des colloïdes (voir par exemple le Soil Science Society of America Glossary).
- Sans le plasma, pas de sol (sol minéral brut formé de squelette), car pas de rétention d'eau et de nutriment, pas de structuration etc.
- Sans plasma: très peu de fonctions

Former un sol



hepia - Agronomie

- La présence de constituants colloïdaux capables de former un plasma est la condition clé.
- Or les matériaux d'excavation peuvent ne pas contenir d'argiles minéralogiques. Matériaux additionnels ?
- Dans les essais en laboratoire, rôle positif des sesquioxydes de fer.
- → travailler sur des mélanges
- → disposer d'une fraction importante < 2 mm (terre fine)
- → dans cette fraction, disposer de colloïdes minéraux capables de complexer de la matière organique

Technosols construits et matière organique



- Pour former un plasma il faut apporter de la matière organique
- Quel est le volume des besoins ?
- Exemple du FCC – CERN.
 - $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ de molasses $\rightarrow 21 \cdot 10^6 \text{ t}$ de matériaux
 - 3% de MO m^3 provenant de compost (ISMO 0.7) : $1 \cdot 10^6 \text{ t}$ de compost
 - Production annuelle Suisse composts et digestats : $1.4 \cdot 10^6 \text{ t}$
- On ne dispose pas de matière organique en quantité suffisante pour produire des Technosols à partir des matériaux d'excavation
- Il faut utiliser la photosynthèse : production à base d'engrais verts (cf Terasol ou OSL)

Technosols construits et matière organique



- Apport de MO
 - Starter compost ou fumier (ou autre) pour mise en culture
 - Mise en culture de préparation avec engrais verts (10 t de matière sèche par ha et par an visés).
- Excellents résultats à la préparation si la quantité de MO apportée est élevée. La réduire ?
- Quel devenir dans le temps ? Si la MO n'est pas stabilisée, elle va disparaître rapidement et on revient au matériau brut.
- Recherches: quel mélange de matériaux pour quelle complexation de la MO ? (surface spécifique, charge de surface, formes du carbone...)

