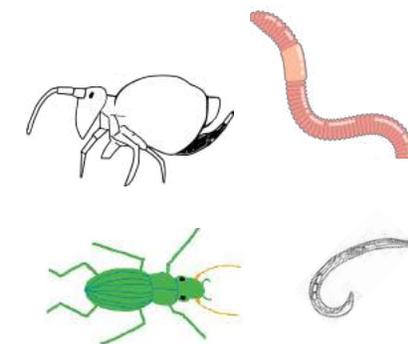




# Évaluation de la biodiversité générée par les toitures en milieu urbain

Personnes impliquées	Statut	Structure
Christine Aubry	Directrice	Chaire AU - APT
Clémentine Decroix	Stagiaire	MNHN-APT
Sékou Coulibaly	Post-doc	APT
Sophie Joimel	Maître de conférences	APT
Nolwen Levailant	Stagiaire	Institut Agro - APT
Fanny Provent	Coordinatrice	Chaire AU - APT
Sophie Rousset-Rouvière	Déléguée générale	Adivet



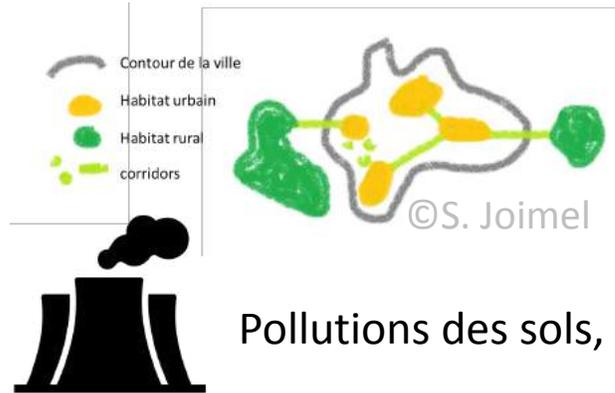
©S. Joimel

## ❑ Milieu urbain : contraignant pour la biodiversité

Fragmentation, petit espace de vie



Bulle pseudo-tropicale (Îlot de chaleur)

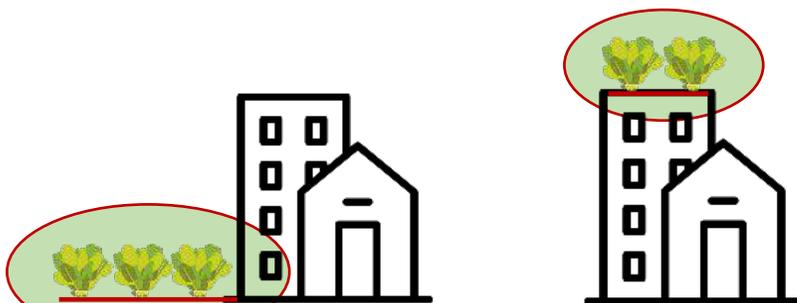


Artificialisation des sols

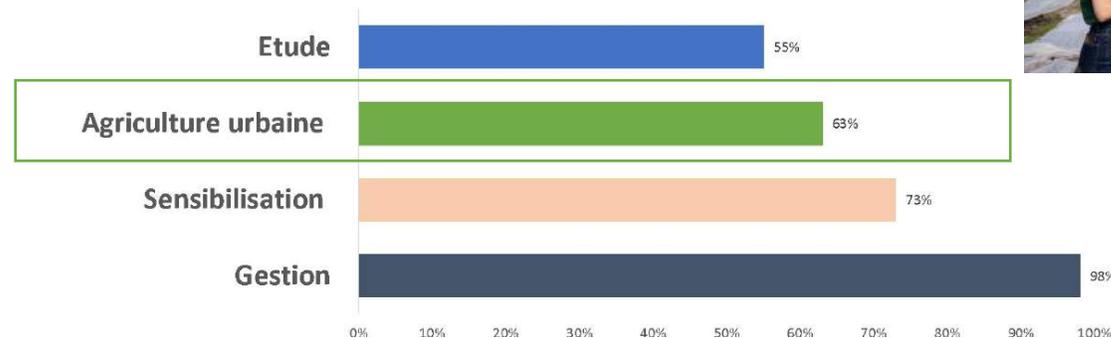


## ❑ Solution : végétaliser des espaces inutilisés (nature en ville)

✓ Exemple : Agriculture urbaine (AU)



© B.Grard



Decroix et al. Soumis



© G. Arbwick

## ❑ Importance des toits verts : **ses services**

### ✓ Les toits verts, type d'espace vert en **plein essor**

- ❑ Gestion des eaux pluviales
- ❑ Rafraîchissement des bâtiments et des rues
- ❑ Esthétisme
- ❑ Habitat potentiel pour la biodiversité des sols (apport de compost)



© G. Arbwick

# Rappel des objectifs du projet

- (i) **Faire un état des connaissances** exhaustives en termes **de recherches et d'indicateurs** utilisés pour évaluer la **biodiversité** des **toitures** végétalisées et cultivées.
- (ii) **Identifier** les **lacunes** en termes de recherche (taxons peu étudiés, indicateurs manquants...)

# Rappel des actions initialement prévues

- ❖ **Action 1 : Recherche bibliographique – les connaissances actuelles**
- ❖ **Action 2 : Synthèse bibliographique – Revue systématique**
- ❖ **Action 3 : Méta-analyse des données pertinentes**
- ❖ **Action 4 : Enquêtes au sein des collectivités – prise en compte de la biodiversité**
- ❖ **Action 5 : Expérimentation test sur terrain**

- ❖ **Action 1 : Recherche bibliographique – les connaissances actuelles**
  - 1.1. Revue systématique      Action 2
  - 1.2. Méta-analyse      Action 3
- ❖ **Action 2 : Enquêtes au sein des collectivités – prise en compte de la biodiversité**
- ❖ **Action 3 : Expérimentation test sur terrain**

- ❖ **Action 1 : Recherche bibliographique – les connaissances actuelles**
  - **1.1. Revue systématique**
  - 1.2. Méta-analyse
- ❖ Action 2 : Enquêtes au sein des collectivités – prise en compte de la biodiversité
- ❖ Action 3 : Expérimentation test sur terrain

## ❑ Que sait-on des liens entre toits verts et biodiversité ?

❑ Revue systématique (154 articles) - [Coulibaly et al. 2023](#)

## ❖ De nombreuses lacunes...

IOP Publishing *Environ. Res. Lett.* **18** (2023) 073003 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acd801>

ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS

 CrossMark

**TOPICAL REVIEW**

**OPEN ACCESS**

**RECEIVED**  
7 February 2023

**REVISED**  
2 May 2023

**ACCEPTED FOR PUBLICATION**  
23 May 2023

**PUBLISHED**  
10 July 2023

Original content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 licence](#).

**The role of green roofs as urban habitats for biodiversity modulated by their design: a review**

Sékou F M Coulibaly<sup>1,\*</sup>, Christine Aubry<sup>2</sup>, Fanny Provent<sup>2</sup>, Sophie Rousset-Rouvière<sup>3</sup> and Sophie Joimel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR EcoSys, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 91120 Palaiseau, France  
<sup>2</sup> UMR SADAPT, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 91120 Palaiseau, France  
<sup>3</sup> Adivet, Association des toitures et façades végétales, 84 Rue de Grenelle, Paris 75007, France  
\* Author to whom any correspondence should be addressed.

**E-mail:** [sfantamady.c@gmail.com](mailto:sfantamady.c@gmail.com)

**Keywords:** urban habitats, green roofs, biodiversity, fauna, flora

Supplementary material for this article is available [online](#)

### Acknowledgments

This study was conducted as part of a research project led by the Urban Agriculture Chair of AgroParisTech and funded by the Paris Habitat Foundation. The authors would like to thank the Chaire Vinci-lab Recherche Environnement for their partnership. The authors report that there are no conflicts of interest associated with this work.

