



CETAB⁺

Centre d'expertise et de transfert en
agriculture biologique et de proximité

V CÉGEP DE VICTORIAVILLE

Gilles Gagné, agr., M.Sc.

Chercheur –Chargé de projets

OUTILS DE DIAGNOSTIC – SANTÉ DES SOLS



COLLOQUE
BIO
POUR TOUS!



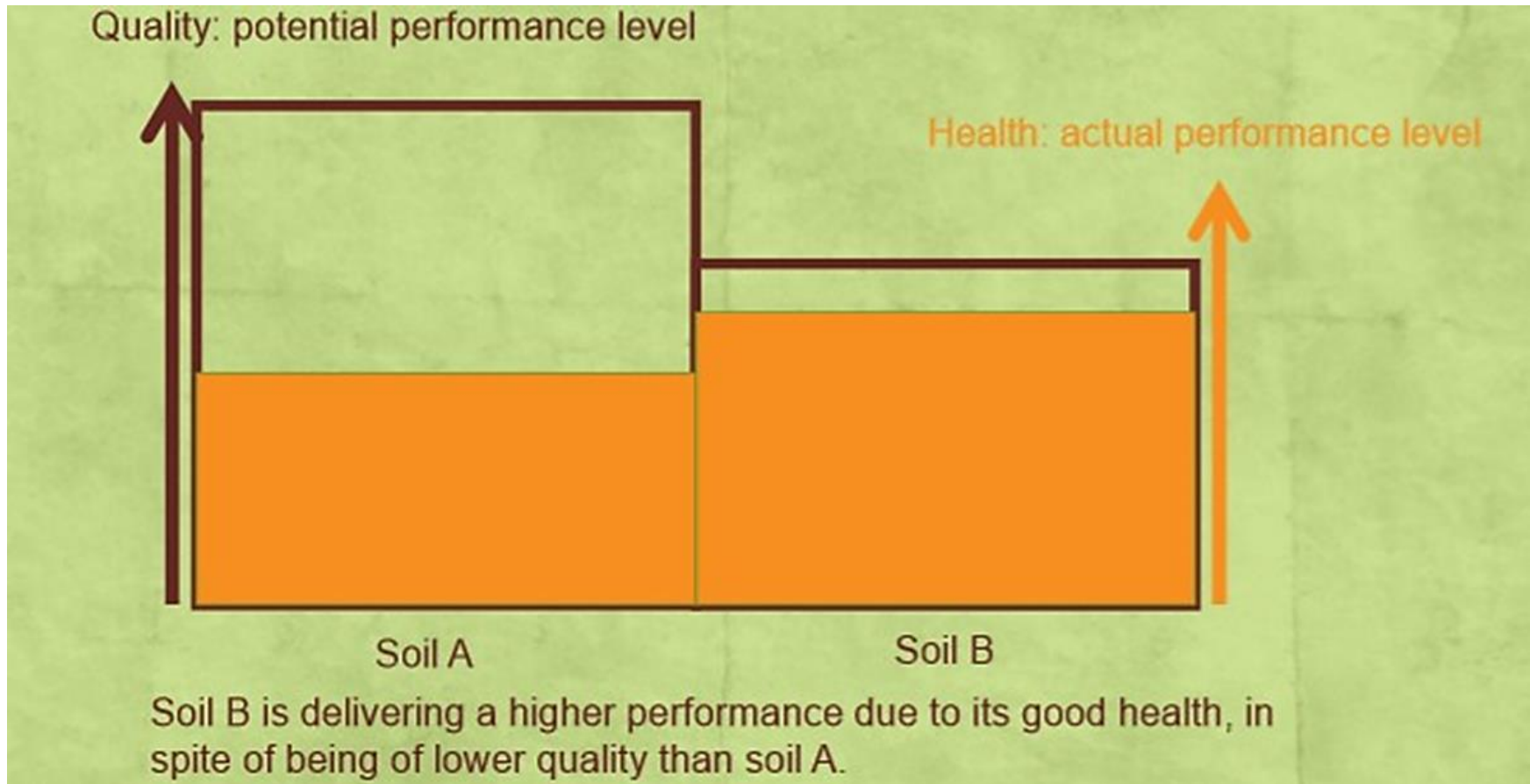
20 ET 21 FÉVRIER 2019
VICTORIAVILLE



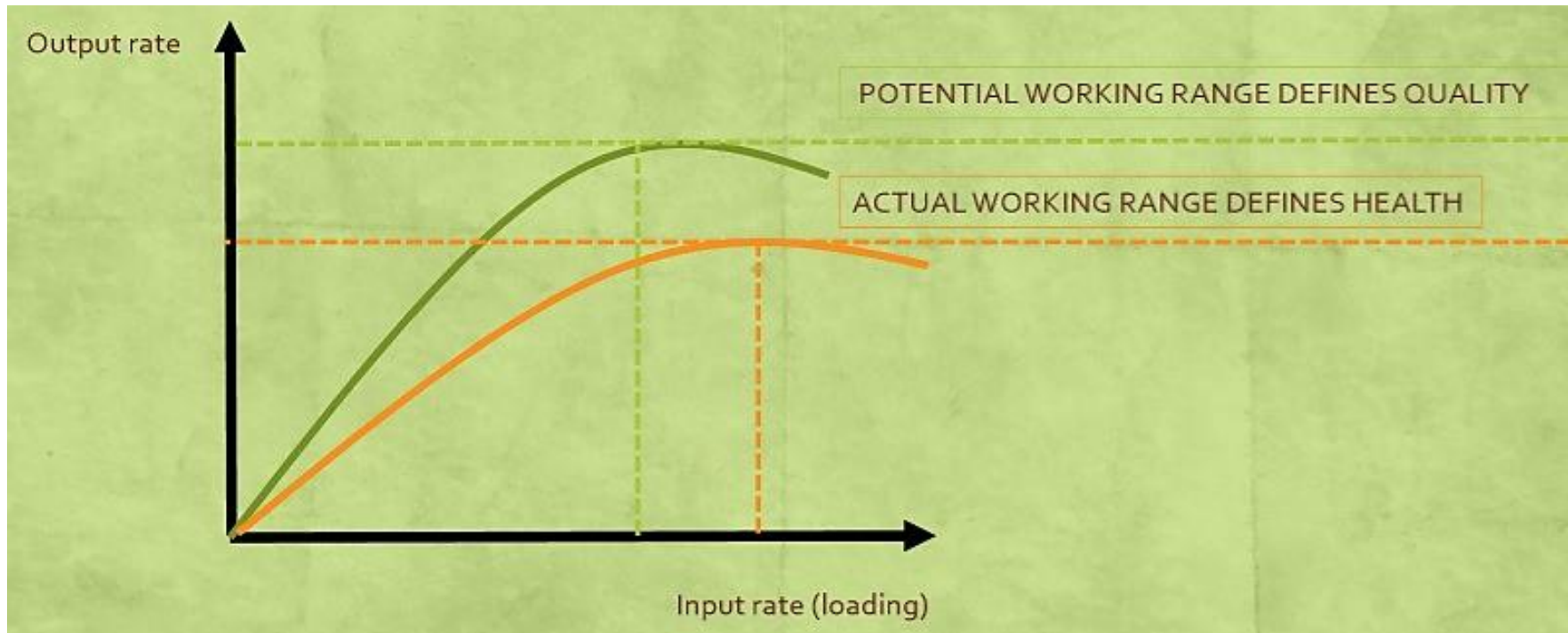
- Concepts de qualité et de santé des sols
- Les descripteurs et les indicateurs
- **Le projet** : Développement d'indicateurs microbiologiques de la santé globale des sols destinés au secteur maraîcher en mode biologique
- Prochaines étapes du projet
- Les fermes participantes
- L'équipe de projet

