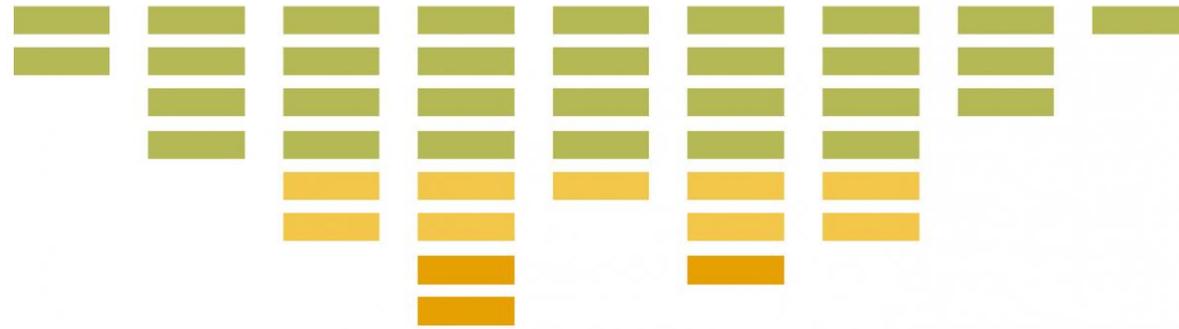


BIOFUNCTOOL



Un set d'indicateurs low-tech pour évaluer la santé des sols

Nicolas Deschamps, Jim Félix-Faure, Alain Brauman

14/02/2023

La santé des sols ?

Une notion pas si triviale que ça...



