



INRAE

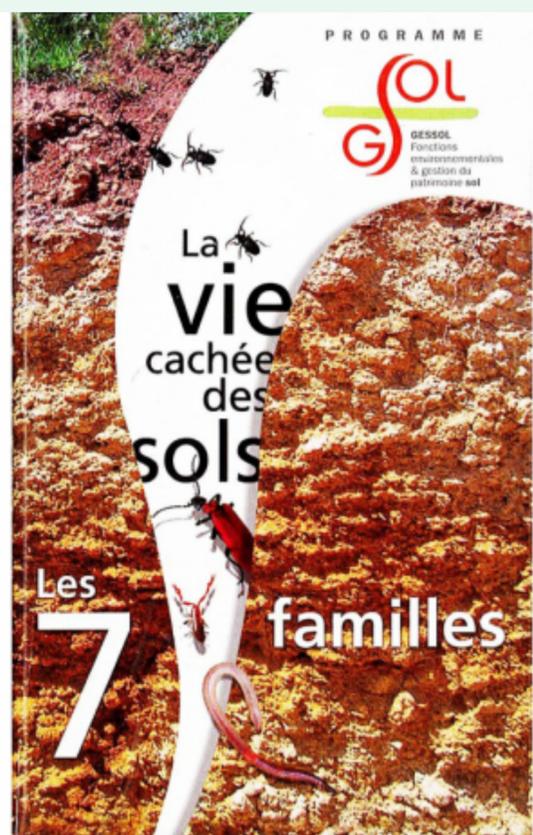
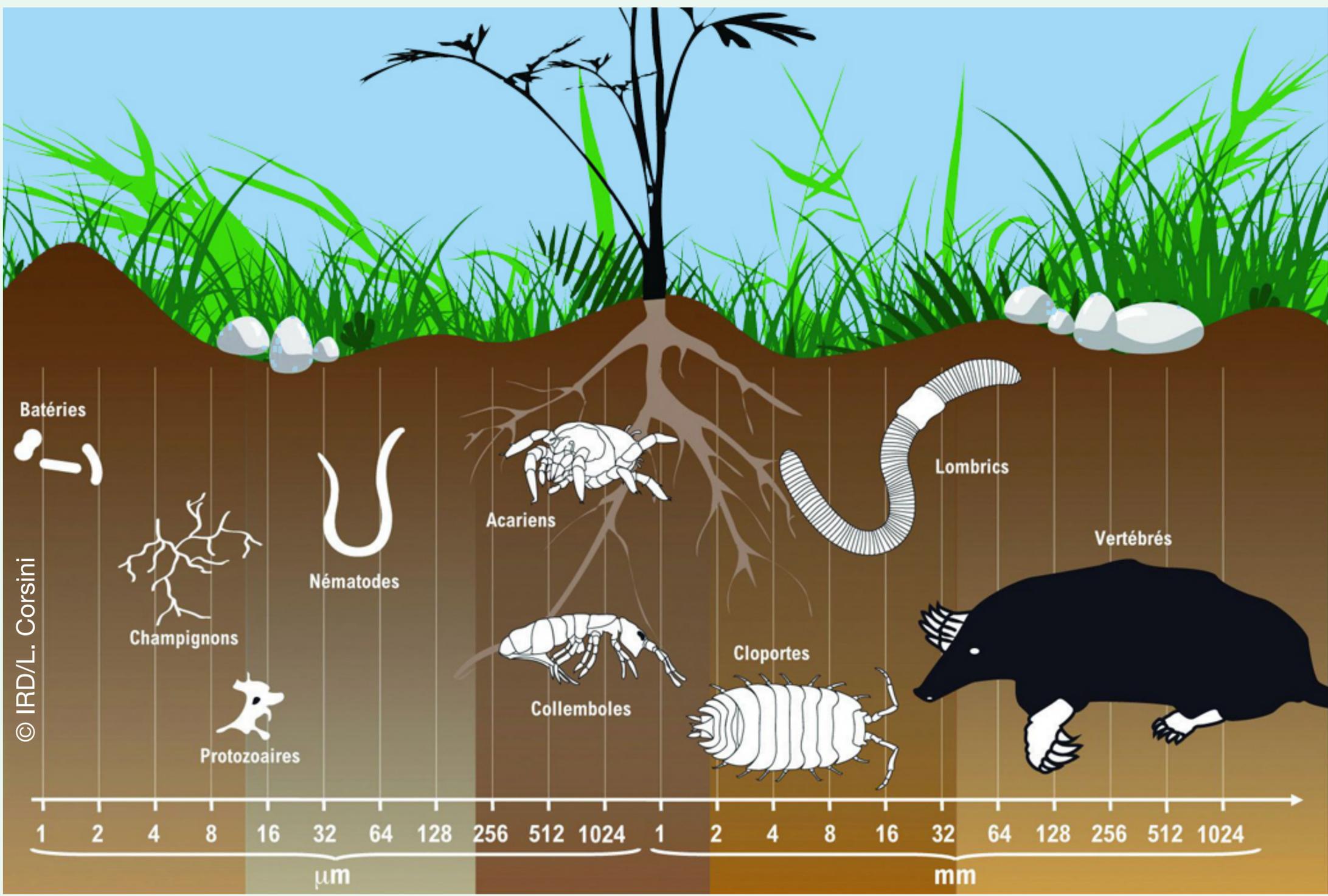
Les recherches sur les vers et la terre

Marie-France Dignac
Directrice de recherches
Biogéochimie des sols

L'écosystème sol

<https://librairie.ademe.fr/sols-pollues/5107-jeu-de-7-familles-la-vie-cachee-des-sols.html>

<https://librairie.ademe.fr/produire-autrement/3564-vie-cachee-des-sols-la-9782111280359.html>

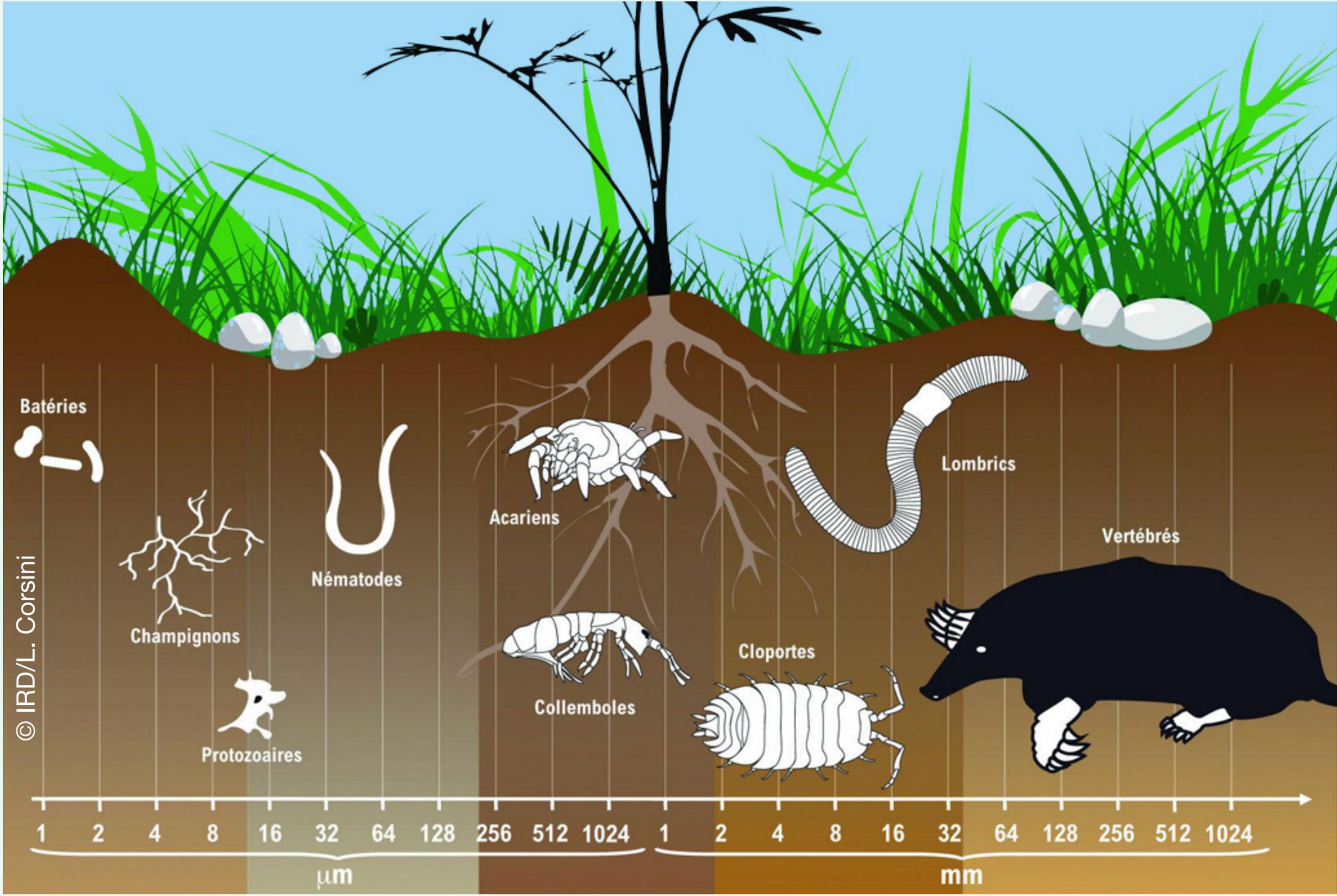


Microorganismes Microfaune Mésofaune Macrofaune Mégafaune

L'écosystème sol

<https://librairie.ademe.fr/sols-pollues/5107-jeu-de-7-familles-la-vie-cachee-des-sols.html>

<https://librairie.ademe.fr/produire-autrement/3564-vie-cachee-des-sols-la-9782111280359.html>



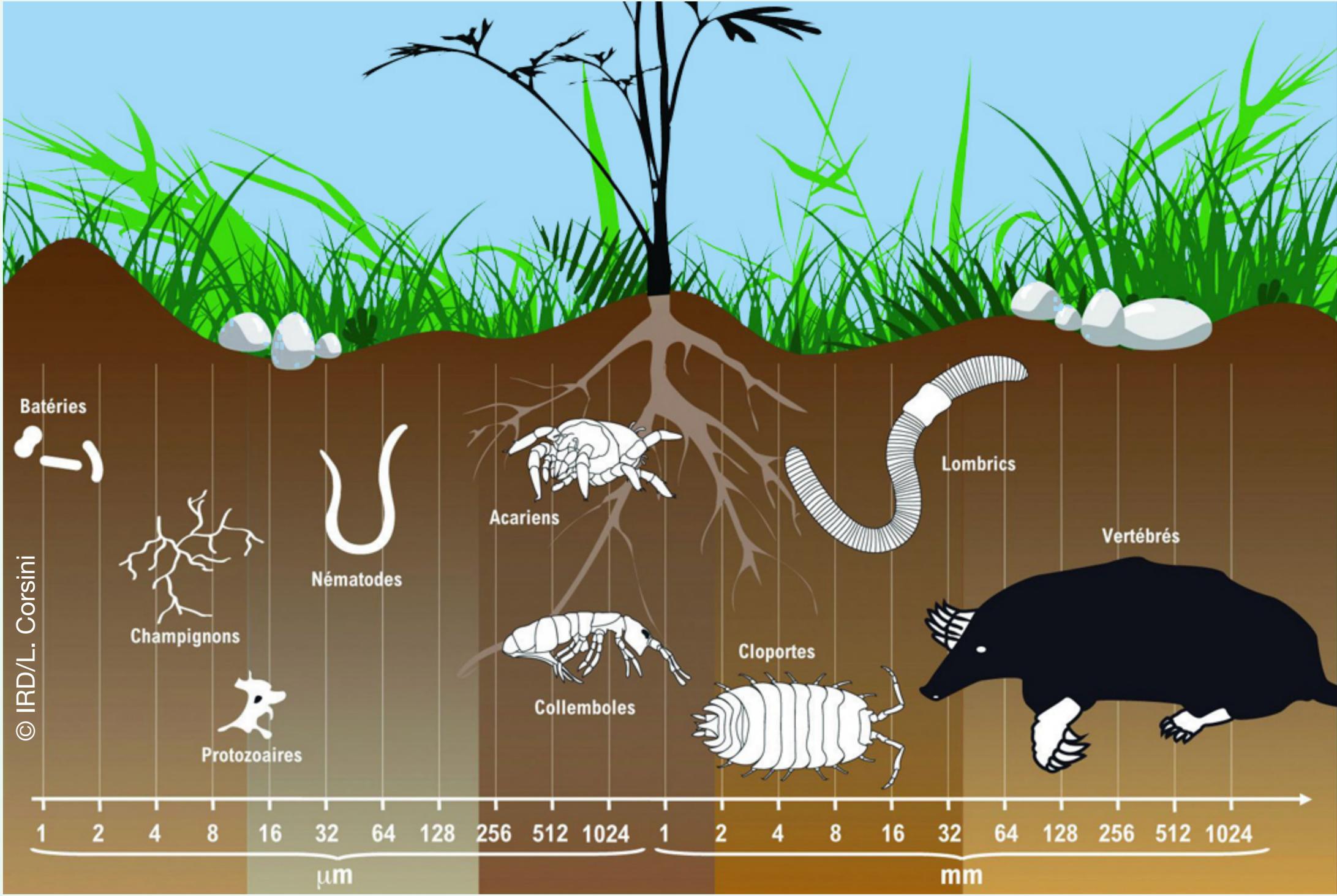
?

Quelle est la part des organismes du sol dans la biodiversité globale

5% 10% 25% 50%

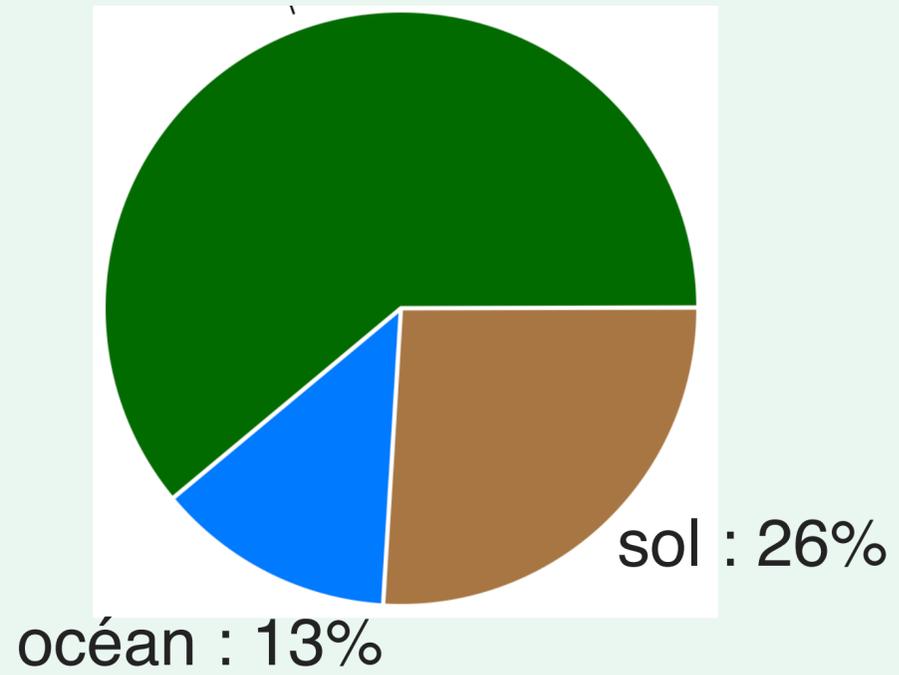
Microorganismes Microfaune Mésofaune Macrofaune Mégafaune