Exemples



Risque: rétrogradation et prise en masse



Après un an sans couvert dense

TM Johanna Puglia



Préparation avec du lisier



Préparation avec du Compost



Préparation avec du fumier

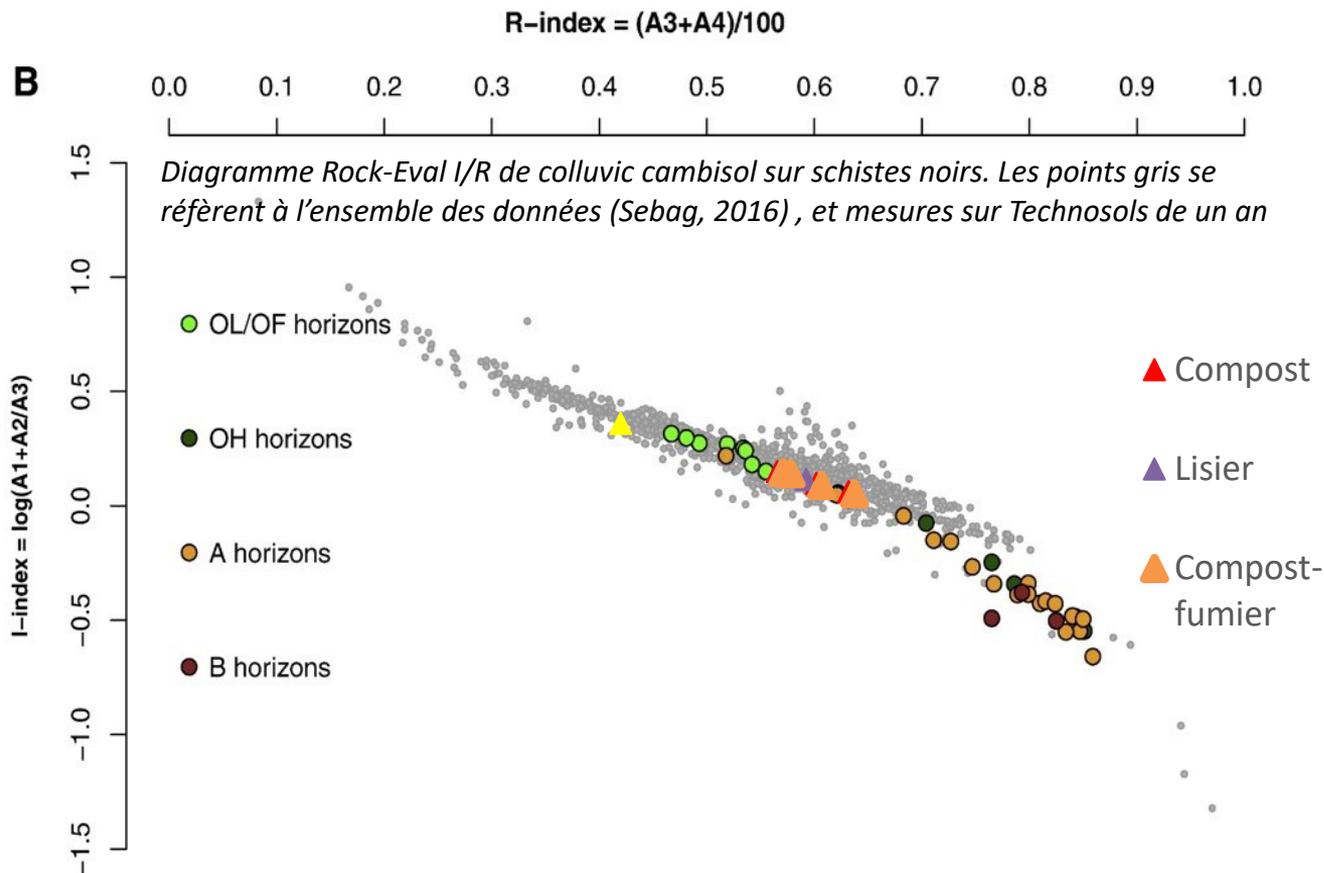
Recherches en cours



hepia - Agronomie

- Travail sur les mélanges
 - Fraction argileuse
 - Ajoute d'oxydes de fer, de poudre de basalte...
- Liens avec les propriétés : surface spécifique, charge de surface
- Genèse des propriétés physiques (Shrinkage analysis)
- Formes de matière organique et leur évolution (pyrolyse Rock-Eval)
- Gestion des couverts végétaux
- Stimulation de l'activité biologique

Exemple: forms de matière organique



TM Johanna Puglia

Contexte légal



- LPE (Loi sur la Protection de l'Environnement, 1983 et suite 01.01.2024)
- OSOL (1998) et suite (maj 12.04.2016)
- Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED, dernière révision 04.12.2015)
- Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim – maj 26.01.2017)
 - Annexe 2.6, ch. 3.2.2. Restrictions s'appliquant au compost et aux digestats
- Exigences requises pour la fabrication de terres végétales artificielles à partir de déchets. OFEV 1993

INFORMATIONS CONCERNANT

la protection des sols et
l'ordonnance sur les polluants du sol (Osol)

No 5 (1993) Office fédéral de l'environnement, des forêts et du p
(OFEFP), 3003 Berne
Station fédérale de recherches en chimie agricole et
l'hygiène de l'environnement (FAC), 3097 Liebefeld

Exigences requises pour la fabrication de terres végétales
artificielles à partir de déchets

Vollzug Umwelt

MITTEILUNGEN ZUM

qualitativen Bodenschutz und
zur Verordnung über Schadstoffe im Baden (VSBo)

Nr. 5 (1993) Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL),
3003 Bern
Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie
und Umwelthygiene (FAC), 3097 Liebefeld

Anforderungen an künstliche, aus Abfällen hergestellte
Kulturerde



Exigences requises pour la fabrication de terres végétales artificielles à partir de déchets – 1993



- En principe, la terre végétale artificielle doit satisfaire aux exigences générales de qualité que l'art. 12, 1er alinéa, let. b Osubst énumère pour le fabricant. Selon ces exigences, le produit ne peut être remis que si l'on peut raisonnablement admettre que son usage, pour autant qu'il soit conforme aux instructions figurant sur l'étiquette et dans le mode d'emploi, ne présente pas de danger pour l'environnement, ou, par le biais de celui-ci, pour l'homme

Commentaire: « Exigences requises pour la fabrication de terres végétales artificielles à partir de déchets – 1993 »



"La terre végétale artificielle est utilisée non comme engrais, mais en tant qu'amendement, en tant que substrat, à titre de protection contre l'érosion ou lors de la remise en culture des sols. Les exigences en matière de qualité des engrais ne s'appliquent donc pas à ces utilisations »

« Etant donné qu'à l'heure actuelle on ne dispose pas d'indication sur le comportement à long terme des terres végétales artificielles et sur leur répercussion sur la fertilité du sol, pour le moment les terres végétales artificielles ne devraient être utilisées que sur des sols technogènes »

Les sols technogènes sont des sols anthropogènes modifiés, c'est-à-dire des sols à teneur en substances inertes ou à faible teneur en polluants, et/ou des sols artificiellement recréés dans les zones d'habitat, dans leur voisinage, près des routes, pour la couverture de décharges, etc

... (prescriptions sur la composition)

Exigences requises pour la fabrication de terres végétales artificielles à partir de déchets - 1993



- « Il faut renoncer à une utilisation de terres végétales artificielles pour des surfaces de production agricole (y compris les surfaces de jardins), dans les zones S de protection des eaux (y compris les aires de protection des eaux souterraines), pour les surfaces forestières, etc. »
- Les terres végétales artificielles ne devraient être utilisées que pour la création d'un horizon A
- «Etant donné qu'à l'heure actuelle on ne dispose pas d'indication sur le comportement à long terme des terres végétales artificielles et sur leur répercussion sur la fertilité du sol, pour le moment les terres végétales artificielles ne devraient être utilisées que sur des sols technogènes»

Exigences requises pour la fabrication de terres végétales artificielles à partir de déchets - 1993



- «La teneur en polluants anorganiques des terres végétales artificielles dans la partie terre fine (diamètre des particules plus petit que 2 mm) ne doit pas dépasser 50% de la valeur indicative de l'Osol»
- Or les matériaux géogènes peuvent contenir des métaux lourds
 - Ex: Cr et Ni dans certaines molasses > 250 ppm
 - Texte OLED ambigu
 - Exception du Fluor dans le commentaire de 1993 ?
- Texte ancien basé sur un état des connaissances > 30 ans: une révision sera à envisager

Conclusions



- Des besoins et un domaine de recherche en croissance
- Des applications qui devancent la connaissance, nécessité d'une recherche participative en milieu reel
- De toute evidence la végétalisation après implantation est une clé
- Fonctions envisageables
 - Végétalisaiton +++ si maintien approprié (au sol et toitures)
 - Infiltration +? → Etudes en cours
 - Portance 🙅 : Pas d'application Agricole envisageable