



Substrats du futur Multifonctionnels et durables

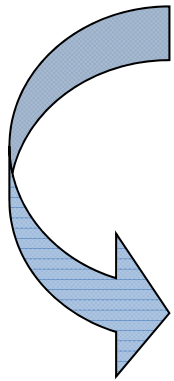
Pascal Boivin – Professeur
Véronique Guiné – Adjointe Scientifique

Les cultures hors sol



hepia - Agronomie

- Culture dont le système racinaire
 - n'est jamais en contact direct avec le sol naturel
 - est confiné dans un espace limité
- Faible inertie thermique,
 - hydrique
 - et minérale
- Rôle du substrat
 - ancrage des racines,
 - réserve minérale et hydrique + ou - grande
 - oxygénation des racines



Supports



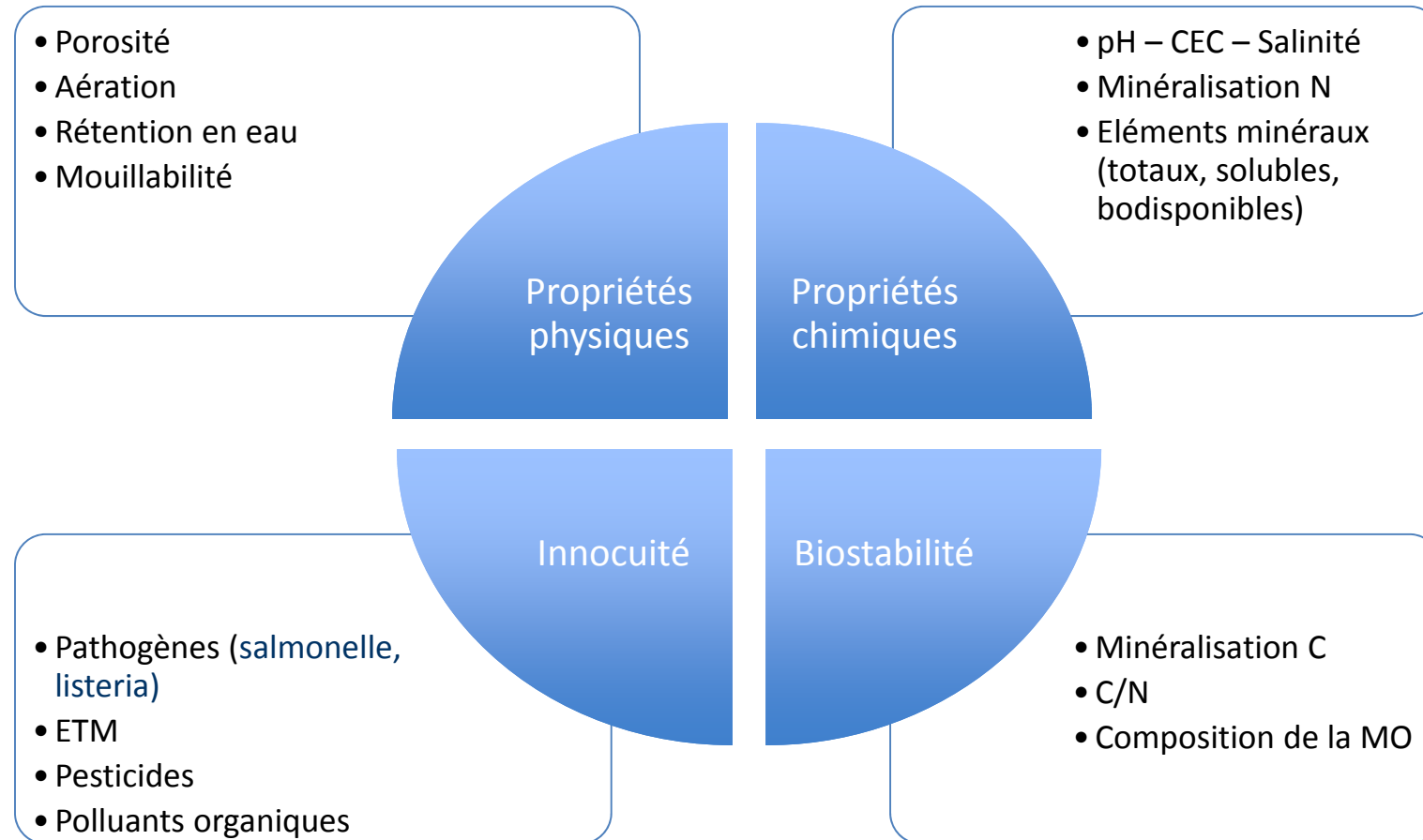
- Terreau → une base minérale / sol enrichie
- Substrats ≈ supports de culture
- Applications : cultures hors sol, technosols
 - Horticulture (flori, pépinières, maraîchère)
 - Toitures
 - Murs
 - Sols urbains
 - Systèmes épurateurs