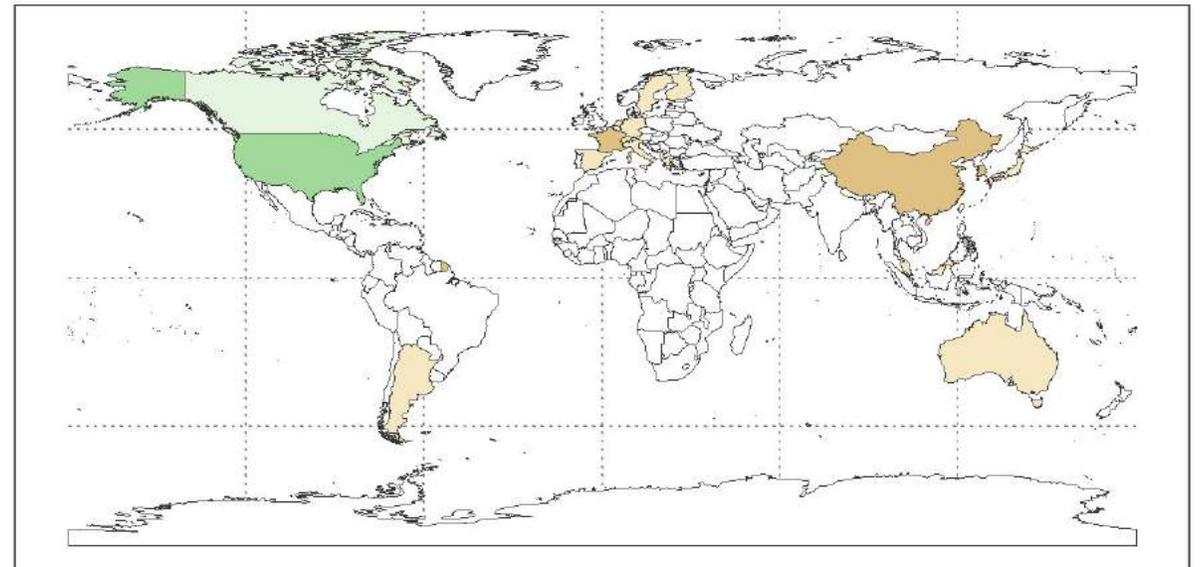
### ❑ Que sait-on des liens entre toits verts et biodiversité ?

❑ Revue systématique (154 articles) - [Coulibaly et al. 2023](#)

❖ De nombreuses lacunes...

○ Géographiques

✓ Études menées dans les pays de l'hémisphère nord



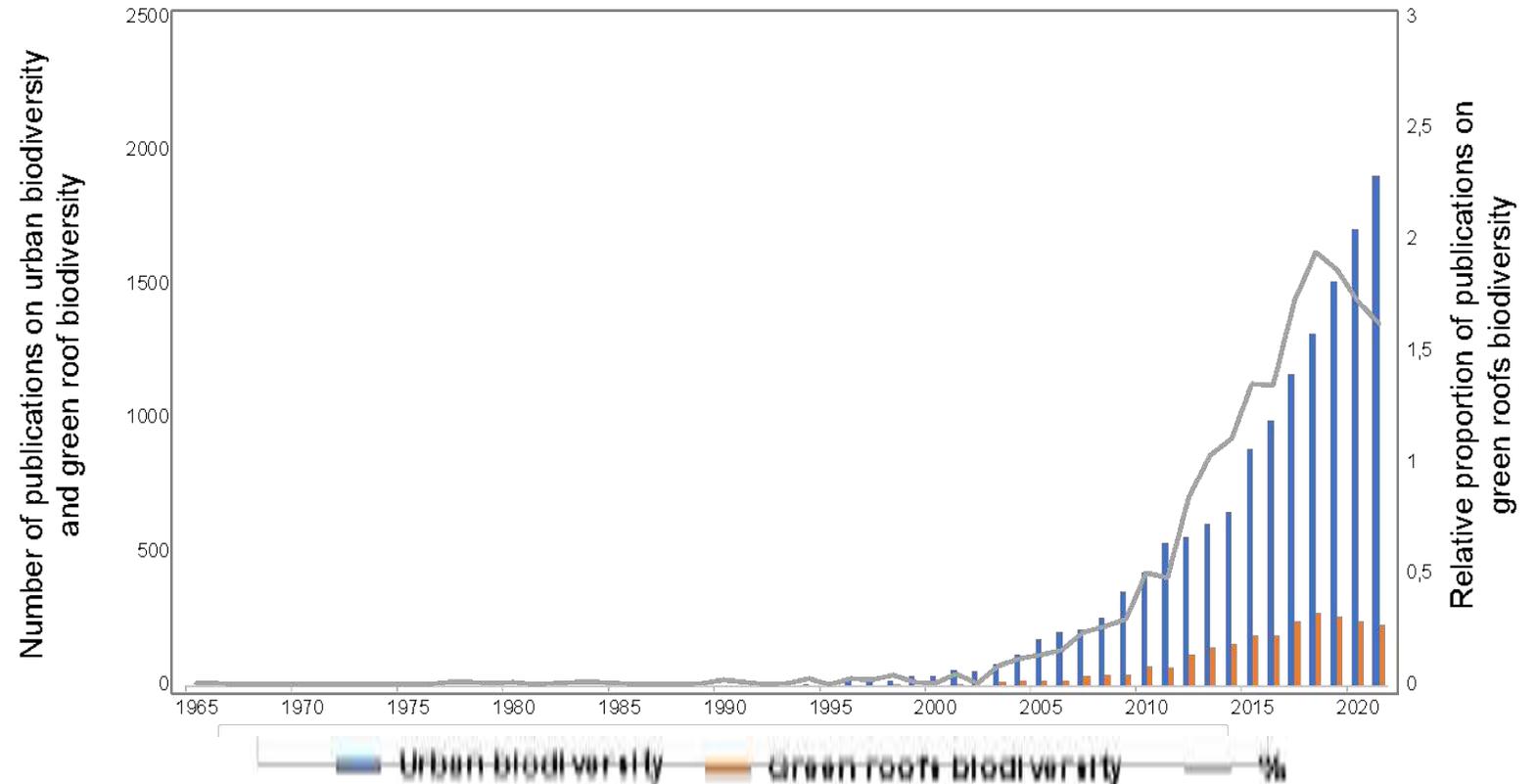
## ❑ Que sait-on des liens entre toits verts et biodiversité ?

❑ Revue systématique (154 articles) - [Coulibaly et al. 2023](#)

### ❖ De nombreuses lacunes...

- Géographiques
- Peu d'études (2%)
- Peu de données (27 articles)  
« Habitat pour la biodiversité »

### ✓ Biodiversité des toits verts : sujet récent

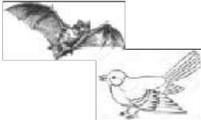
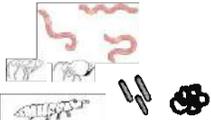


## ❑ Que sait-on des liens entre toits verts et biodiversité ?

❑ Revue systématique (154 articles) - Coulibaly et al. 2023

### ❖ De nombreuses lacunes...

- Géographiques
- Peu d'études
- Peu de données
- Taxonomiques

Taxa	Plants	Aerial invertebrates	Aerial Vertebrates	Soil invertebrates	Multi-taxa studies	Taxon not specified
						