L'écosystème sol

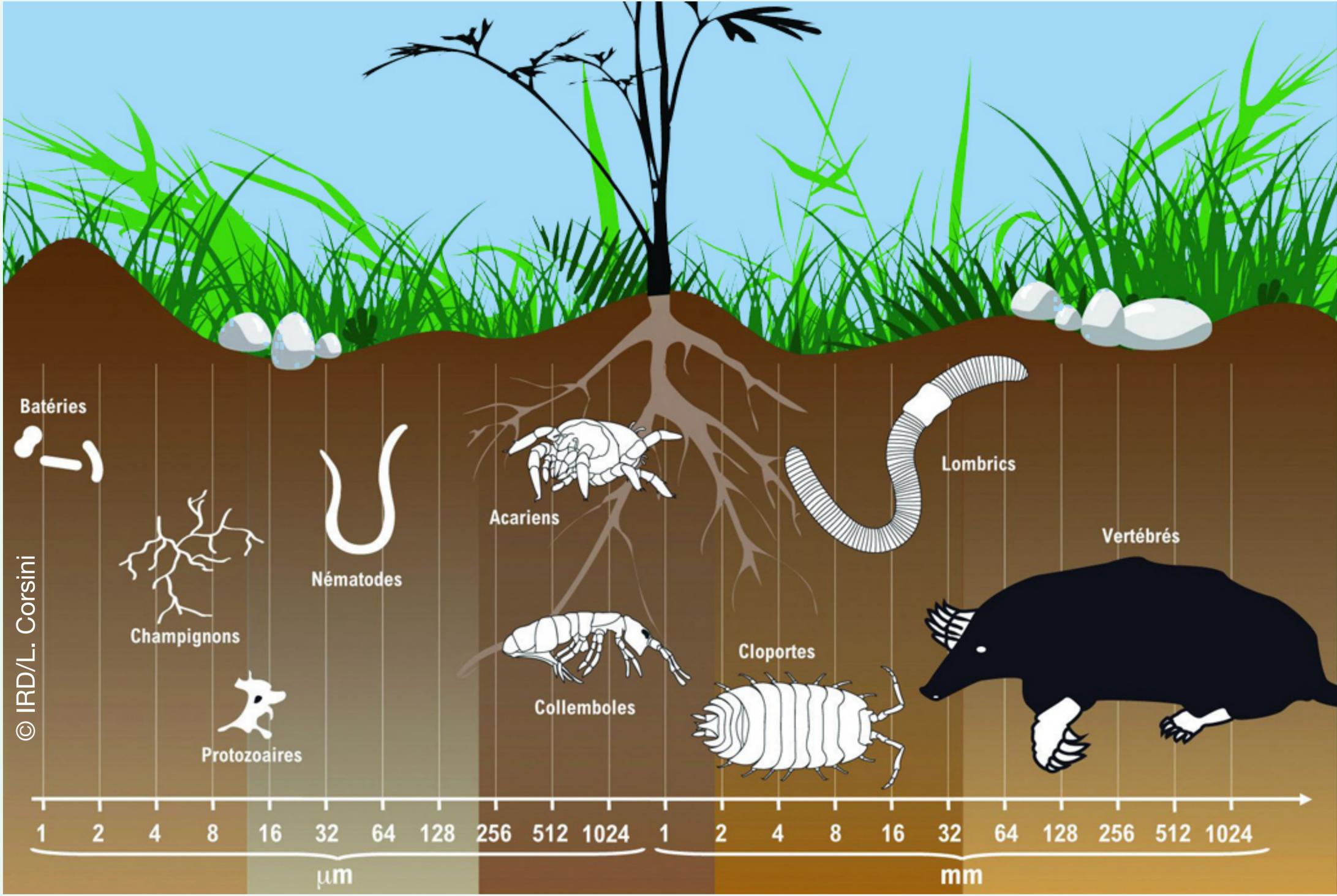


Microorganismes Microfaune Mésofaune Macrofaune Mégafaune

Espèces vivantes connues en 2021 (hors microorganismes)



L'écosystème sol



Un sol en bon santé peut abriter

- des milliers d'espèces de bactéries
- des centaines d'espèces de champignons
- des dizaines d'espèces de nématodes
- 20 à 30 espèces d'acariens
- plusieurs espèces de vers de terre...

Atlas européen de la biodiversité des sols

« Le sol - usine de vie » produisant de nombreux services, dont les employés seraient les microorganismes, la faune du sol et les petits animaux qui y vivent.

Les vers de terre

7 000 espèces connues



mangeur de terre



mangeur de litière



creuseur de galeries

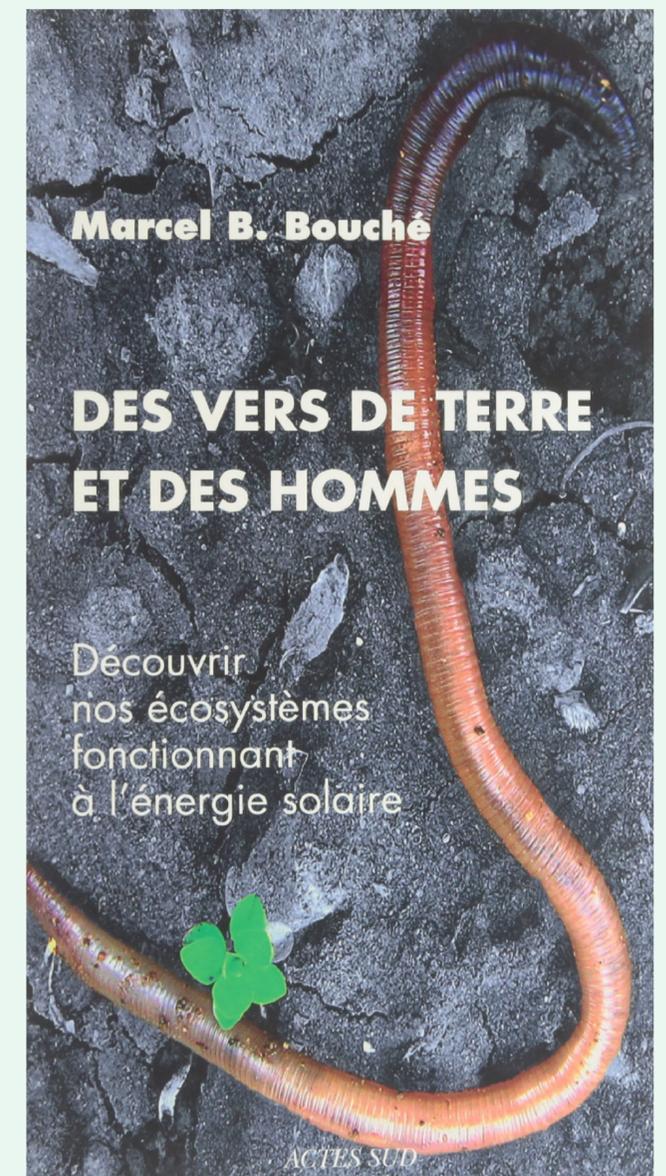


ver de compost

- jusqu'à 70 % de la biomasse présente dans le sol
- des " ingénieurs de l'écosystème " : capables d'ingérer et/ou de creuser dans le sol et de modifier sa structure
- omniprésents
- nombreux rôles bénéfiques dans les sols

Inventaire Marcel Bouché 1972 « Lombriciens de France - Ecologie et systématique »

Marcel Bouché, 1977 - « Stratégies lombriciennes »



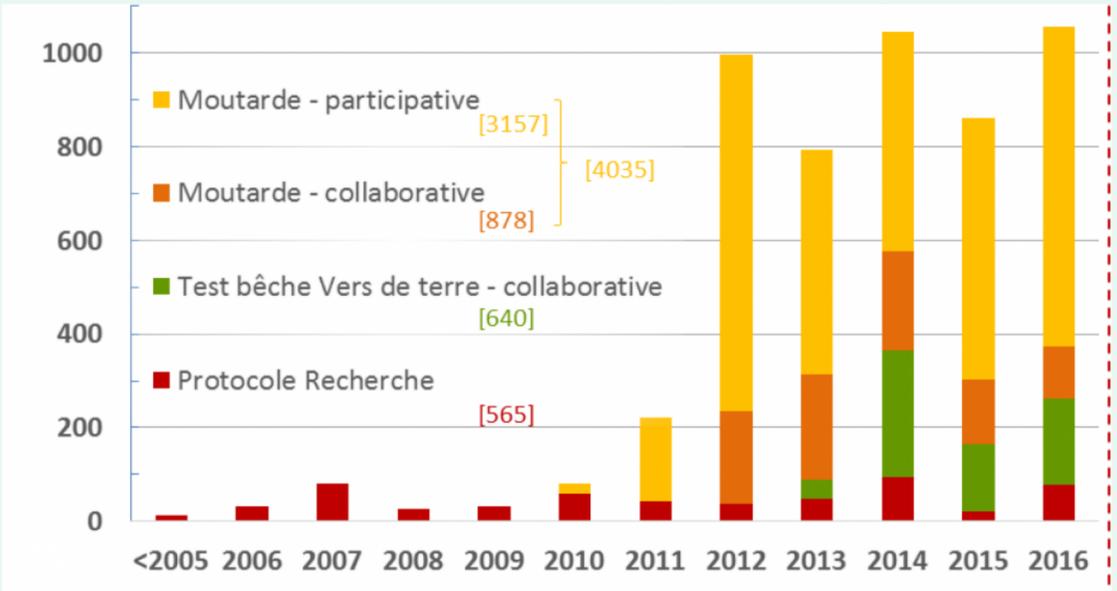
L'Observatoire Participatif des Vers de Terre (OPVT)

les vers de terre, des bioindicateurs de l'état de l'écosystème sol (Université de Rennes 1)

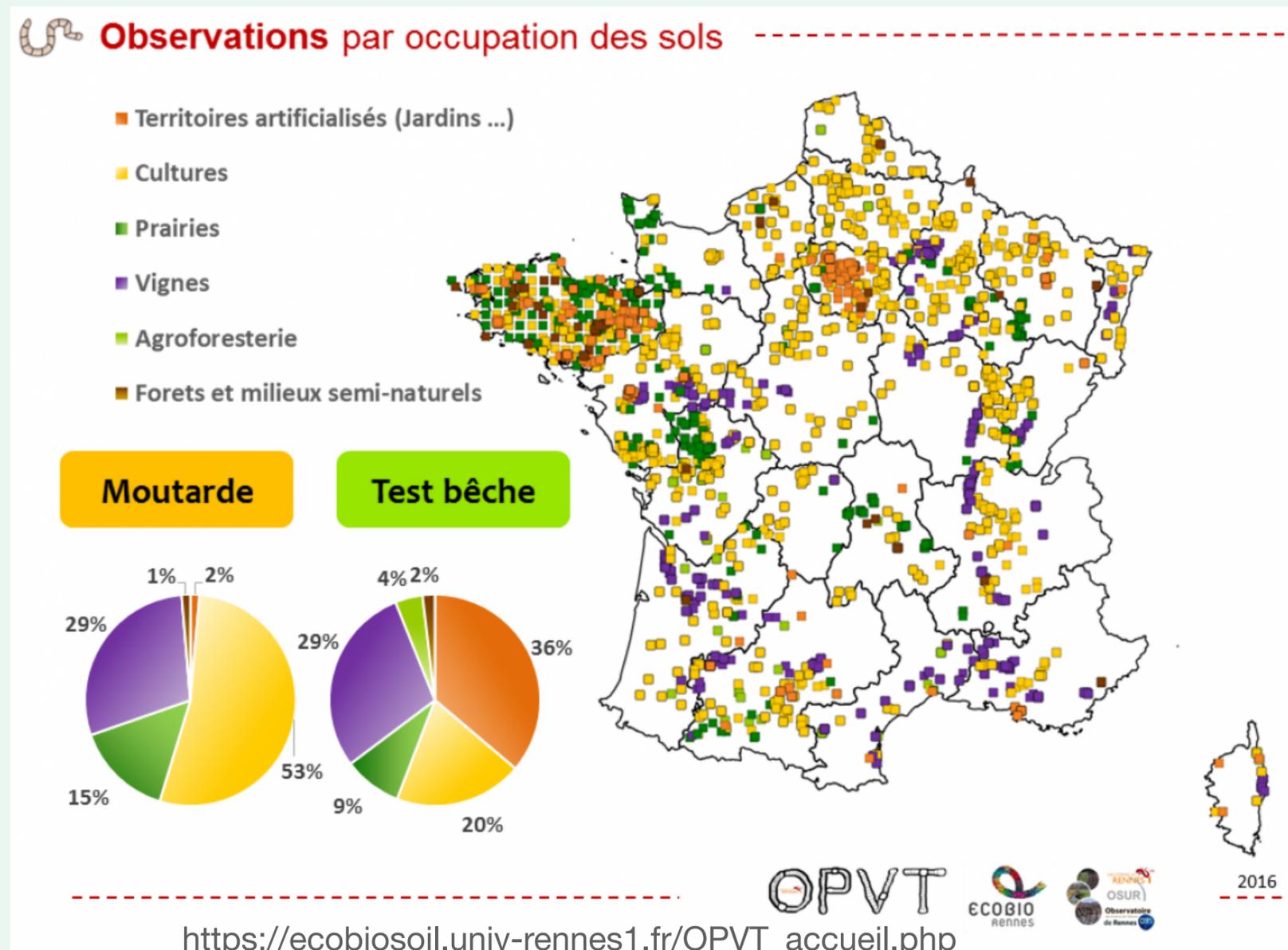
tout public : agriculteurs, scolaires, jardiniers, gestionnaires de milieux naturels ou anthropisés

- ➔ initier les jeunes aux prélèvements et à l'identification des groupes d'espèces, et de les associer aux sciences participatives, faire connaître l'intérêt de préserver et restaurer les communautés lombriciennes

- accélérer l'inventaire de la biodiversité lombricienne



avant 2010 : entre 20 et 80 observations / an | 6 820 observations en 9 ans

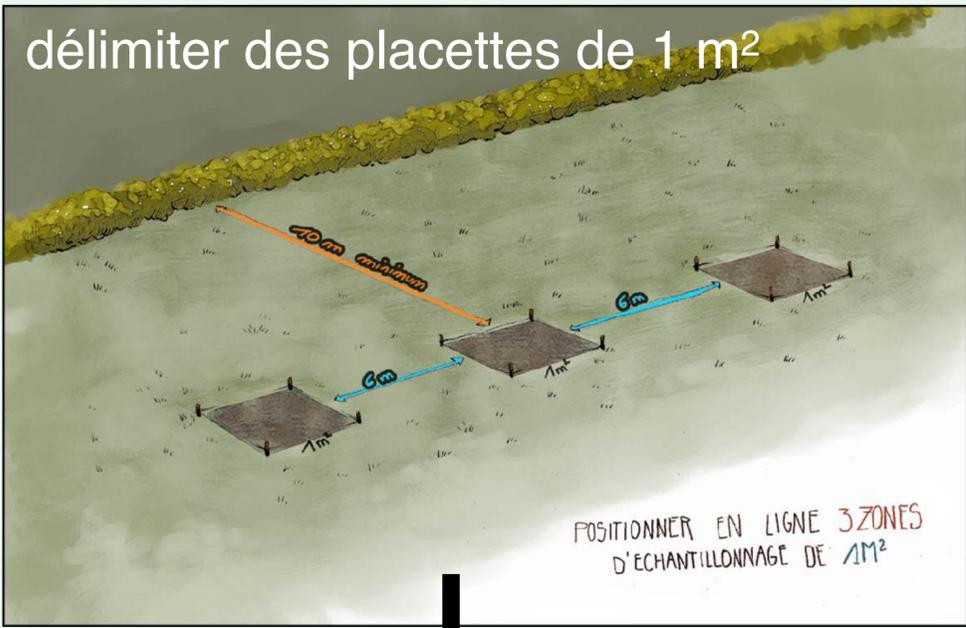


test à la moutarde pédagogique et ludique



Observer les vers de terre

au printemps, température entre 6 et 10°C, sol humide, le matin, par temps couvert



<https://www.observatoire-agricole-biodiversite.fr/les-protocoles/vers-de-terre>

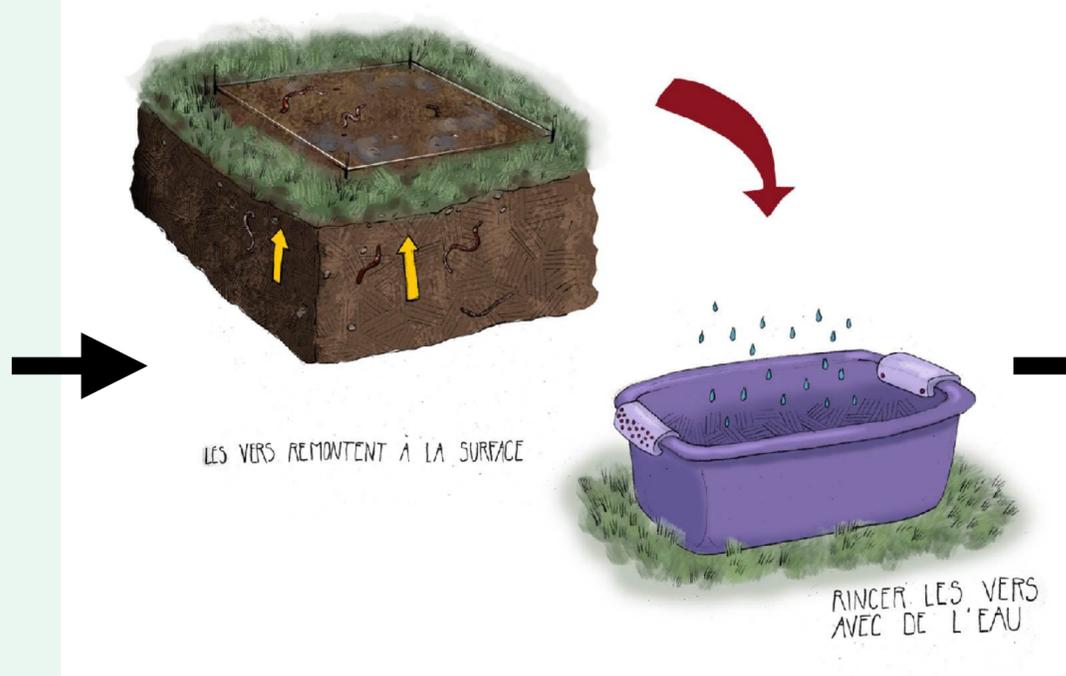
Guide de l'observatoire participatif des vers de terre OPVT