- **Qualité des sols :**
 - Potentiel théorique basé sur des propriétés intrinsèques-naturelles (granulométrie, matériau, drainage, profondeur, teneurs totales en éléments nutritifs, pédogenèse, etc.)
- **Santé des sols :**
 - Évaluation basée sur des propriétés modifiables (structure, porosité, compaction, teneur en MO, acidité, drainage artificiel, éléments nutritifs disponibles, biologie et microbiologie, etc.)

Facteurs abiotiques (non vivants) et biotiques (vivants)



Mark G. Kibblewhite, Cranfield University, Evolution and definition of soil health concept. Montpellier 2018



Pour un même sol, une santé inférieure par rapport à la qualité demande plus d'intrants (ex.: eau, MO, fertilisants) pour un rendement donné souvent moindre

Mark G. Kibblewhite, Cranfield University, Evolution and definition of soil health concept.
Montpellier, 2018

- La dégradation peut affecter irrémédiablement la qualité d'un sol alors que la santé d'un sol est modifiable (+ -)
- La santé des sols est évaluée par un ensemble de propriétés-indicateurs relié à une performance, donc plus globale que des indicateurs considérés individuellement

Mark G. Kibblewhite, Cranfield University, Evolution and definition of soil health concept. Montpellier, 2018

Descripteurs terrain : matériau, horizons, drainage naturel, pédogenèse, fragments grossiers, etc.

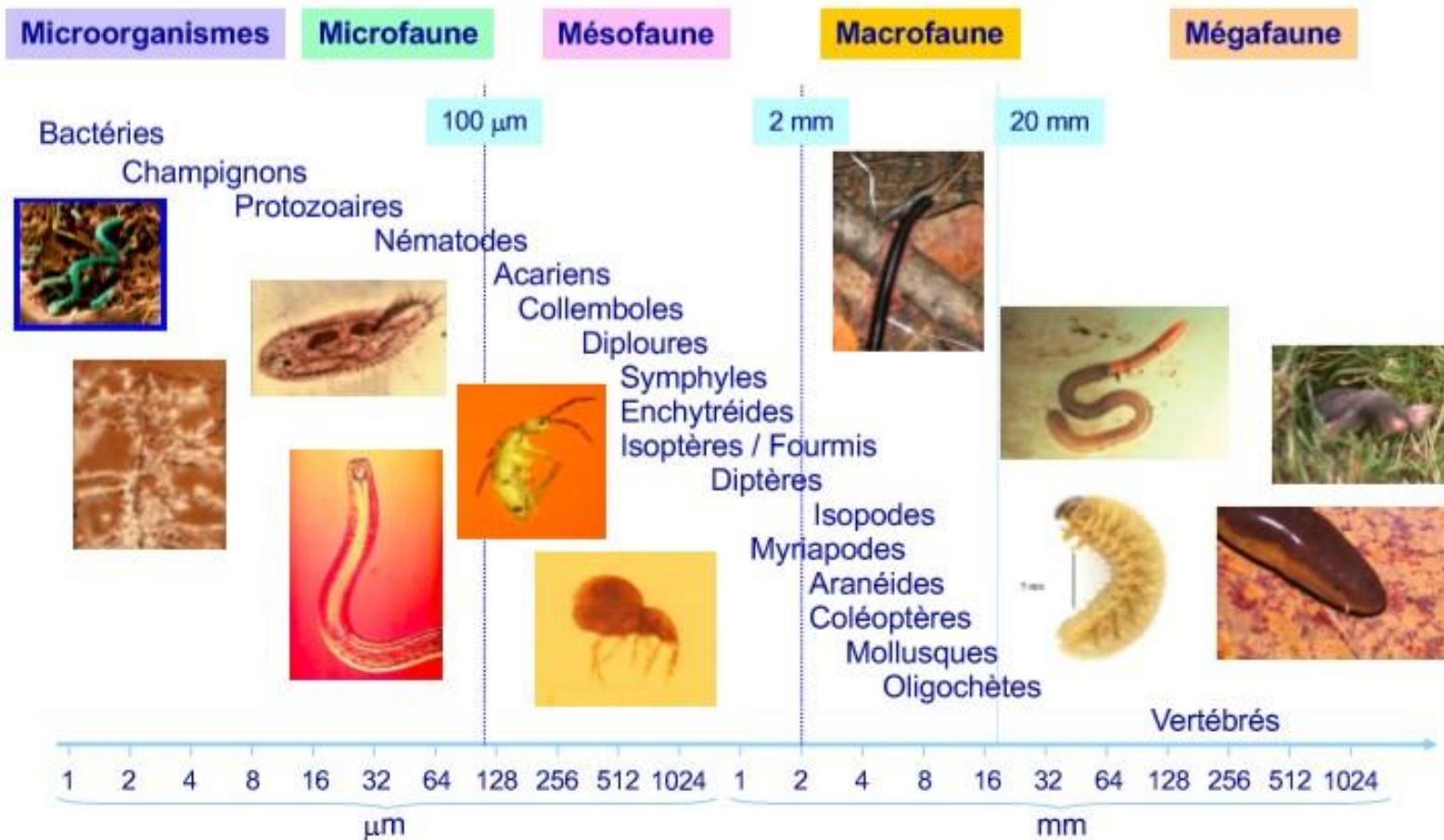
Indicateurs physiques : % sable, limon et argile, agrégation-structure (distribution, proportions, stabilité), perméabilité, porosité (oxygenation), compaction, réserve en eau, etc.