Définition selon la norme NF U 44-551



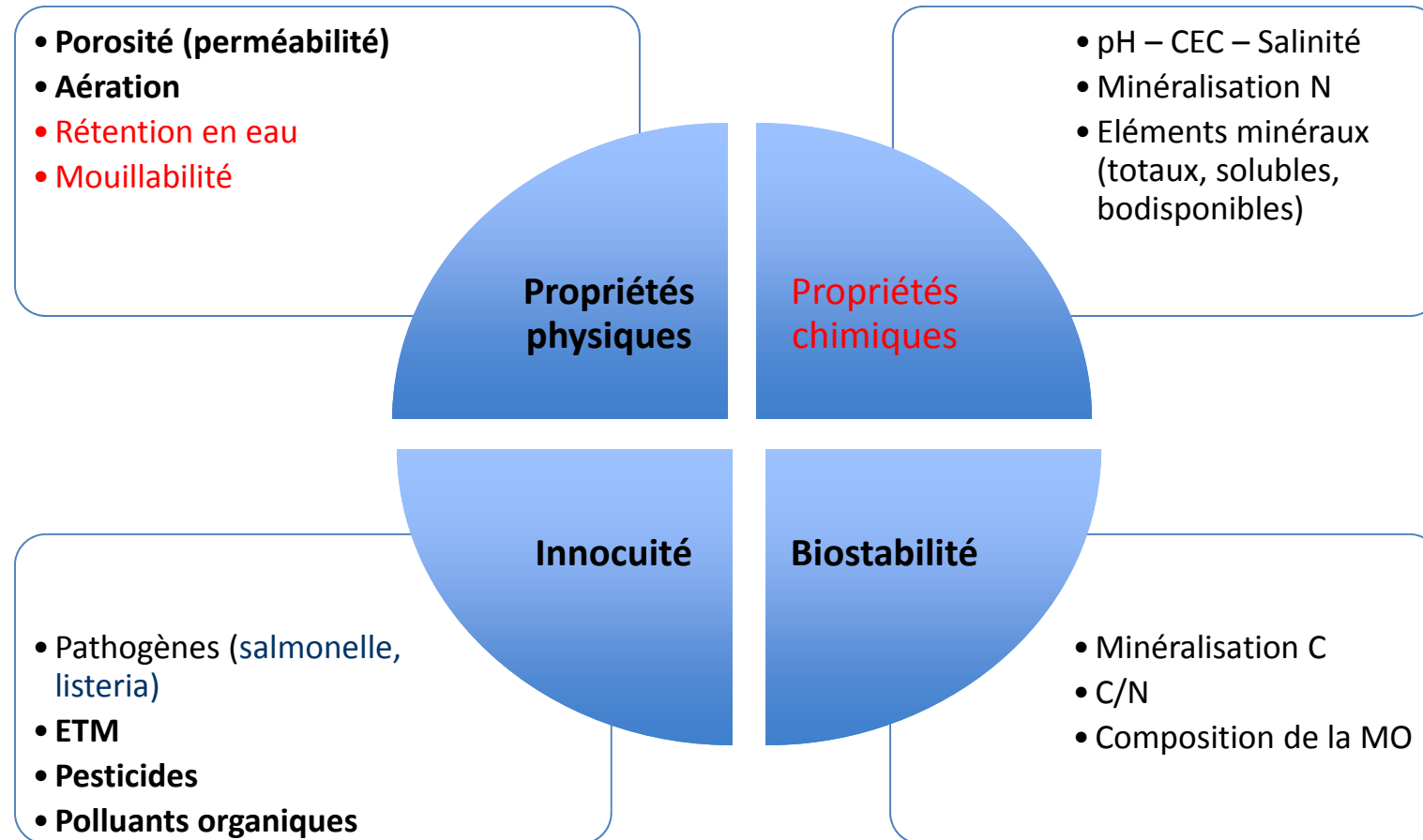
- Produits destinés à servir de milieu de culture à certains végétaux. Leur mise en œuvre aboutit à la formation de milieux possédant une porosité en air et en eau telle qu'ils sont capables à la fois d'ancrer les organes absorbants des plantes et de leur permettre d'être en contact avec les solutions nécessaires à leur croissance
- Autres normes : caractérisation = EN 12580 (repris SN 12580) et 13040