arroser avec une solution de moutarde

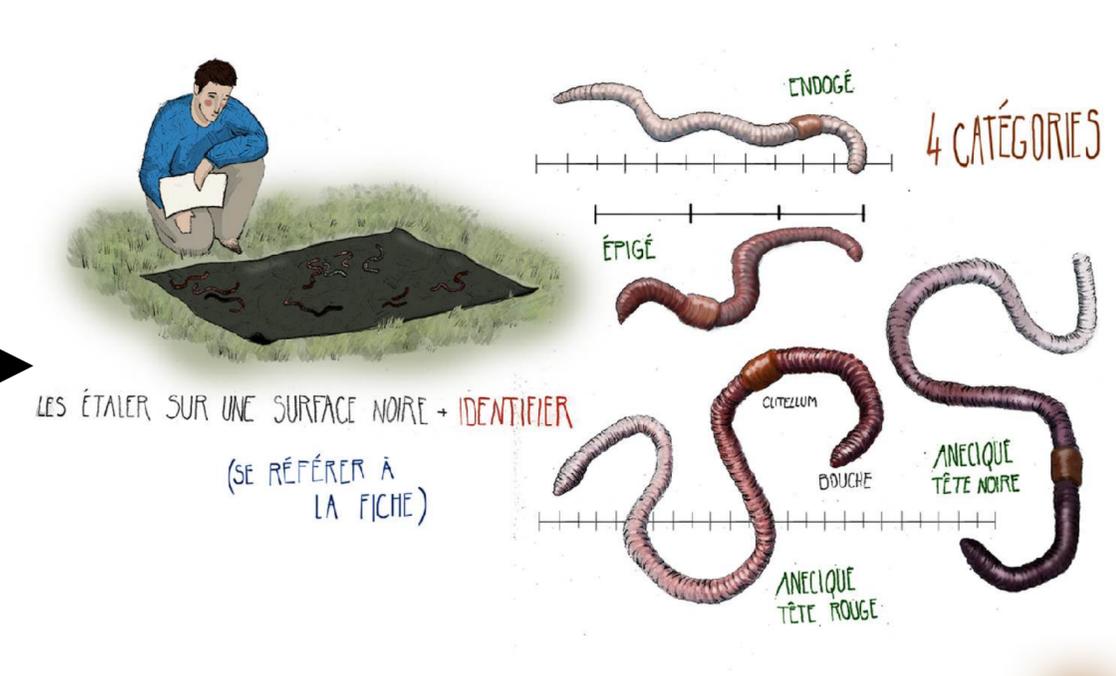


composé urticant, l'AITC (allylisothiocyanate) qui irrite les vers et les fait remonter à la surface

recupérer les vers en surface et les rincer



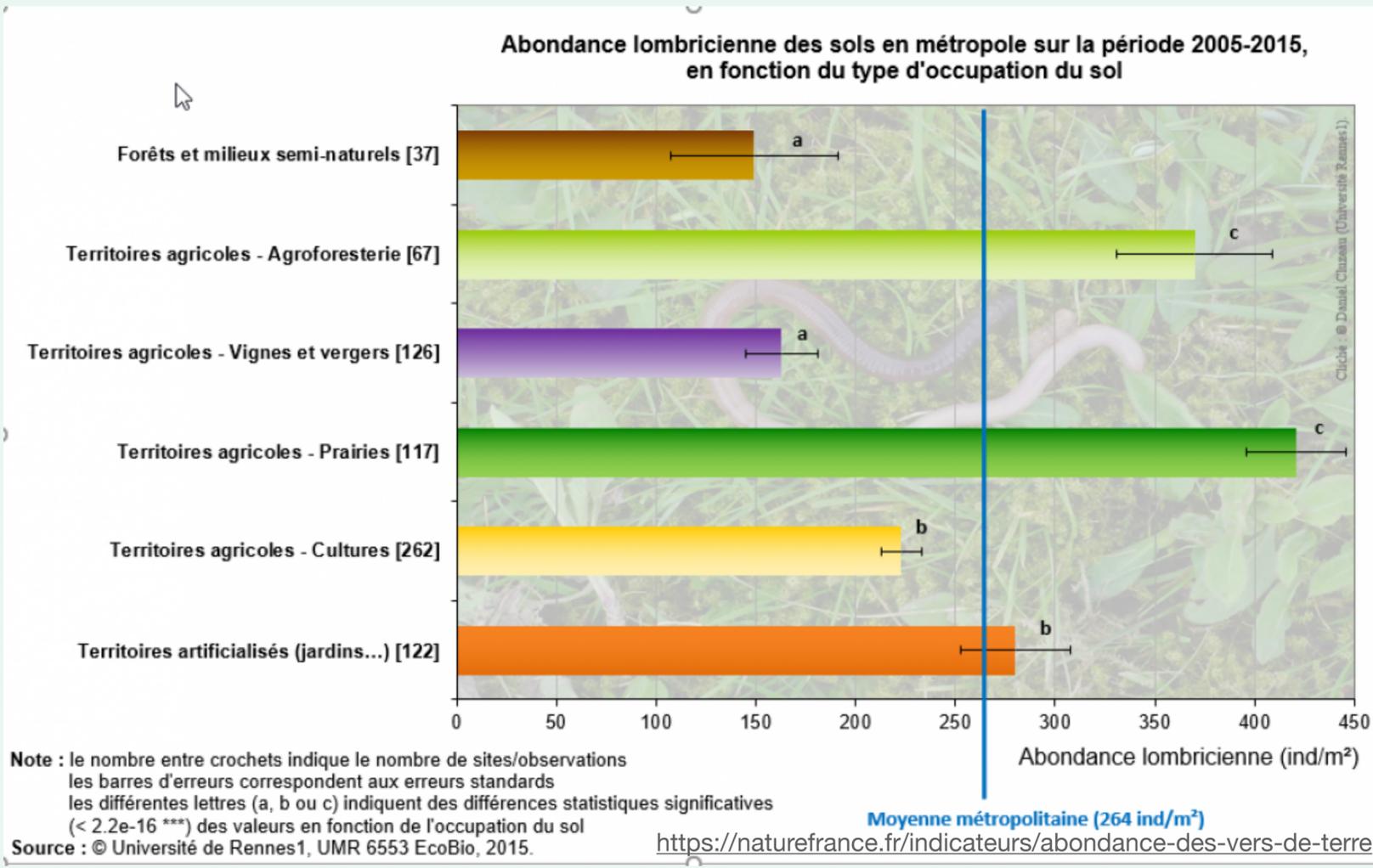
identifier les espèces présentes



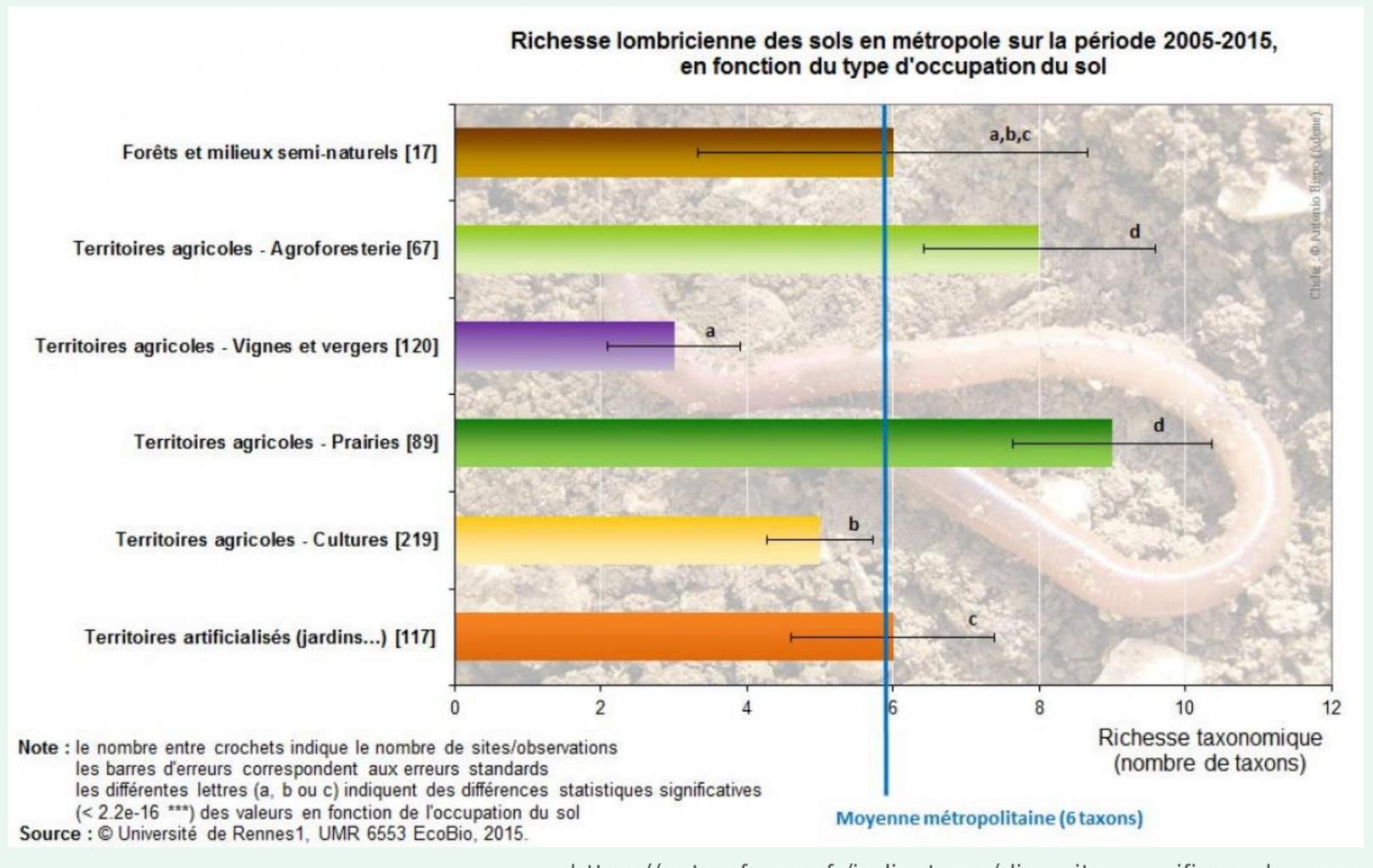
Indicateurs vers de terre de l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB)

Bilan 2016 de l'état de la biodiversité en France

abondance et richesse des espèces lombriciennes



en moyenne 264 individus/m²



6 types de vers de terre en moyenne

Inventaires des lombricidés en France

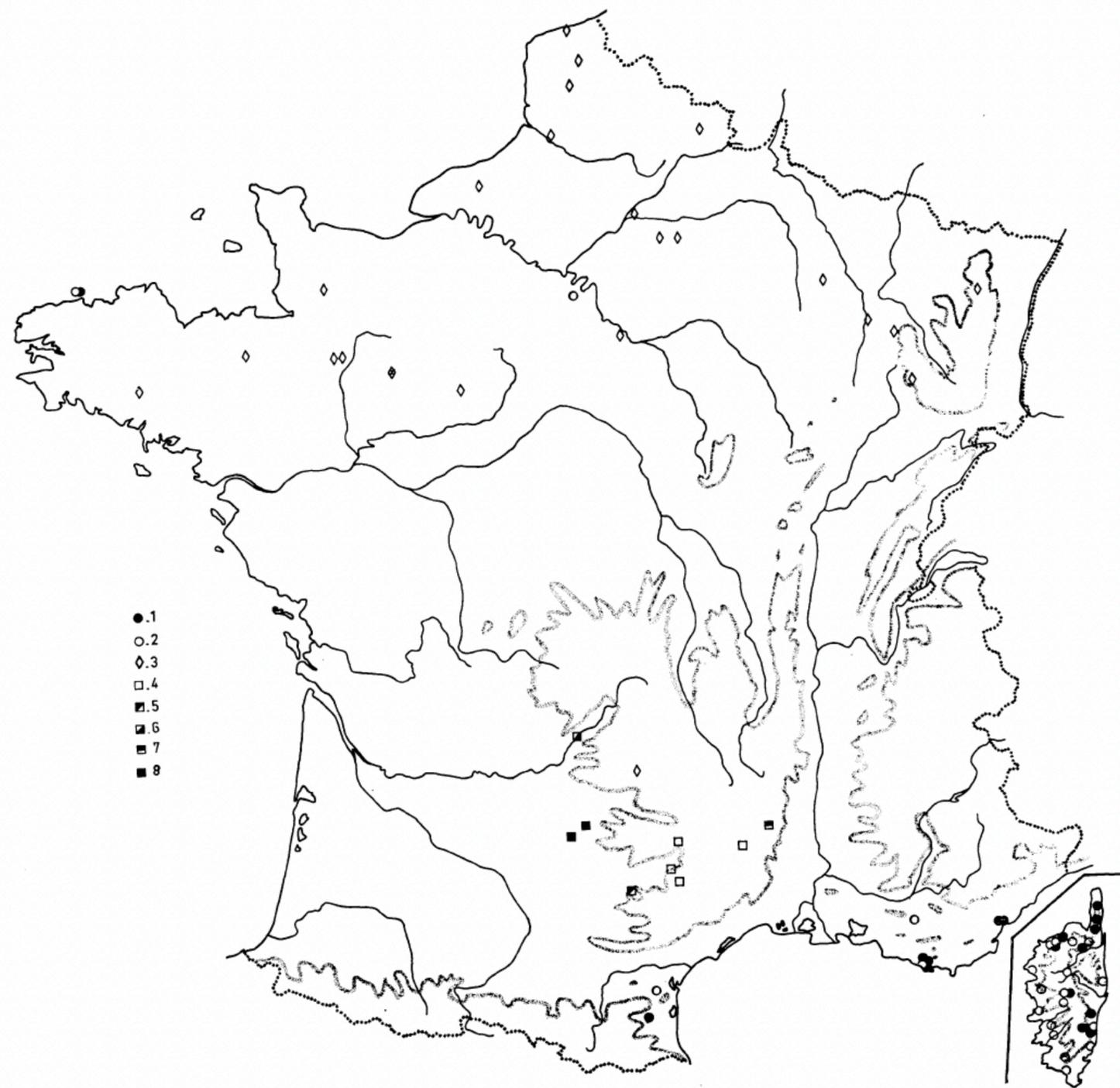


FIG. 17. — Répartition géographique

1, *Microscolex dubius*; 2, *M. phosphoreus*; 3, *Eisenia eiseni*; 4, *Allolobophora chaetophora chaetophora*; 5, *A. chaetophora serninensis*; 6, *A. chaetophora argentatensis*; 7, *A. chaetophora lablacherensis*; 8, *A. chaetophora rutena*.

Bouché, 1972

- 1400 sites répartis en France métropolitaine
- plus d'une centaine d'espèces décrites en France
- certaines espèces uniques au monde

- Marcel Bouché, 1972 « Lombriciens de France - Ecologie et systématique » 668 pages : <https://www.verdeterreprod.fr/publications-de-marcel-bouche/>

#Vers2022 : échantillonnage participatif

- initiative du réseau TEBIS, sur les Traits Écologiques et Biologiques des organismes du Sol
- échantillonnage participatif des vers de terre partout en France entre 2019 et 2021

La terre : le gîte et le couvert

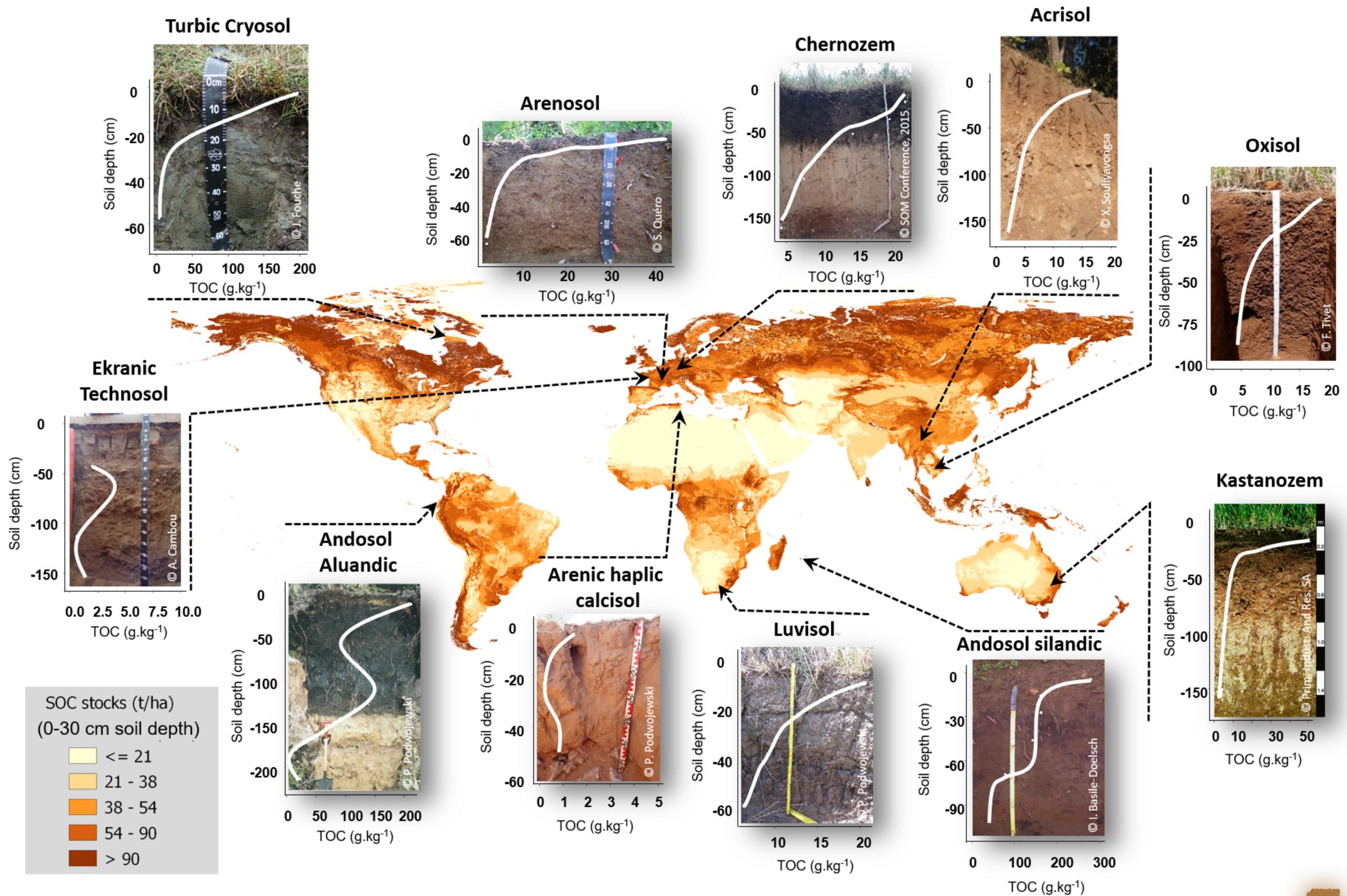
les vers vivent, naissent et meurent dans la terre, et même, s'en nourrissent



Exemple de profil de sol montrant les différents horizons en fonction de la profondeur.