Indicateurs chimiques : pH, éléments nutritifs biodisponibles, carbonates, etc.

Indicateurs biologiques : MO (fractions), biomasse microbienne, respiration, carbone actif, azote minéralisable, richesse (nombre d'espèces), abondance (quantité) et diversité microbiologiques, vers de terre, etc.

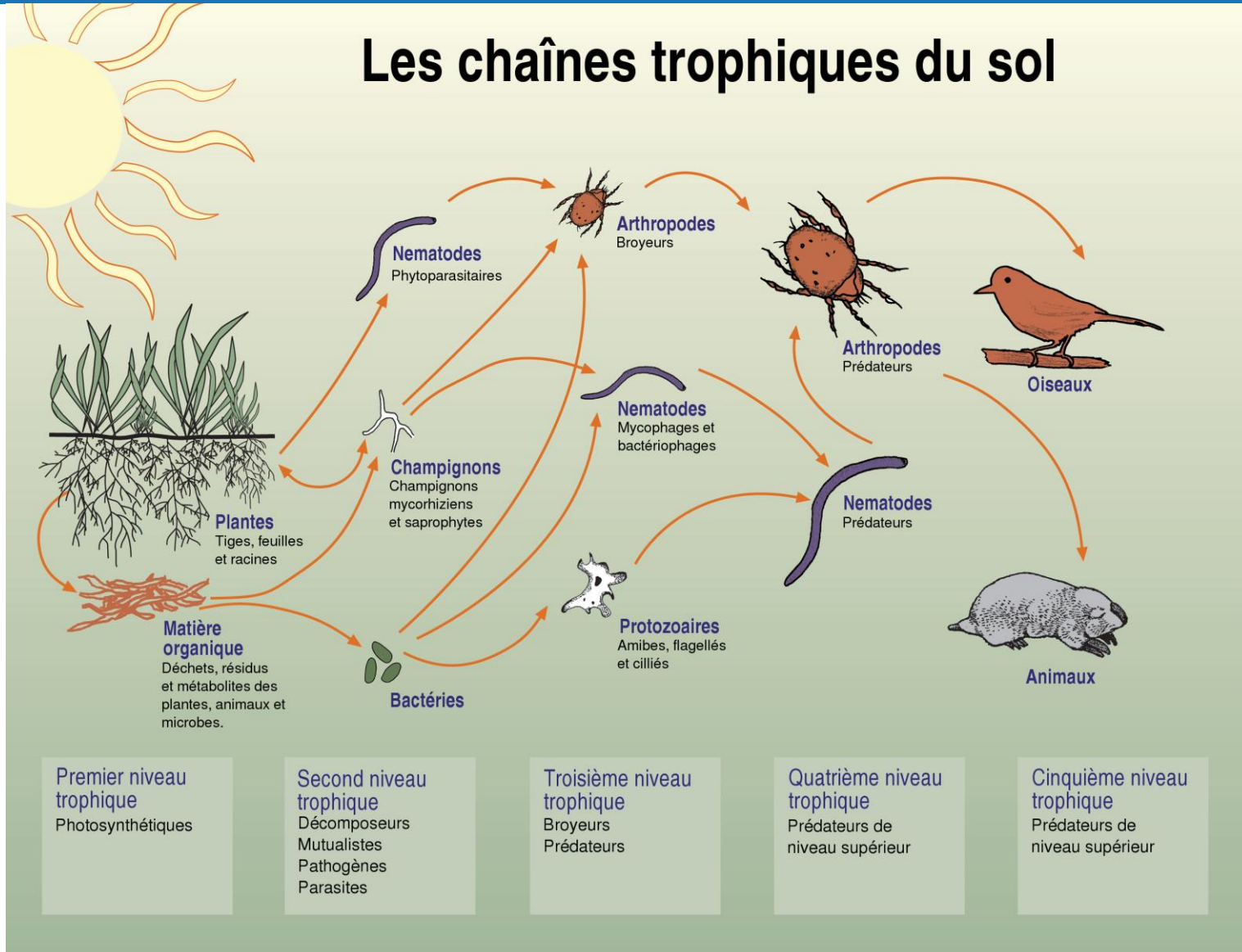
Règne/Embranchement (Phylum)/Classe/Ordre/Famille/Genre/Espèce

Les sols renferment une vie extrêmement diversifiée



Source : Eric Blanchart, écologue du sol IRD - UMR Eco&Sols, Montpellier

Les chaînes trophiques du sol



Source : Écomestible (traduction d'une figure du United States Department of Agriculture)

Chaque organisme remplit des **fonctions individuelles** spécifiques

Microorganismes



**Ingénieurs
chimiques**

Cycles de N : fixation, nit, dénitr
Cycles de P : phosphatases
Transformations du C, humification
Structure du sol
Croissance des plantes
Détoxification, bioremédiation
Symbiotiques ou libres

Microfaune : Protozoaires et nématodes



Régulation des communautés
microbiennes

Microrégulateurs

Macrofaune (et racines)

Bioturbation,
Décomposition de la MO
Activation de l'activité microbienne
Hot spots d'activité microbienne
Affectent les flux de C et nutriments