Caractéristiques essentielles d'un substrat



Caractéristiques essentielles

d'un substrat – **Toitures extensives**



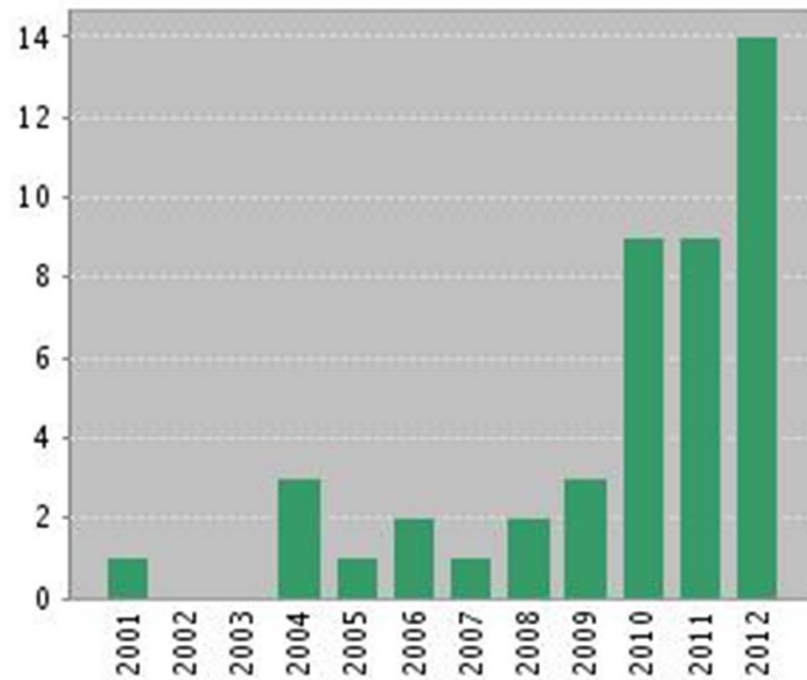
Un sujet d'actualité

Source Web of Science

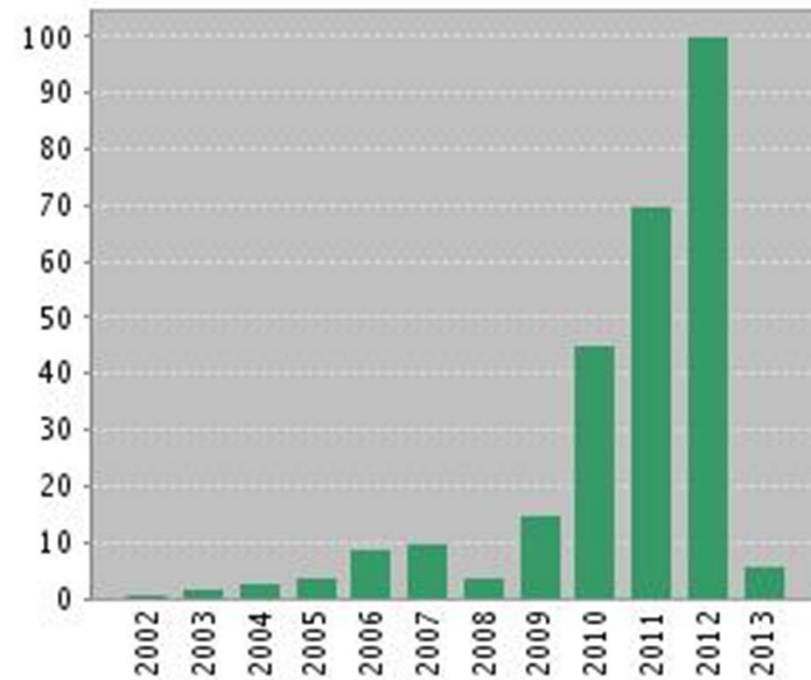


hepia - Agronomie

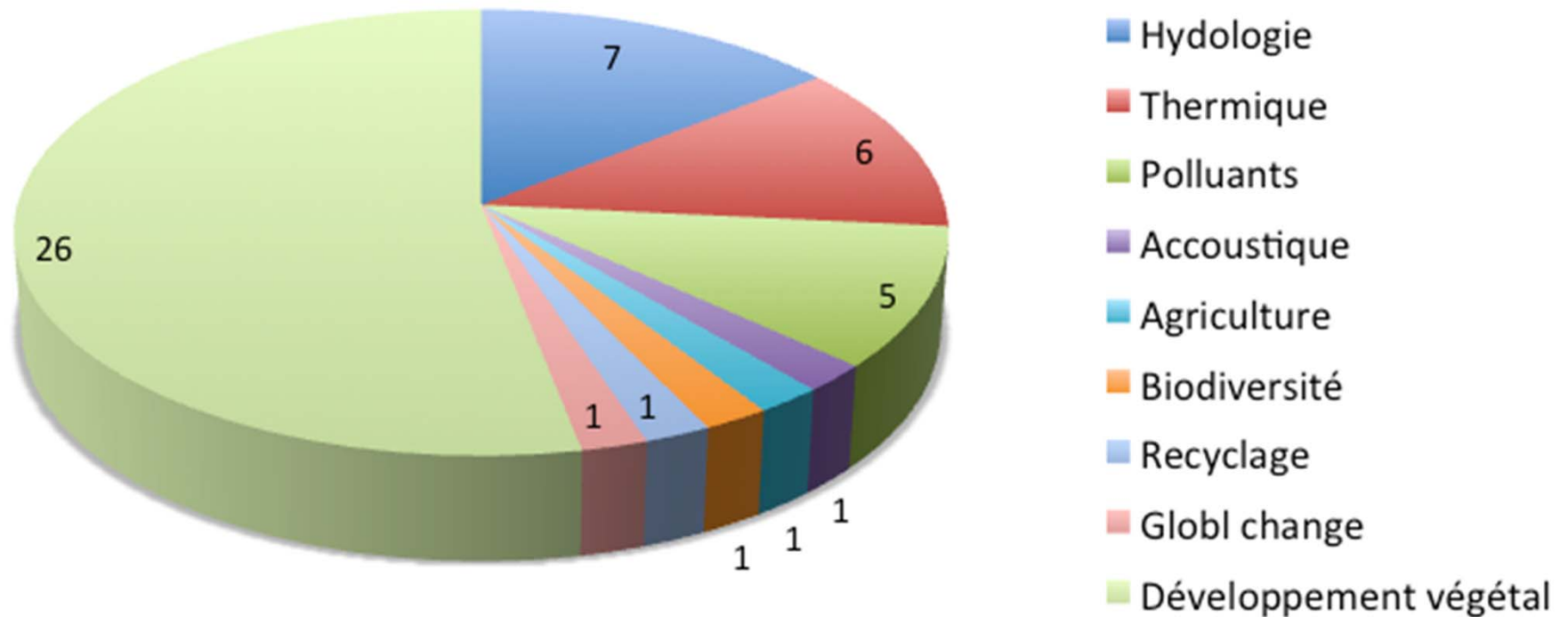
Published Items



Citations in Each Year



Les thèmes de recherche: *la multifonctionnalité*



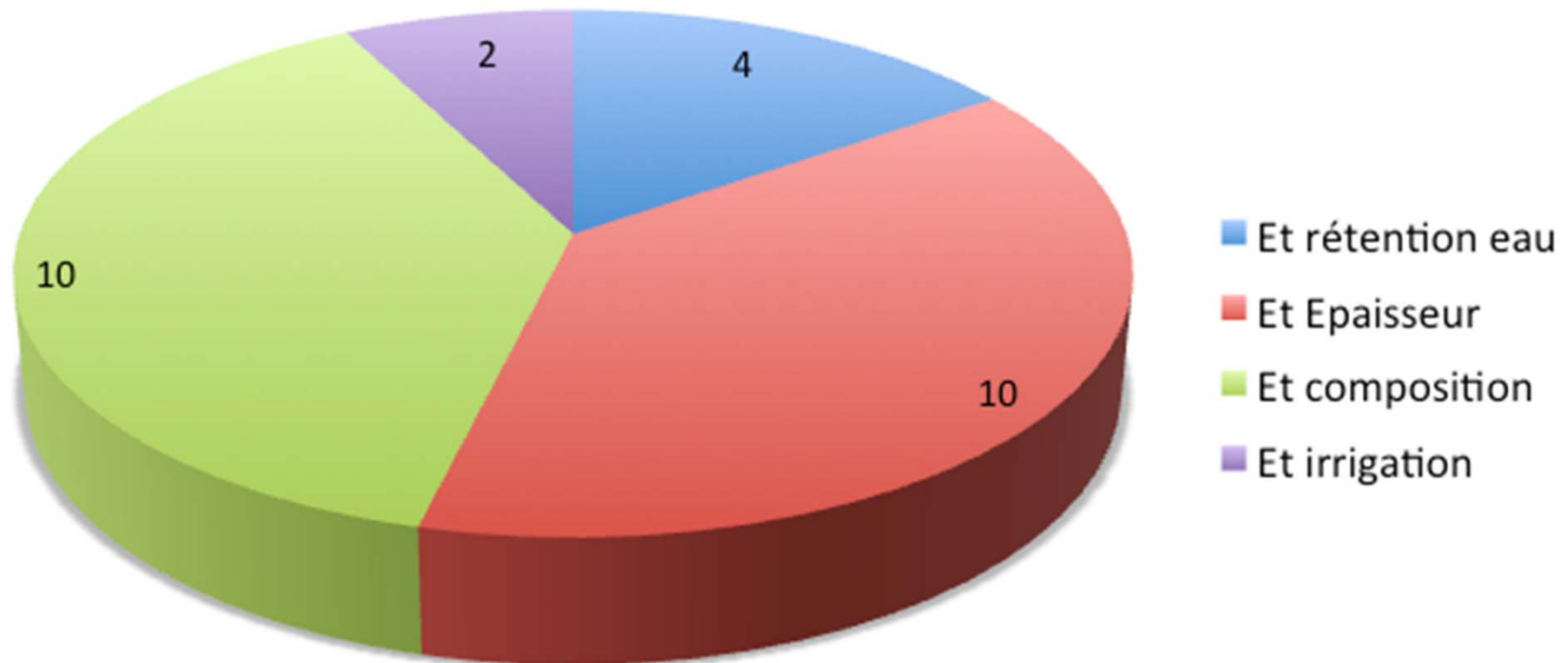
Publications Web of Science 2000-2012

Les thèmes de recherche

Publications Web of Science 2000-2012



Substrat et développement Végétal



Les thèmes de recherche

Publications Web of Science 2000-2012



- Presque exclusivement substrats extensifs
- Epaisseur: à partir de 4 cm
 - Problèmes de gel
 - Problèmes de réserve en eau
- Composition: recherche de matériaux alternatifs
 - Recyclage de déchets
 - Enrichissement en matière organique et stabilité
