



# Structure des communautés d'insectes – Mesurer la biodiversité

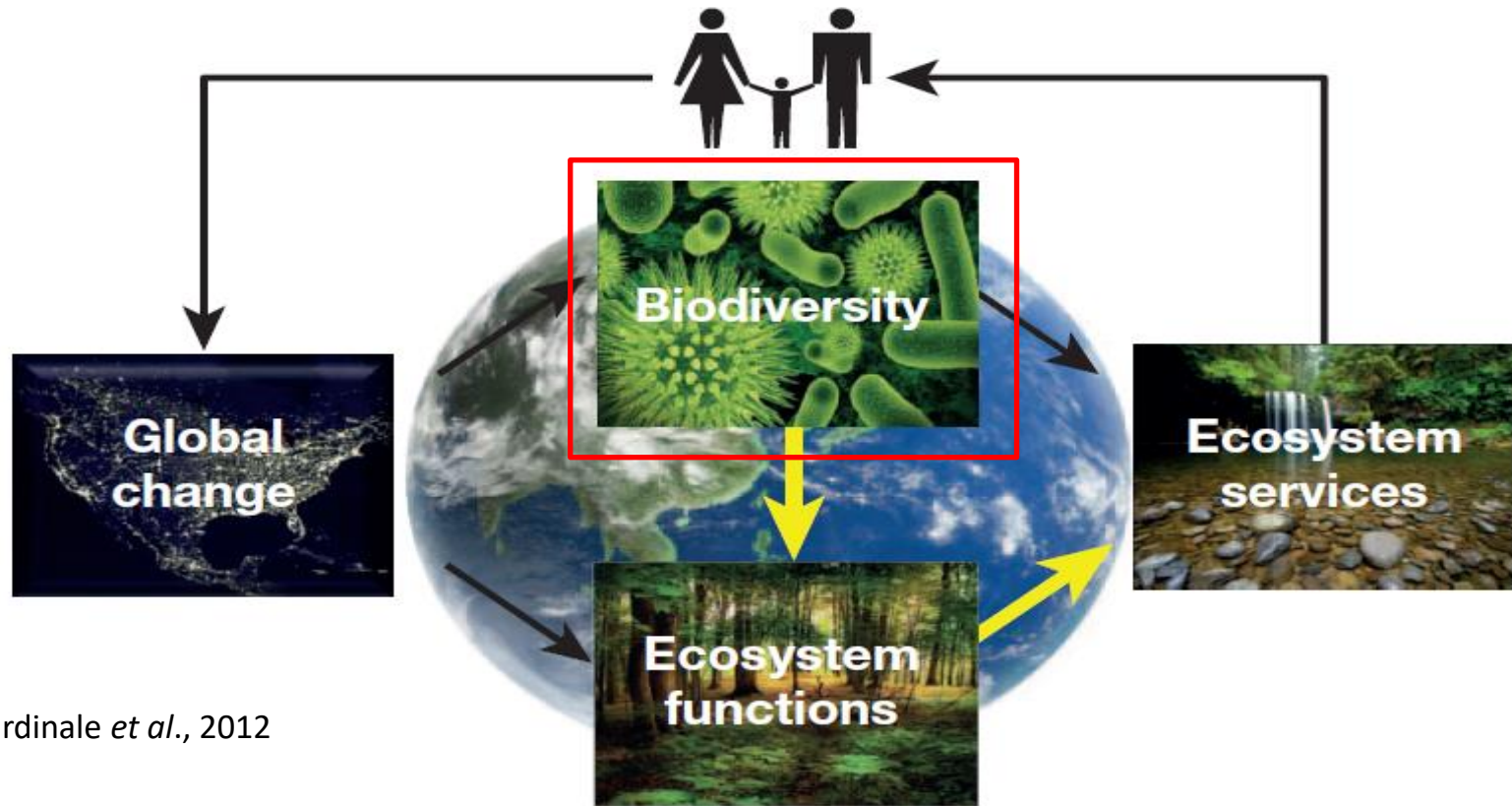
Dr. Ir. Grégoire NOEL, 26/06/2024

Webinaire

Merci de votre invitation !

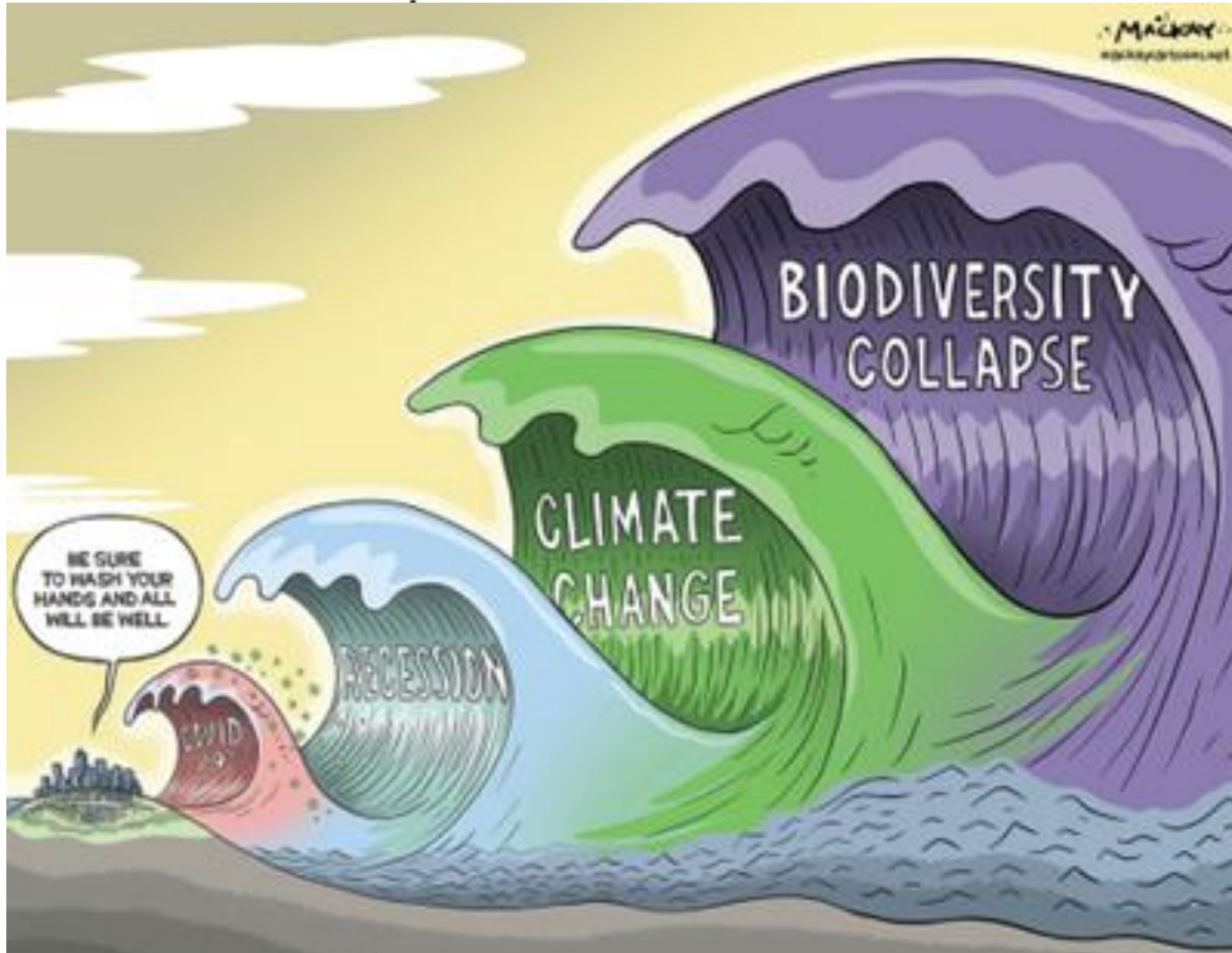


# Interactions écologiques globales



Cardinale *et al.*, 2012

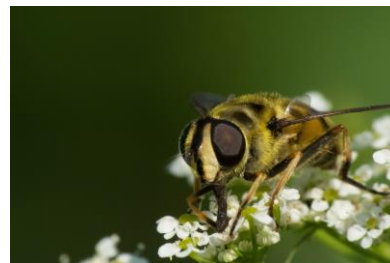
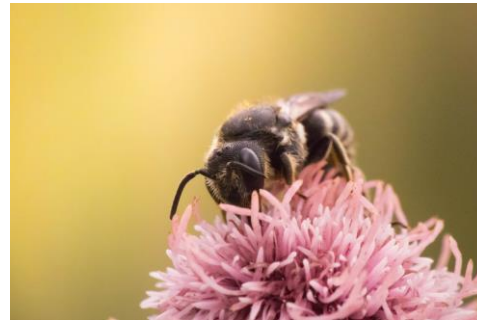
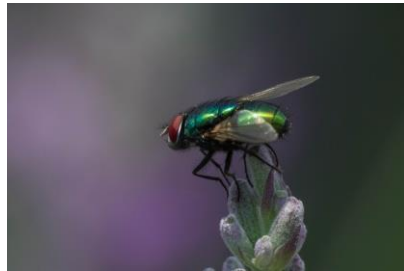
# Effondrement de la biodiversité







# Biodiversité ?



Crédits photo @ H.  
Luttenschlager & J. Mignon

- Terme récent
- Plusieurs définitions
- Elargissement du concept

*« La Terre abrite une extraordinaire diversité biologique, qui inclut non seulement les espèces qui habitent notre planète, mais aussi la diversité de leurs gènes, la multitude des interactions écologiques entre elles des écosystèmes complexes qu'elles constituent. Cette biodiversité, qui est le produit de plus de 3 milliards d'années d'évolution, constitue un patrimoine naturel et une ressource vitale dont l'humanité dépend de multiples façons. » M. Loreau (2005)*