Ingénieurs du sol



Prédateurs

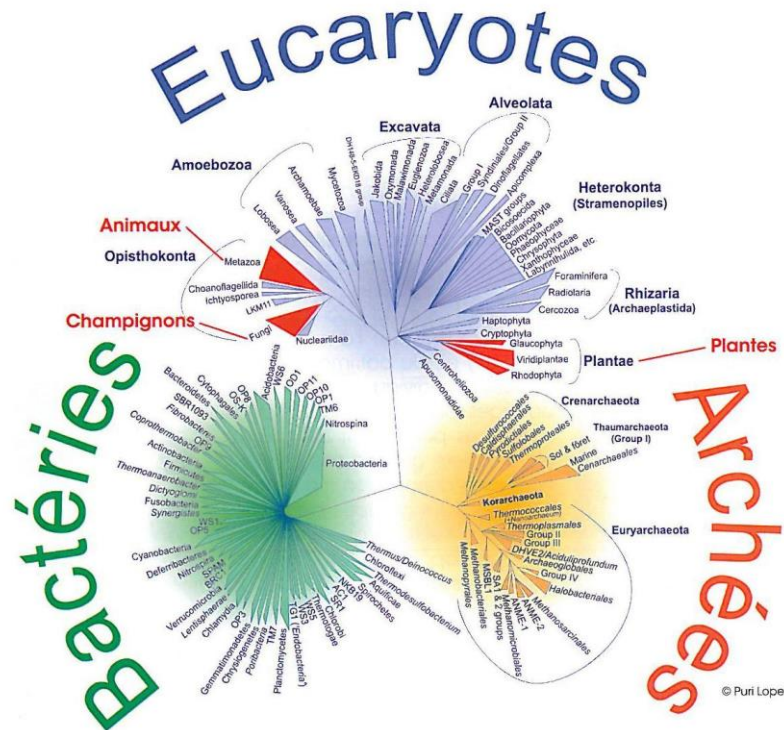
Contrôle des populations
d'invertébrés

Organismes nuisibles
Ravageurs et maladies



Bioagresseurs

On estime à 1 million le nombre de bactéries (1,5 t/ha) et à 100 000 le nombre de champignons (3,5 t/ha) qui vivent dans un gramme de sol en santé



Bactéries : organismes microscopiques procaryotes (sans noyau) majoritairement unicellulaires

Eucaryotes : organismes unicellulaires ou multicellulaires avec un noyau et généralement d'organites spécialisés dans la respiration, en particulier des mitochondries

Archées : organismes microscopiques et procaryotes (sans noyau) majoritairement unicellulaires, différents des bactéries au niveau des chromosomes (avec histone)

- Nombreuses interactions et redondances entre ceux-ci
- Un seul indicateur peut suffire à fortement réduire la qualité et/ou la santé d'un sol (ex. MO, pH, profondeur, faible activité biologique)
- Comment intégrer les descripteurs et les indicateurs dans un indice de santé des sols ?

Développement d'indicateurs microbiologiques de la santé globale des sols destinés au secteur maraîcher en mode biologique

Financé par le : Programme d'aide à la
recherche et au transfert (PART-IT) du MEES
dont l'objectif est de stimuler l'innovation
technologique dans les collèges

Projet conjoint multicentre : CETAB+ et Biopterre

Partenaire : Agro-Enviro-Lab (AEL)

Collaborateur : Laboratoire d'écologie
microbienne (LEM) de l'IRDA

Les objectifs :

- Développer une méthode d'évaluation de la vie microbiologique des sols dite de routine axée sur la détection et la quantification générale et/ou spécifique de microorganismes (champignons, bactéries, nématodes)
- Intégration des indicateurs actuels de santé des sols d'AEL dans les diagnostics et recommandations.

But : maintien et amélioration de la santé des sols, des rendements des cultures ainsi que de la rentabilité et la durabilité des entreprises en maraichages biologiques

Démarche

- Sélection de 12 fermes maraichères biologiques dans des régions du Québec avec des sols variés et des potentiels de rendement (qualité) différents
- Description agropédologique et échantillonnages du sol de surface pour deux périodes (printemps-été et automne), donc 24 sols
- Sélection, évaluation et utilisation de méthodes d'analyse de routine visant la détection et la quantification de microorganismes du sol à être utilisés en tant qu'indicateurs microbiologiques

Démarche

- Utilisation des indicateurs de santé globale des sols (SGS) déjà offerts par AEL
- Analyses métagénomiques (ADN) de microorganismes par le LEM de l'IRDA
- Analyses statistiques des données afin de dégager les indicateurs les plus pertinents
- Développement d'un outil d'interprétation destiné aux producteurs maraîchers biologiques et à leurs conseillers

LE PROJET

# Échantillon	Date d'échantillonnage	Texture		Biologie	Chimie		
		Sable (%)	Argile (%)	Matière organique (%)	pH	P (kg/ha)	K (kg/ha)
S1	11 juin 2018	38	31	7,2	5,6	110	429
S2	19 juin 2018	77	9	9,3	6,8	766	716
S3	19 juin 2018	53	9	11,3	6,5	283	502
S4	20 juin 2018	47	12	5,9	6,6	103	180
S5	27 juin 2018	64	18	8,2	7,1	188	388
S6	2 juillet 2018	39	7	8,0	5,5	100	422
S7	3 juillet 2018	59	9	6,4	6,4	152	918
S8	4 juillet 2018	72	7	5,4	7,0	476	448
S9	10 juillet 2018	81	11	6,3	6,1	263	224
S10	24 juillet 2018	56	15	12,1	7,3	358	698
S11	25 juillet 2018	61	19	14,6	7,0	548	446
S12	25 juillet 2018	29	31	6,5	6,6	159	263
S1b	10 octobre 2018	46	31	6,3	6,1	131	463
S2b	10 octobre 2018	80	11	8,6	7,0	936	186
S3b	1 octobre 2018	48	12	9,1	6,2	112	130
S4b	22 octobre 2018	32	20	5,7	6,8	152	337
S5b	9 octobre 2018	72	13	6,5	7,1	164	301
S6b	16 octobre 2018	42	8	7,6	5,6	71	335
S7b	17 octobre 2018	65	7	5,2	6,6	119	469
S8b	3 octobre 2018	67	10	4,5	7,1	275	319
S9b	3 octobre 2018	79	9	6,1	6,2	188	98
S10b	23 octobre 2018	52	25	9,4	7,7	315	411
S11b	24 octobre 2018	56	25	11,6	7,3	559	232
S12b	24 octobre 2018	20	39	6,0	6,6	150	298