- Thermique : surtout l'effet refroidissant
- Hydrologie : La dynamique hydrique et la contribution au contrôle des crues urbaines.
- Polluants : relargage involontaire versus effet épurateur

L'avenir est à créer

Les résultats de la recherche (toitures extensives)

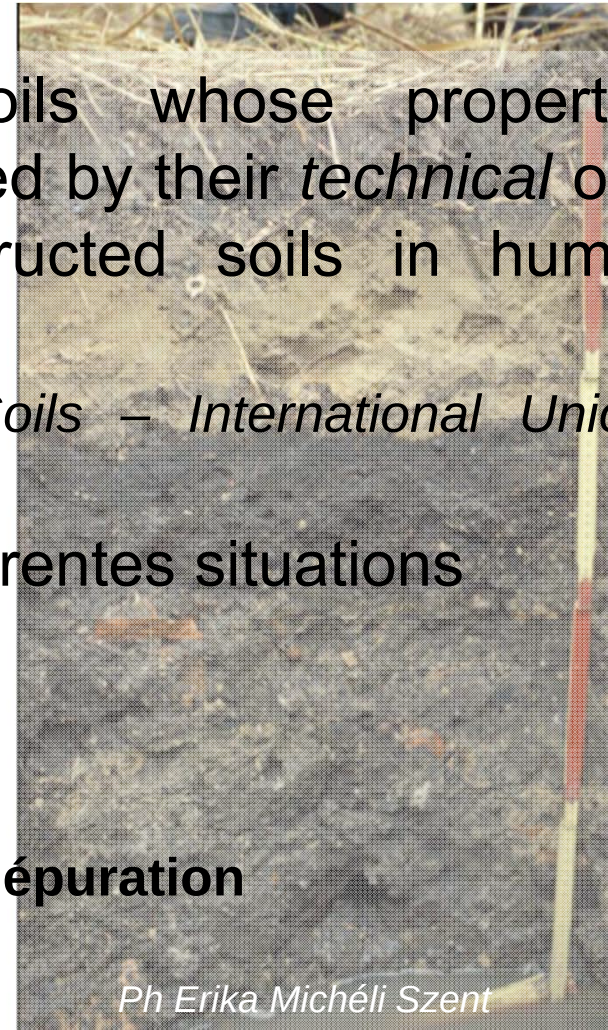
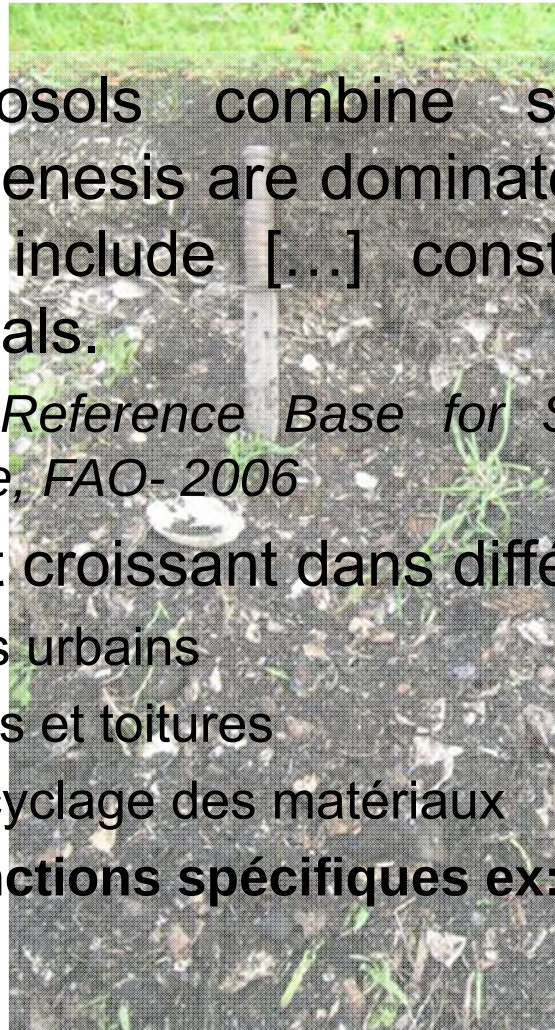


- Fonction thermique
 - Très discutable pour l'isolation (normes des bâtiments)
 - Refroidissement en été ?
- Fonction hydrologique : +++
- Fonction biodiversité : ++ et ?? → projet en cours
- Toutes ces fonctions
 - Dépendent directement de l'épaisseur du substrat (!)
 - Sont étudiées sur des substrats modèle en général
 - Quid de l'évolution dans le temps des propriétés des substrats ?
 - Quid de l'interaction entre évolution et fonctions ?
 - Et donc que faudrait-il améliorer de ce point de vue ?