Savane de Lamto
~16 t.ha⁻¹

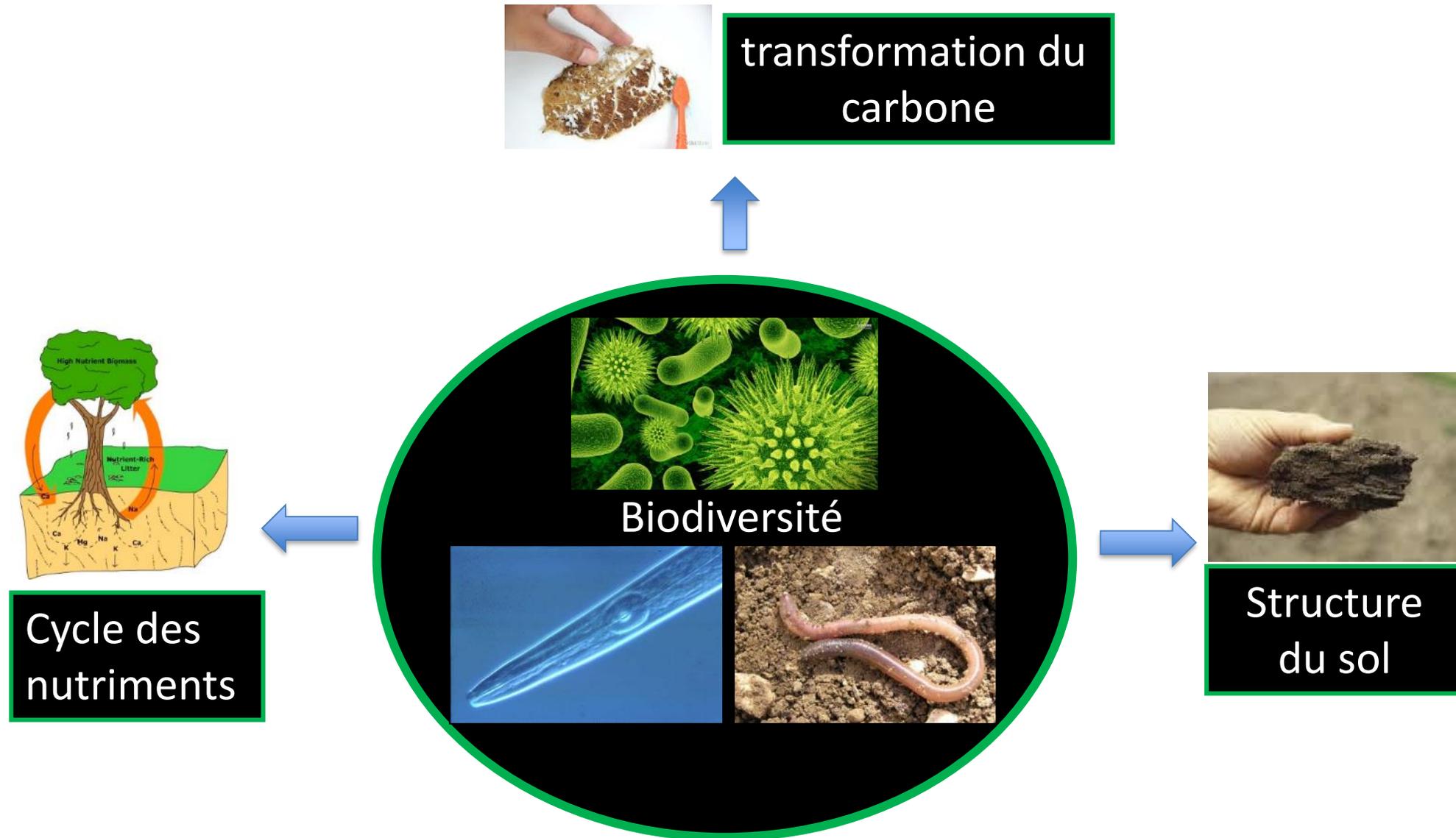
Santé des sols

« La capacité *continue* du sol à **fonctionner** en tant que *système vivant*, au sein des limites de l'écosystèmes et de l'usage des terre, afin de soutenir la productivité biologique, *promouvoir* la qualité de l'air et de l'eau et *maintenir la santé végétale, animale et humaine* » (Doran et Safley, 1997)

Capacité des sols à remplir des **fonctions** et à assurer des services écosystémiques

(Walter et al., 2015)

Pour la mesurer : cibler les fonctions liées à l'activité biologique



Sélection des indicateurs *A priori*

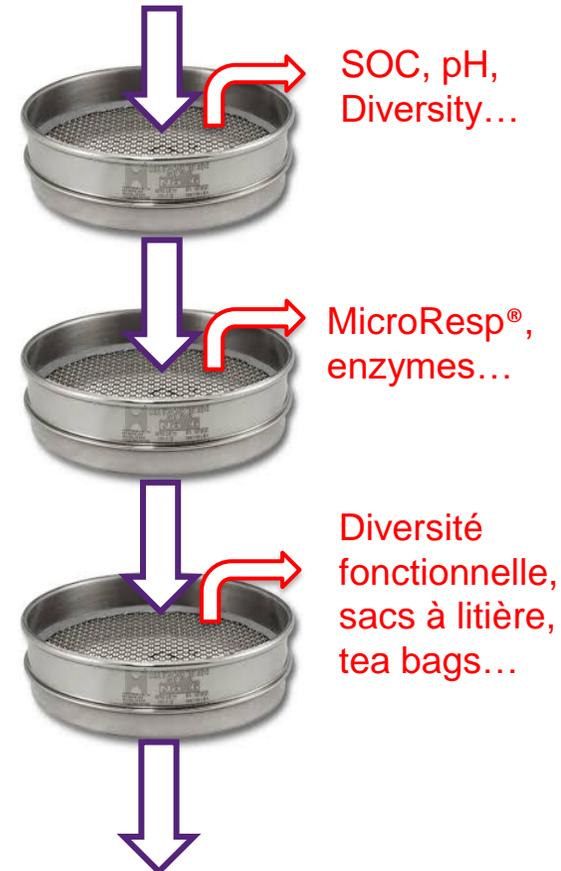
3 principaux critères

Cibler les 3 fonctions
Transformation du C,
Cycle des nutriments
ou **Maintien de la
structure du sol**

Etre bord-champ
(réalité de la fonction)

Simple et à coût
raisonnable
(répétition et transfert)

« low tech »



9 indicateurs
sélectionnés



Biofunctool doit pouvoir évaluer n'importe quelle système agricole et ce quelque soit le contexte pedoclimatique