Selon période : diminution des teneurs en MO et K et augmentation des pH



Évaluation de la Santé Globale des Sols

Numéro du champ:	Clarétain	<i>Provenance</i>	<i>Échantillons</i>
Numéro du lab:	SG-0512898	Agro-Enviro-Lab	Mélanie Gauthier R&D
Date de réception:	3 novembre 2017	1642, de la Ferme	1642, rue de la ferme
Date du rapport:	28 novembre 2017	La Pocatière	La Pocatière
Échantillonné le:	1 novembre 2017	G0R1Z0	G0R1Z0
Par:	Gilles Gagné		Agro Enviro Lab

Texture en laboratoire	Sable %	84,8	Classe texturale	Groupe textural	Humidité du sol échantillonnage (%)	25,3	
	Limon %	8,4					
	Argile %	6,8	Sable loameux	G3	Série de sol		

Indicateur	Valeur	Évaluation /100	Problèmes possibles (mots clés)
------------	--------	-----------------	---------------------------------

Physique	Stabilité des agrégats (%) agrégats stables / ag. totaux, 25 à 2 mm	68,3	95	
	Proportion d'agrégats (%) agrégats totaux / sol total, 25 à 2 mm	26,5	6	Détérioration de la structure: mouvement de l'eau rapide (sécheresse) et érosion
	Réserve en eau utile (%) estimée	6,6	10	Manque d'eau pour la culture (baisse des rendements et de l'efficacité des engrais)

LE PROJET

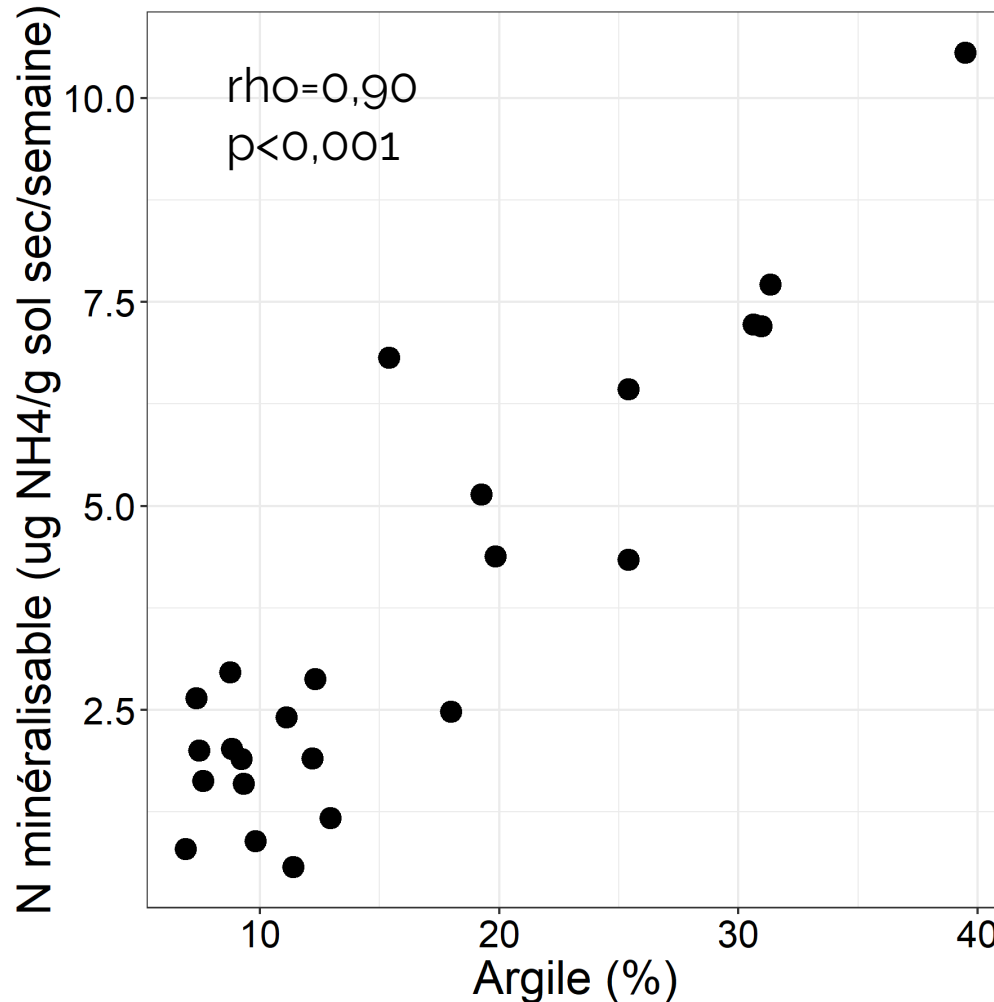
Biologique	SOLVITA®	Respiration C-CO ₂ (ppm)	148	80	
		Azote labile N-NH ₃ (kg/ha)	241	60	Risque de difficulté du sol à fournir l'azote aux cultures et aux microorganismes
		Matière organique (%)	5,5	94	
		Carbone actif (ppm) Matière organique labile	764	77	

Chimique	pH	5,9	63	Faible disponibilité des éléments nutritifs, équilibre de la biologie du sol (organismes bénéfiques/pathogènes), détérioration de la structure
	Phosphore (kg/ha)	135	64	Risque de difficulté d'enracinement des cultures et de la formation des fruits
	Potassium (kg/ha)	54	9	Diminution de la résistance des cultures aux maladies, au gel et à la sécheresse
	Magnésium (kg/ha)	70	16	Diminution de la capacité de photosynthèse et synthèse protéique (décoloration des feuilles)
	Calcium (kg/ha)	2302	44	Risque détérioration de la structure du sol, résistance et soutien des tiges, développement du réseau racinaire

Évaluation globale (%)		58	Bon sol avec quelques problèmes à solutionner
-------------------------------	--	----	--