# Communauté ou population ?

## Communauté



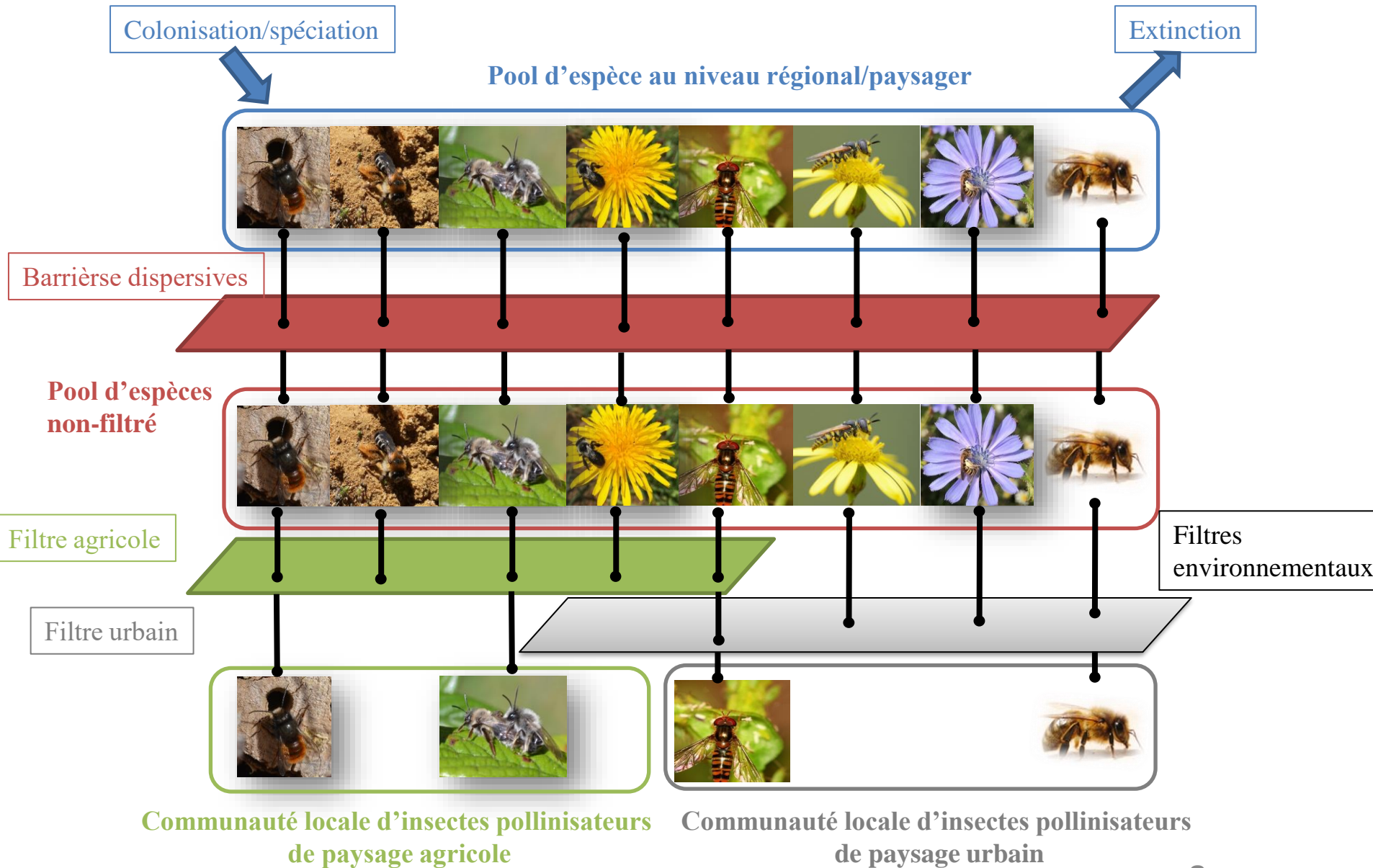
Groupe d'individus appartenant  
à **des espèces différentes**

## Population



Groupe d'individus  
appartenant à **la même espèce**

# Processus d'assemblage des communautés







Contexte **spatiale** statique/dynamique  
Contexte **temporelle** statique/dynamique  
Contexte **spatio-temporelle**  
statique/dynamique

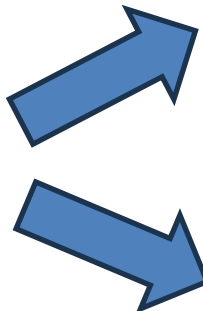
Hypothèse(s)/Question(s)  
de recherche

Ex:  
Quel est mon milieu le plus diversifié ?  
Quel est l'impact de mon pesticide sur la biodiversité ?  
Diminution/Augmentation de la biodiversité d'insecte après 10 ans dans un contexte paysager donné ?





Hypothèse(s)/Question(s)  
de recherche

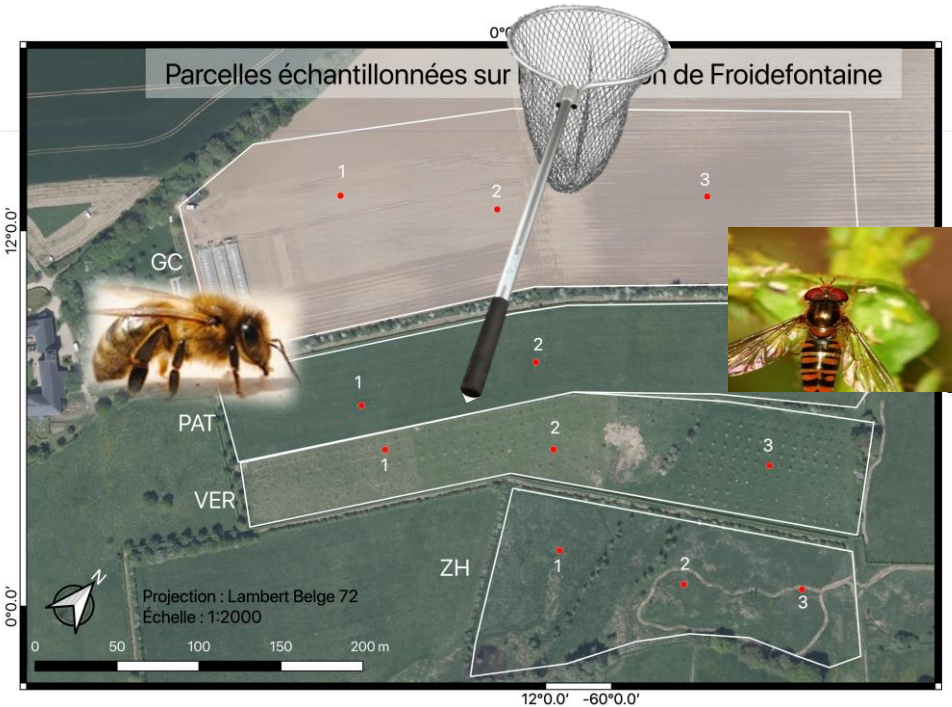


Méthodologie de  
collecte

Design  
expérimental



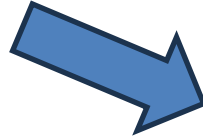
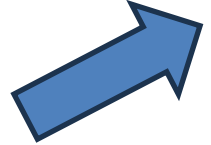
Pantrap coloré



→ Méthodes complémentaires



Hypothèse(s)/Question(s)  
de recherche



Méthodologie de  
collecte

Design  
expérimental

Préparation et  
identification des  
spécimens



# Notions d'espèce – morpho-espèce

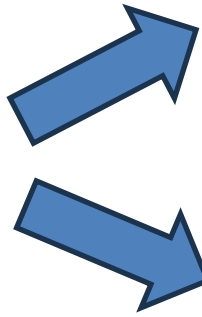
- Concept flou
- Niveau taxonomique ? *Famille / Genre / Espèce* ?
- Taxonomie
  - Besoin de taxonomistes, travail fastidieux
  - Approche moléculaire → barcoding







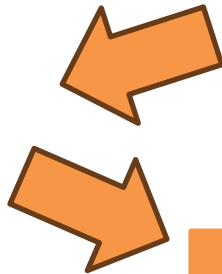
Hypothèse(s)/Question(s)  
de recherche



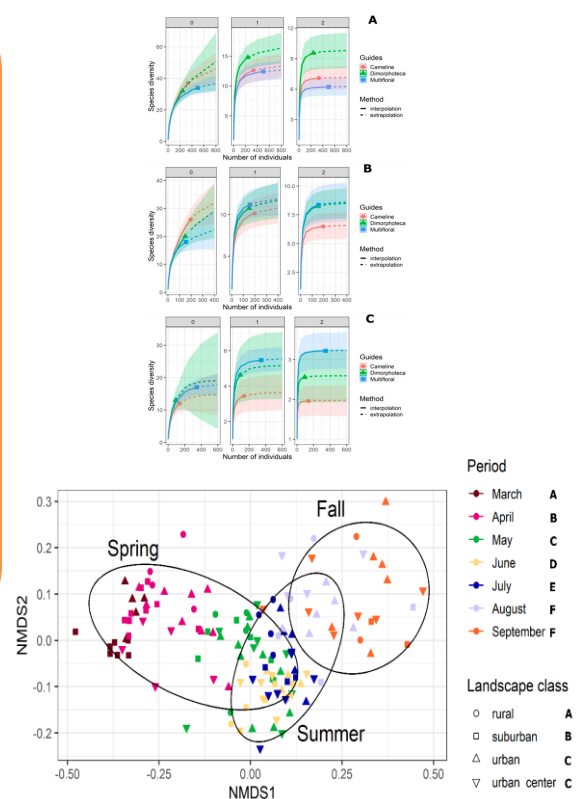
Méthodologie de  
collecte

Design  
expérimental

Préparation et  
identification des  
spécimens



Encodage et  
construction de  
base de données



Analyse statistique de la  
structure des  
communautés/biodiversité

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Num_ID	Pin or not	Code	Traitement	Type bande	Famille	Genre	Sp		ID	Date	Ville	Lieu	Pays
	21	Yes	BD_07	Cameline	Cameline3	Halictidae	Lasioglossum	morio	Lasioglossum/morio	L_morio	10.v.2017	Golzinne	Champ expé Belgique	
	28	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	malachurum	Lasioglossum/malachurum	L_malachurum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé Belgique	
	29	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	calceatum	Lasioglossum/calceatum	L_calceatum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé Belgique	
	30	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	morio	Lasioglossum/morio	L_morio	10.v.2017	Golzinne	Champ expé Belgique	
	31	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	malachurum	Lasioglossum/malachurum	L_malachurum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé Belgique	
	32	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Halictus	tumulorum	Halictus/tumulorum	Ha_tumulorum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé Belgique	
	33	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	pauillum	Lasioglossum/pauillum	L_pauillum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé Belgique	



Hypothèse(s)/Question(s)  
de recherche

Taxonomic Paper

Préparation et  
identification des  
spécimens

## Distribution of wild bee (Hymenoptera: Anthophila) and hoverfly (Diptera: Syrphidae) communities within farms undergoing ecological transition

Grégoire Noel<sup>‡</sup>, Julie Bonnet<sup>‡</sup>, Sylvain Everaerts<sup>‡</sup>, Anouk Danel<sup>‡</sup>, Alix Calderan<sup>‡</sup>, Alexis de Liedekerke<sup>§</sup>, Clotilde de Montpellier d'Annevoie<sup>||</sup>, Frédéric Francis<sup>‡</sup>, Laurent Sertejn<sup>‡</sup>

<sup>‡</sup> Functional and Evolutionary Entomology, Gembloux Agro-Bio Tech – University of Liège, TERRA, Gembloux, Belgium  
<sup>§</sup> Ferme de Froidefontaine, Havelange, Belgium  
<sup>|</sup> Department of Geography, Institute Transitions, University of Namur, Namur, Belgium  
<sup>||</sup> Ferme d'Emeville, Havelange, Belgium

Corresponding author: Grégoire Noel ([gregoire.noel@uliege.be](mailto:gregoire.noel@uliege.be))

Academic editor: Paolo Biella

Received: 11 Nov 2020 | Accepted: 09 Jan 2021 | Published: 14 Jan 2021

Citation: Noel G, Bonnet J, Everaerts S, Danel A, Calderan A, de Liedekerke A, de Montpellier d'Annevoie C, Francis F, Sertejn L (2021) Distribution of wild bee (Hymenoptera: Anthophila) and hoverfly (Diptera: Syrphidae) communities within farms undergoing ecological transition. Biodiversity Data Journal 9: e60665.