STRUCTURE MAINTENANCE



Beerkan test
BEERKAN

Visual evaluation of soil structure
VESS



Aggregate stability
AGGSURF
AGGSOIL

CARBON TRANSFORMATION



Basal soil respiration
SITURESP

Cast density
CAST



Bait lamina
LAMINA

Permanganate oxidizable carbon
POXC

NUTRIENT CYCLING



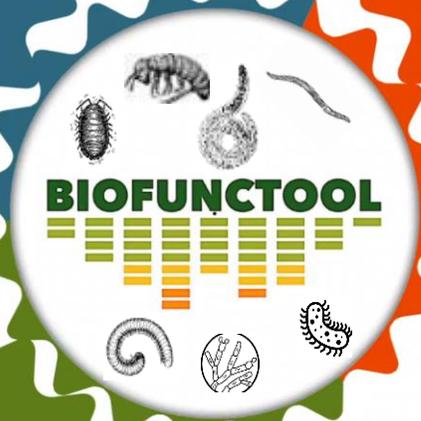
Ion exchange membranes
AEMN03

Soil nitrogen extraction
NMINSOIL

PERENNIAL ADD-ON



Litter index
FRAGMENT
SKELETON



BIOFUNCTOOL

Développement de matériel adapté

- ✓ Simple d'utilisation
- ✓ Simple a produire
- ✓ Cout modéré
- ✓ Analyses In-Situ



Low-Tech



open source
initiative

DIY



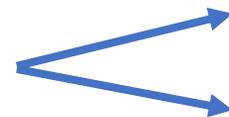
Répétabilité

Déploiement

Accessibilité



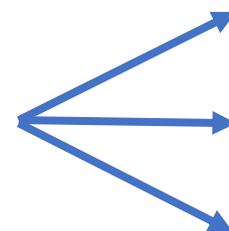
Efficacité



Validité

Rapidité

Ergonomie



Organisé

Fonctionnel

Visuel

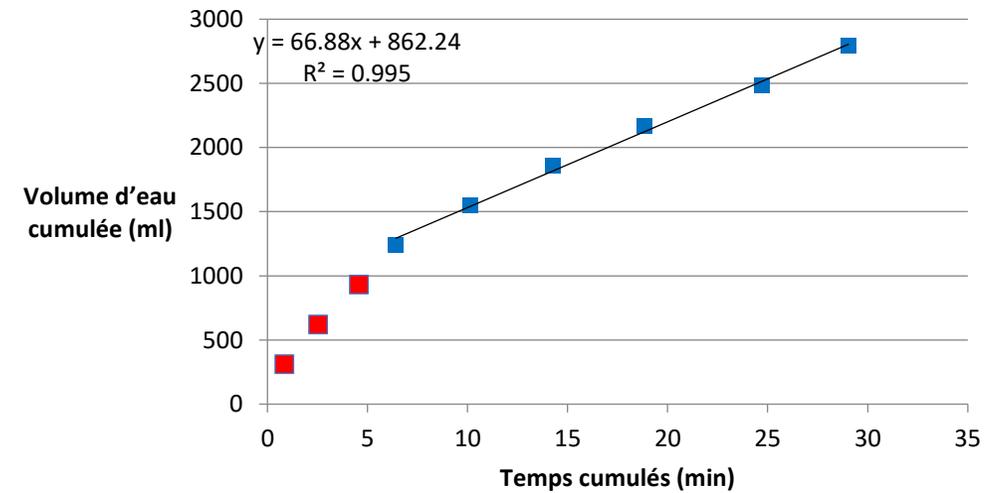
Beerkan - Maintien de la structure du sol

Mesure de la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol.