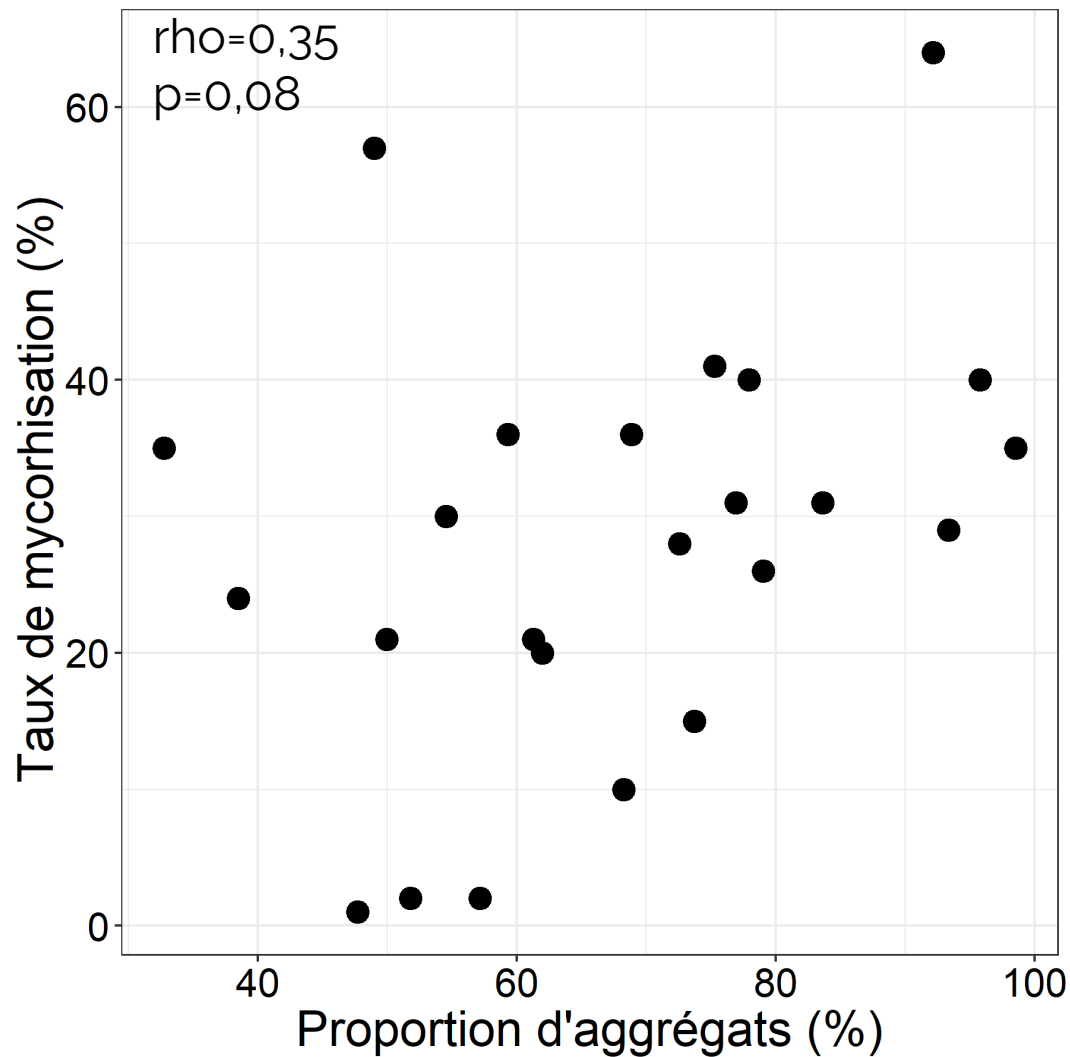
N.B. La couleur du paramètre Valeur /100 est donnée selon les valeurs suivantes: 0 à 30 % = Rouge, 30 à 70 % = Jaune, > 70 % = Vert