<https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e60665>

Production(s)  
scientifique(s),  
conclusion(s), limitation(s)  
et perspective(s) de l'étude

discussion des résultats

de la  
université



Hypothèse(s)/Question(s)  
de recherche

Méthodologie de  
collecte

Design  
expérimental

Préparation et  
identification des  
spécimens

Encodage et  
construction de  
base de données

Analyse statistique de la  
structure des  
communautés/biodiversité

Production(s)  
scientifique(s),  
conclusion(s), limitation(s)  
et perspective(s) de l'étude

Interprétation et  
discussion des résultats

Comment mesurer la biodiversité ?

OU

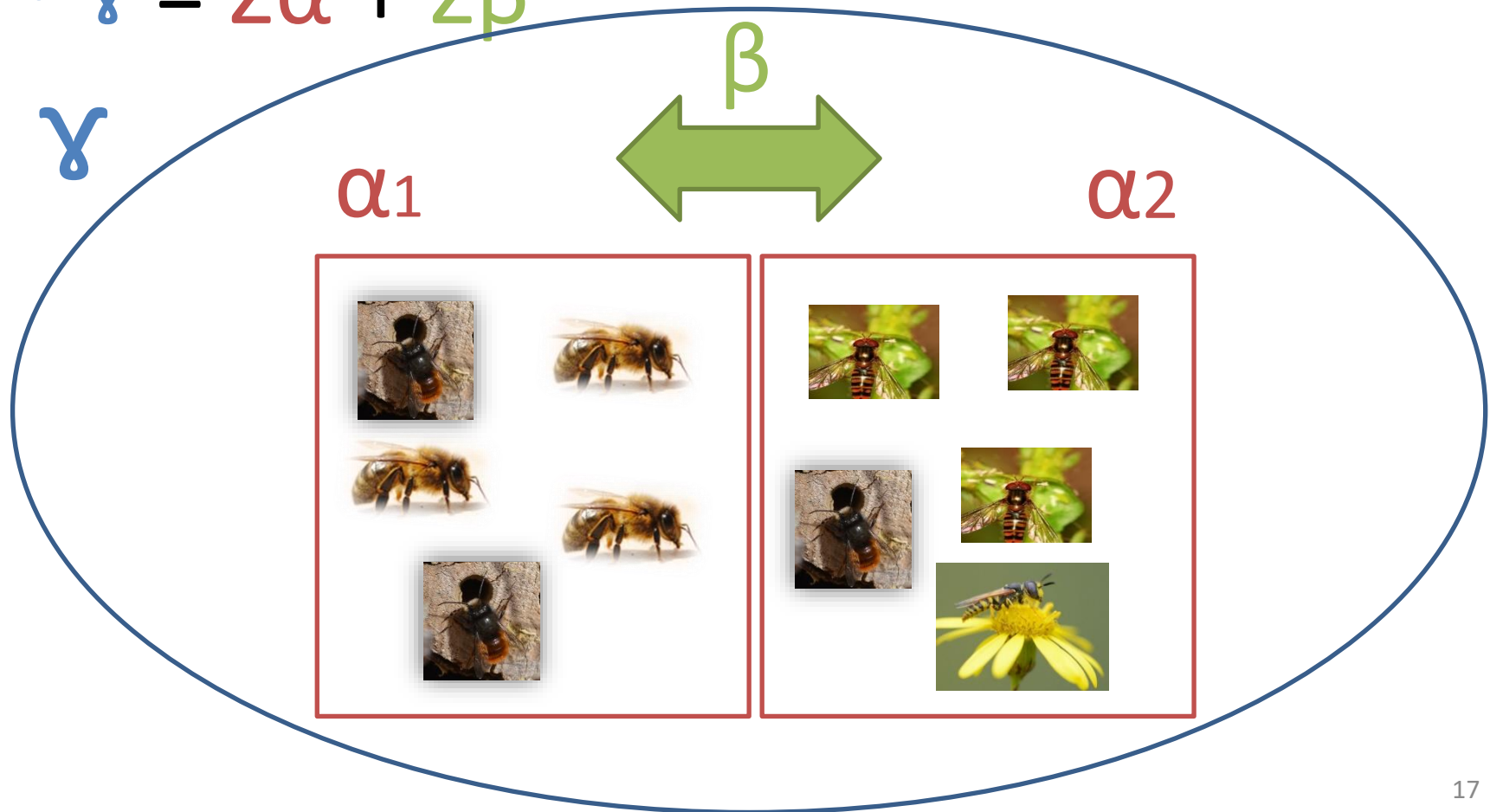
Comment analyser la structure des communautés d'insectes (pollinisateurs) ?



# Niveaux de l'étude - Diversité $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$

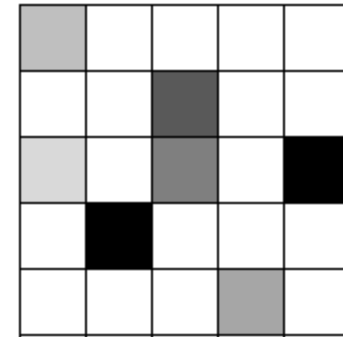
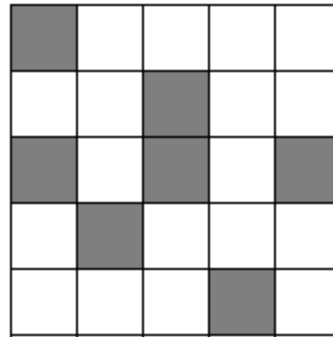
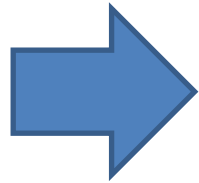
- Différents niveaux d'emboîtement de la distribution des organismes

- $\gamma = \Sigma\alpha + \Sigma\beta$

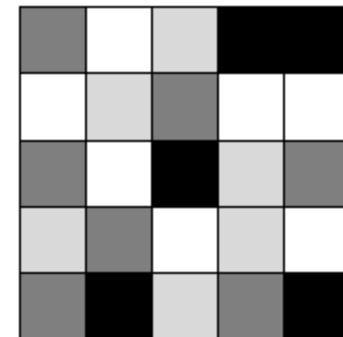
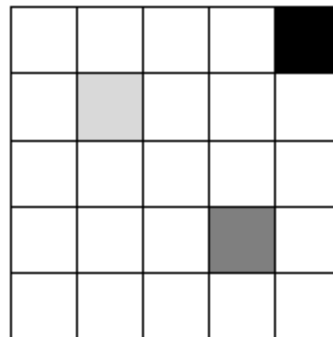
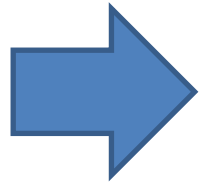


# Diversité $\alpha$ – deux composantes

?



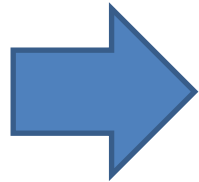
?



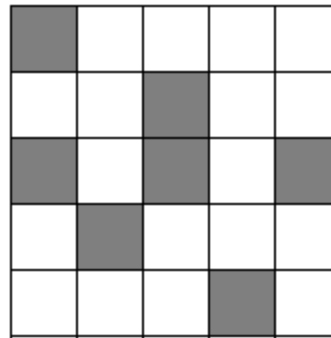
# Diversité $\alpha$ – deux composantes

- **Composantes:** Richesse et équitabilité (=Evenness)