Mode opératoire



Résultats



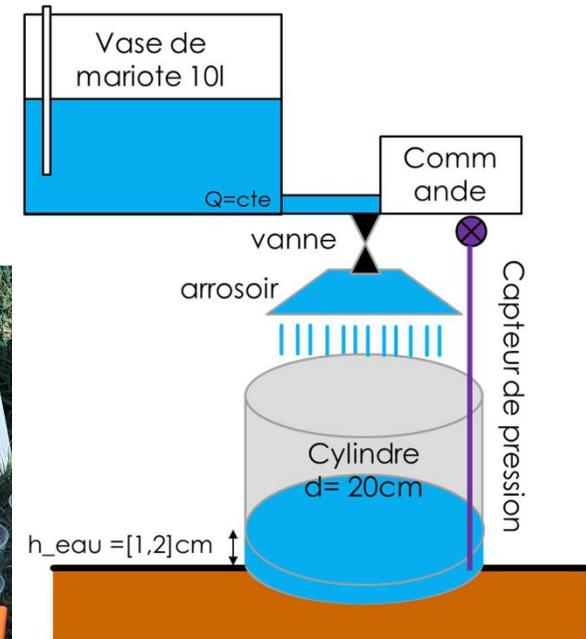
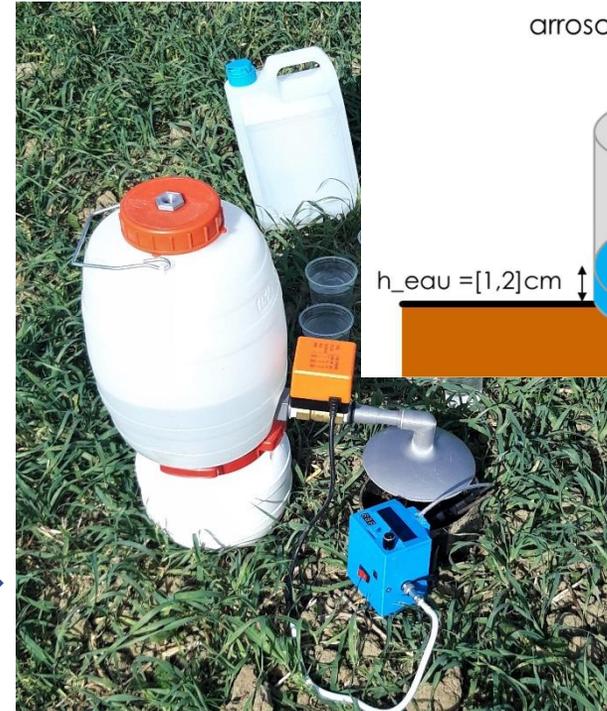
Pente de la droite en régime permanent
Taux d'infiltration : $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$

Mais...

Beerkan automatique

Des limites

- **Temps de manip'**
- **Répétabilité**
- **Sol peu filtrant**



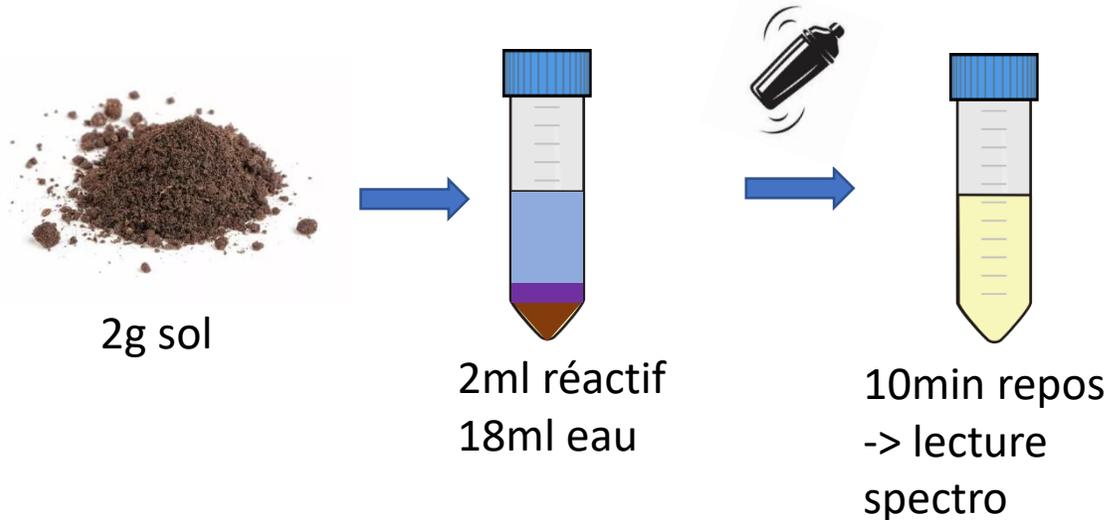
Une réponse

- **Autonome**
- **Précis**
- **Enregistrement**
- **Traitement des données**

POXC - Dynamique du carbone du sol

Mesure du pool de carbone labile du sol, qui correspond à la matière organique accessible par les micro-organismes hétérotrophes.