Les résultats préliminaires

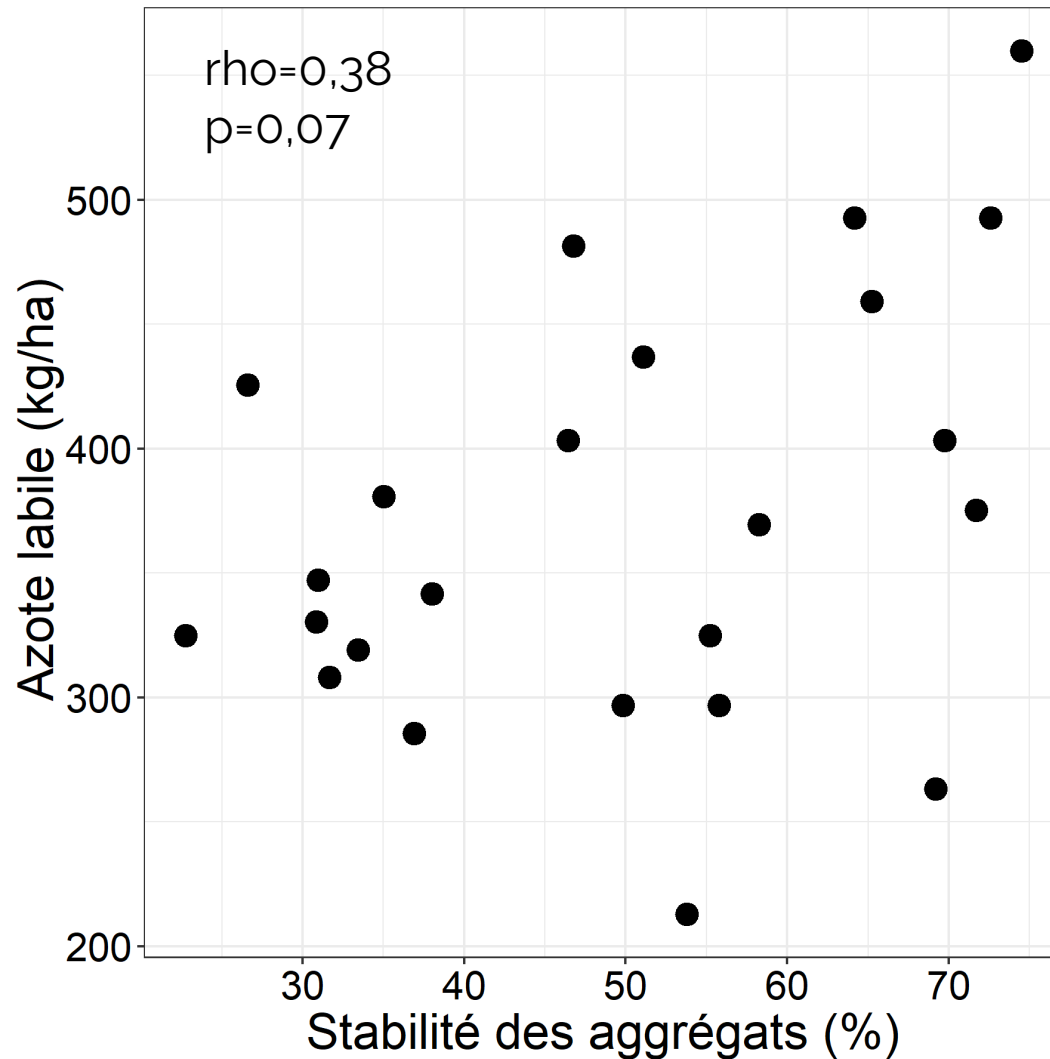


ρ = corrélation
de Spearman
 p = probabilité

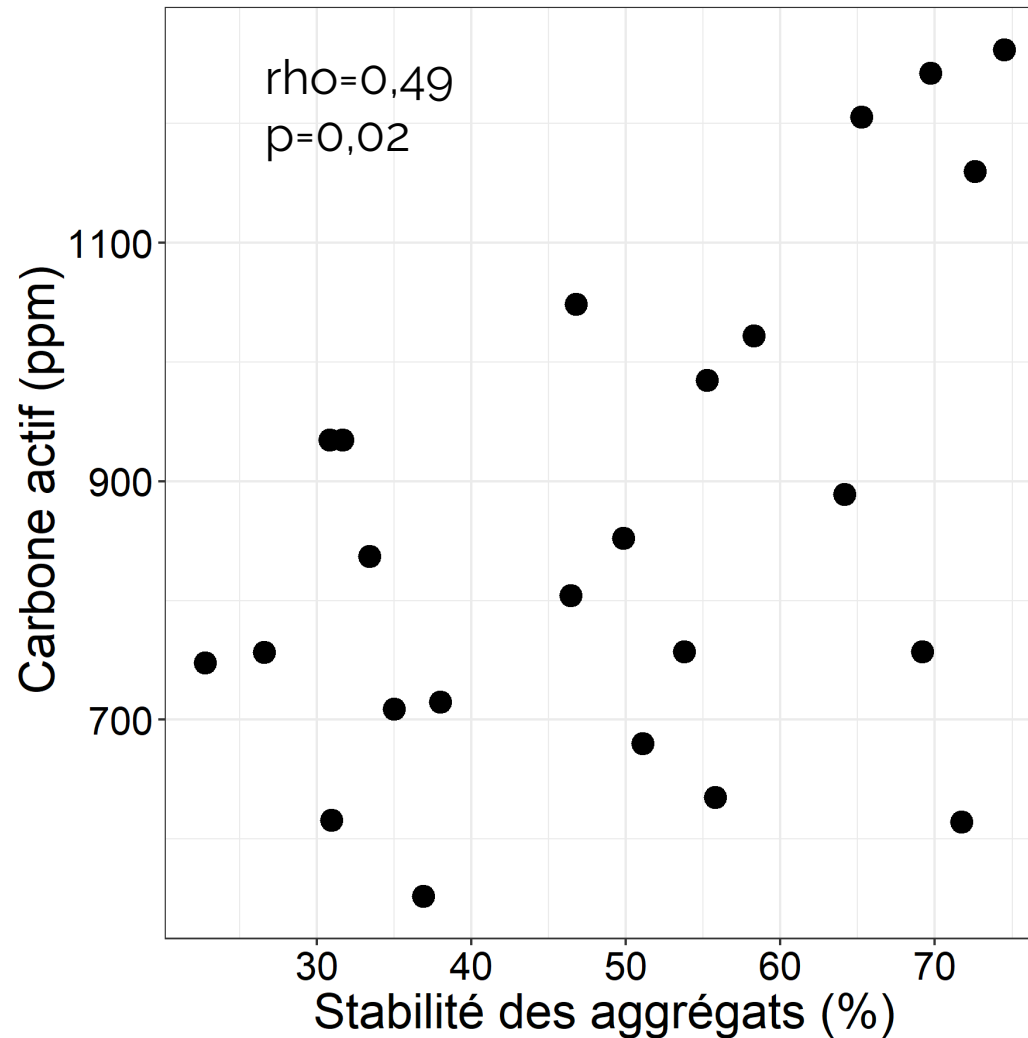