% of studies	55 %	11 %	4 %	7 %	11 %	12 %

✓ Biodiversité aérienne 

✓ Biodiversité souterraine   25% des espèces terrestres

*Decaëns et al., 2006*

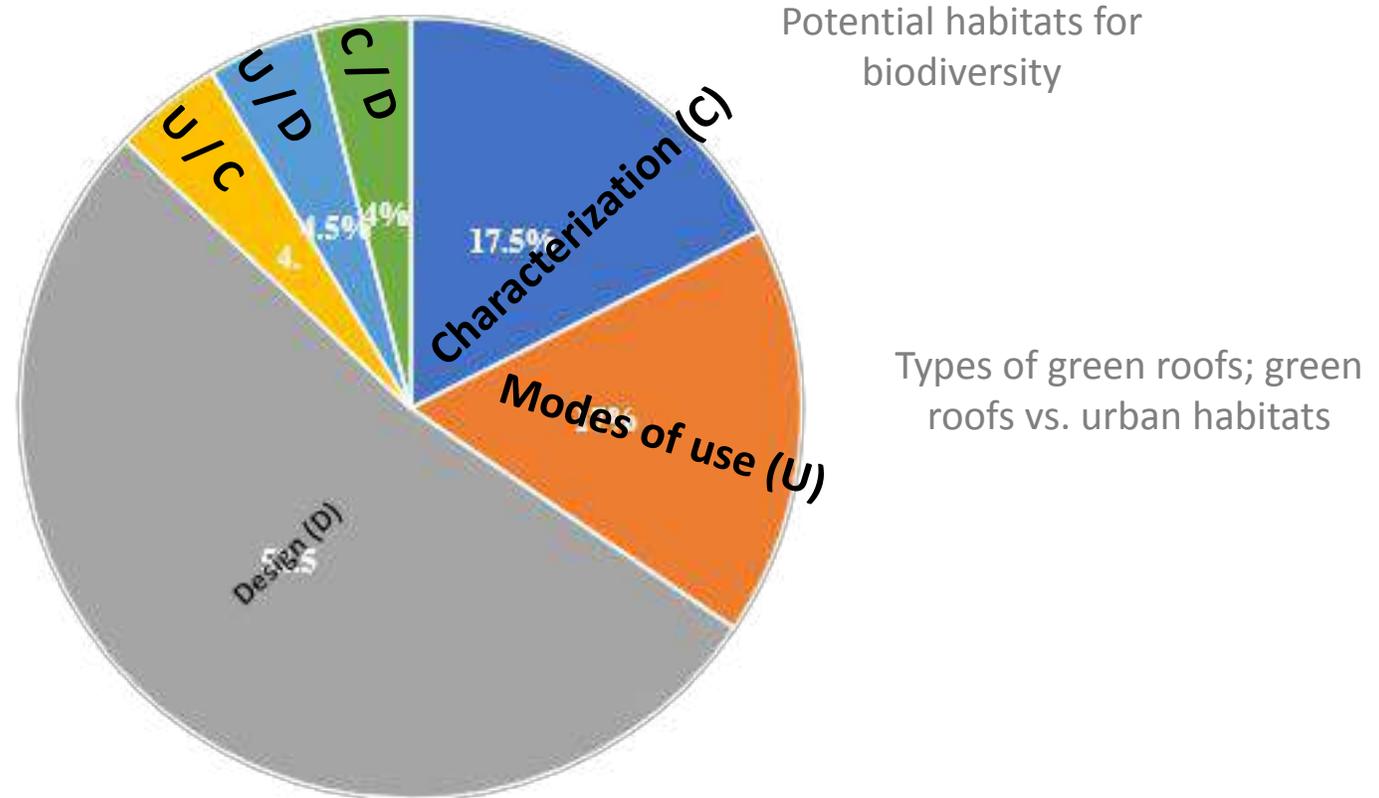
### ❑ Que sait-on des liens entre toits verts et biodiversité ?

❑ Revue systématique (154 articles) - Coulibaly et al. 2023

#### ❖ Axes de recherche

- Hétérogénéité dans les études

Substrates, irrigation, area,  
maintenance, age



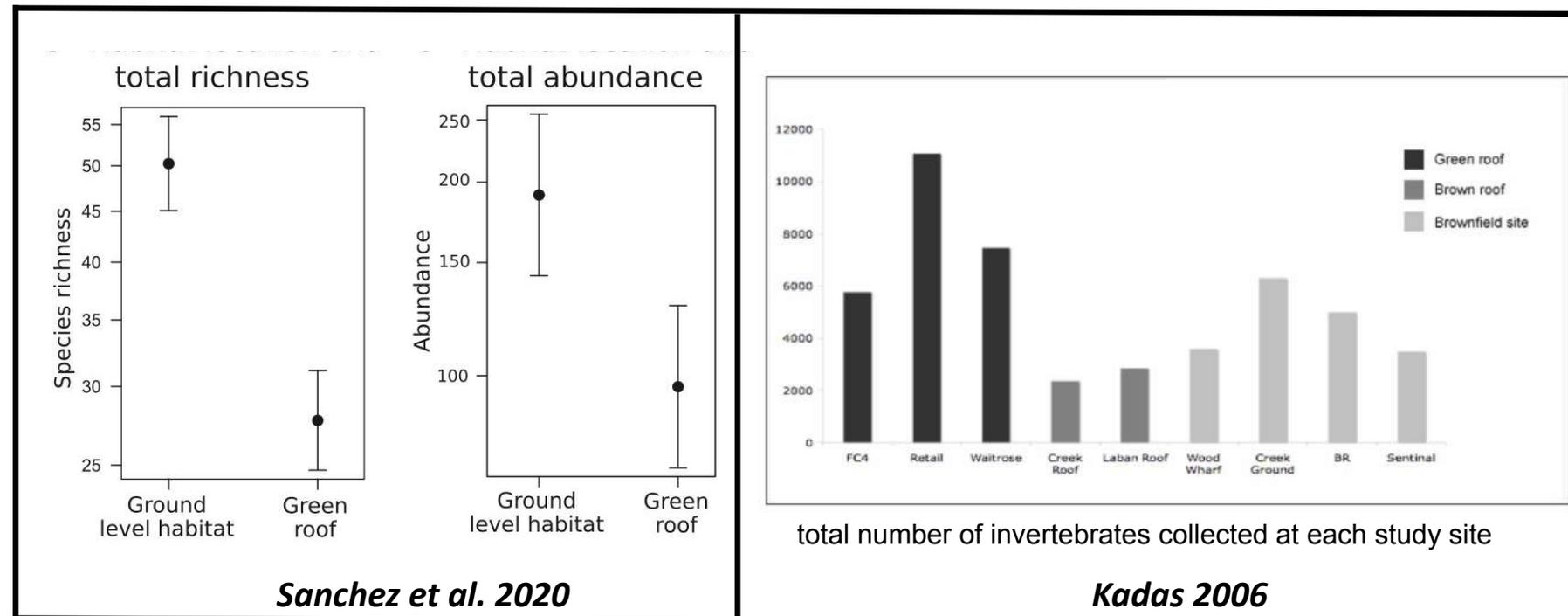
## ❑ Que sait-on des liens entre toits verts et biodiversité ?