Mode opératoire



Résultats

$$\text{POXC} = ([\text{KMnO}_4] - (\alpha + \beta * \text{Abs})) \times C_{\text{ox}} \times (\text{Vol}_{\text{KMnO}_4} / M_{\text{sol}})$$

POXC (mg kg⁻¹soil) : carbone labile du sol
[KMnO₄] (mol L⁻¹) : concentration initiale de la solution de KMnO₄ (0.02)
C_{ox} (mgC mol⁻¹) : quantité de C oxydé avec 1 mole de MnO₄ (9000)
Vol_{KMnO₄} (L) : volume du KMnO₄ ayant réagi (0.02)
M_{soil} (kg) : masse du sol (0.0025)
α : ordonnée à l'origine de la courbe standard
β : pente de la courbe standard
Abs: absorbance lue à 550nm

Le POXC shaker

- **chronophage**
- **Pénibilité**



(Fatigue musculaire ...?)



- **Rigueur/répétabilité**
- **Gain de temps**

Spectro DIY



Dépendance constructeur
800e

Matériel open source
Fourniture : 50e
DIY

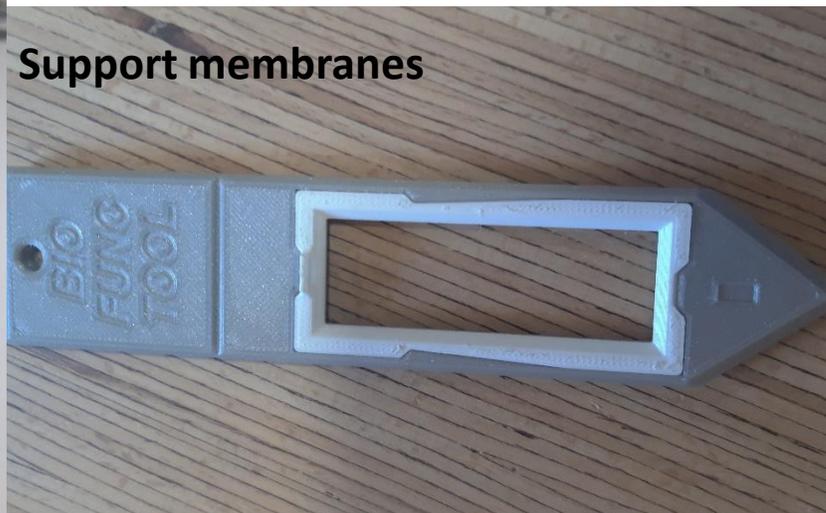


Mini tamis
slake test

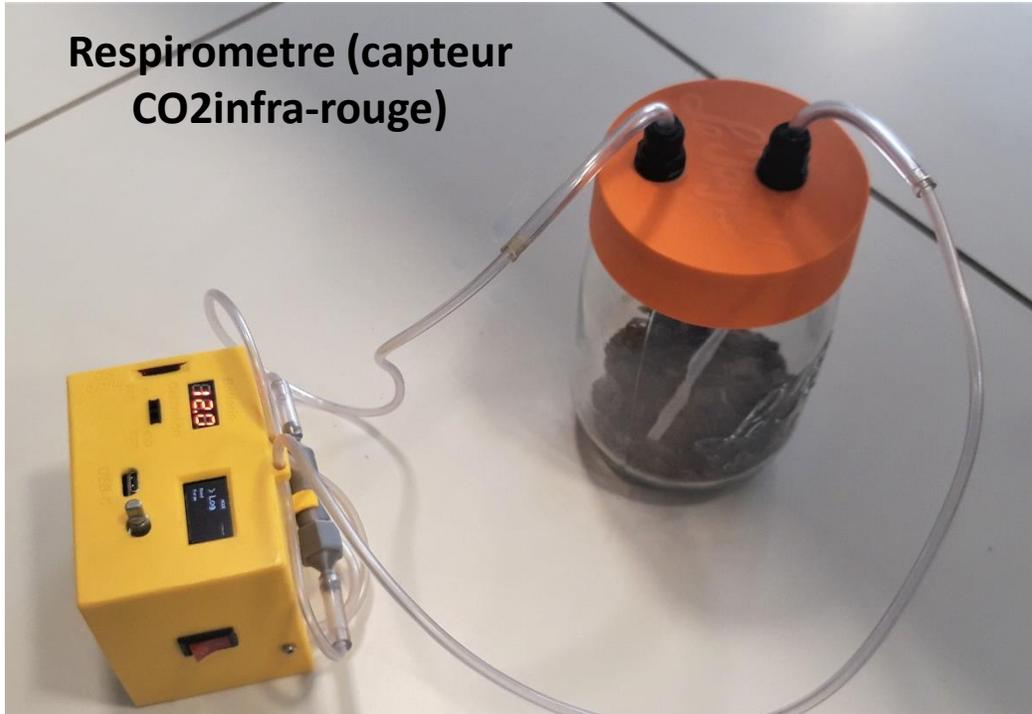
- Impression 3D
- Réalisation des circuits imprimés
- Microcontrôleurs Arduino
- Réalisation de tuto
- Script de traitement de donnés (R)
- Env. 50€ de fourniture par instrument