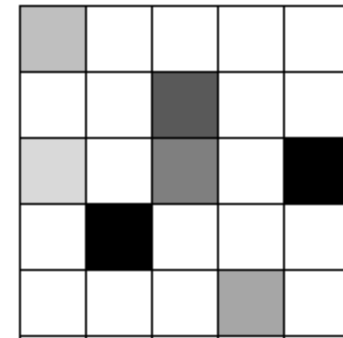
Richesse constante



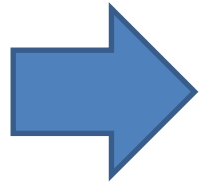
2 species



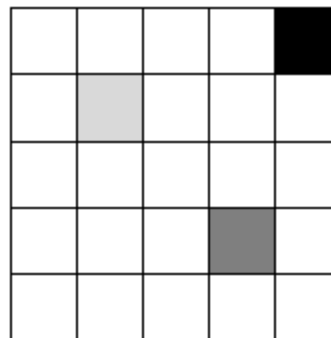
7 species



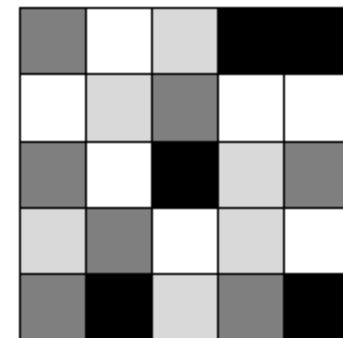
Équitabilité constante



4 species

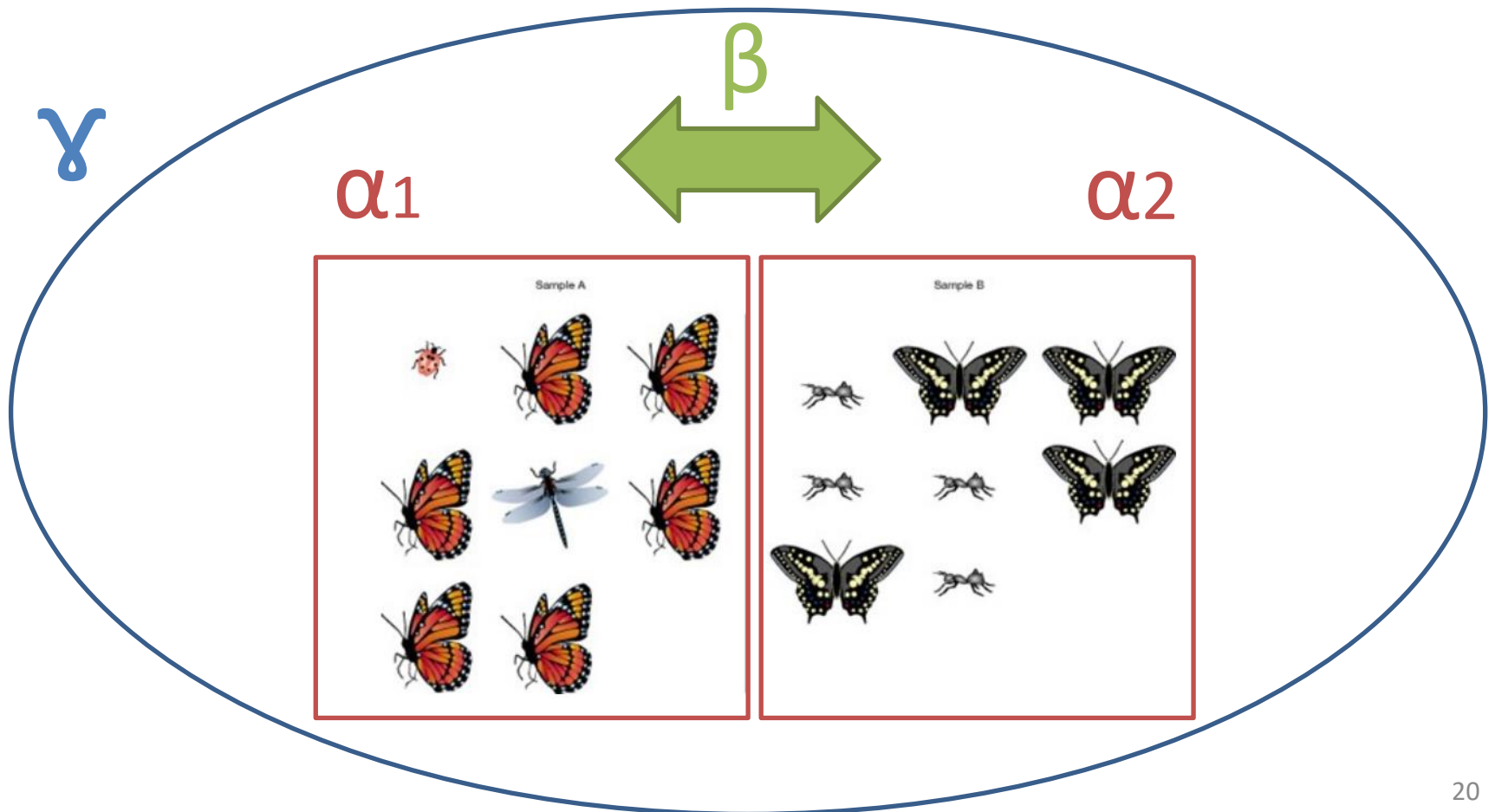


4 species



# Mesure de diversité neutre $\alpha$

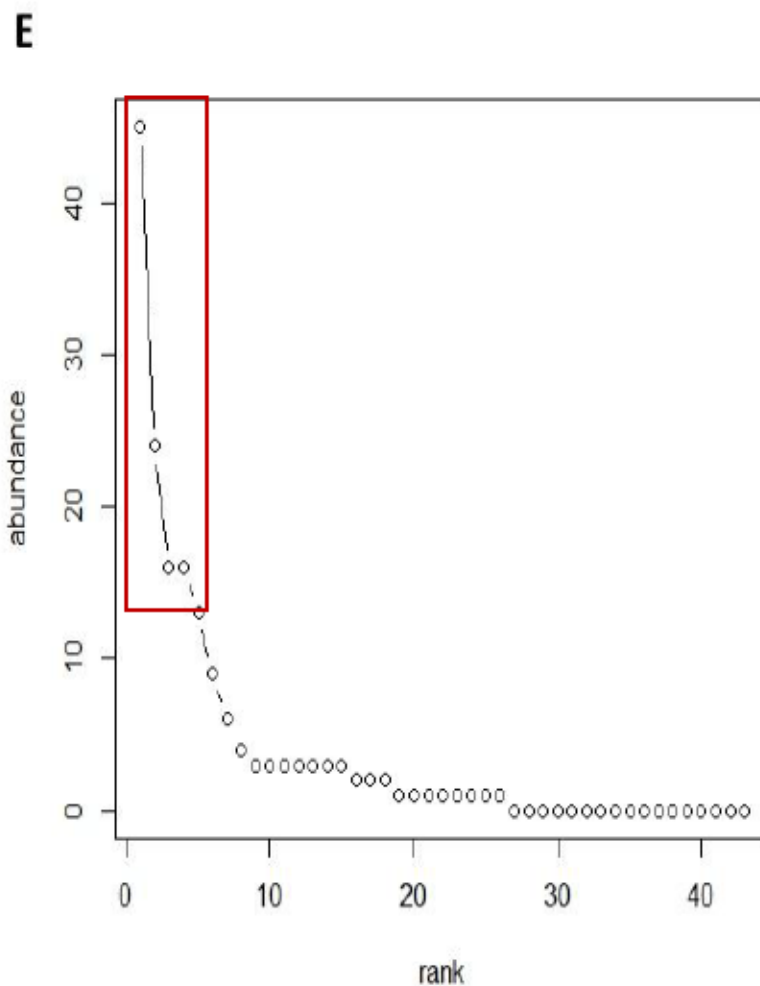
Attention chaque diversité alpha peut être représentée par un site





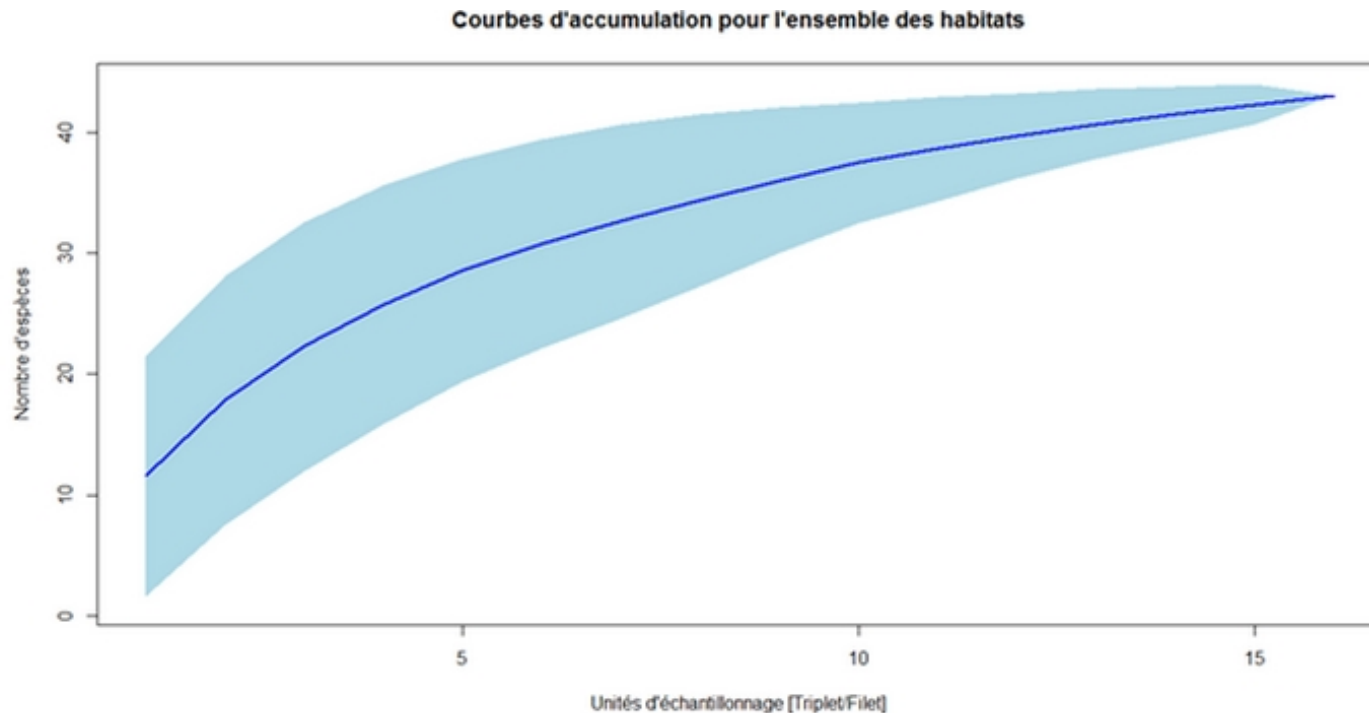
# Rang d'abondance

- Distribution des données
- Pattern de dominance prononcé ?



# Courbes d'accumulation

- **Hypothèse** : Surface de taille finie
- Est-ce que mon échantillonnage a été exhaustif ?



# Richesse spécifique

- Estimateurs Chao et Jackknife
- A partir des données d'abondance
- → intensive en calcul mais bon estimateur
- Technique d'estimation non paramétrique

Tableau 2 – Nombre d'espèces par habitat de la ferme de Froidefontaine

Habitat	Nombre d'espèces Observées	Nombre d'espèces estimées (Chao1)
Ferme	43	56,20
GC	14	14,429
PAT	29	34,6
VER	32	50,20
ZH	26	33

$$S_1 = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2 F_2}$$

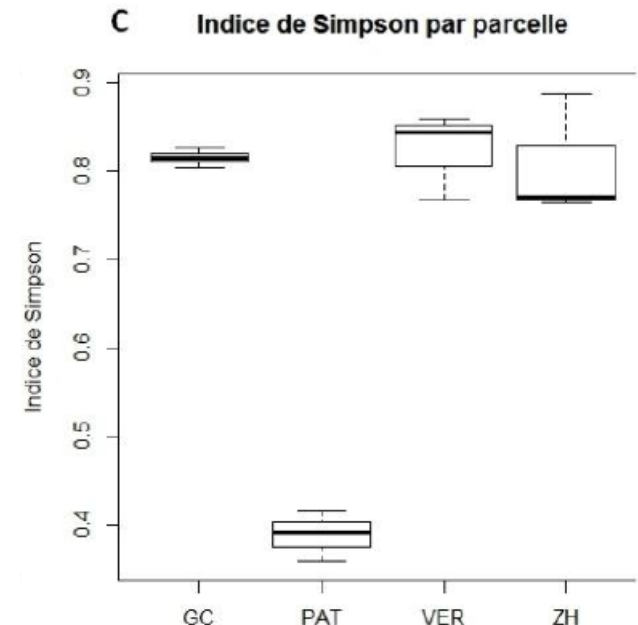
# Indice Gini-Simpson

- $p_s$  = probabilité que deux individus pris au hasard appartiennent à la même espèce  $s$
- $[0;1[ \rightarrow$  proche de 1  $\rightarrow$  communauté diverse
- Si distribution régulière  $\rightarrow$   $E$  diminue

$$E = 1 - \sum_{s=1}^S p_s^2$$

**Table 8.1** Calculating Simpson's original diversity index (Simpson's  $S$ ).

Abundance	$P$	$p^2$
10	0.667	0.444
2	0.133	0.018
1	0.067	0.004
1	0.067	0.004
1	0.067	0.004
$\Sigma = 15$	$\Sigma = 1.000$	$\Sigma = 0.476$