Composition de la terre:

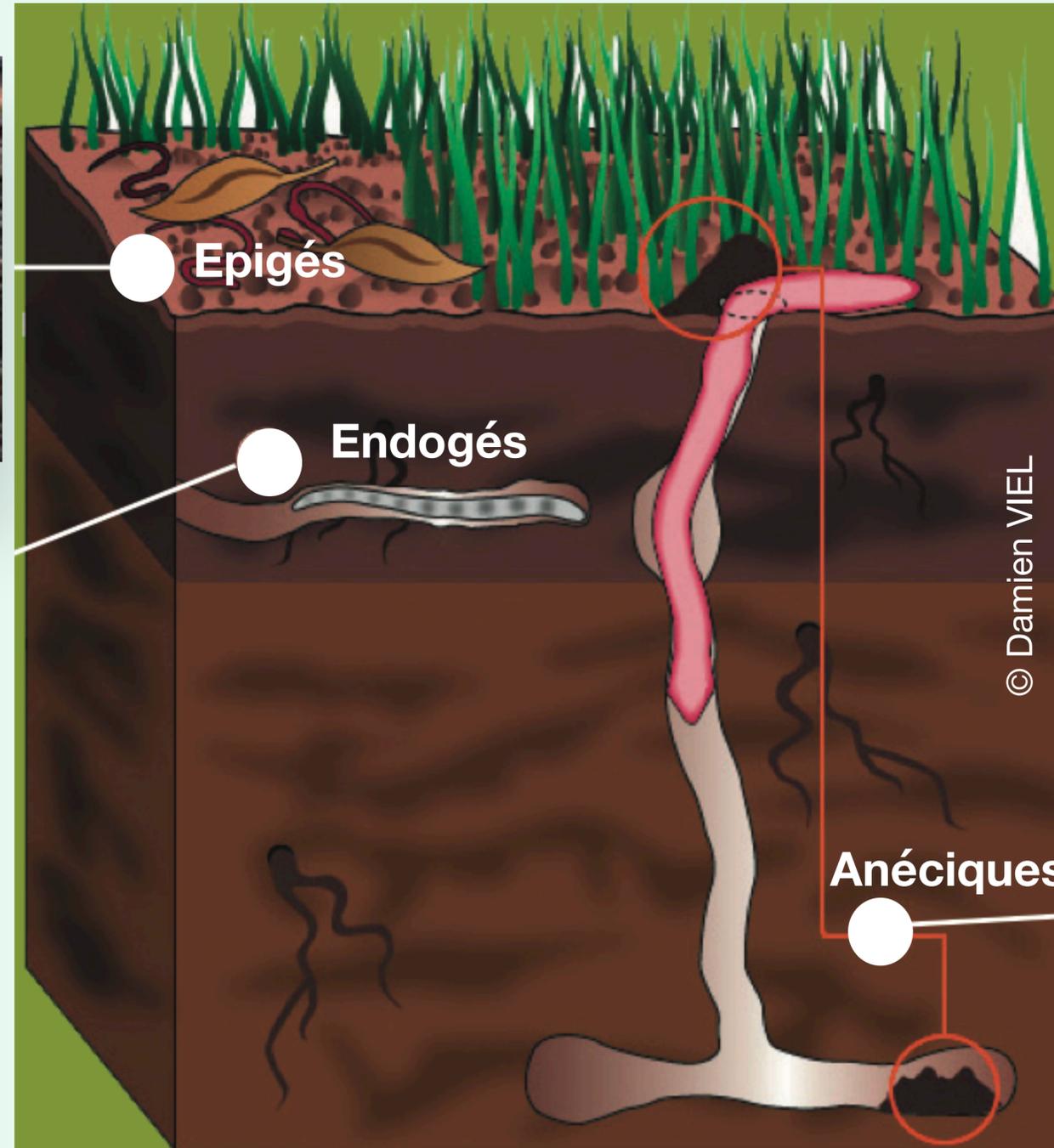
- des matières organiques en décomposition : déchets, résidus et métabolites d'origine végétale (🌱🍃🌾🌽🌲🌳)
animale (🐜🐛🕷️🐌🦎🐭🐰🐿️🦔🐮)
ou microbienne
- des particules minérales (sable, argile, limons, pierres ou gravier)



Trois catégories écologiques de vers

Epigés

- se nourrissant de litière végétale
- vivent dans la litière
- pas de galerie
- petite taille
- colorés



Lumbricus terrestris



Endogés

- se nourrissent de sol (géophages)
- galerie horizontale
- vivent près de la surface des sols
- petite taille
- pas de pigmentation

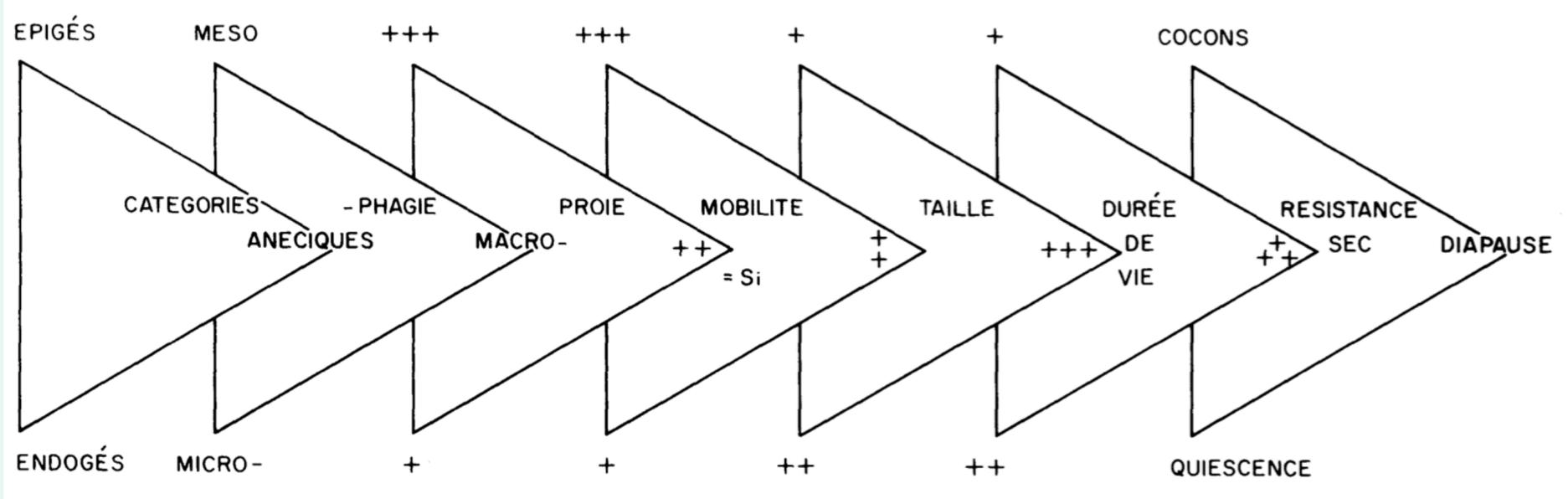
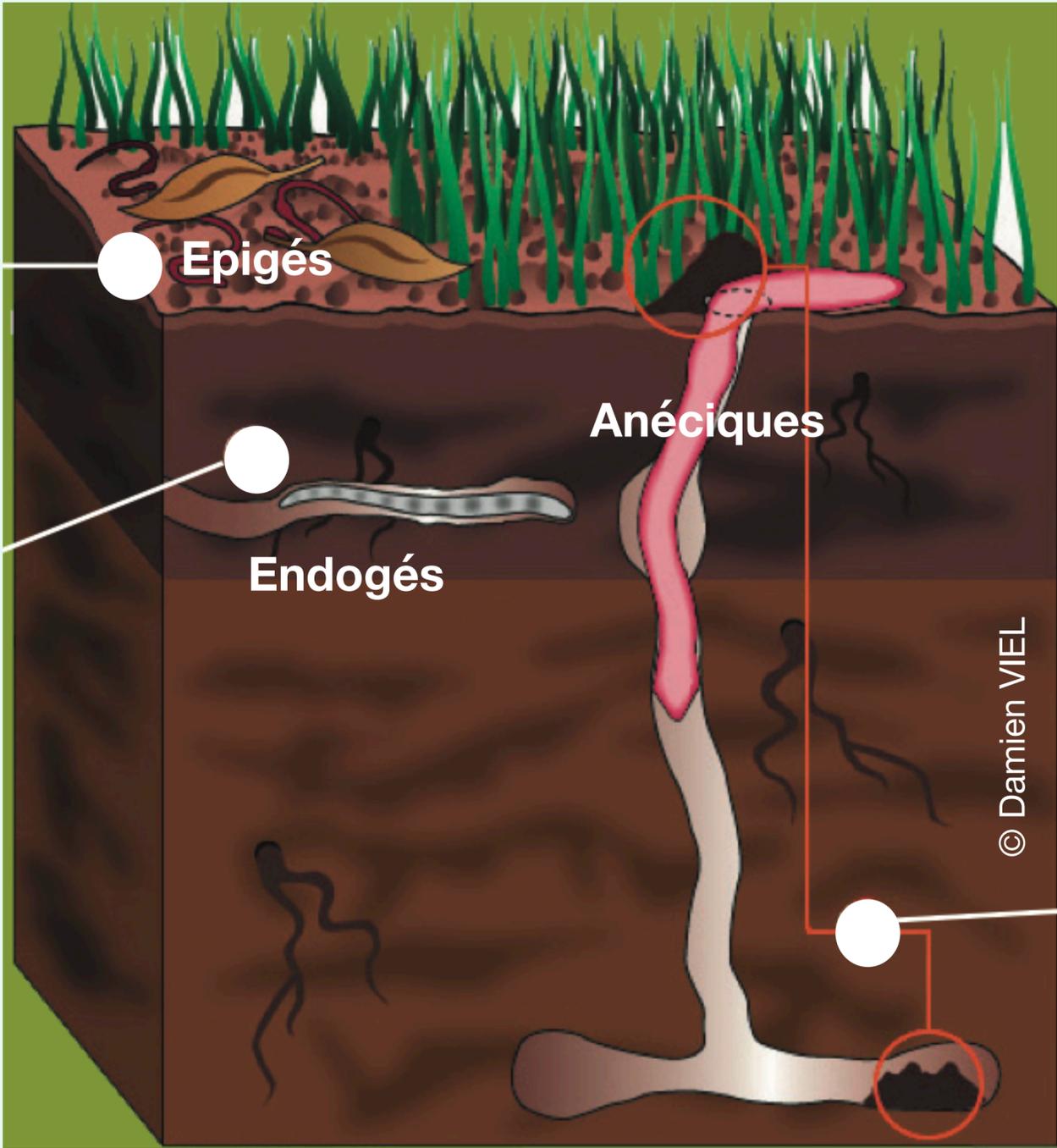
Allolobophora Chlorotica



Anéciques

- se nourrissant de litière végétale et de sol
- vivent dans le sol
- galerie verticale
- grande taille

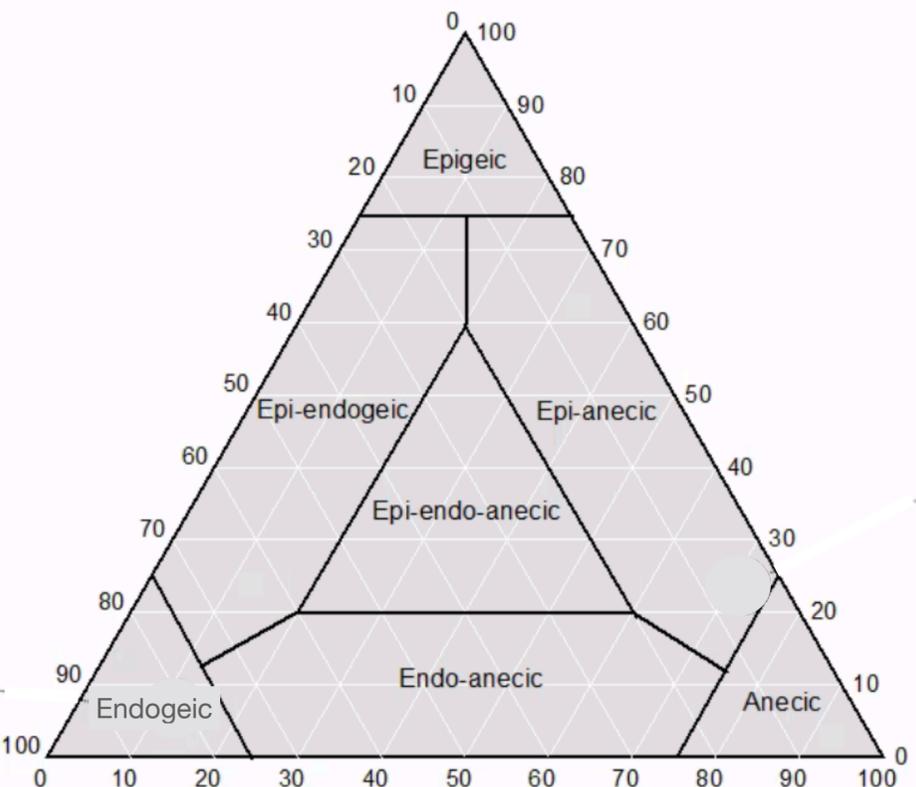
Critères de classement des espèces de vers