Bait lamina et séchoir imprimé



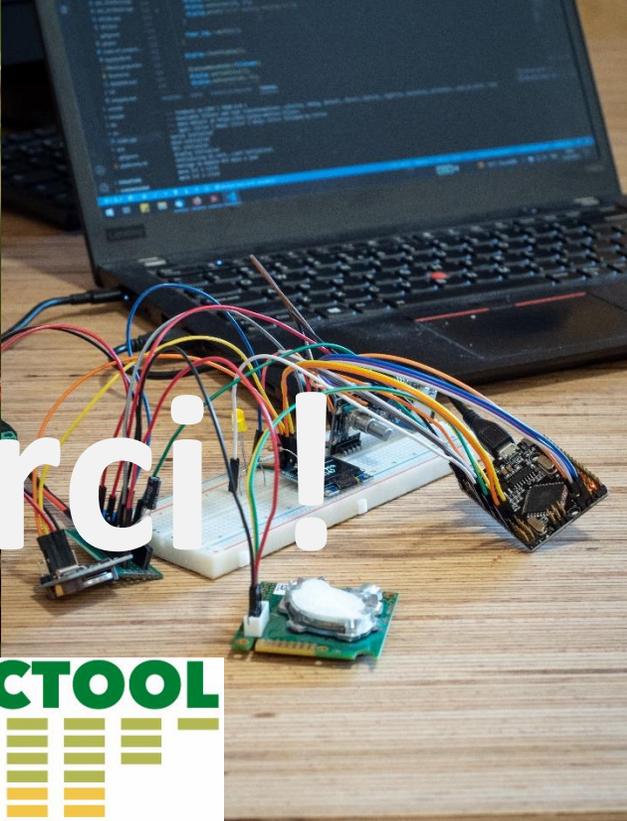
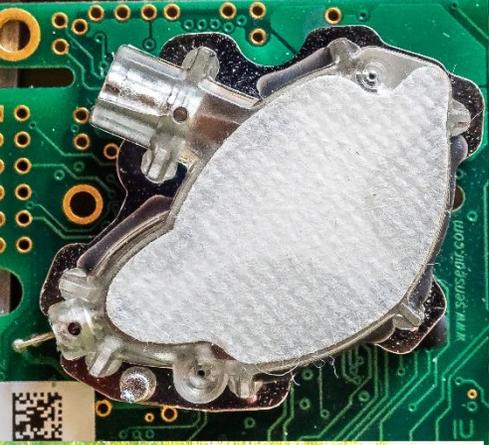
Support membranes