Technosols



- Technosols combine soils whose properties and pedogenesis are dominated by their *technical* origin. [...] They include [...] constructed soils in human-made materials.
- *World Reference Base for Soils – International Union of Soil Science, FAO- 2006*
- Intérêt croissant dans différentes situations
 - Sols urbains
 - Murs et toitures
 - Recyclage des matériaux
 - **Fonctions spécifiques ex: épuration**



venir est à créer

Matériaux émergents



■ Biochars

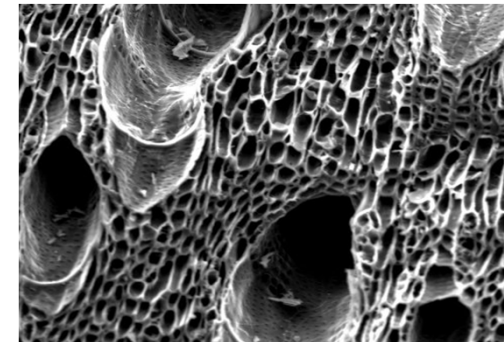
- Le biochar est un produit carboné issus de matériaux végétaux (bois, déchets verts etc.) ayant subi une combustion sous concentration limitée en oxygène, généralement appelée pyrolyse. Le biochar est un terme utilisé essentiellement pour les sols en agriculture. Certains auteurs l'appellent « Agrichar ».

■ Bois torréfiés ?

Green wastes



Swiss-biochar



Propriétés des biochars



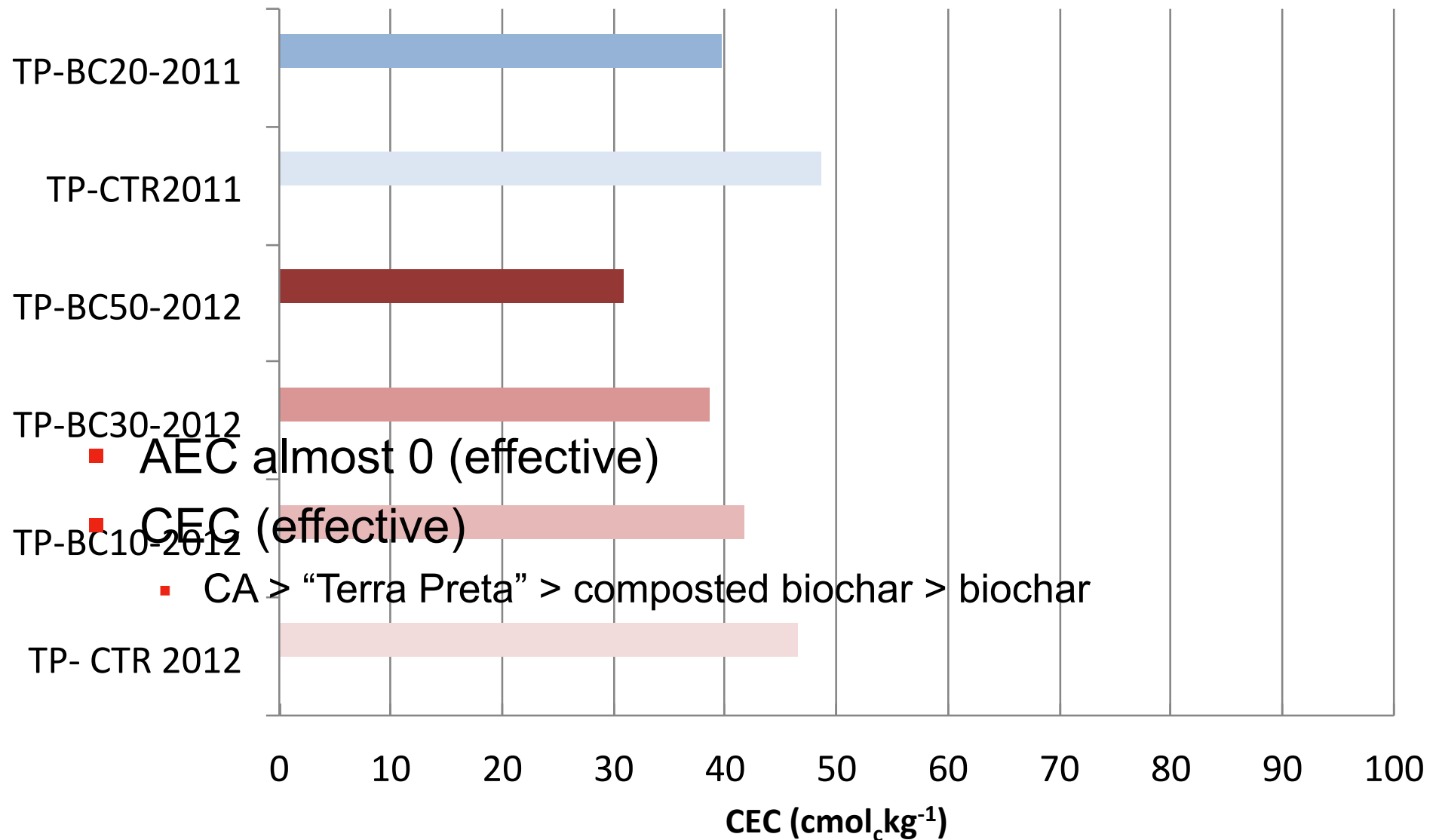
- Granulométrie ajustable → perméabilité et aération
- Faible densité apparente (0.3)
- Propriétés très variables selon le matériau d'origine, et les conditions de pyrolyse
- En général
 - Très bonne rétention en eau
 - Forte CEC
 - Peu biodégradable
 - Environ 50% de carbone organique
 - Forte rétention de nutriments
- ↘ Polluants ? (ETM, HAP)