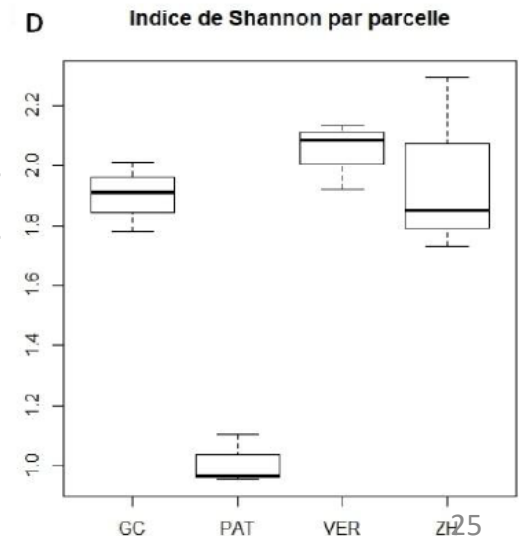
# Indice de Shannon-Weaver

- Théorie de l'information
- Probabilité qu'un organisme choisi au hasard appartienne à l'espèce  $s$  est notée  $p_s$
- Valeurs comprises entre 0 et  $\log(\text{\#espèce})$
- Sensible au nombre espèce rare

$$H = - \sum^S p_s \ln p_s$$

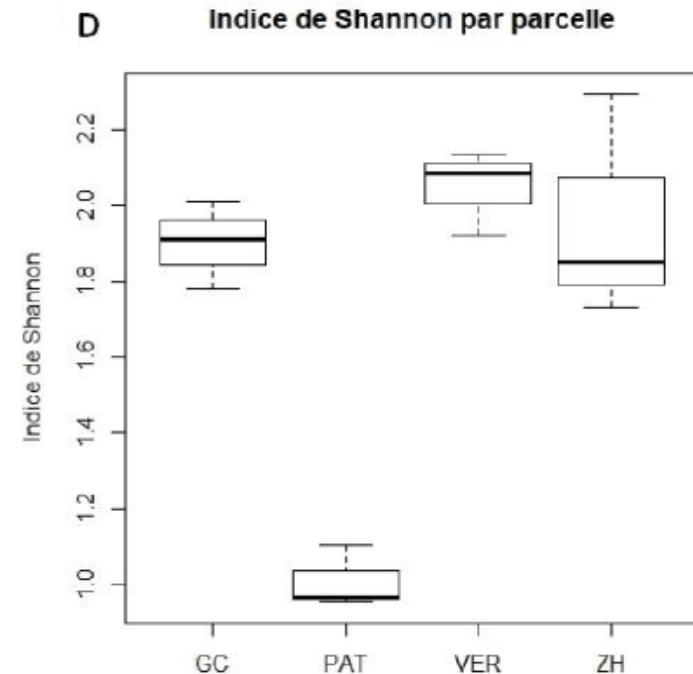
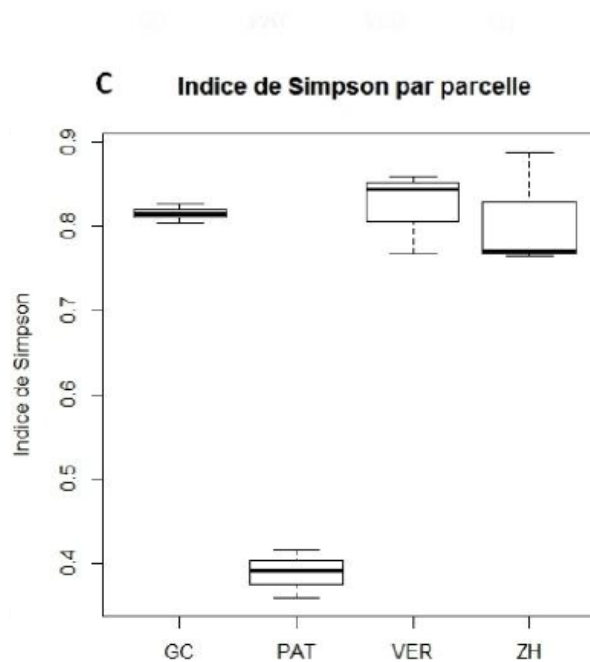
**Table 8.2** Calculating the Shannon diversity index.

Abundance	$P$	$P \cdot \ln(P)$
10	0.667	-0.270
2	0.133	-0.269
1	0.067	-0.181
1	0.067	-0.181
1	0.067	-0.181
$\Sigma = 15$	$\Sigma = 1.000$	$\Sigma = -1.081$



# Intérêt mesure diversité $\alpha$

- Comparaisons indices  $\alpha$  entre différentes communautés/sites.
- Biais d'estimation ?



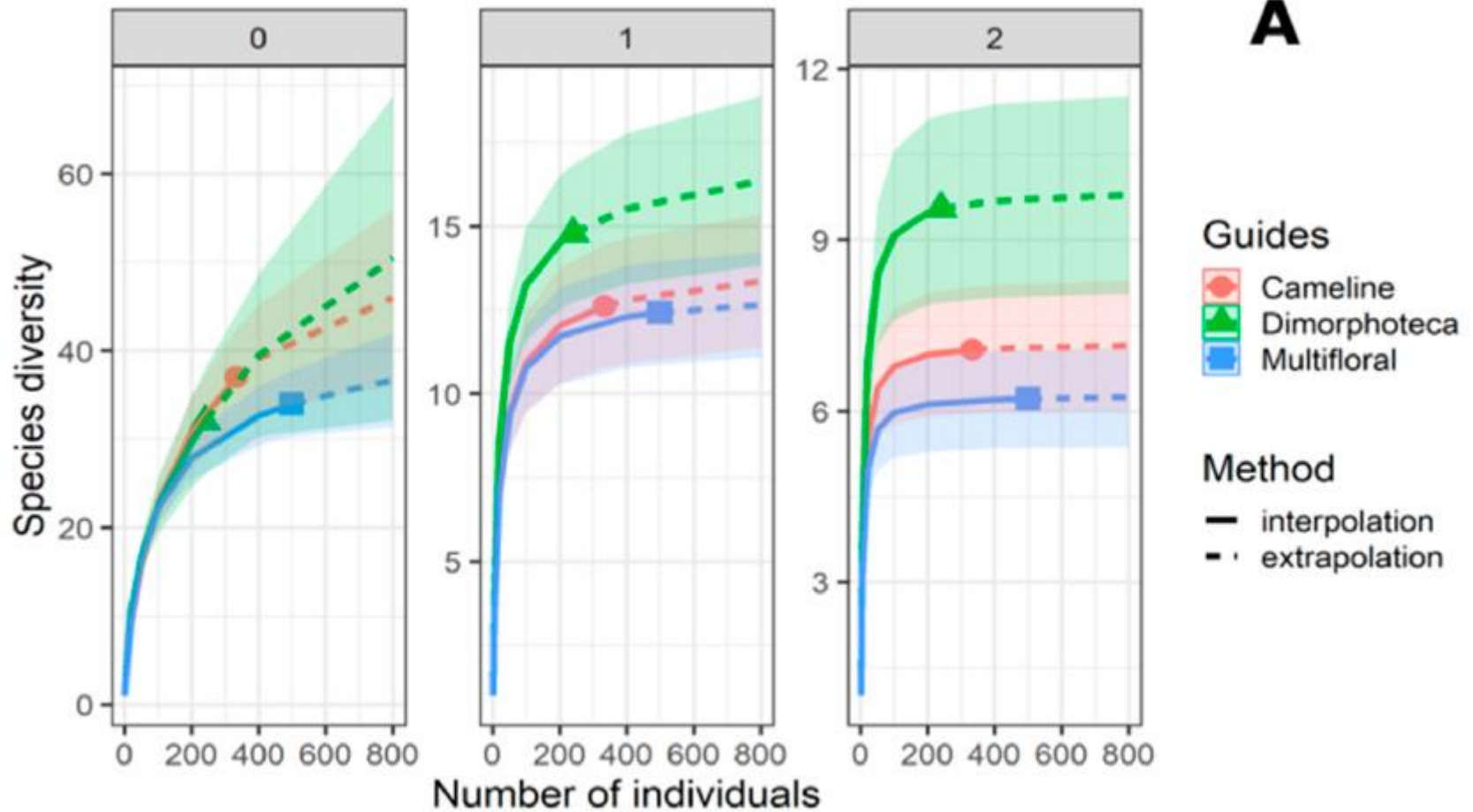
# Nombres de Hill

- Besoin de **standardisation** prenant en compte le principe de réplification et de linéarité:  
**Nombre d'espèces effectif** (Jost L. , 2006)
- Uniformisation indices de diversité (Hill N.O., 1973)
- Nombre de Hill :  $q=0$ ;  $q=1$ ;  $q=2$

$${}^q D = \left( \sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{1/(1-q)} .$$

# Application nombre de Hill

Package R : iNEXT (Hsieh *et al.*, 2016)