❑ Revue systématique (154 articles) - [Coulibaly et al. 2023](#)

## ❖ Axes de recherche – Usage

- Toits verts vs. autres habitats urbains (au sol)  
: Pas de consensus

Même taxon étudié (i.e. Arthropodes) : **résultats contradictoires**



- ❖ **Action 1 : Recherche bibliographique – les connaissances actuelles**
  - 1.1. Revue systématique
  - **1.2. Méta-analyse**
- ❖ **Action 2 : Enquêtes au sein des collectivités – prise en compte de la biodiversité**
- ❖ **Action 3 : Expérimentation test sur terrain**

### □ Méta-analyse (23 articles)

- Mettre à plat les résultats des différentes études
- Faire une synthèse statistique des résultats des études

### ◆ Formation

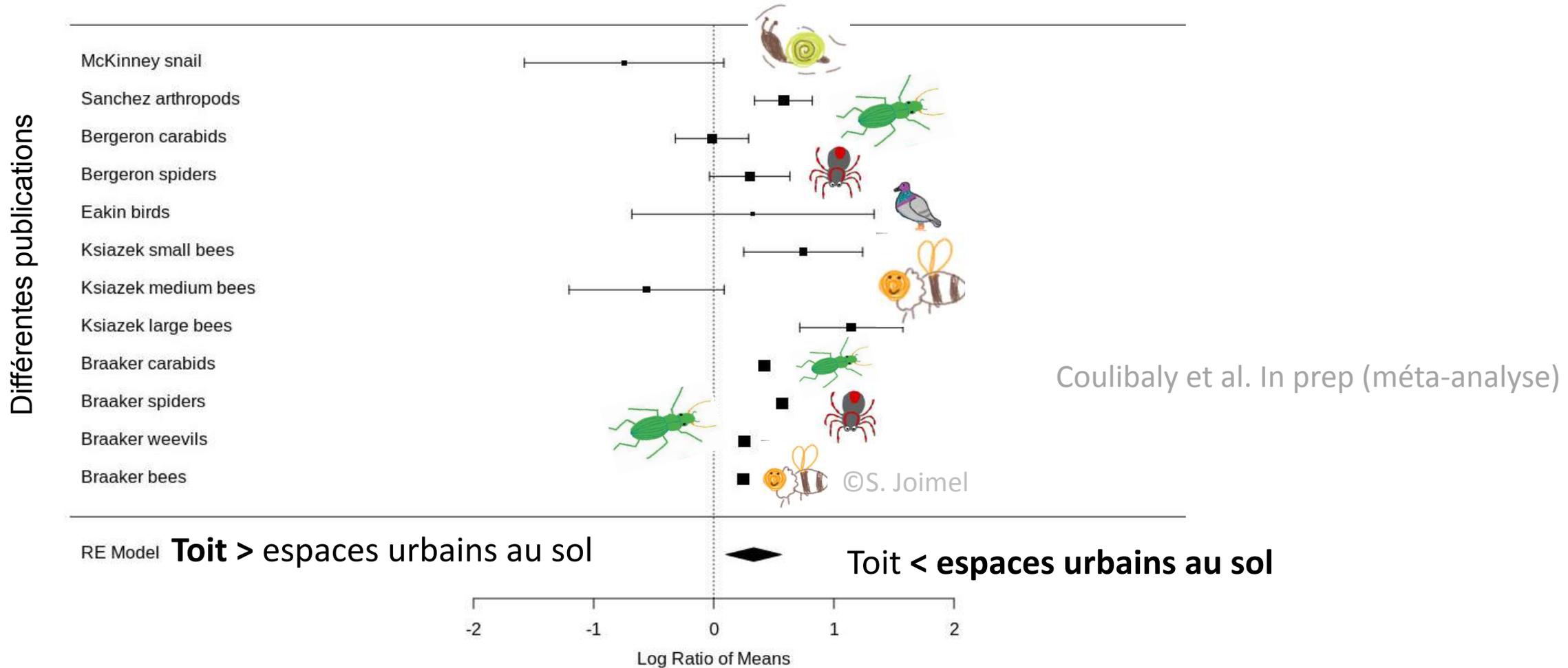
- Gestion des données
- Analyses statistiques sous R

### ◆ Aspects pratiques :

**Comparer les indicateurs** (richesse spécifique & abondance) de biodiversité entre **toits verts vs. autres habitats urbains**

## □ Premiers résultats

- Les communautés d'organismes (diversité) plus élevées dans les espaces urbains au sol que sur les toits verts



## ☐ Liens toits verts et biodiversité ?

### Action 1 : Recherche biblio graphique

1.1. Revue systématique

1.2. Meta-analyse des données

### Valorisation

**Publié** – Coulibaly et al. 2023 Environmental  
Research Letters (IF = 6.94)

En cours...

IOP Publishing *Environ. Res. Lett.* **18** (2023) 073003 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acd801>

ENVIRONMENTAL RESEARCH  
LETTERS

 CrossMark

TOPICAL REVIEW

The role of green roofs as urban habitats for biodiversity  
modulated by their design: a review

OPEN ACCESS

RECEIVED  
7 February 2023

REVISED  
2 May 2023

ACCEPTED FOR PUBLICATION  
23 May 2023

PUBLISHED  
10 July 2023

Sékou F M Coulibaly<sup>1,\*</sup>, Christine Aubry<sup>2</sup>, Fanny Provent<sup>2</sup>, Sophie Rousset-Rouvière<sup>3</sup> and Sophie Joimel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR EcoSys, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 91120 Palaiseau, France  
<sup>2</sup> UMR SADAPT, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 91120 Palaiseau, France  
<sup>3</sup> Adivet, Association des toitures et façades végétales, 84 Rue de Grenelle, Paris 75007, France  
\* Author to whom any correspondence should be addressed.  
E-mail: [sfantamady.c@gmail.com](mailto:sfantamady.c@gmail.com)

Keywords: urban habitats, green roofs, biodiversity, fauna, flora  
Supplementary material for this article is available [online](#)

Original content from  
this work may be used  
under the terms of the  
Creative Commons  
Attribution 4.0 licence.

## ❖ Action 1 : Recherche bibliographique – les connaissances actuelles ✓

□ 1.1. Revue systématique ✓

□ 1.2. Méta-analyse En cours...

## ❖ Action 2 : Enquêtes au sein des collectivités – prise en compte de la biodiversité

## ❖ Action 3 : Expérimentation test sur terrain

## ☐ Liens AU et biodiversité selon les collectivités ?

☐ Enquêtes au sein des collectivités - Decroix et al. Soumis

### ❖ Stage de C. Decroix

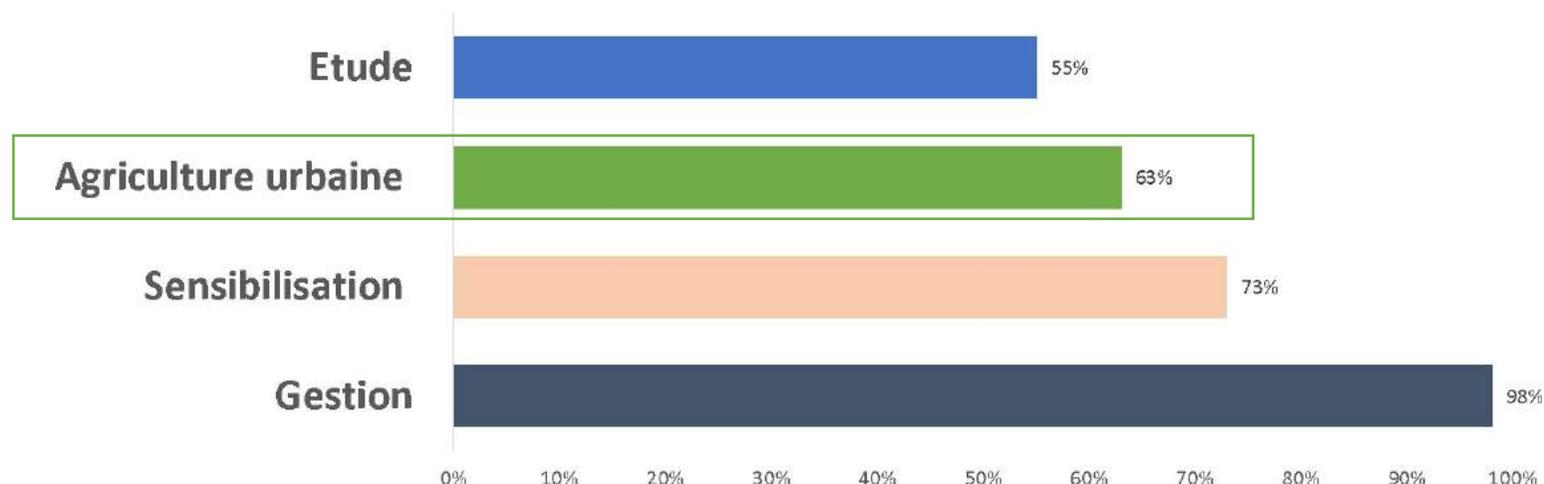
#### ○ 40 entretiens semi-directifs

- 24 communes (Arcueil, Montreuil...)
- 16 autres acteurs (associations, bailleurs, ETP...)