Design de technosols à base de biochars



- Production industrielle – copeaux de bois (Swiss–Biochar)
- Du biochar pur → mélange de biochars compostés et de déchets organiques et minéraux.
 - “Terra Preta” (TP) de Swiss-Biochar
 - → taux croissants de biochars : TP 10 - 30 – 50 – 70 – 90
 - Biochars purs
- Propriétés de surface des chars et des technosols
- Tests de fertilité – mise en culture
- Caractérisation physique
- Transfert réactif: micro particules et solutés

Propriétés de surface (CEC, AEC)



Conductivité hydraulique



- K_{sat} grand à très grand
- 180 mm h^{-1} (TP10) to 5000 mm h^{-1} (pur biochar)



L'avenir est à créer

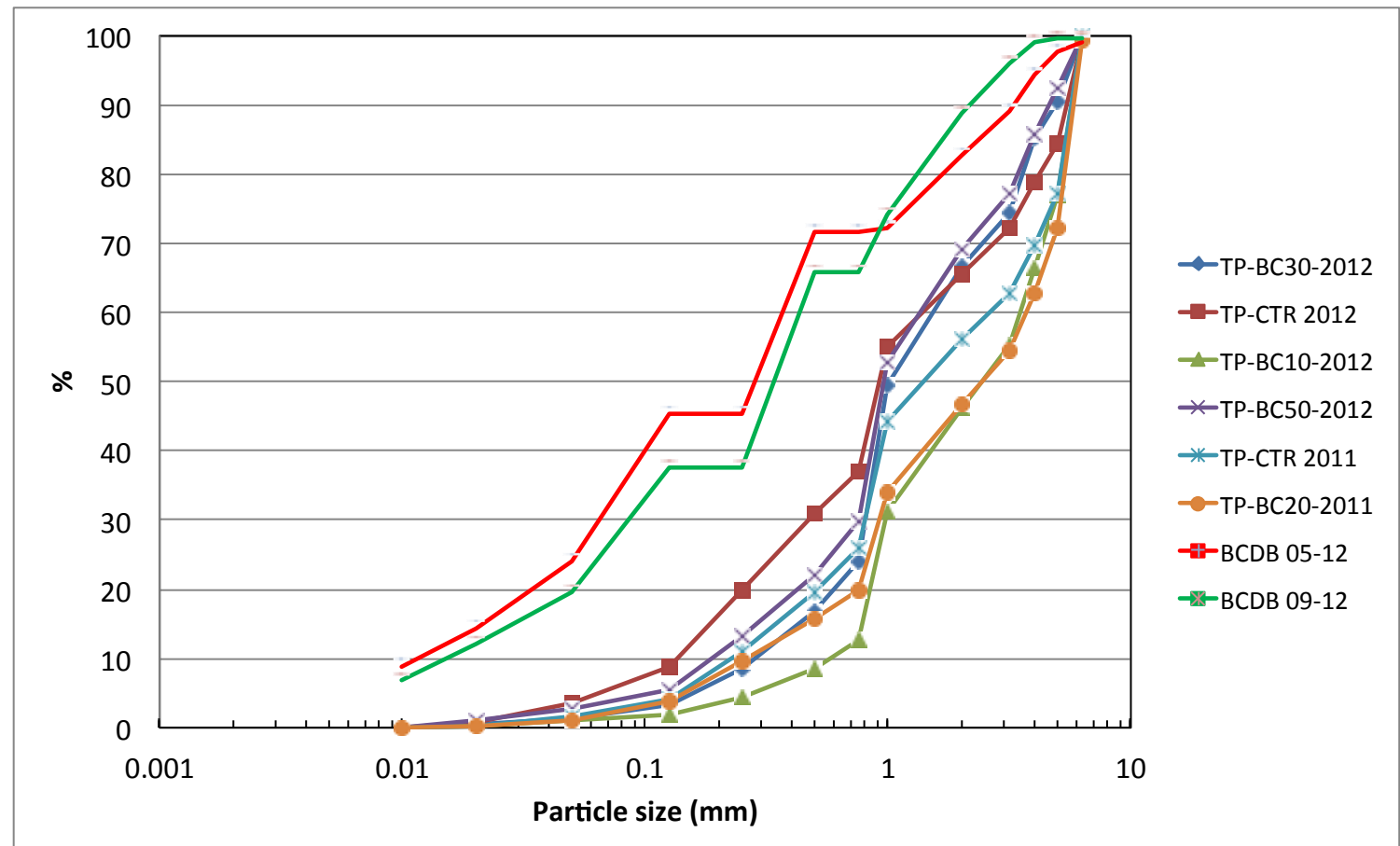
h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