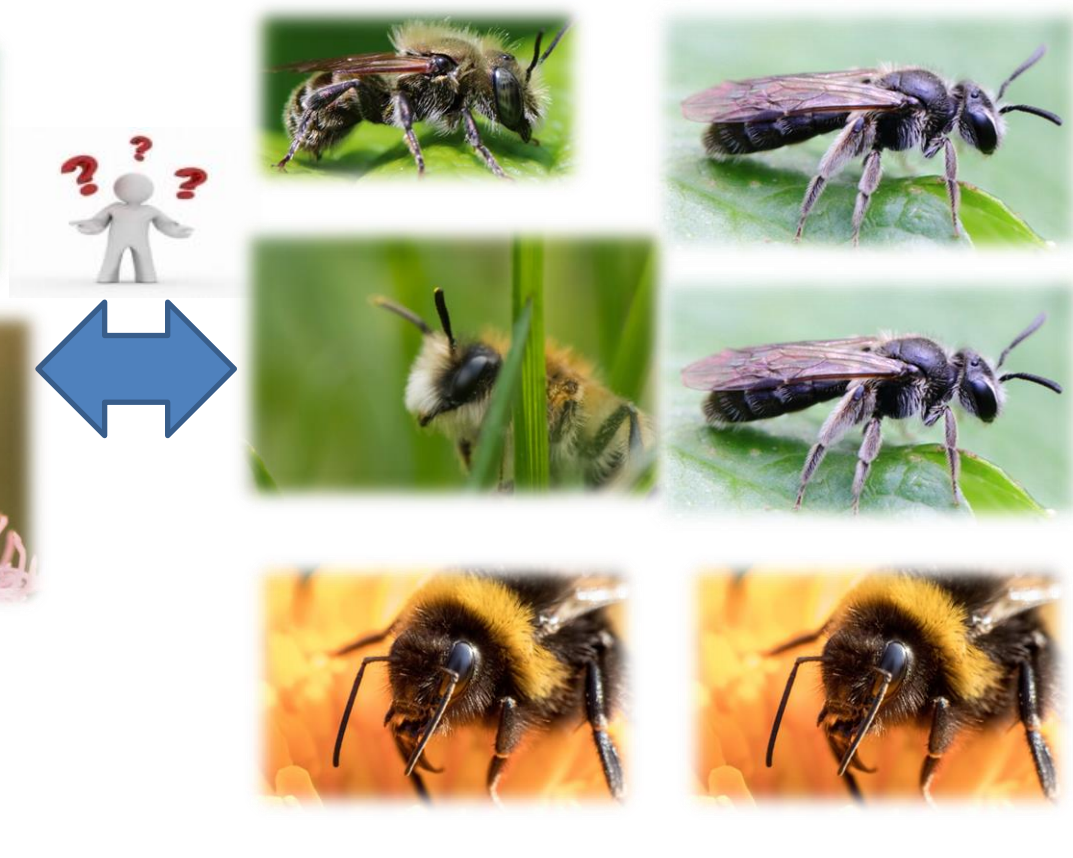


# Diversité $\beta$

- Communauté 1

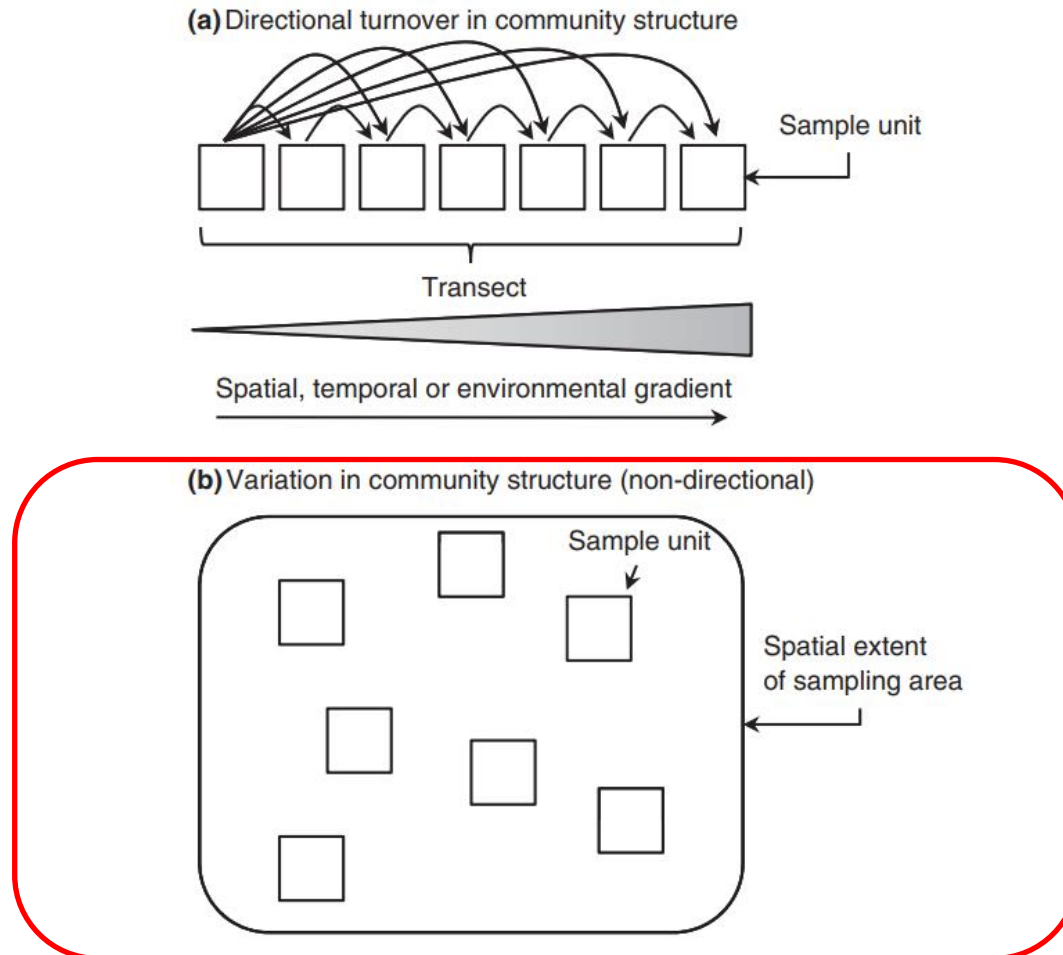


- Communauté 2



La diversité  $\beta$  représente les différences de composition d'espèces entre des systèmes sélectionnés

# Diversité $\beta$



**Figure 2** Schematic diagram of two conceptual types of  $\beta$  diversity for ecology: (a) turnover in community structure along a gradient and (b) variation in community structure among sample units within a given area.

# Mise en place des échelles

- **Dynamique dans le temps et l'espace**

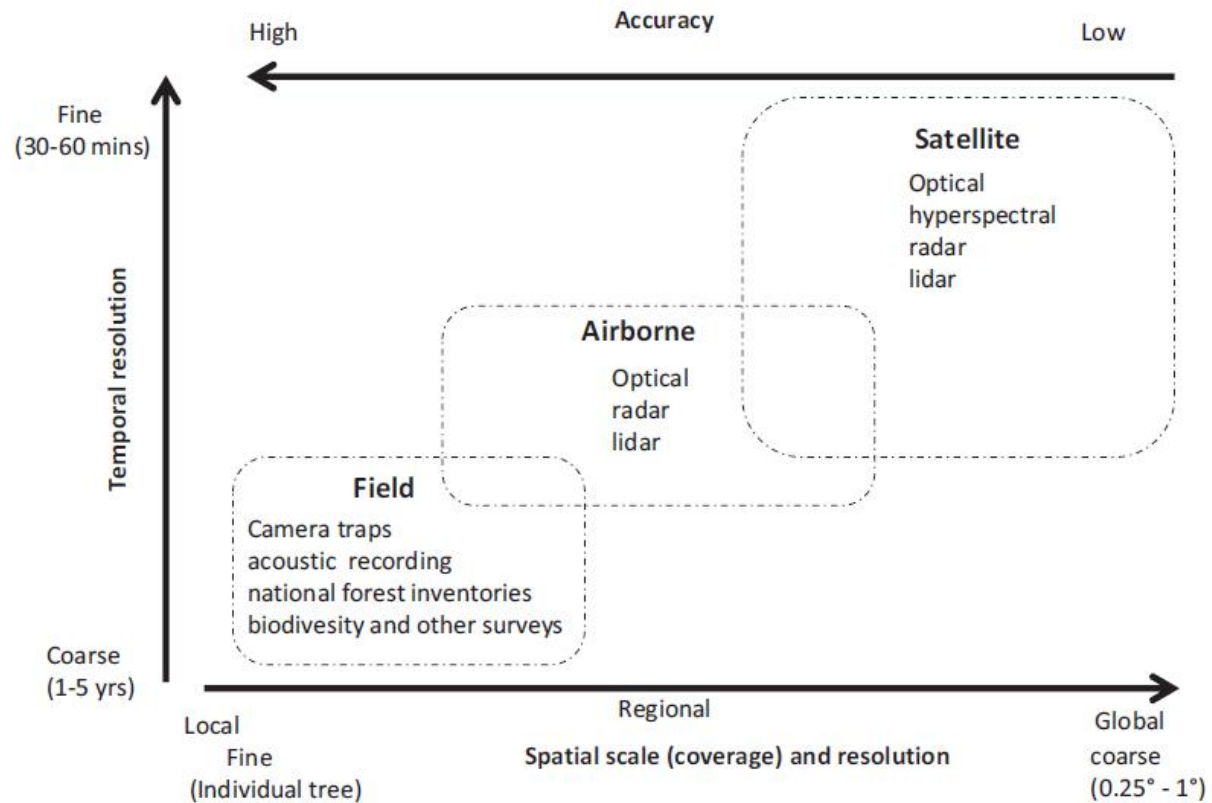
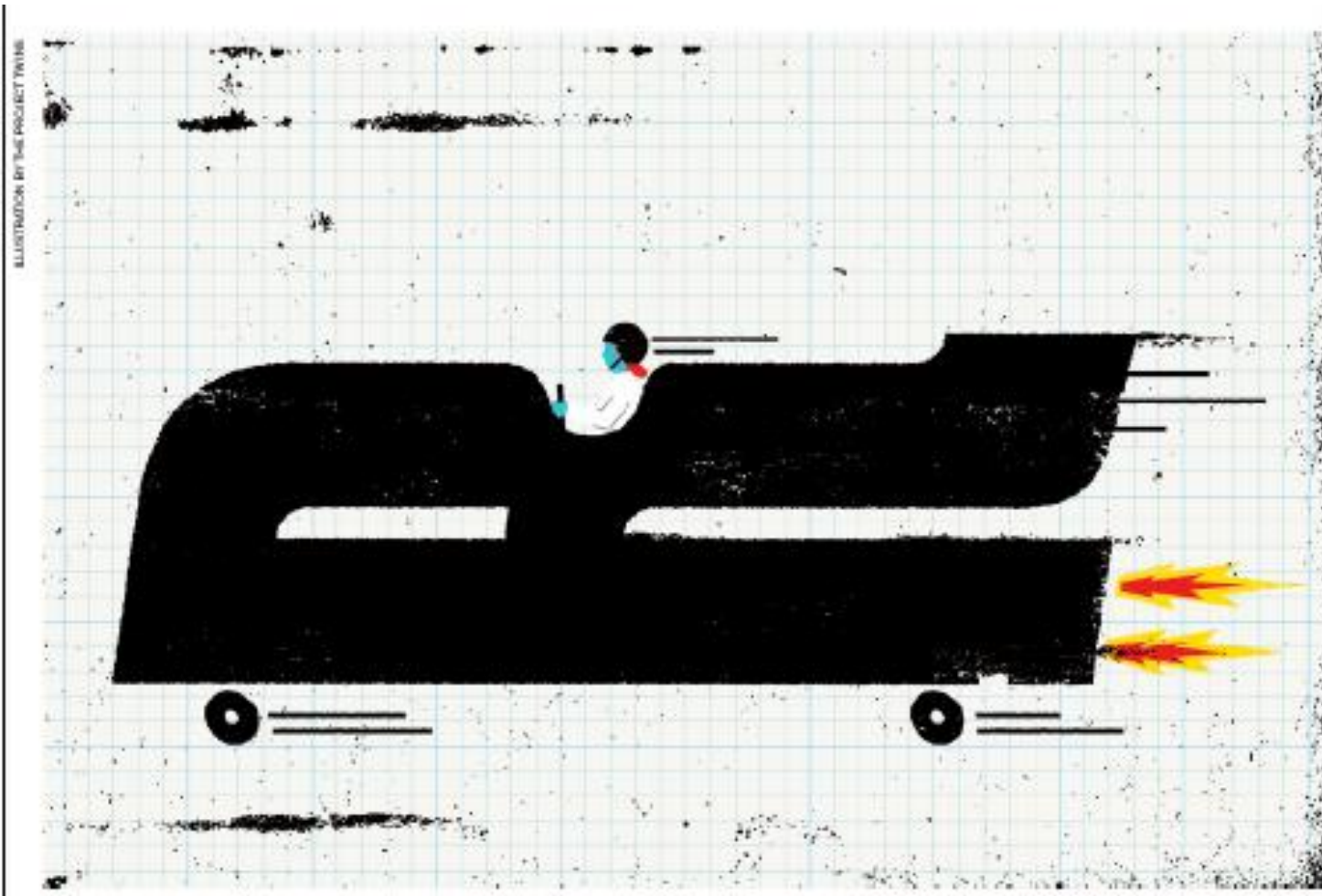


Fig. 3 Spatial scale and temporal resolution of different methods for monitoring forest carbon stocks and biodiversity.