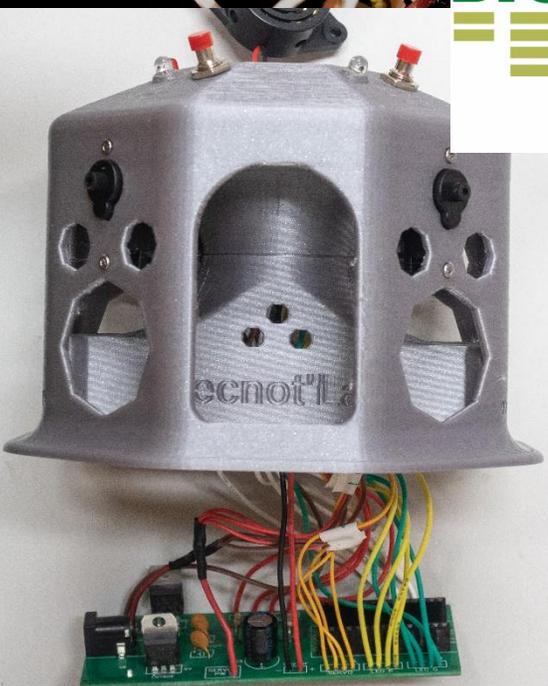
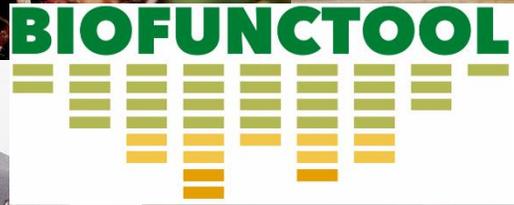
Respirometre (capteur
CO2infrarouge)



Tutoriels



Merci!



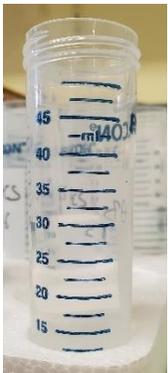
Cycle des nutriments

Extraction de l'azote minéral (NO_3^-)

Cette méthode permet de quantifier le nitrate disponible dans le sol, le cycle de l'azote est sous la dépendance quasi exclusive des bactéries du sol.

Mode opératoire

- Prélèvement de sol
- Extraction l'eau
- Filtration
- Dosage NO_3^- au champ



30ml H_2O

+



8,3g de sol



Résultats

$$\text{NminSoil (mgN.kg}^{-1}\text{)} = [\text{NO}_3^-] * 14/62 * \text{Vol}_{\text{H}_2\text{O}} * m_{\text{Sol}} * \text{humidité}_{\text{Sol}}$$

Dynamique du carbone du sol



SituResp®

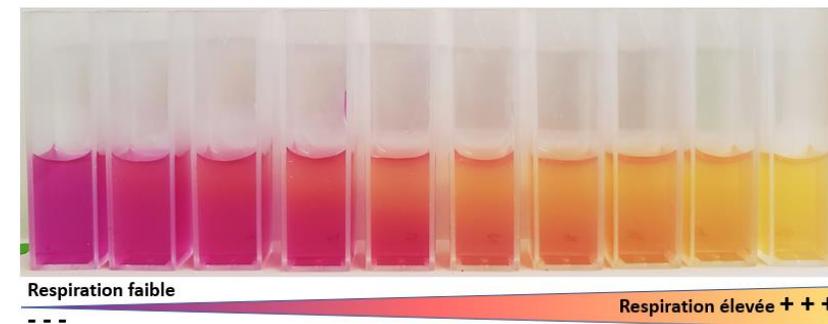
Evaluation de la respiration du sol (CO₂) liée à l'activité des micro-organismes.

Mode opératoire

- Préparation du gel au labo
- Incubation
- Lecture spectrophotomètre 570nm



Acidification



Résultats

$$\text{SituResp} = \text{Abs}_{T0} - \text{Abs}_{T24}$$

Dynamique du carbone du sol



Lamina

Mesure de l'activité de la mésofaune du sol, via la vitesse de dégradation d'un substrat carboné.

Mode opératoire

Etape labo :

Remplissage des laminas avec le substrat acheté ou fabriqué (agar + cellulose + substrat)



Etape terrain :

- Planter les laminas
- Incubation au champ
- Retirer les laminas



Résultats

Score par lamina (%deg.j⁻¹) =

$$\frac{\text{Moyenne (score 16 trous)}}{\text{Temps d'incubation(jour)}}$$

Etat de dégradation	Pas de dégradation	Dégradation partielle	Dégradation totale	Présence de sol à la place du substrat
Score sur le terrain	0	0.5	1	S (NA en stats)