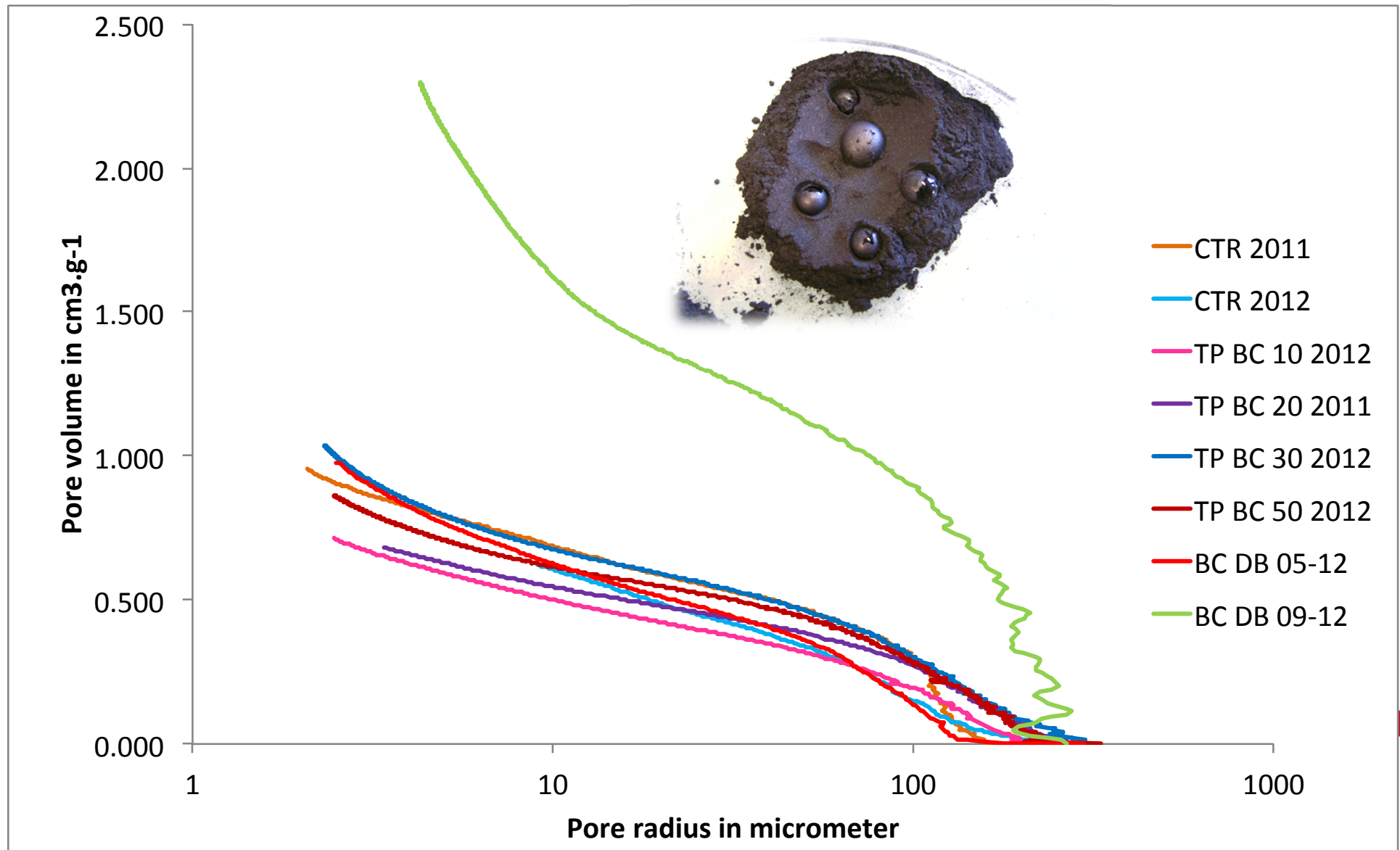
Densité – granulométrie distribution



- “TP” : Gonflant– Densité apparente $0.5 - 0.7 \text{ g cm}^{-3}$
- Biochar : rigide– Densité apparente $0.25 - 0.4 \text{ g cm}^{-3}$



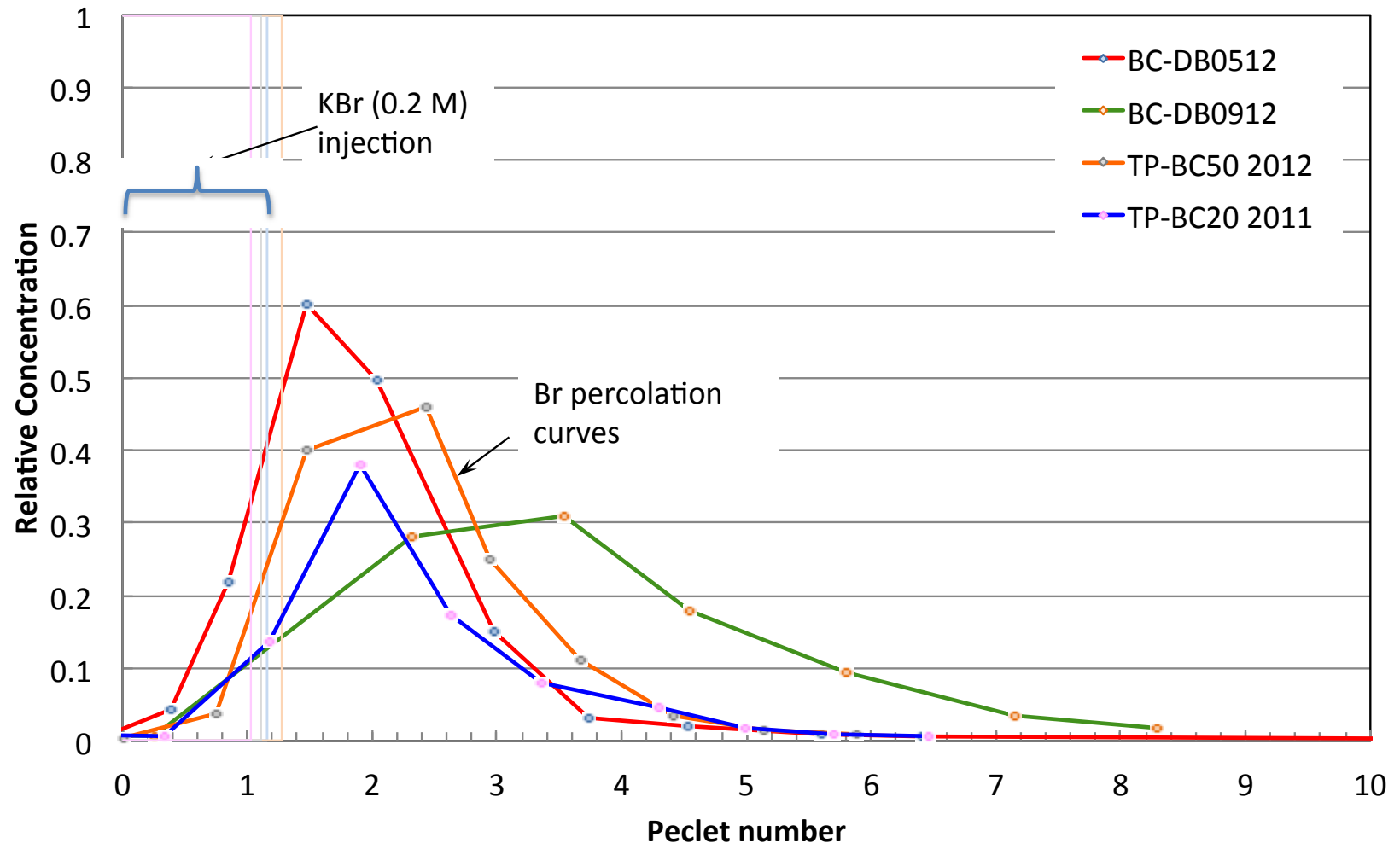
Rétention d'eau - Désorption



Transport non réactif



- Peu d'infiltration préférentielle – grand temps de contact



Transport solide – mini colonnes

- Pure biochar - Micro beads $< 20 \mu\text{m}$
- No percolation with 3g micro-beads after 12 peplets