# En Pratique ?



# Démonstration

```
8 library(ape)
9
10 nex <- read.nexus ("~/Dropbox/ETUDE ROCHEFORT/Apoidea_Hedtke_BMCEvolBiol.nex")
11 nex$tip.label # visualize taxa in .nex file
12 species = data.frame(nex$tip.label)
13 write.csv(species, file="~/Dropbox/ETUDE ROCHEFORT/species.csv", row.name=TRUE) # to sort outside of R
14
15 keep_raw <- read.csv2 ("~/Dropbox/ETUDE ROCHEFORT/Rochefort_bees_taxa.csv"), "Spaces" # extract rightma
16 keep_uscore <- gsub (" ", "_", keep_raw, fixed=TRUE) # replace whitespace with underscore to match name for
17 keep_taxa <- keep_uscore[keep_uscore %in% nex$tip.label] # keep only those that are found in the tree tip
18 drop_taxa <- nex$tip.label[!(nex$tip.label %in% keep_taxa)] # select taxa to be removed, i.e. everything
19
20 selected_phylo <- drop.tip (nex, drop_taxa) # remove unwanted taxa
21
22 selected_phylo$tip.label # visualize taxa in subset file
23 plot(selected_phylo, type = "u")
24 plot(selected_phylo, type = "c")
25 plot(selected_phylo, use.edge.length = FALSE)
26
27 write.nexus (selected_phylo, file="~/Dropbox/ETUDE ROCHEFORT/tree_subset.nex") # save to output file
28
29 # selecting one from each genus (here, simply the first one)
30
31 keep_taxa_genera <- matrix(unlist(strsplit(keep_taxa, "_", fixed=TRUE)), nrow=2)[1,] # extracting genera p
32 available_genera <- unique(keep_taxa_genera)
33 selected_taxa_to_keep <- NULL
34
27.1 (Untitled) : R Script :
```

```
[1] "Bombus_terrestris"      "Lasloglossum_calceatum"  "Lasloglossum_fulvicorne"
[4] "Melitta_nigricans"    "Halictus_quadricinctus"  "Lasloglossum_malachurum"
[7] "Lasloglossum_morio"   "Bombus_pascuorum"        "Halictus_rubicundus"
[10] "Andrena_cineraria"   "Lasloglossum_mediterraneum" "Trachusa_byssina"
[13] "Bombus_lapidarius"   "Papurgus_dentipes"       "Bombus_sylvestris"
[16] "Dasypoda_hirtipes"   "Lasloglossum_pauillum"   "Lasloglossum_zonulum"
[19] "Bombus_pratorum"     "Bombus_vestalis"        "Bombus_hortorum"
```

```
> plot(selected_phylo, type = "u")
> plot(selected_phylo, type = "c")
> plot(selected_phylo, use.edge.length = FALSE)
>
```

Workspace History

Data	
Bees	11 obs. of 88 variables
Rochefort_France_dataset	198 obs. of 90 variables
Y.mat	11 obs. of 87 variables
Y.mat.bin	11 obs. of 87 variables
df	200 obs. of 3 variables
dist.s	100 obs. of 3 variables
species	1376 obs. of 1 variables

Values

Beta 49.8689657828336

Files Plots Packages Help

Zoom Export+ Clear All

**Figures**

<http://www.rstudio.org/>

# Création d'une base de données (BDD) primaire

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Num_ID	Pin or not	Code	Traitement	Type bande	Famille	Genre	Sp		ID	Date	Ville	Lieu	Pays
21	Yes	BD_07	Cameline	Cameline3	Halictidae	Lasioglossum	morio	Lasioglossum/morio	L_morio	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
28	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	malachurum	Lasioglossum/malachurum	L_malachurum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
29	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	calceatum	Lasioglossum/calceatum	L_calceatum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
30	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	morio	Lasioglossum/morio	L_morio	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
31	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	malachurum	Lasioglossum/malachurum	L_malachurum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
32	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Halictus	tumulorum	Halictus/tumulorum	Ha_tumulorum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
33	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	pauillum	Lasioglossum/pauillum	L_pauillum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique

- **Une observation = ligne**
- **Une variable (discrète/continue) = colonne**
- Un maximum d'informations relatives aux captures individuelles doivent être synthétisées sur les étiquettes qui accompagneront chaque spécimen
- Vos bases de données doivent contenir toutes les informations que vous désirez

# Gestion d'une base de données (BDD) primaire

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Num_ID	Pin or not	Code	Traitement	Type bande	Famille	Genre	Sp		ID	Date	Ville	Lieu	Pays
21	Yes	BD_07	Cameline	Cameline3	Halictidae	Lasioglossum	morio	Lasioglossum/morio	L_morio	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
28	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	malachurum	Lasioglossum/malachurum	L_malachurum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
29	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	calceatum	Lasioglossum/calceatum	L_calceatum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
30	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	morio	Lasioglossum/morio	L_morio	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
31	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	malachurum	Lasioglossum/malachurum	L_malachurum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
32	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Halictus	tumulorum	Halictus/tumulorum	Ha_tumulorum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique
33	Yes	BD_06	Cameline	Cameline2	Halictidae	Lasioglossum	pauillum	Lasioglossum/pauillum	L_pauillum	10.v.2017	Golzinne	Champ expé	Belgique

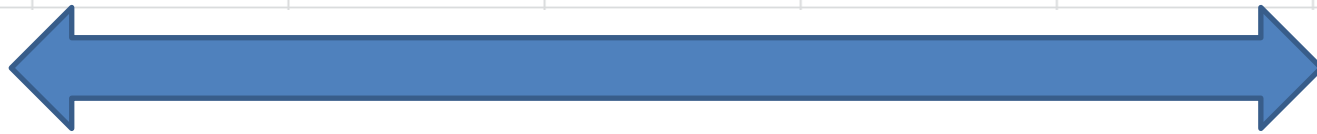
- Une observation = ligne
- Une variable (discrète/continue) = colonne
- Attention aux fautes d'orthographe → avoir une seule dénomination pour éviter les doublons
- Utilisation des 26 lettres de l'alphabet anglo-saxon (éviter les « é » « à »...)
- Attention aux espaces privilégier les « \_ »

# BDD secondaire

	A	B	C	D	E	F	G
1	Zone	PiegeSite	And_cineraria	And_fulva	And_nitida	And_vaga	Apis_mellifera
2	GC	GC1	1	0	0	0	0
3	GC	GC2	4	0	0	0	0
4	GC	GC3	9	0	0	0	0
5	PAT	PAT1	91	0	0	0	0
6	PAT	PAT2	79	0	0	0	0
7	PAT	PAT3	62	0	0	0	0
8	VER	VER1	4	0	0	0	0
9	VER	VER2	3	0	0	0	0
10	VER	VER3	11	0	0	0	0
11	ZH	ZH1	2	0	0	0	0
12	ZH	ZH2	7	0	0	0	0
13	ZH	ZH3	14	0	0	0	0
14	PAT	PAT	14	1	1	0	1
15	VER	VER	1	0	0	1	6
16	GC	GC	0	0	0	0	0
17	ZH	ZH	1	0	0	0	5



**Co-variables = Facteurs**



**Variables = N espèces entomologiques**

**BDD adapté à la plupart des packages R : Vegan,  
entropart,... + changement de format en .csv**



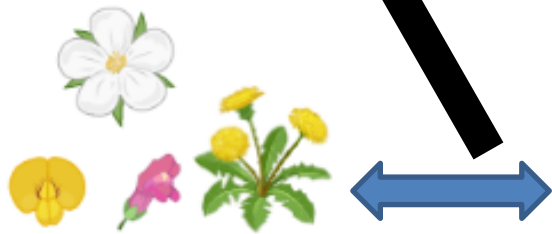
# Cas d'étude: Bande fleuries en interculture dans un système de blé d'hiver



# Bandes fleuries en interculture

Environnement agricole

Quel est la capacité d'attraction sur des insectes pollinisateurs de  
différentes bandes fleuries en interculture ?