© G. Arbwick

### ✓ AU perçue comme solution pour favoriser la biodiversité



Decroix et al. Soumis

## ☐ Liens AU et biodiversité selon les collectivités ?

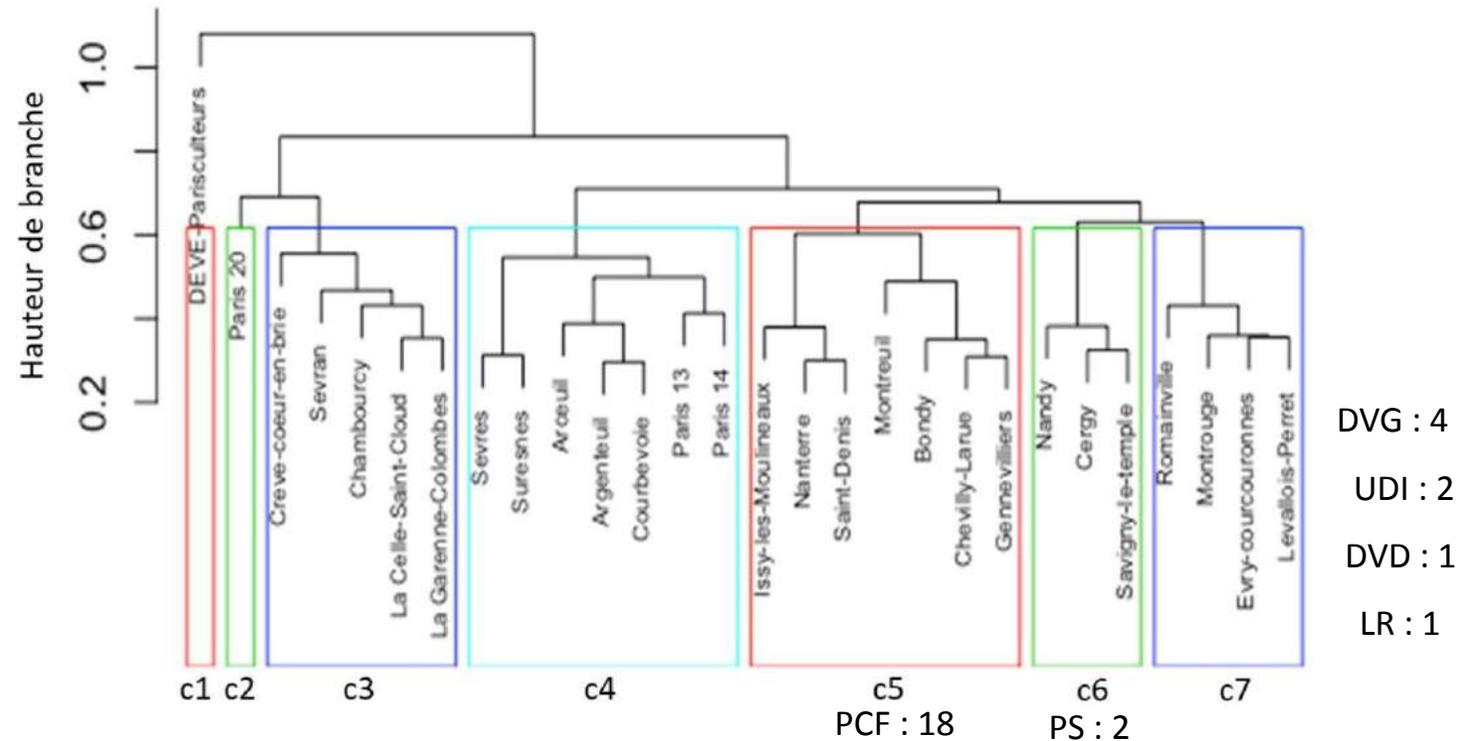
☐ Enquêtes au sein des collectivités - Decroix et al. Soumis

### ❖ Stage de C. Decroix

#### ○ 40 entretiens semi-directifs

- 24 communes (Arcueil, Montreuil...)
- 16 autres acteurs (associations, bailleurs, ETP...)

### ✓ Couleurs politiques influencent le nombre de projets



© G. Arbwick

## □ Liens AU et biodiversité selon les collectivités ?

### □ Enquêtes au sein des collectivités - Decroix et al. Soumis

#### ◆ Stage de C. Decroix

##### ○ 40 entretiens semi-directifs

- 24 communes (Arcueil, Montreuil...)
- 16 autres acteurs (associations, bailleurs, ETP...)

« Qu'est ce que vous évoque la biodiversité urbaine et la biodiversité dans l'AU? »

Type organisme \ Variables codifiées					
Biodiversité urbaine	98 %	80 %	78 %	68 %	25 %
Biodiversité dans l'AU	83 %	33 %	55 %	70 %	33 %

##### ○ Taxons mal connus

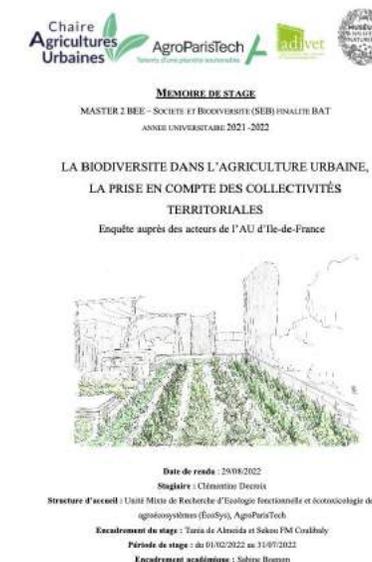


© G. Arwick

Des différences de perception entre biodiversité urbaine et dans l'agriculture urbaine :

- La **flore** est surreprésentée
- La **biodiversité du sol** est sous-représentée et assimilée à des notions floues (e.g « vie du sol », « préservation du sol »)

## ☐ Liens AU et biodiversité selon les collectivités ?



## Action 2 : Enquêtes

## Valorisation

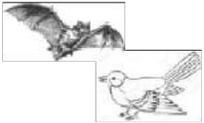
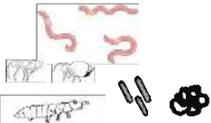
Prise en compte de la  
biodiversité par les  
collectivités

**Rapport de stage disponible – C. Decroix 2021**

**Article soumis – Decroix et al. soumis**

- ❖ Action 1 : Recherche bibliographique – les connaissances actuelles ✓
  - 1.1. Revue systématique ✓
  - 1.2. Méta-analyse En cours...
- ❖ **Action 2 : Enquêtes au sein des collectivités – prise en compte de la biodiversité** ✓
- ❖ Action 3 : Expérimentation test sur terrain

## ❑ Action 1 : Recherche biblio

Taxa	Plants 	Aerial invertebrates 	Aerial Vertebrates 	Soil invertebrates 	Multi-taxa studies	Taxon not specified
% of studies	55 %	11 %	4 %	7 %		12 %