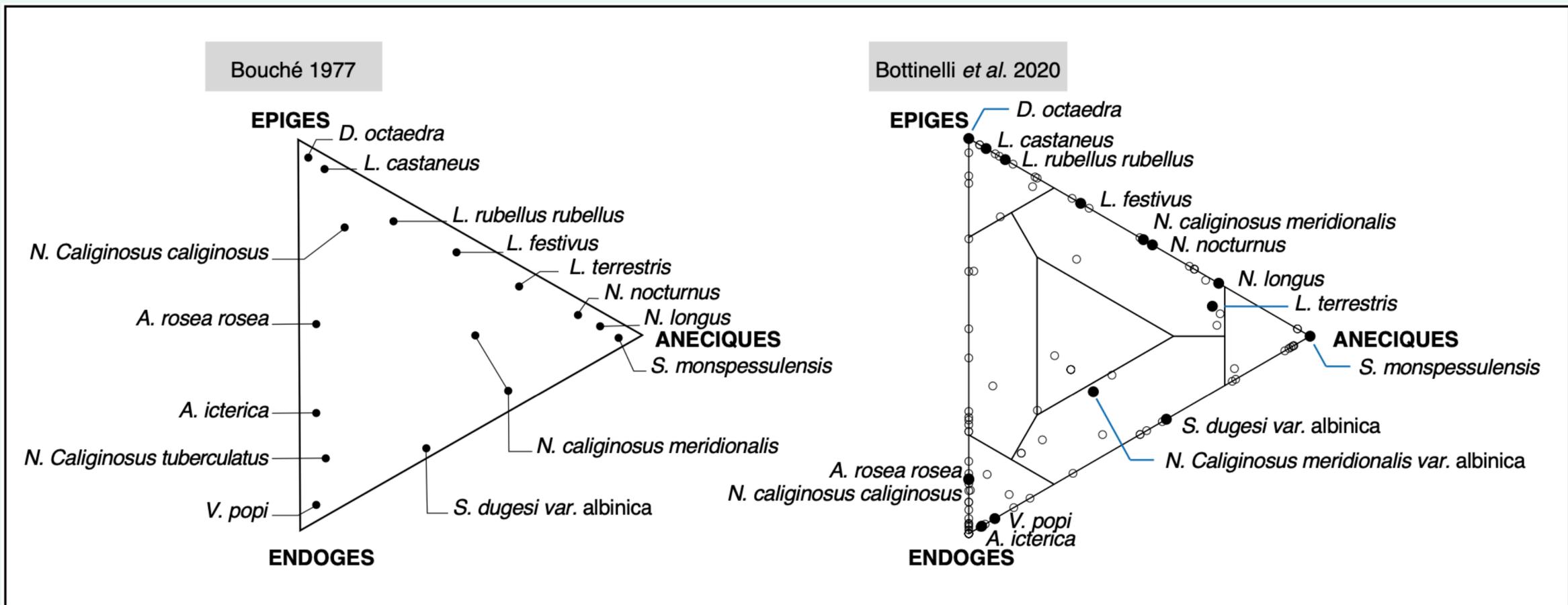
Marcel Bouché, 1977



Classement relatif



Bottinelli et al. 2020



Une grande variété de morphologies

Eisenia enseni, épigé



Aporrectodea giardi, anécique



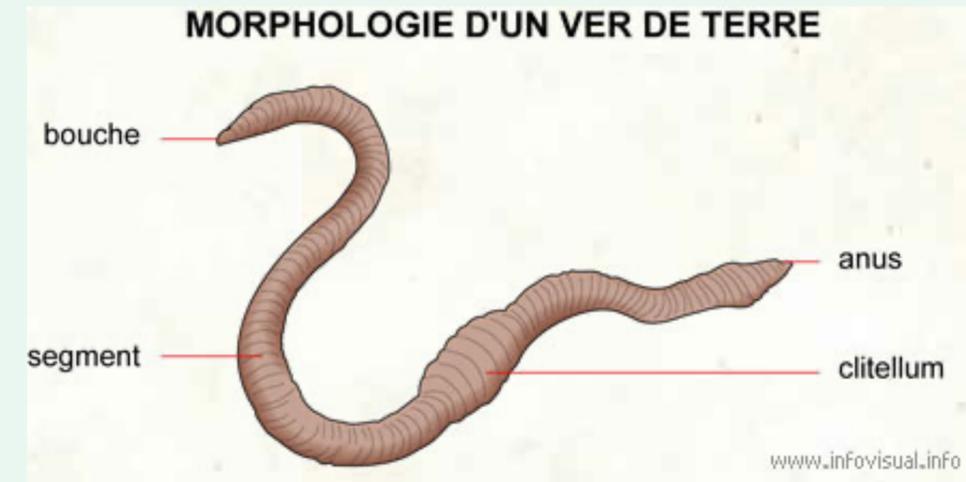
Aporrectodea icterica



Octalasion cyaneum



Allobophora c. chlorotica



même groupe écologique :
différentes pigmentation, taille,
forme, position du clitellum

Lumbricus terrestris



déjections en surface = turricules

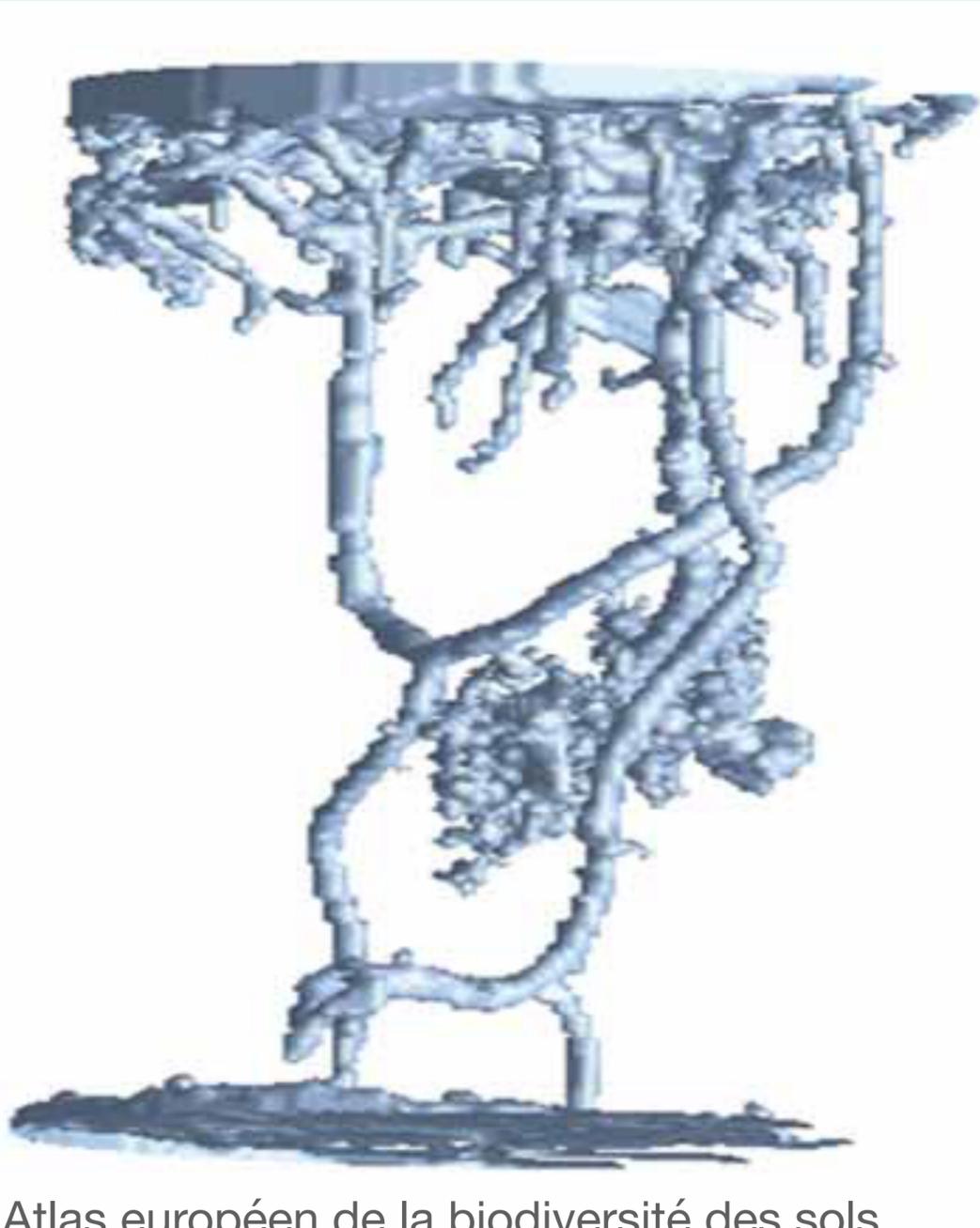


galeries jusqu'à 2-3 m de profondeur

Atlas européen de la biodiversité des sols

Des réseaux de galeries

essentiels à l'aération du sol et à l'infiltration de l'eau



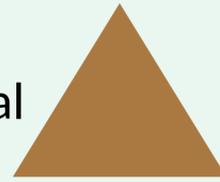
reconstitution de réseaux de galeries d'anéciques et endogés observés en microtomographie

25 cm

- ➔ "ingénieurs de l'écosystème" :
- aèrent le sol
 - permettent l'infiltration de l'eau

Alimentation

- sol minéral



endogés
anéciques

faible qualité nutritionnelle,
ingèrent 10 à 30 fois leur poids en
sol / jour



- résidus végétaux, excréments de ruminants (matières végétales transformées), etc.

épigés: vivent dans leur substrat alimentaire

anéciques: fouillent la surface du sol et entraînent les aliments dans leurs galeries

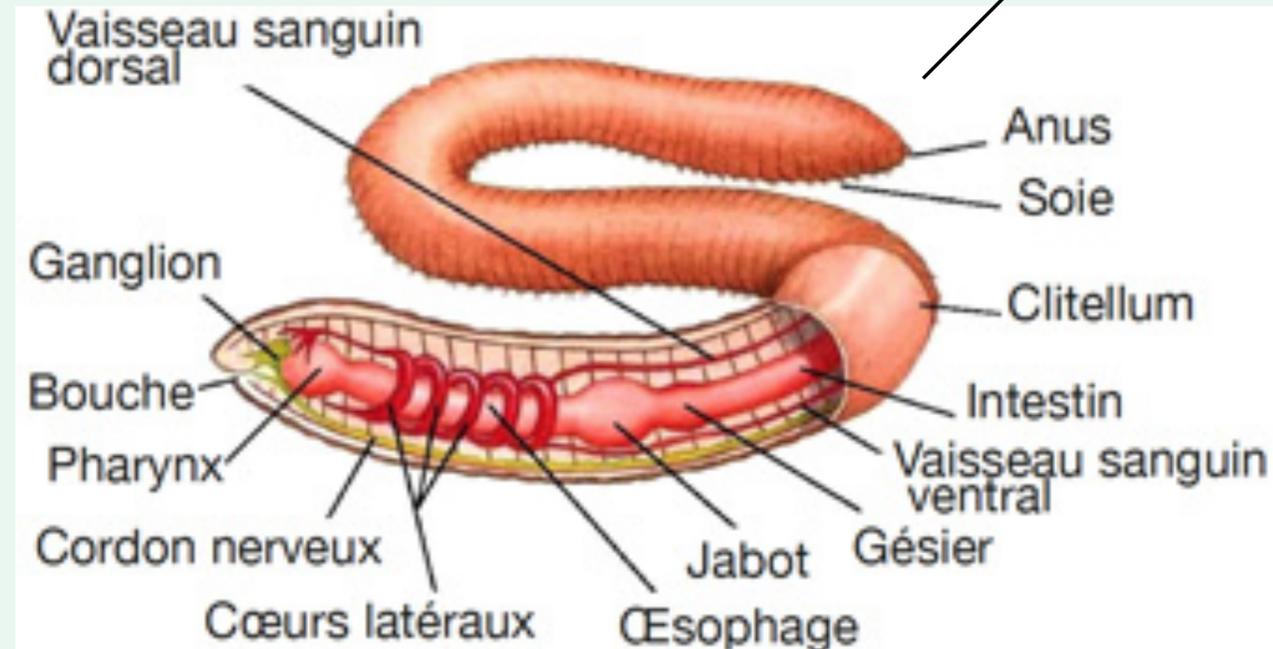


Figure 2. Anatomie interne d'*Eudrilus eugeniae* — *Internal anatomy of Eudrilus eugeniae* (www.infovisual.info).

Les déjections

- dans le sol pour consolider les galeries ou
- à la surface du sol sous forme de turricules
30 à 200 t par ha et par an sous prairie
en surface: plus de 5 mm chaque année



➔ "ingénieurs de l'écosystème" :

- mélangent le sol (bioturbation)
- mélangent les matériaux minéraux et organiques
- forment des agrégats

Importance dans le réseau trophique

des proies pour de nombreux invertébrés et vertébrés

- invertébrés vivant dans le sol ou à la surface (coléoptères, etc.)
- vertébrés
 - les **taupes**
 - **sanglier, blaireau, musaraigne, renard, serpent, grenouille...**
 - de nombreux **oiseaux**

 - les chats: une étude récente a montré que les vers de terre constituent un composant alimentaire majeur pour les chats domestiques de la banlieue parisienne pendant une grande partie de l'année.
 - ... les humains: soit pour leur propre alimentation (Amazonie par exemple) ou pour servir d'appât pour la pêche

 - espèces invasives qui perturbent l'équilibre du sol : exemple des vers plats



Reproduction

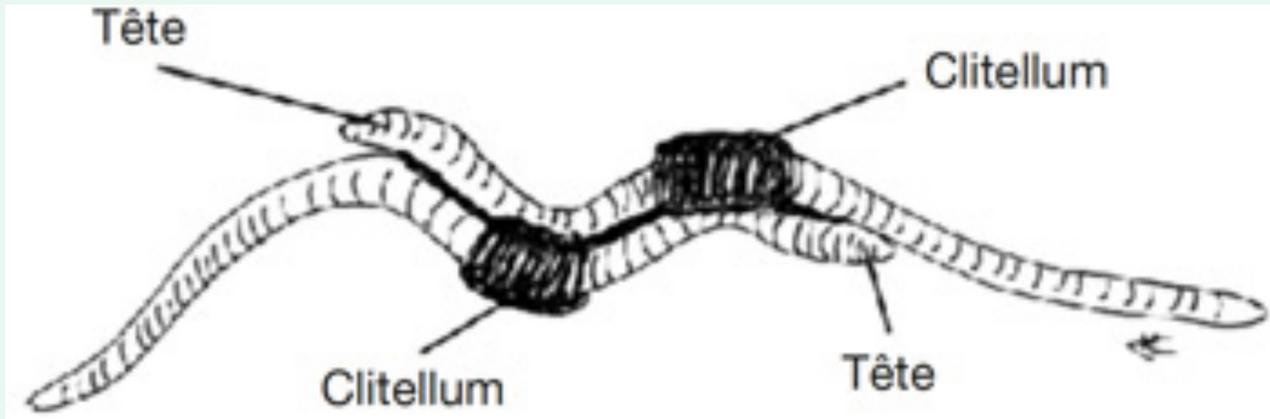
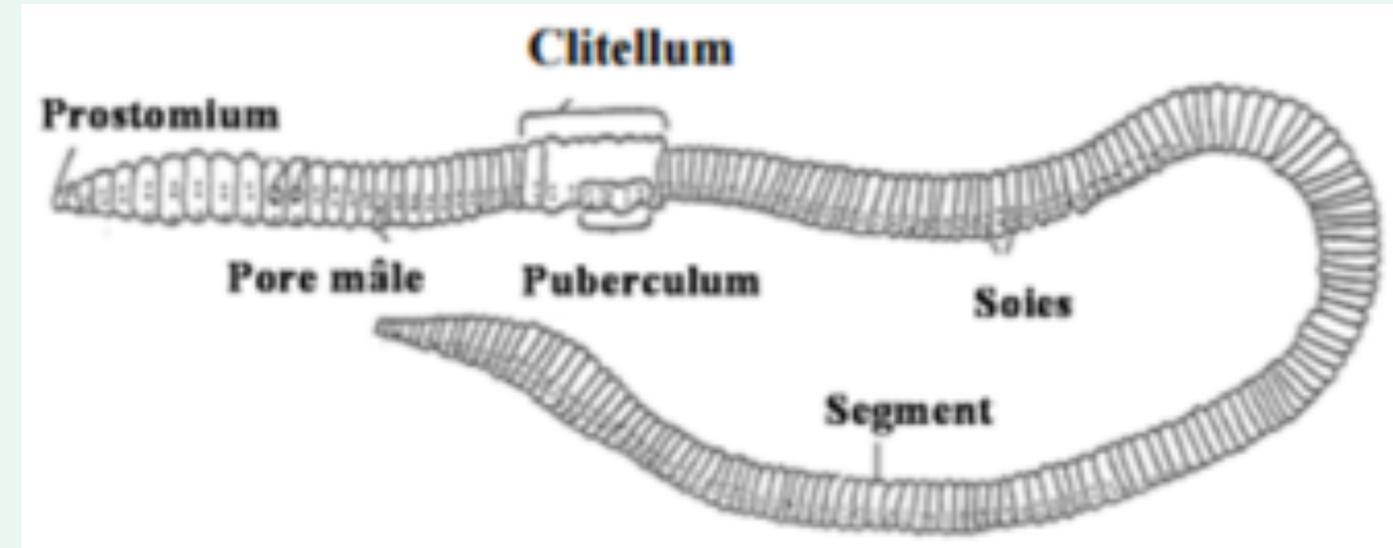


Figure 3. Position de reproduction des vers de terre — *Reproducing position of earthworms* (Morin, 2004).