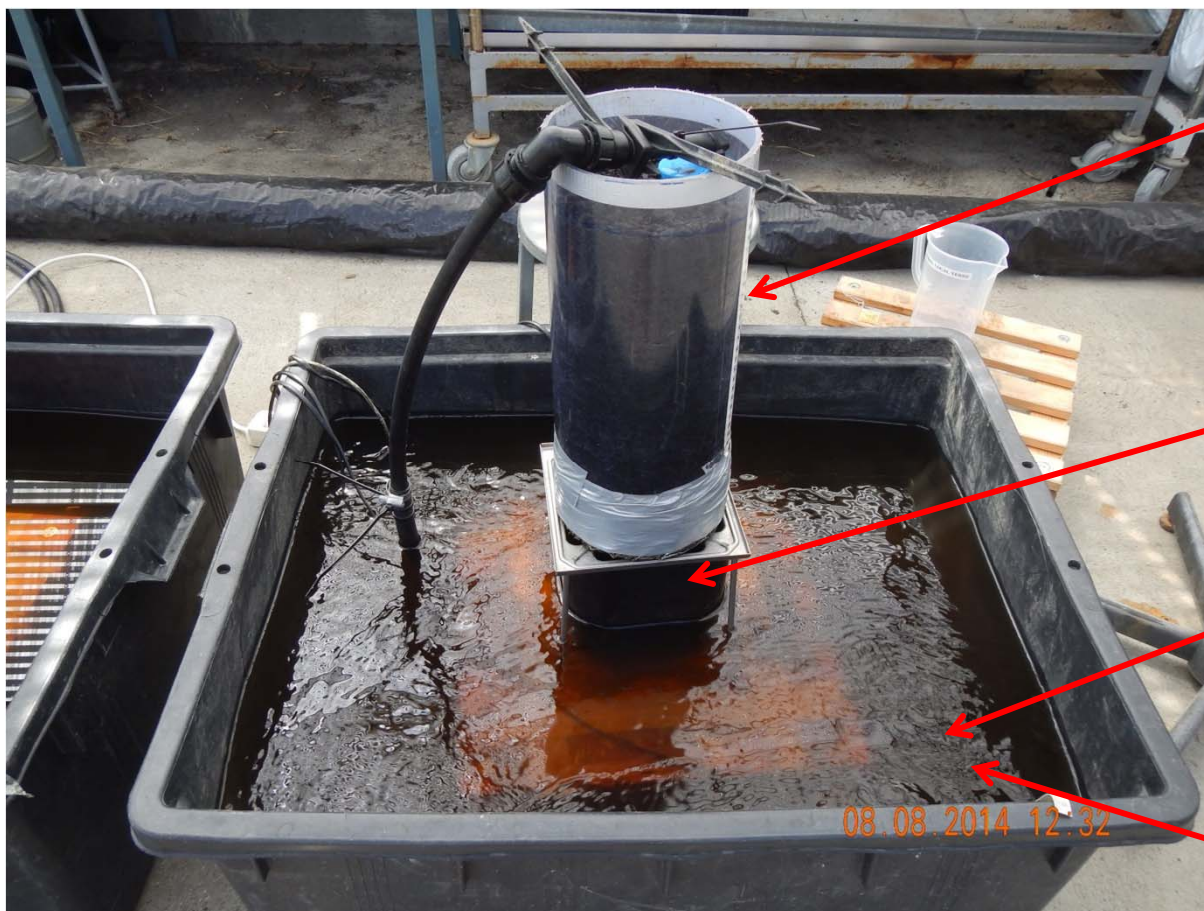


hepia - Agronomie



L'avenir est à créer

Transfert de colloïdes



Substrat (~5L, 30 cm de haut, 15 cm de diamètre)

Collecte des eaux

Brassage des eaux
(5 pompes)

Alimentation et stockage
des eaux (charge 500
mg/L (40% <40 μm ;
40%:40-63 μm , 20% 63-
125 μm))

Transfert de colloïdes

- TP 30
 - 70% d'abattement
 - Colmatage de la colonne (400L)
- TP 50
 - 70% d'abattement
 - Colmatage de la colonne (500L)
- TP 70
 - < 70% d'abattement
 - Pas de colmatage observé (700L)



hepia - Agronomie



Tests de fertilité



- Even with pure biochars : good germination, good plant growth

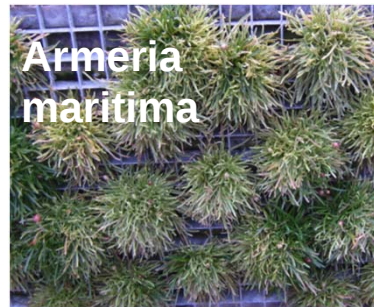


L'avenir est à créer

Tests en conditions réelles



- Long term experiments (4th year) – outside conditions
- Good plant growth from 10 to 90 % biochars



Projets en cours



Epuration des eaux de chaussée



SMACC
Smart
Clean
City

Epuration des ruissellements agricoles



Agri-Fish



Toitures végétalisées et nature en ville



Biobeds
Verticaux



Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale



Perspectives



- Résultats prometteurs
 - Réactivité
 - Transferts et épuration
 - Fertilité
- Des difficultés
 - Stabilisation - innocuité
- Sources industrielles
- Bonnes perspectives pour des substrats légers et durables
- Pour des performance hydrodynamiques élevées
- Nécessité des tests à long terme

Merci pour votre attention