Coulibaly et al. 2023

## ❑ Action 2 : Enquêtes au sein des collectivités

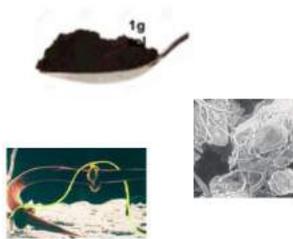
Type organisme	Plants 	Mammals 	Birds 	Insects 	Soil invertebrates 
Variables codifiées					
Biodiversité urbaine	58 %	80 %	78 %	68 %	25 %
Biodiversité dans l'AU	83 %	33 %	55 %	70 %	33 %

Decroix et al. soumis

**Biodiversité des sols mal connue**

## ❑ Pourquoi s'intéresser à la biodiversité des sols ?

### ❑ Valeur intrinsèque



### ❑ Biodiversité des sols fournisseur de services écosystémiques

- Recyclage des nutriments,
- Production biomasse alimentaire,
- Régulation des bioagresseurs

### ❑ Vivant au cœur de la conception des agrosystèmes

- Transition agroécologique

# Importance des toits verts

## □ Sa conception

### □ Plusieurs strates

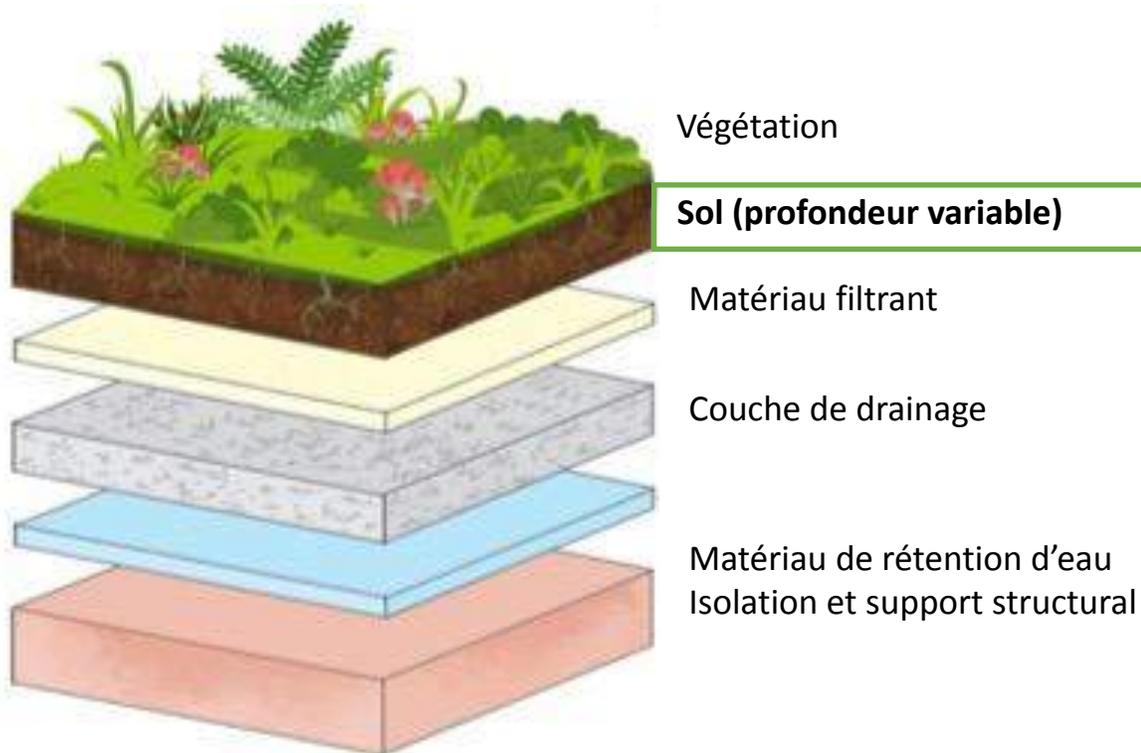


Schéma de la composition d'une toiture végétalisée (Levaillant 2023)

### □ Plusieurs types de toitures



Extensive (prof. < 12 cm)



Semi-intensive (prof. 12-30 cm)



Intensive (prof. > 30 cm)

© N. Levaillant

Effet sur la biodiversité des sols ?

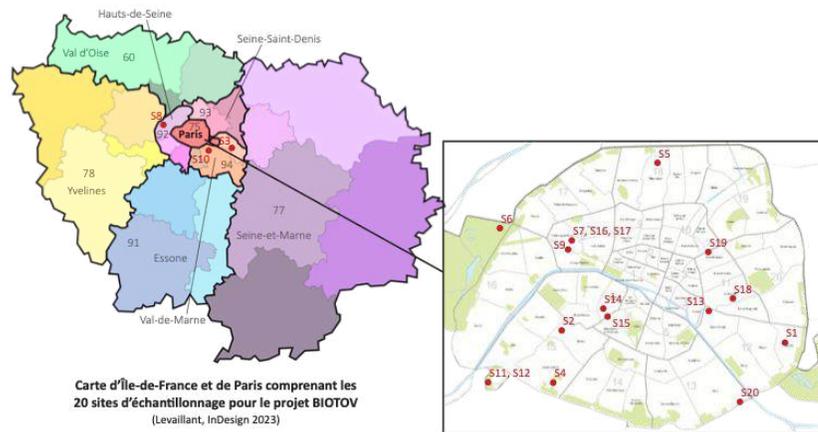
- ❖ Action 1 : Recherche bibliographique – les connaissances actuelles ✓
  - 1.1. Revue systématique ✓
  - 1.2. Méta-analyse En cours...
- ❖ Action 2 : Enquêtes au sein des collectivités – prise en compte de la biodiversité ✓
- ❖ Action 3 : Expérimentation test sur terrain

### ❑ Objectifs

- (i) **Acquérir** une meilleure **connaissance** sur la biodiversité souterraine des toitures végétalisées et cultivées
- (ii) **Identifier** les **différences** entre les types de toits verts sur la biodiversité des sols

« Stage de N. Levailant »