- hermaphrodites, besoin d'un partenaire pour se reproduire
- juxtaposent leurs organes de reproduction en se positionnant tête-bêche
- échangent des spermatozoïdes et sécrètent de petits cocons contenant les ovules fécondés via le clitellum
- conditions de température et humidité optimales : printemps et automne



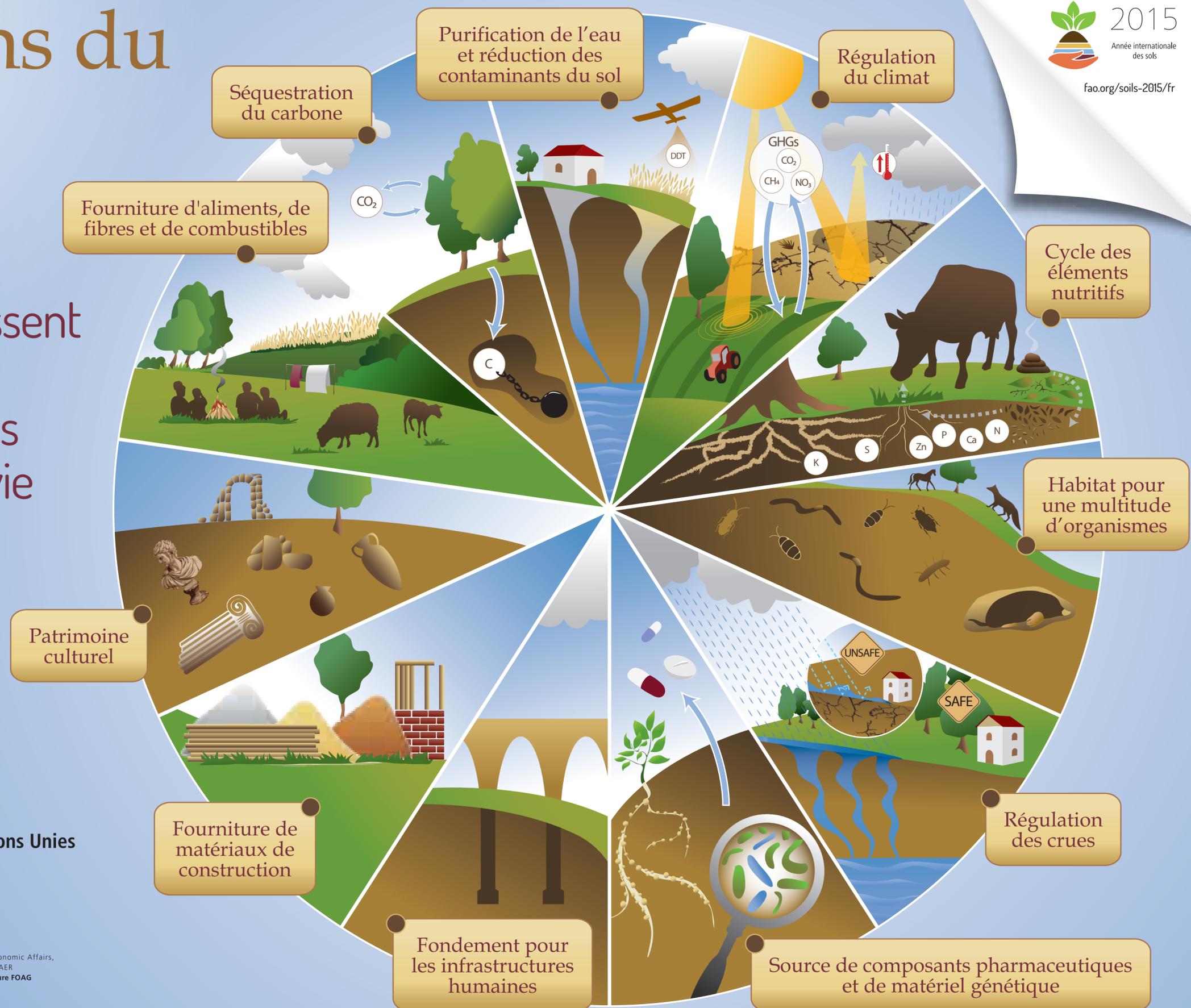
cocon de ver de terre, résistant à la chaleur, au froid, à la sécheresse

oeufs de limace



fonctions du Sol

Les sols fournissent des services écosystémiques essentiels à la vie sur terre

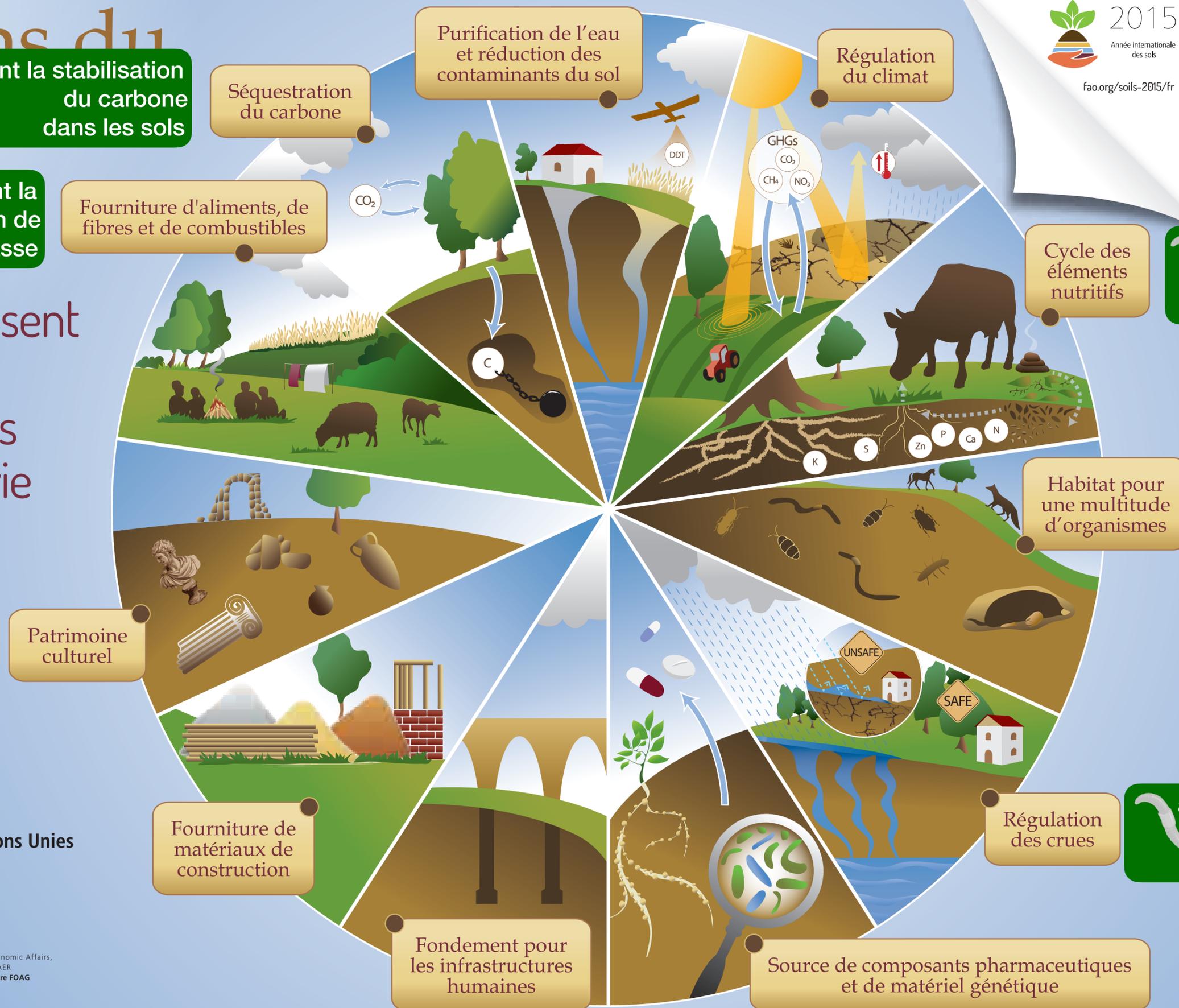


fonctions du

favorisent la stabilisation
du carbone
dans les sols

augmentent la
production de
biomasse

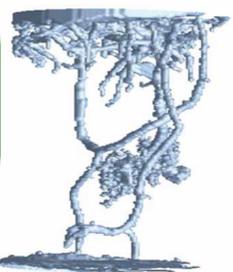
Les sols fournissent
des services
écosystémiques
essentiels à la vie
sur terre



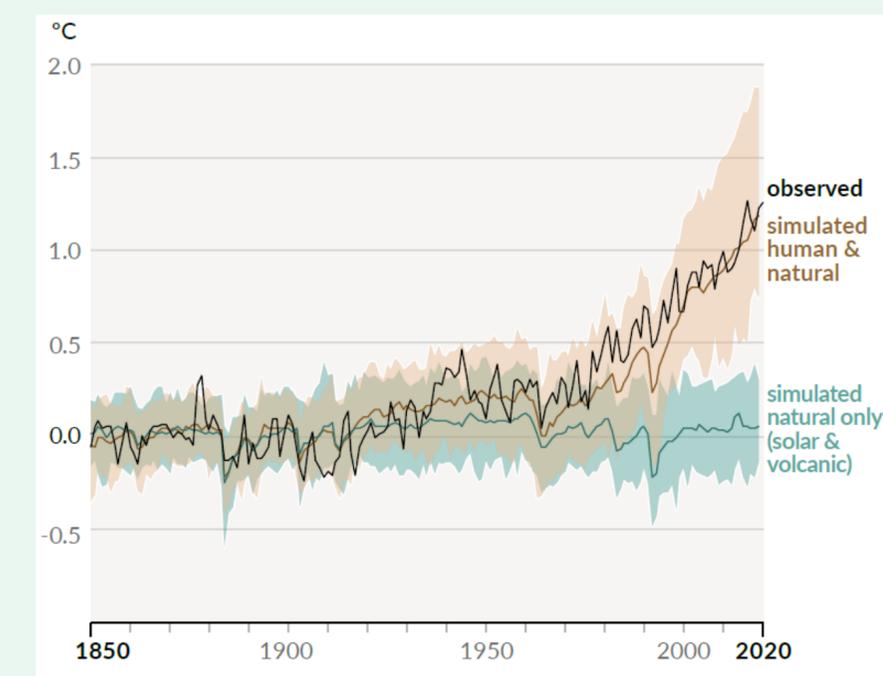
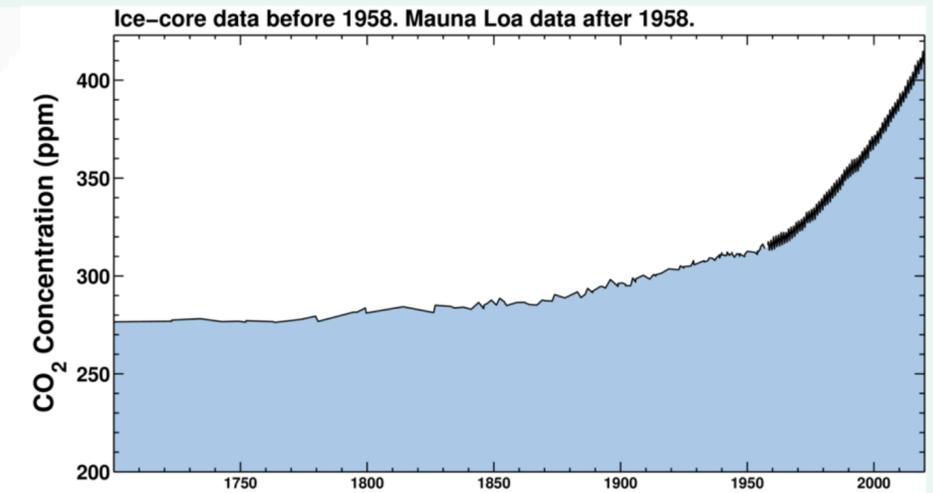
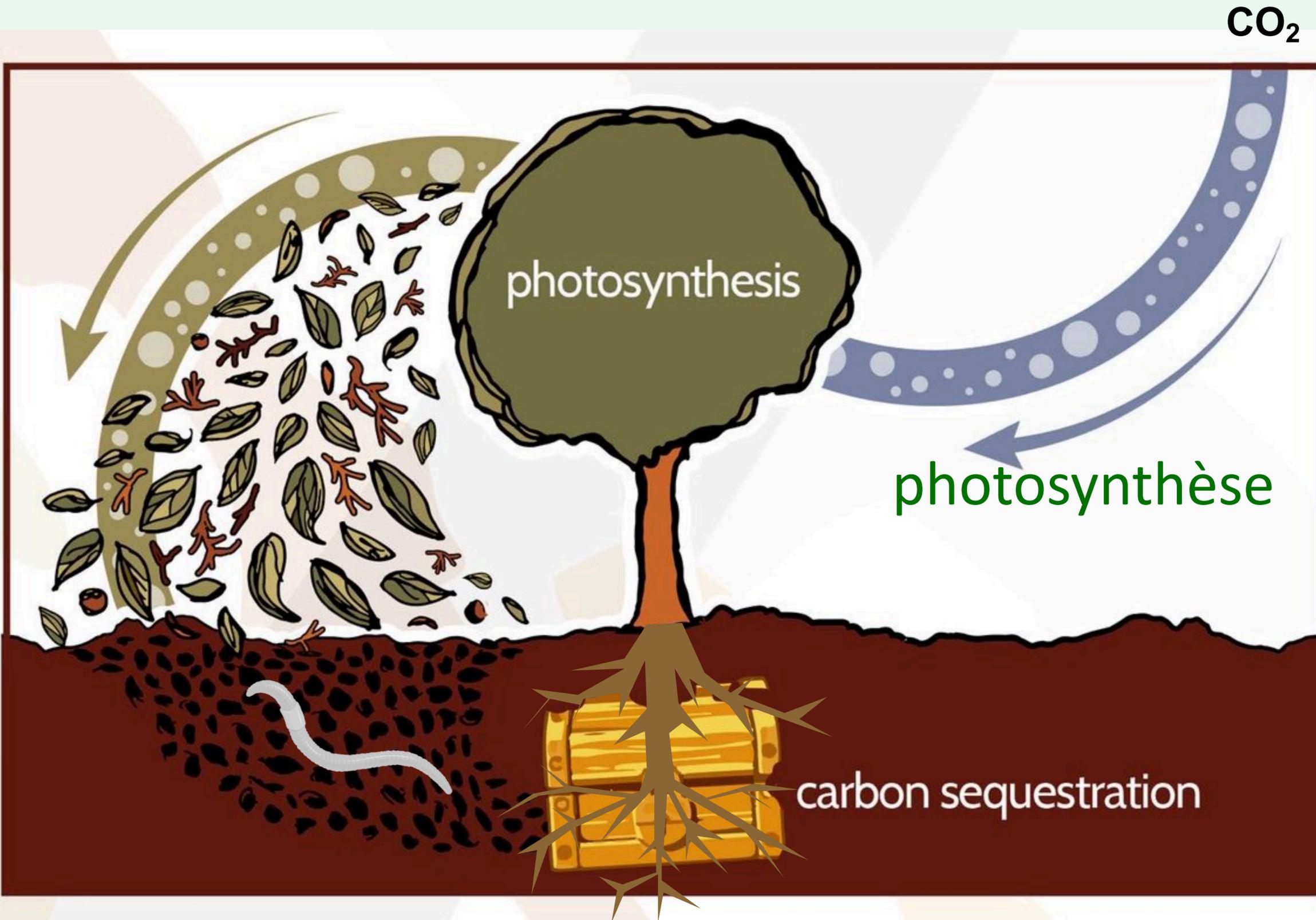
contribuent au recyclage
des éléments
nutritifs

créent des habitats
pour d'autres
organismes

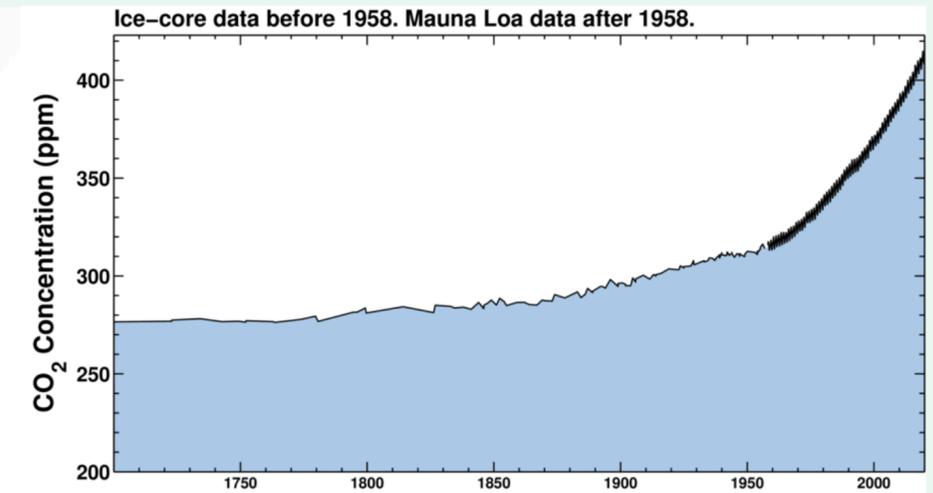
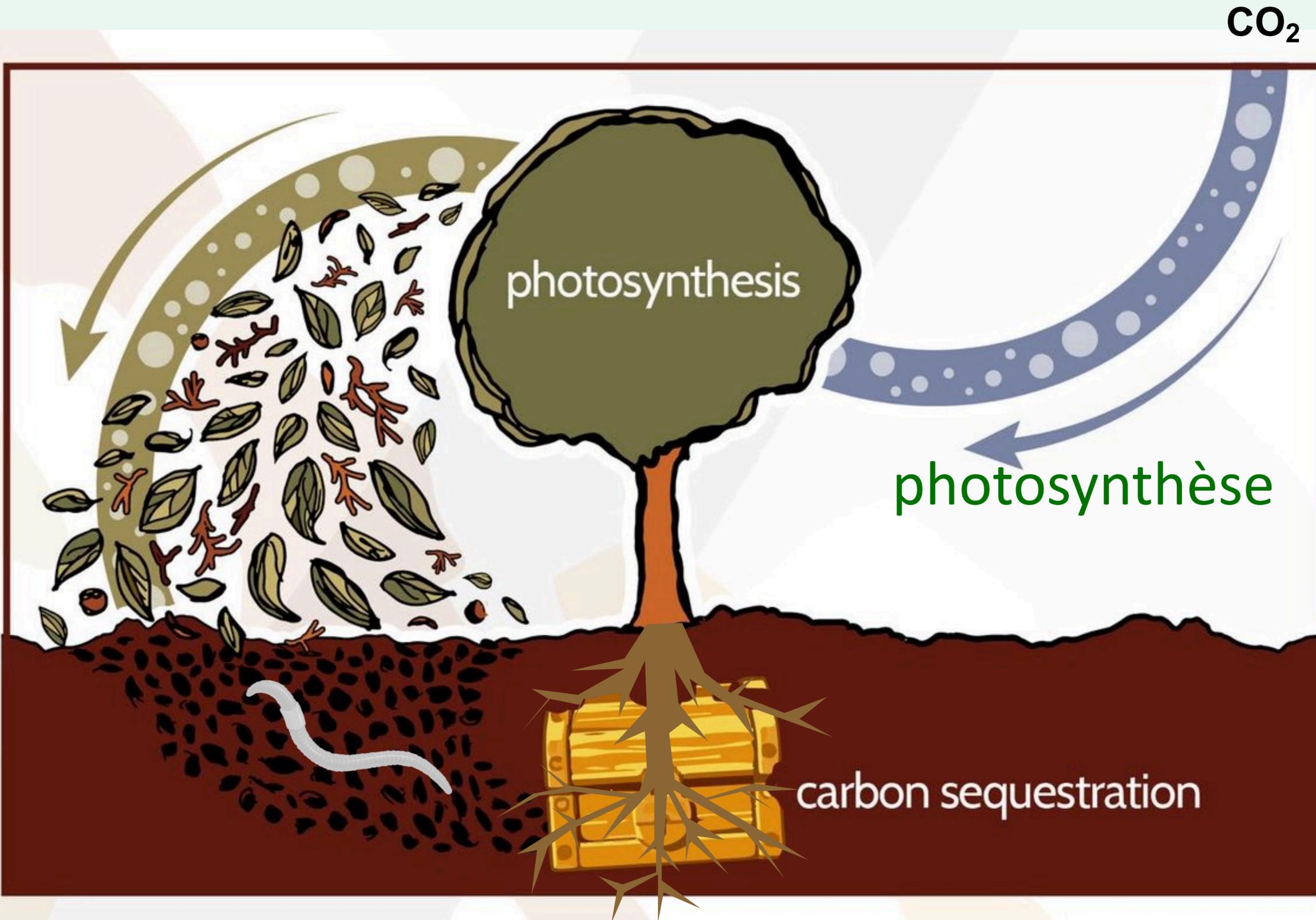
améliorent la circulation
de l'eau dans
le sol