Ressources florales

Pollinisateurs

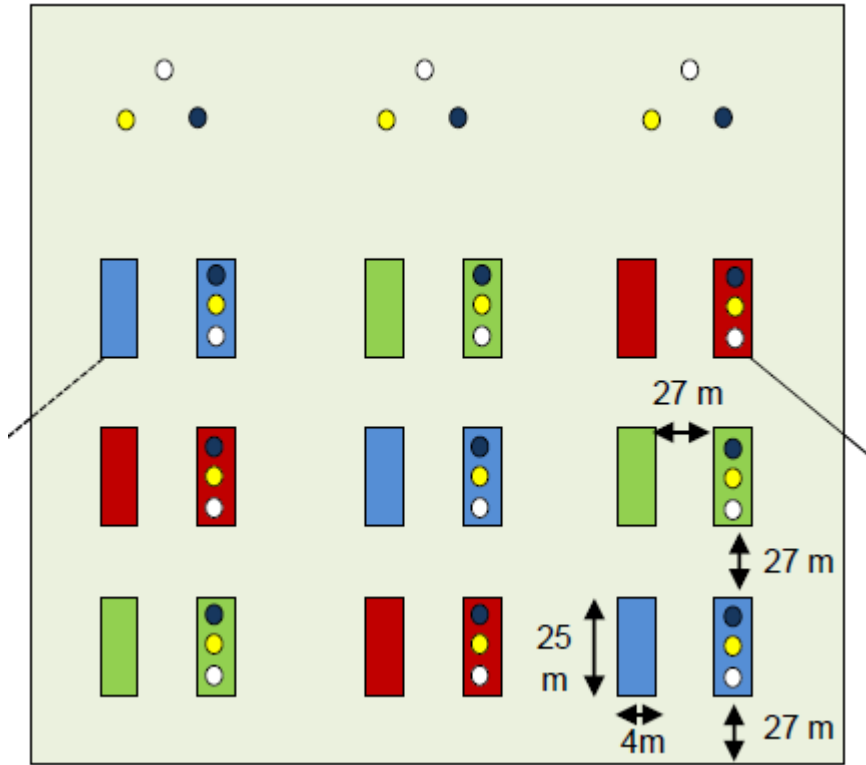




# Site d'étude:

Deux bandes monoflorales et une bande mutliflorale

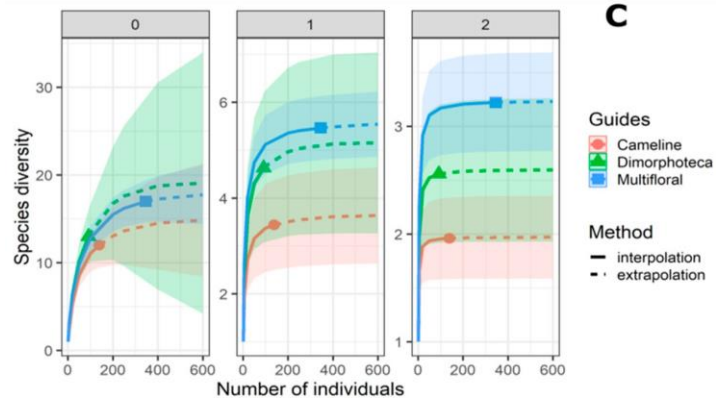
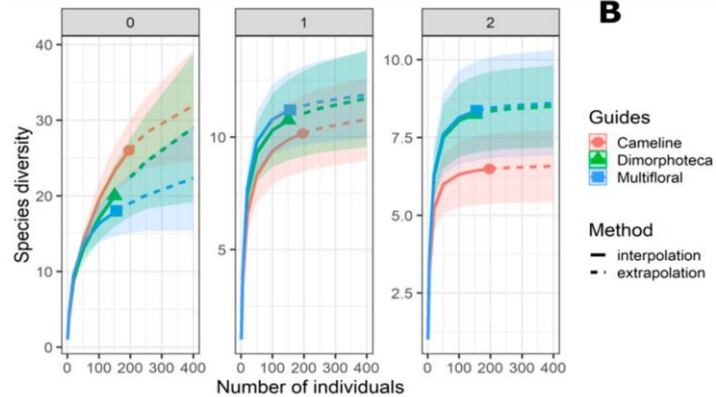
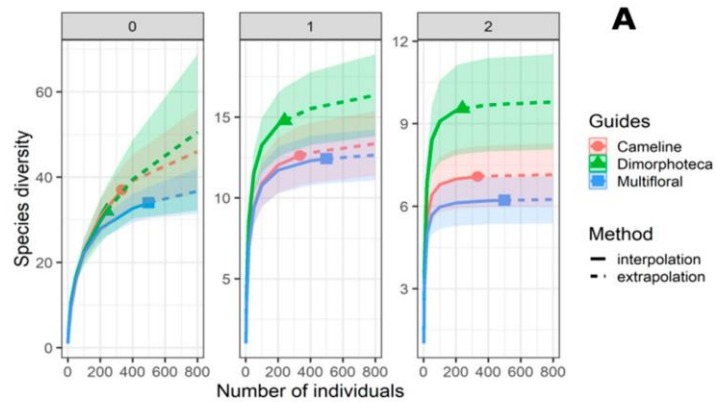
De Mai à Juillet 2017



- Traitement 1
- Traitement 2
- Traitement 3
- Froment
- ● Pan traps



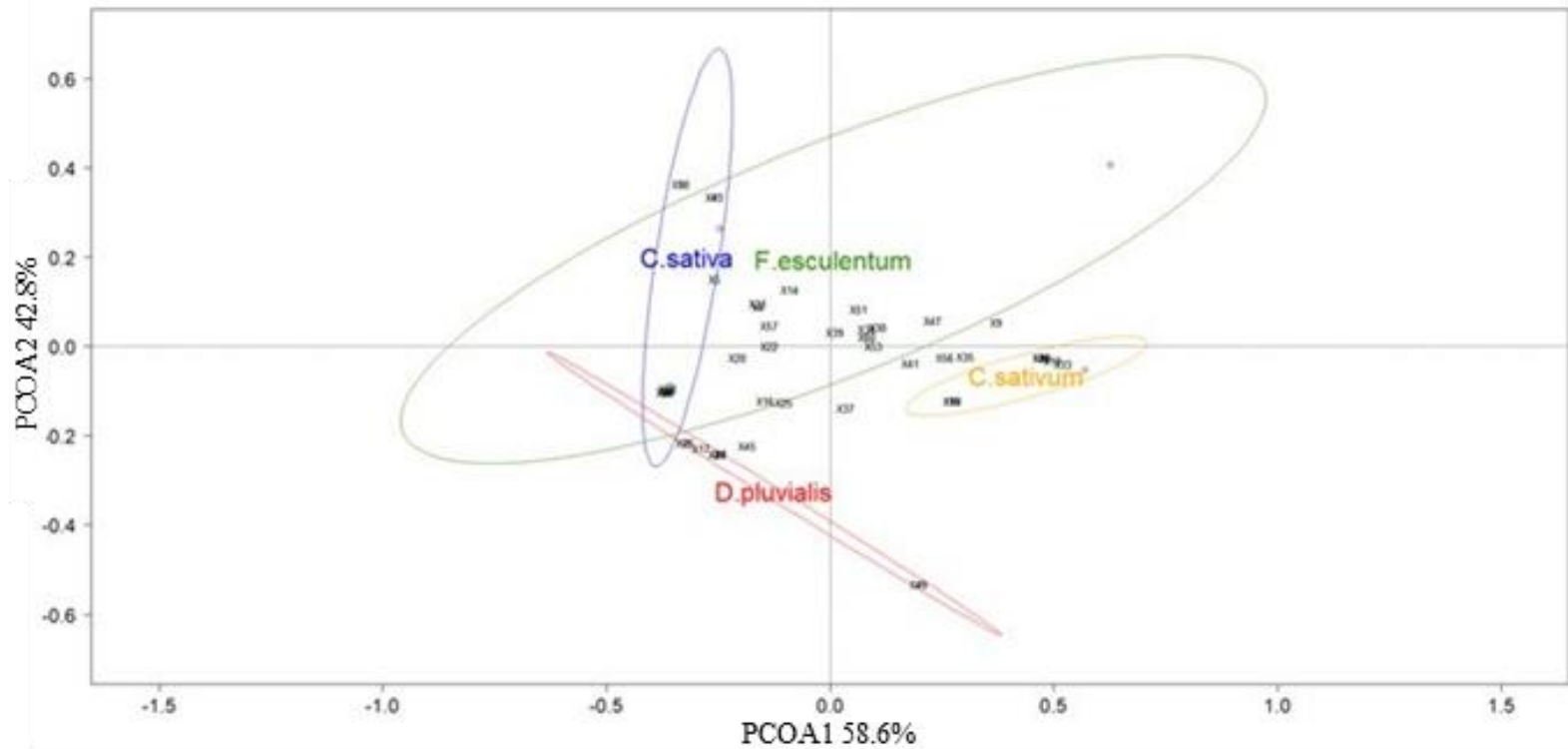
# Résultats



- 1184 insects pollinisateurs appartenant à 61 espèces: 18 de syrphes (583 individus) 43 d'abeilles (601 individus).
- *Sphaerophoria scripta* (Linnaeus 1758),  
*Eristalis tenax* (Linnaeus 1758),  
*Lasioglossum pauxillum* (Schenck 1853),  
*Lasioglossum morio* (Fabricius 1793)  
and *Andrena flavipes* (Panzer 1799)
- *A. nitidiuscula* Schenck 1853 status de conservation


# Résultats

- Composition différente de communautés en fonction des bandes fleuries



Article

# Flower Strips in Wheat Intercropping System: Effect on Pollinator Abundance and Diversity in Belgium

Clara Amy <sup>1,\*</sup>, Grégoire Noël <sup>1</sup>, Séverin Hatt <sup>1,2</sup>, Roel Uyttenbroeck <sup>2,3</sup>, Frank Van de Meutter <sup>4</sup> , David Genoud <sup>5</sup> and Frédéric Francis <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Functional and Evolutionary Entomology, Department of Agronomy, Biology and Chemistry, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege, Passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgium; gregoire.noel@uliege.be (G.N.); severin.hatt@uliege.be (S.H.); frederic.francis@uliege.be (F.F.)

<sup>2</sup> TERRA—AgricultureIsLife, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege, Passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgium; roel\_uyttenbroeck@hotmail.com

<sup>3</sup> Biodiversity and Landscape, Department of Biosystems Engineering, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege, Passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgium

<sup>4</sup> The Research Institute for Nature & Forest (INBO), Herman Teirlinck building, Venue du Port, 1000 Brussels, Belgium; frank.vandemeutter@kuleuven.be

<sup>5</sup> Diagnostic, Gestion, Expertise (DGE), 10 rue du Président Fallières, 11000 Carcassonne, France; dge-davidgenoud@orange.fr

\* Correspondence: amy.clara@orange.fr; Tel.: +33-609-170-573

# Utilisation du Logiciel R



NUMERICAL ECOLOGY

SOLUS

(1998)

Pierre Legendre &  
Louis Legendre

Use R!

Daniel Borcard  
François Gillet  
Pierre Legendre

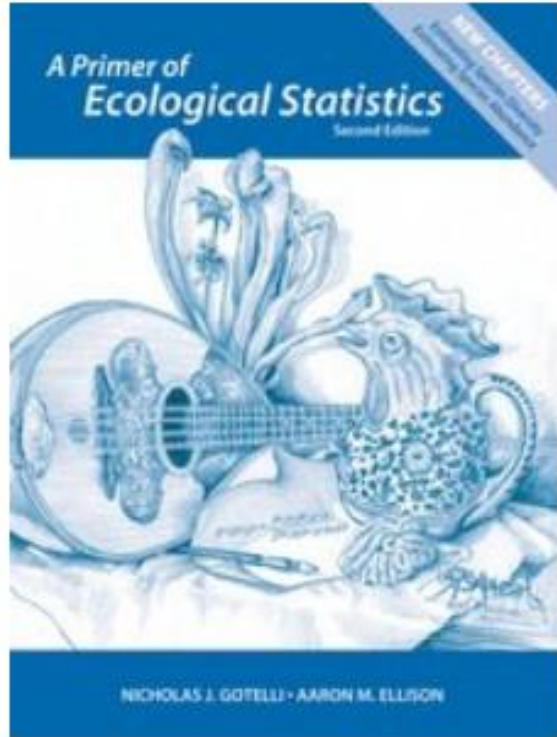
Numerical  
Ecology with R

(2011)

 Springer



# Ressources Bibliographiques



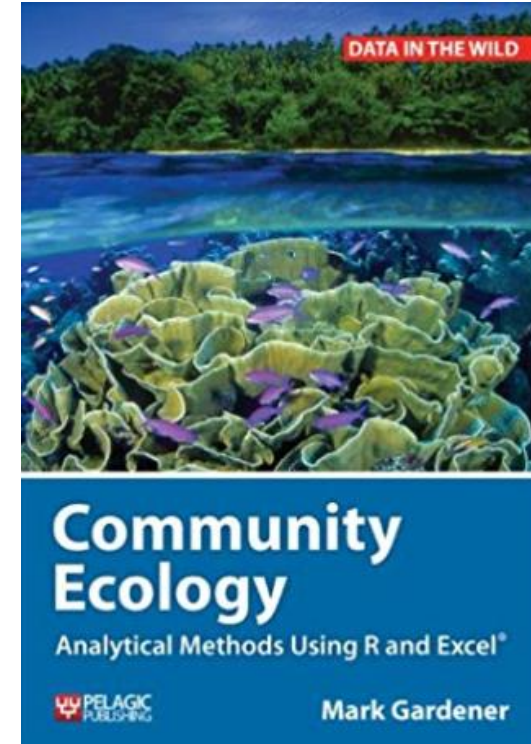
Gotelli & Ellison, 2013

## MESURES DE LA BIODIVERSITÉ

Eric Marcon



Marcon E., 2015



Gardener M., 2014



# Merci de votre attention !