## ☐ Choix des toits verts



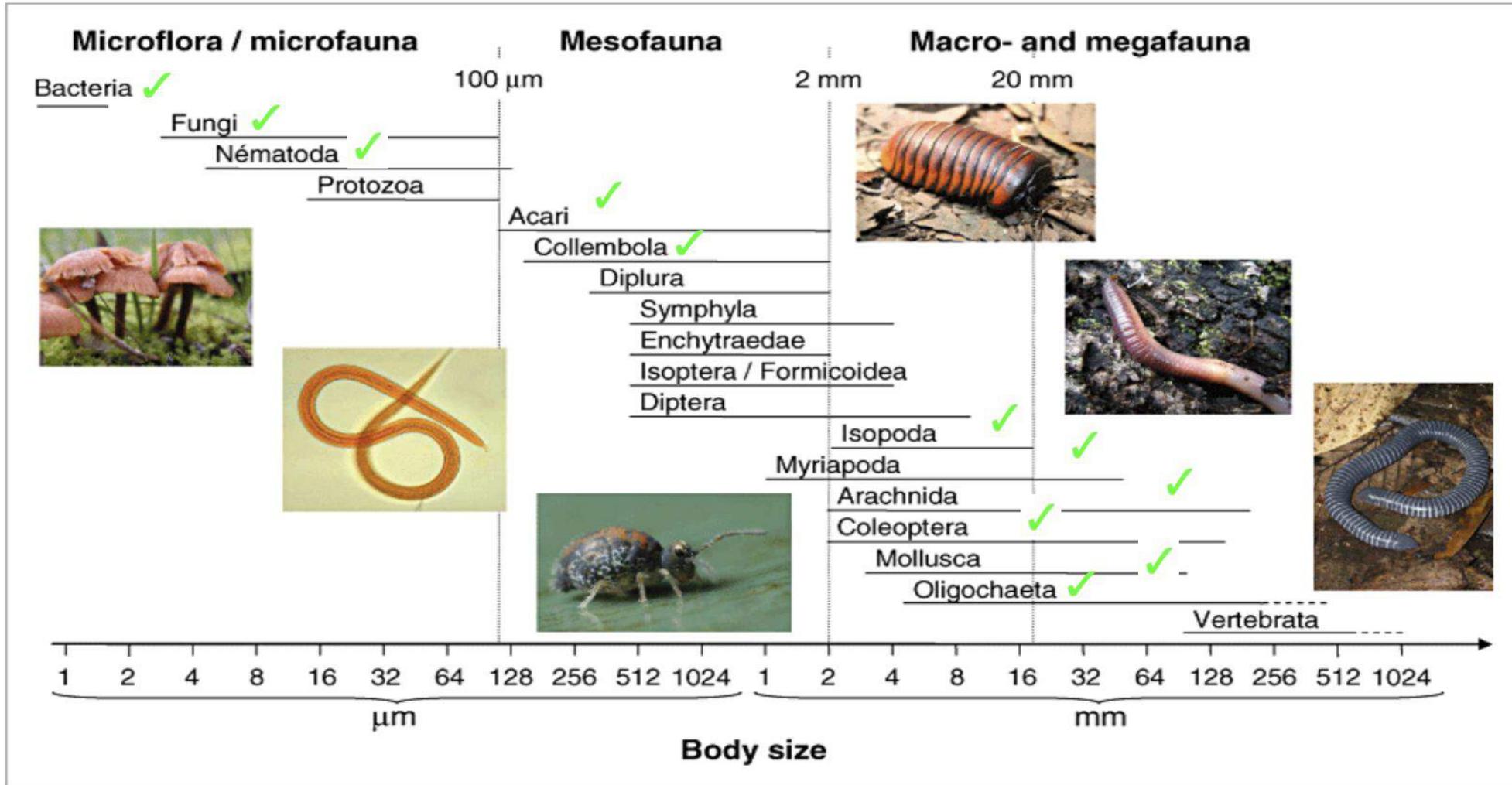
© S. Coulibaly

## ☐ Récolte des données en Île-de-France

## ☐ 17 toits verts

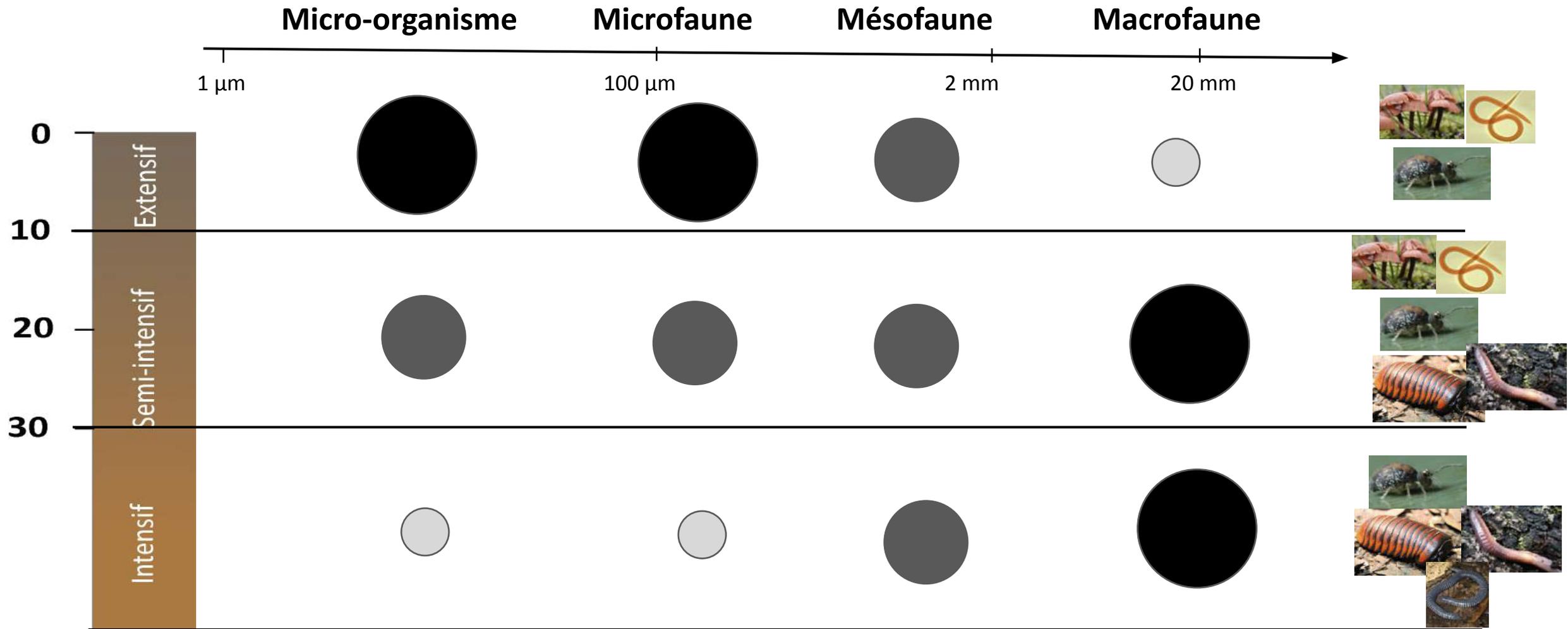
Type de toits	Profondeur (cm)	Usage
Extensifs (3)	< 10	-
Semi-intensifs (10)	10-30	Ornemental & Productif
Intensifs (4)	> 30	Ornemental