Un trésor caché dans les sols



Un trésor caché dans les sols

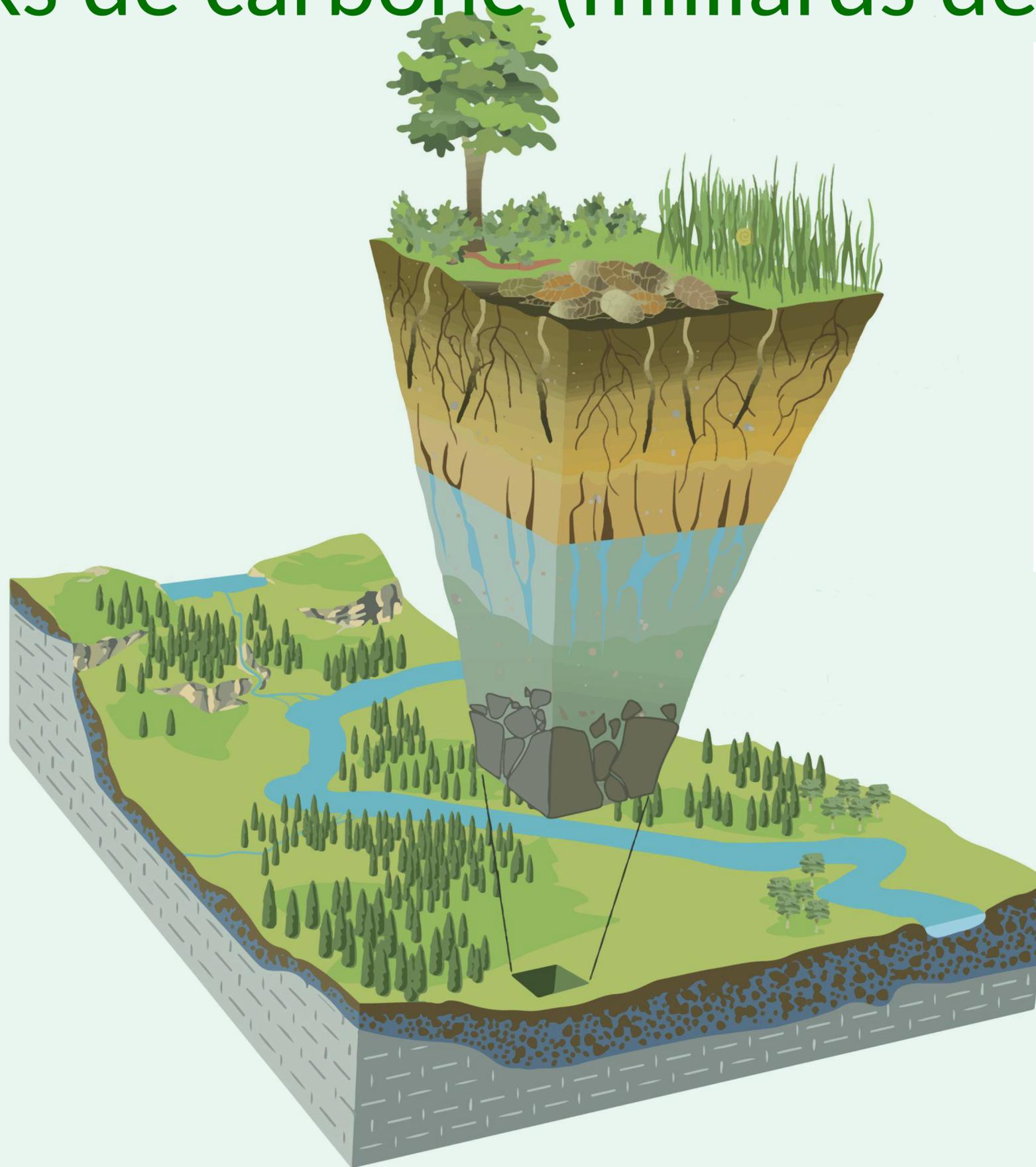


?

Où trouve-t-on le plus grand stock de carbone ?

- dans l'atmosphère
- dans la végétation
- dans les sols

Les stocks de carbone (milliards de tonnes)



Atmosphère = 830

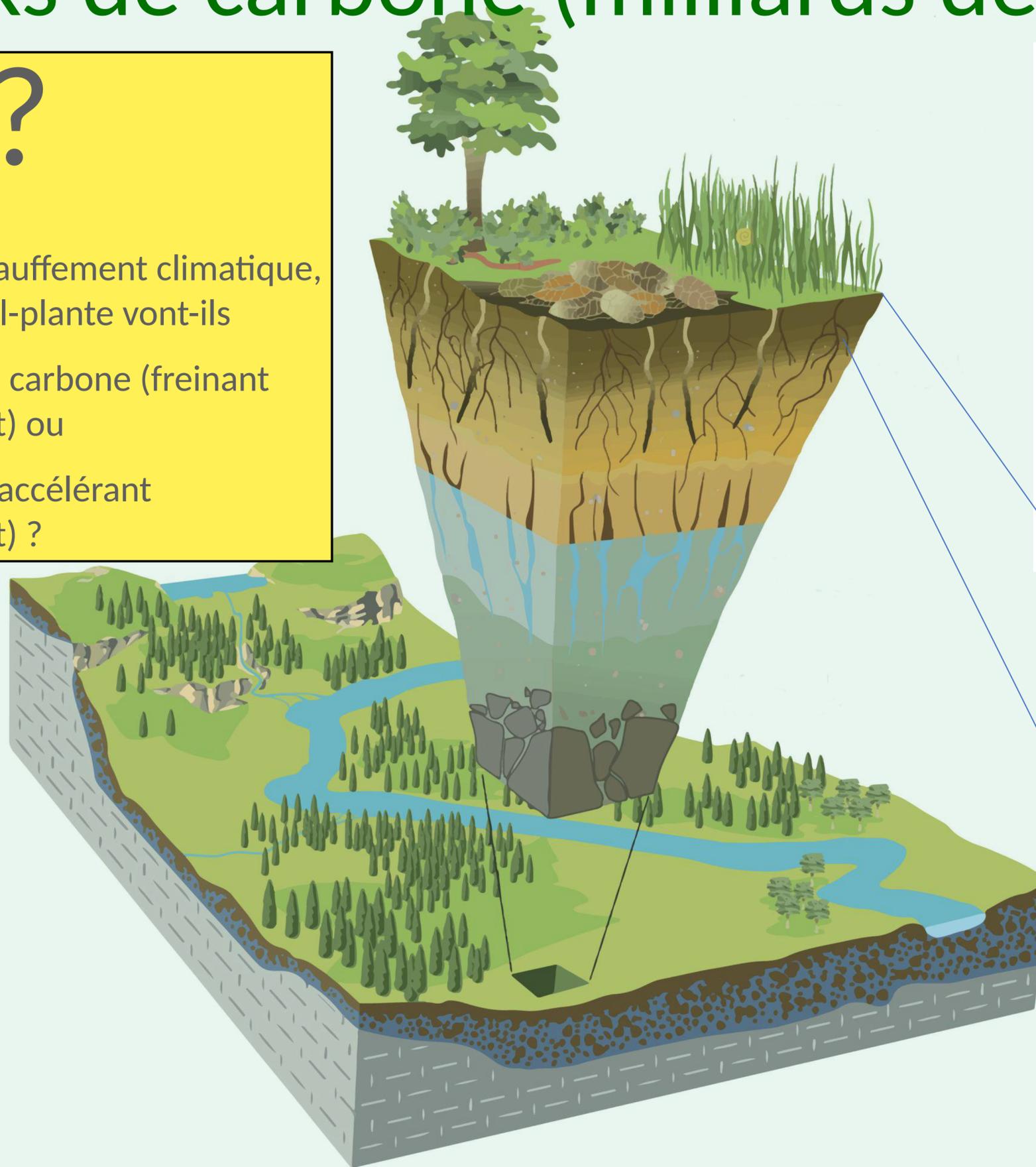
Végétation = 450-650

Sols = 1500-2400
(0-1 m)

Les stocks de carbone (milliards de tonnes)

?

Sous l'impact du réchauffement climatique, ces systèmes sol-plante vont-ils
+ stocker plus de carbone (freinant le réchauffement) ou
- stocker moins (accélérant le réchauffement) ?



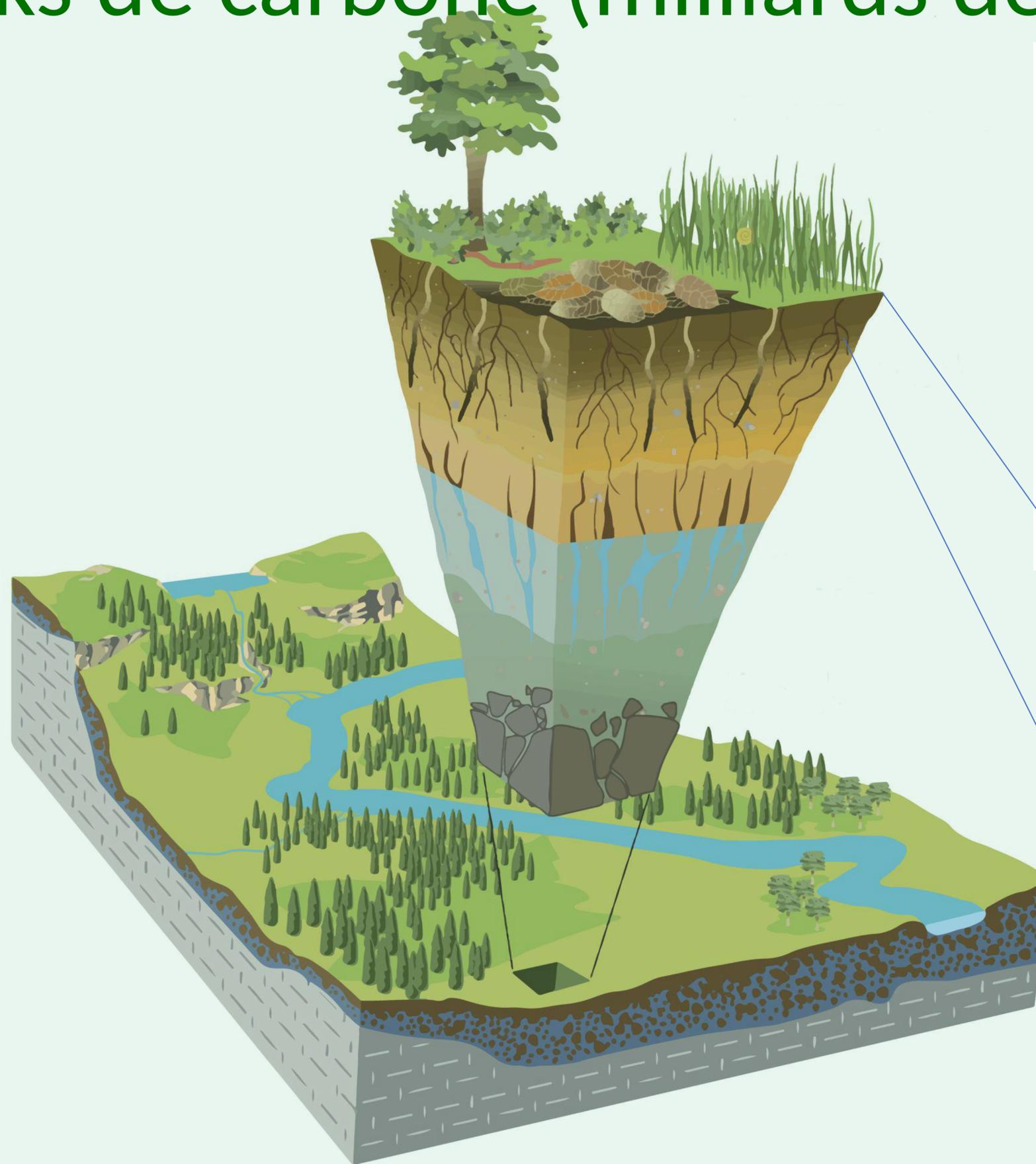
Atmosphère = 830

Végétation = 450-650

Sols = 1500-2400
(0-1 m)

→ ≈ 800 dans le 0-30 cm

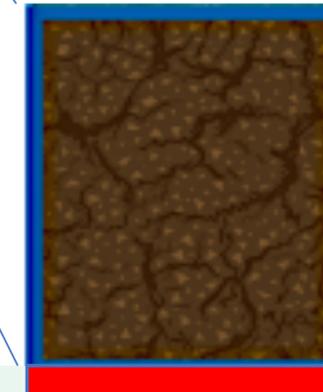
Les stocks de carbone (milliards de tonnes)



Atmosphère = 830

Végétation = 450-650

Sols = 1500-2400
(0-1 m)



→ ≈ 800 dans le 0-30 cm

+ 0,4% / an

= 3,2 milliards de tonnes de C / an

9,4 milliards de tonnes de C/an

+ changement d'usage des terres
1,5 milliards de tonnes de C/an



 **carbone**

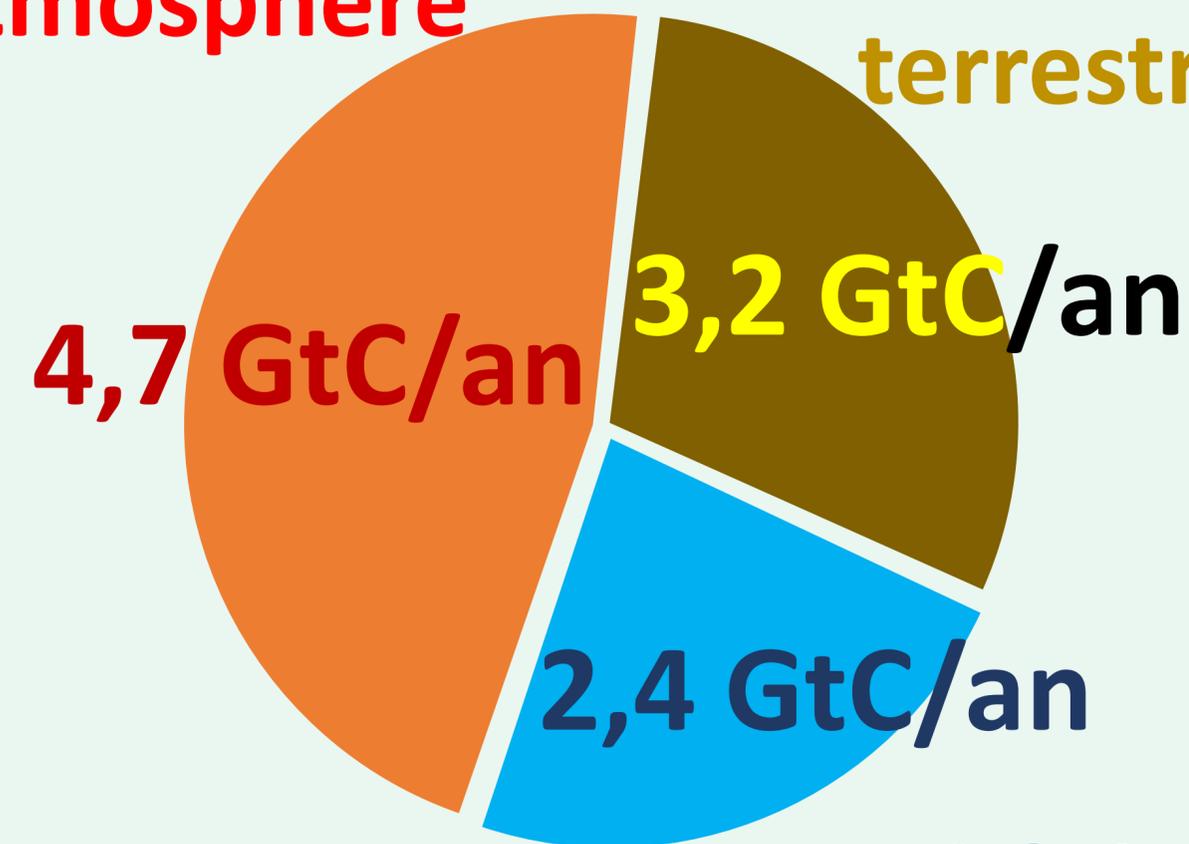
adapté de Asmeret Asefaw Berhe, TED2019
[A climate solution that's right under our feet](#)

9,4 milliards de tonnes de C/an

+ changement d'usage des terres
1,5 milliards de tonnes de C/an

Reste dans
l'atmosphère

Stocké dans
la biosphère
terrestre



2,4 GtC/an

Stocké dans
les océans

 **carbone**

adapté de Asmeret Asefaw Berhe, TED2019
A climate solution that's right under our feet

Les sols: un enjeu pour le climat

<https://www.4p1000.org/fr>



et pourtant... la biodiversité des sols est menacée...



La biodiversité des sols est menacée par certaines pratiques agricoles

agriculture intensive



à l'échelle mondiale, plus de 40 % des sols agricoles et 25 % de tous les sols sont dégradés (FAO)

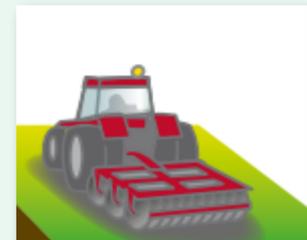


polluants: pesticides, microplastiques, métaux...



export de la production végétale (récolte)

➔ quantité de matière organique fertile diminue



labour

- absence de litière végétale
- décomposition des matières organiques favorisée
- tassement du sol par les engins: enracinement des plantes et infiltration de l'eau de pluie difficiles

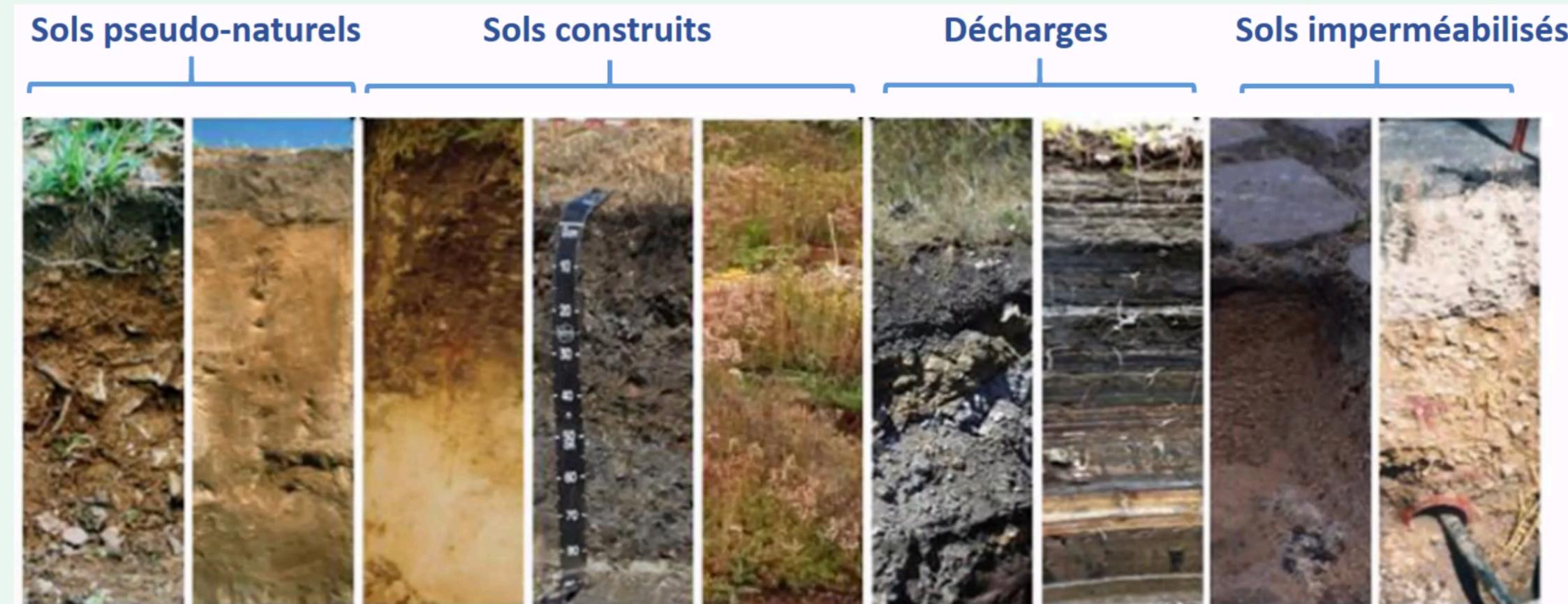
Faible couverture du sol par les plantes cultivées :
risques d'érosion



La biodiversité des sols est menacée par l'urbanisation

sols imperméabilisés

(recouverts de béton ou de goudron)



Potentiel en services écosystémiques

En France, l'équivalent d'un département disparaît sous le béton tous les 7 ans.

Béchet et al., 2017 Artificialisation des sols

José Araujo, 2022

Pratiques agricoles favorisant la biodiversité

Agroécologie : remplacer les intrants par des mécanismes de régulation écologique, diversité des plantes cultivées, continuité du couvert végétal (dans le temps et l'espace)...



Usage des terres

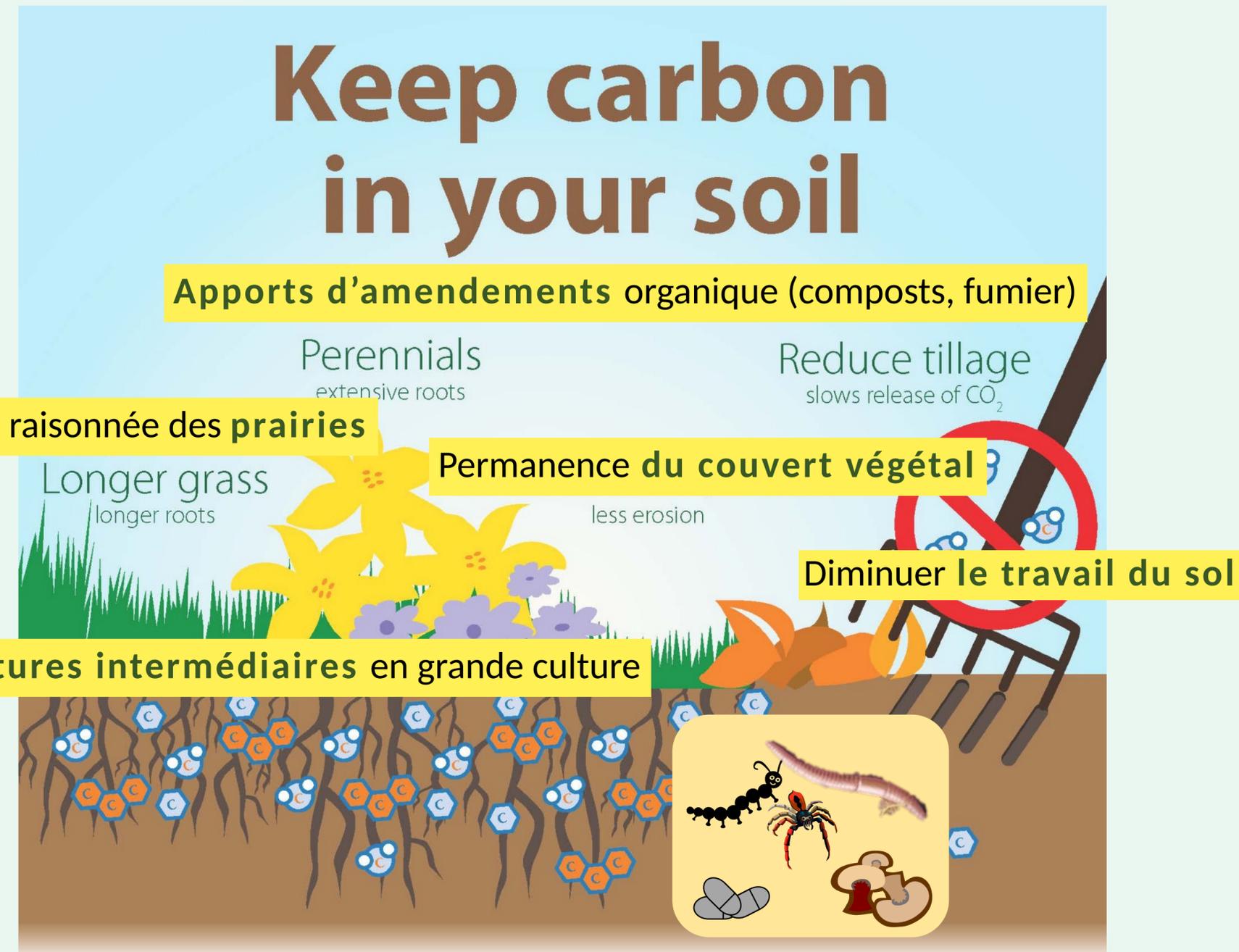
- ✓ Agroforesterie
- ✓ Bandes enherbées
- ✓ Cultures intercalaires
- ✓ Implantation de haies
- ✓ Prairies temporaires

Projet en cours : Comprendre et utiliser les services écosystémiques fournis par les vers de terre

- ✓ **Ingénierie écologique** : améliorer les propriétés des sols par ajout de vers de terre



U2 WORM



Société américaine de Science du sol



300 000 vers/ha

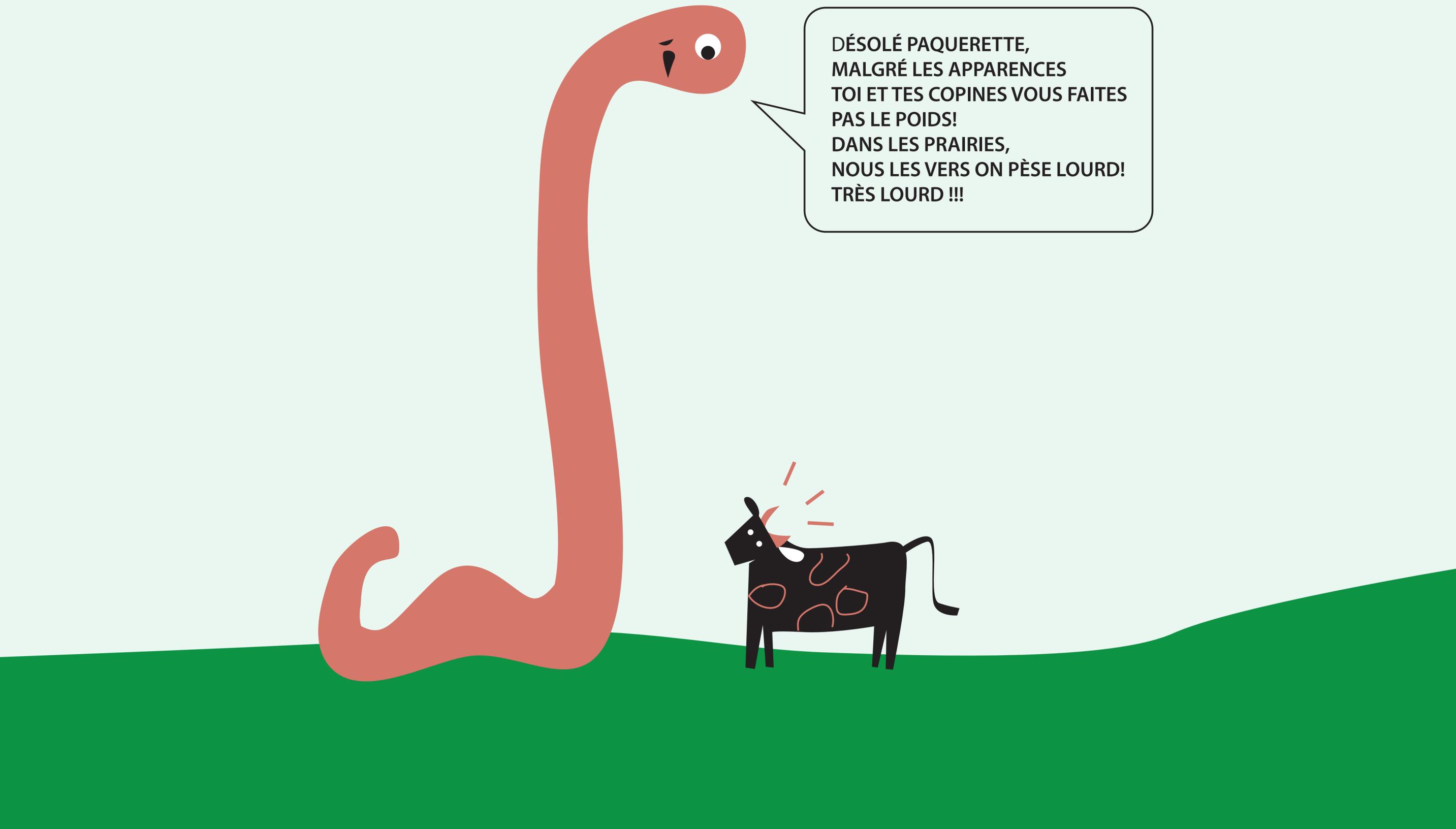
$$m_{\text{ver}} = 10 \text{ g}$$

$$m_{\text{vache}} = 500 \text{ kg}$$

?

On met 2 vaches sur 1 ha de prairie.
Quelle biomasse pèse le plus lourd ?

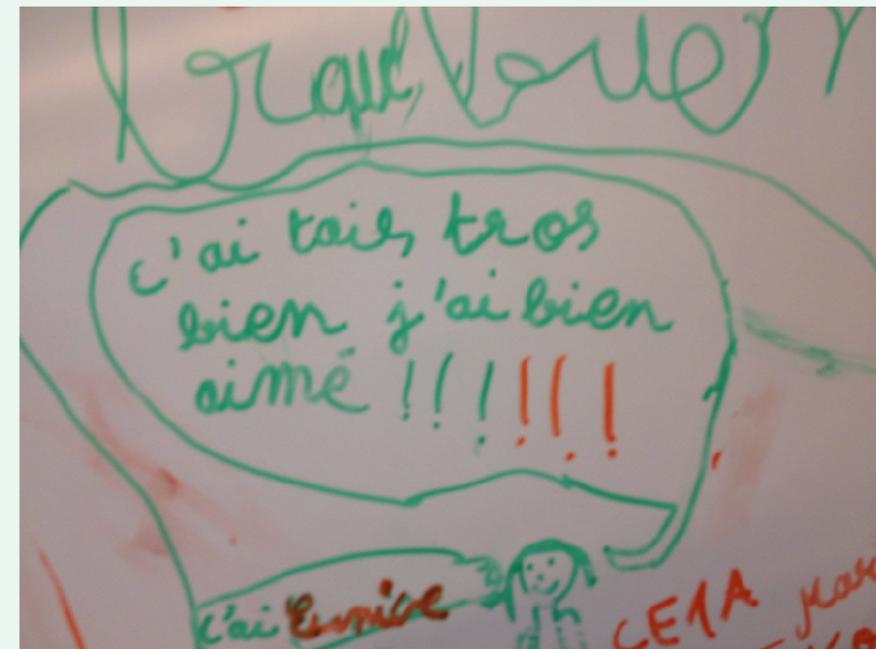
- les vaches
- les vers de terre



DÉSOLÉ PAQUERETTE,
MALGRÉ LES APPARENCES
TOI ET TES COPINES VOUS FAITES
PAS LE POIDS!
DANS LES PRAIRIES,
NOUS LES VERS ON PÈSE LOURD!
TRÈS LOURD !!!

Ateliers annuels Fête de la science à Sorbonne Université

La petite fabrique des lombrics



Merci pour votre attention !