## Échantillonnage biodiversité des sols

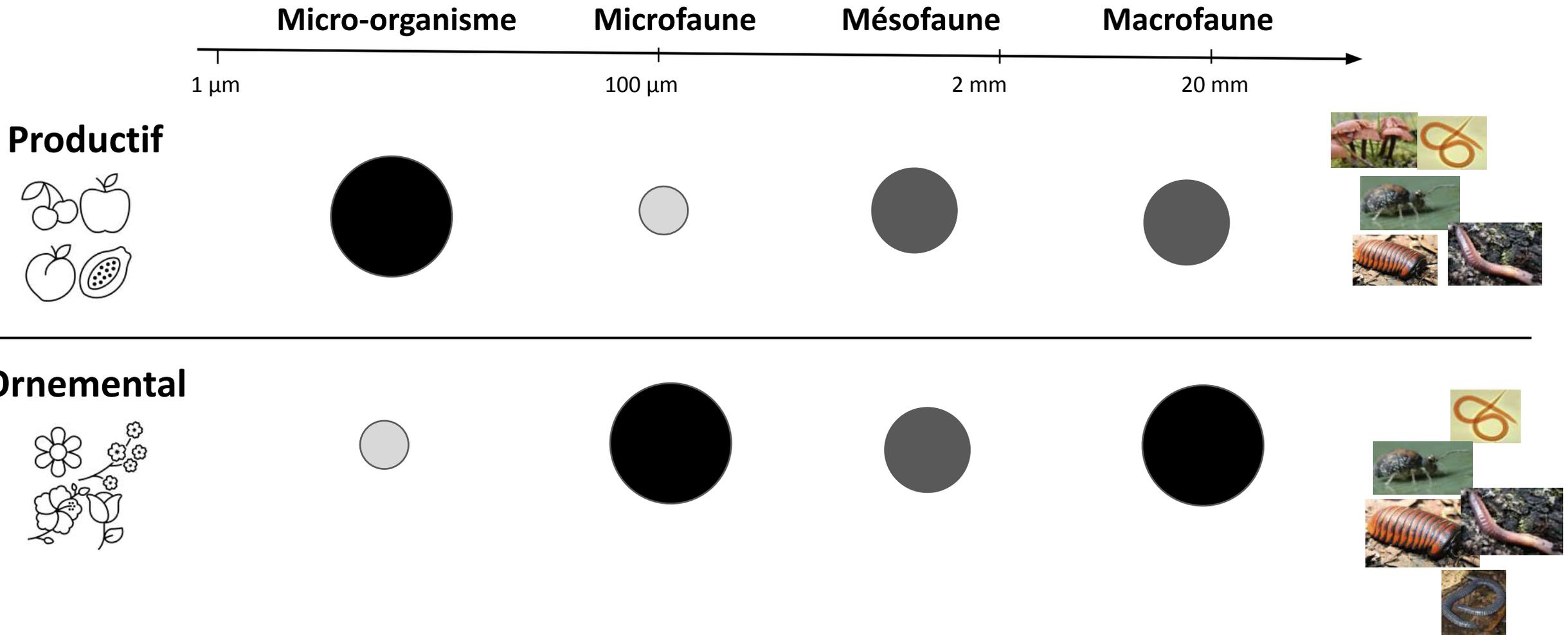


Decaëns, 2010

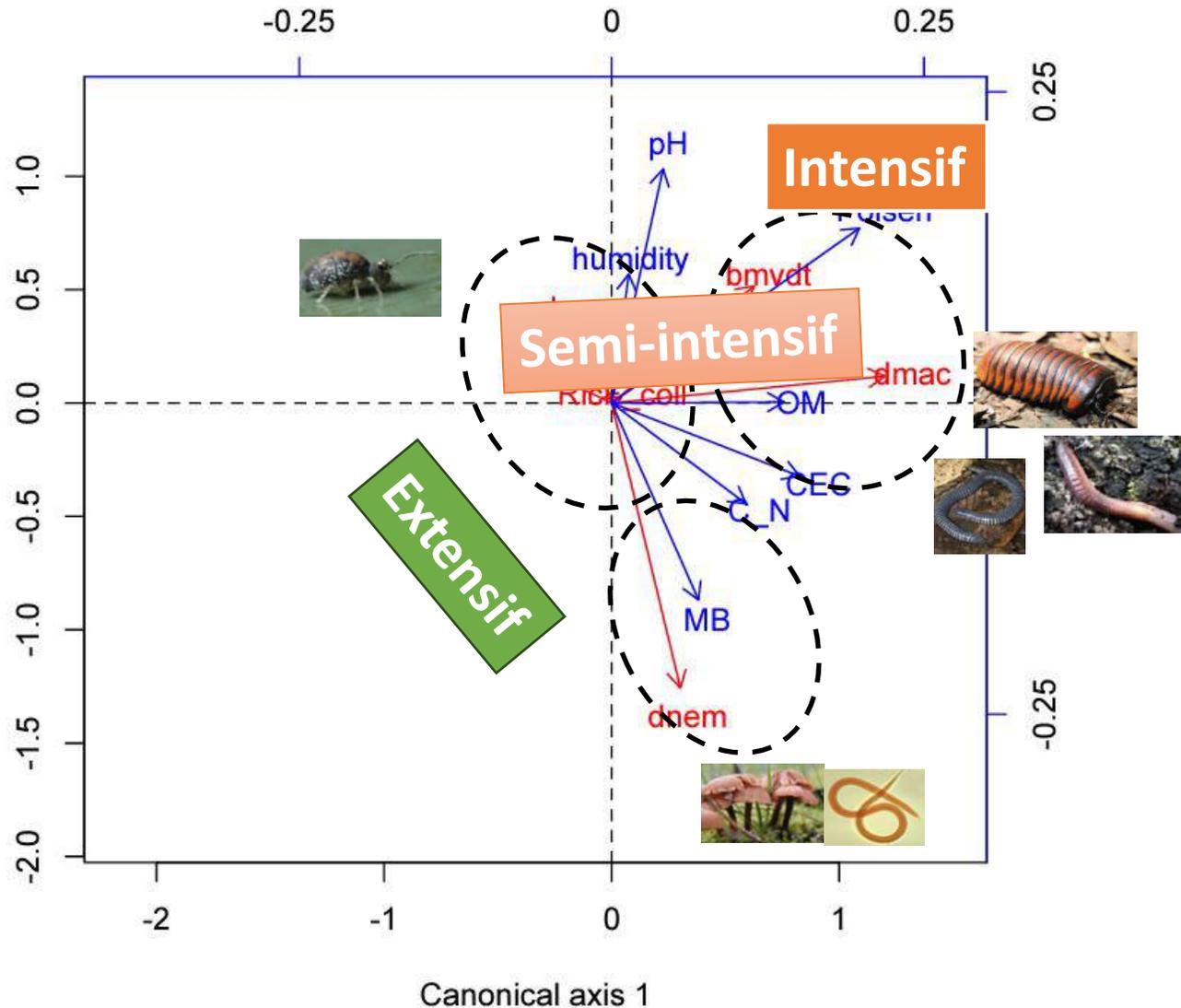
### Profondeur de substrat corrélée avec la taille des organismes (abondance)



### Préférence en fonction des usages



### Effet dépendant du type de toiture



### Fonctions : liens **biotiques** - **abiotiques**

- **Microflore / Microfaune :**  
Transformations chimiques d'éléments (Carbone, azote)
- **Mésafaune :**  
Recyclage des nutriments, pH, humidité
- **Macrofaune :**  
Processus de décomposition (Matière organique, carbone, azote, phosphore)

- ❑ **Toit vert**, **habitat** pour la biodiversité du sol
- ❑ **Profondeur** du **substrat** corrélée avec la **taille** des **organismes**
- ❑ Les organismes du sol ont des **préférences** différentes en **fonction** des **usages** (productifs vs. ornemental)
- ❑ Les **paramètres** physico-chimiques **influencent** la **biodiversité des sols**

## □ Effet des différents types de toitures végétalisées sur la biodiv des sols ?

Action 3 : expérimentation test sur terrain

Valorisation

Comparaison types de toitures

Rapport de stage disponible – N. Levailant 2023

Article en cours... – Coulibaly et al. In prep



	Valorisation
<u>Action 1</u>	<p><b>1.1. Revue systématique</b></p> <p><b>Publié</b> – Coulibaly et al. 2023 ERL (IF = 6.94)</p> <p><b>Animations scientifiques :</b> Poster GSB (Dublin), reportage vidéo, journal 4 saisons, oral MGP, oral BIG</p>
	<p><b>1.2. Meta-analyse des données</b></p> <p><b>Article en cours...</b> - Coulibaly et al. in prep</p>
<u>Action 2</u>	<p><b>Rapport de stage disponible</b> – C. Decroix 2022</p> <p><b>Article soumis</b> – Decroix et al. submitted</p> <p><b>Animations scientifiques :</b> Oral stage C. Decroix, oral MGP</p>
<u>Action 3</u>	<p><b>Rapport de stage disponible</b> – N. Levailant 2023</p> <p><b>Article en cours...</b> – Coulibaly et al. in prep</p> <p><b>Animations scientifiques :</b> oral Anniv Chaire AU, Atelier Pépins production, Oral stage N. Levailant</p>

	Difficultés rencontrées	
<u>Action 1</u>	1.1. Revue systématique	RAS
	1.2. Meta-analyse des données	Collecte des données
<u>Action 2</u>	Enquêtes au sein des collectivités	Article resoumis
<u>Action 3</u>	Étude expérimentale	Prise de contact avec les fournisseurs des sites

## Conception des toitures

Taille, isolement, hauteur...

- Installation de la biodiversité



## Trame brune

Connectivité des espaces

- Continuité écologique



© B.Grard

## Echelle des quartiers

Place de la biodiversité en ville

- Création d'outil d'évaluation





Merci de votre  
attention !