Les résultats préliminaires



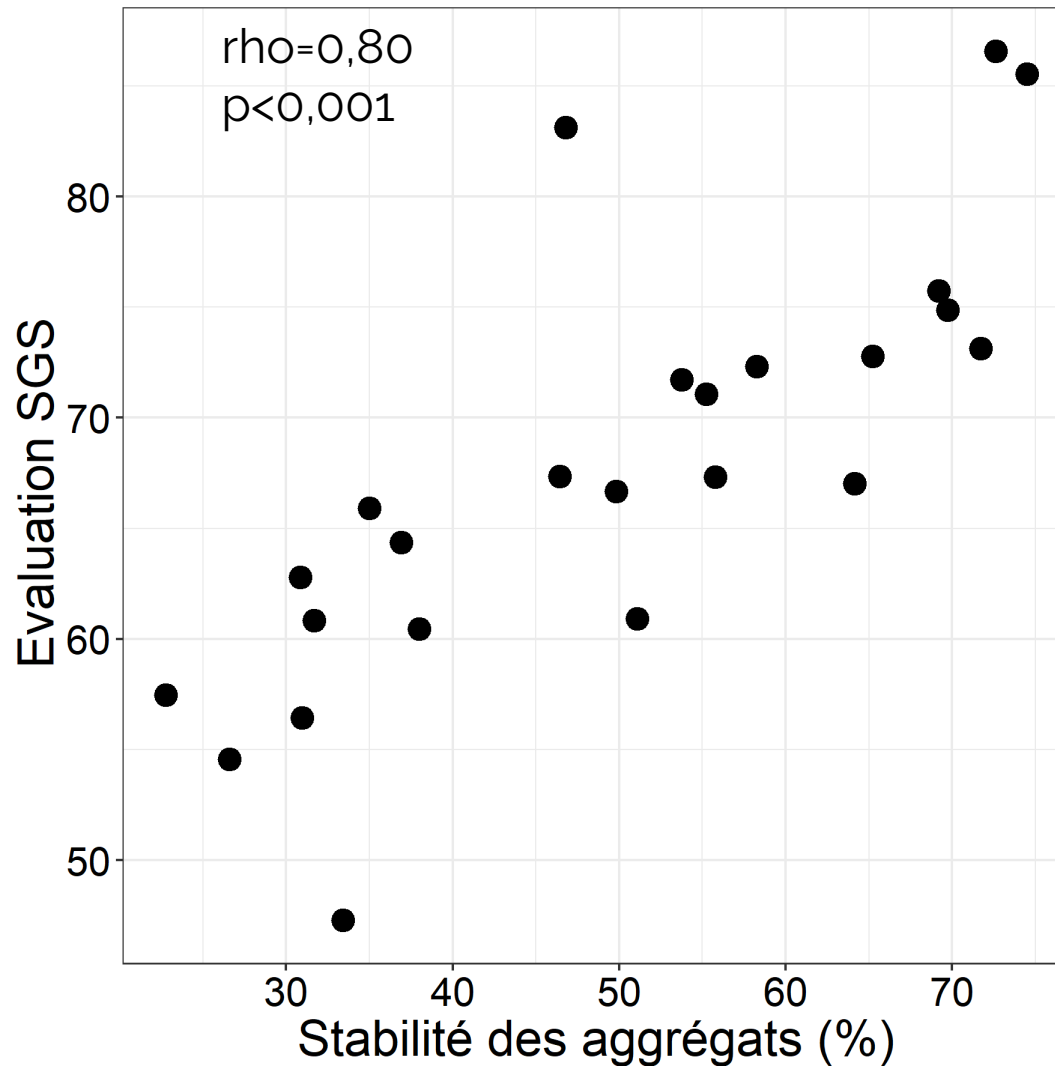
Les résultats préliminaires



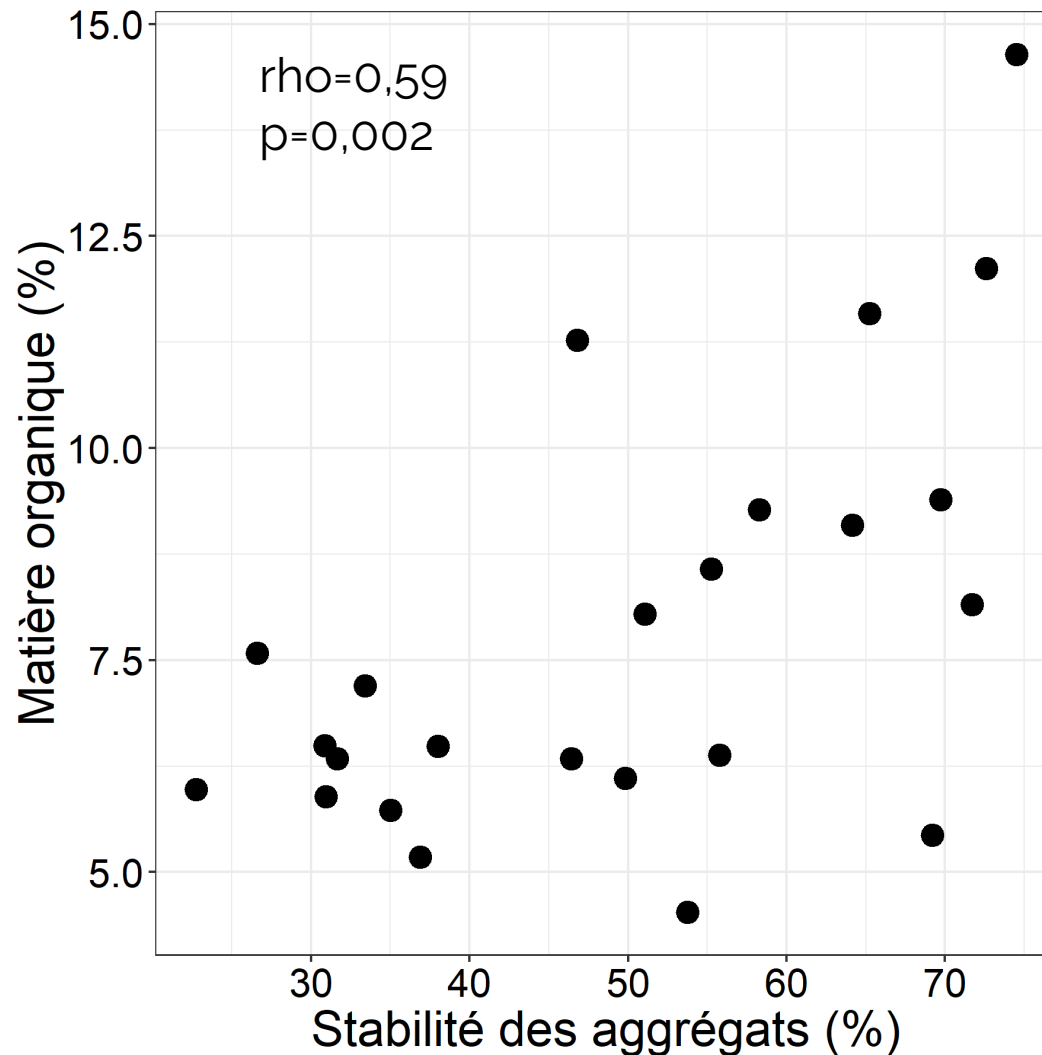
Les résultats préliminaires



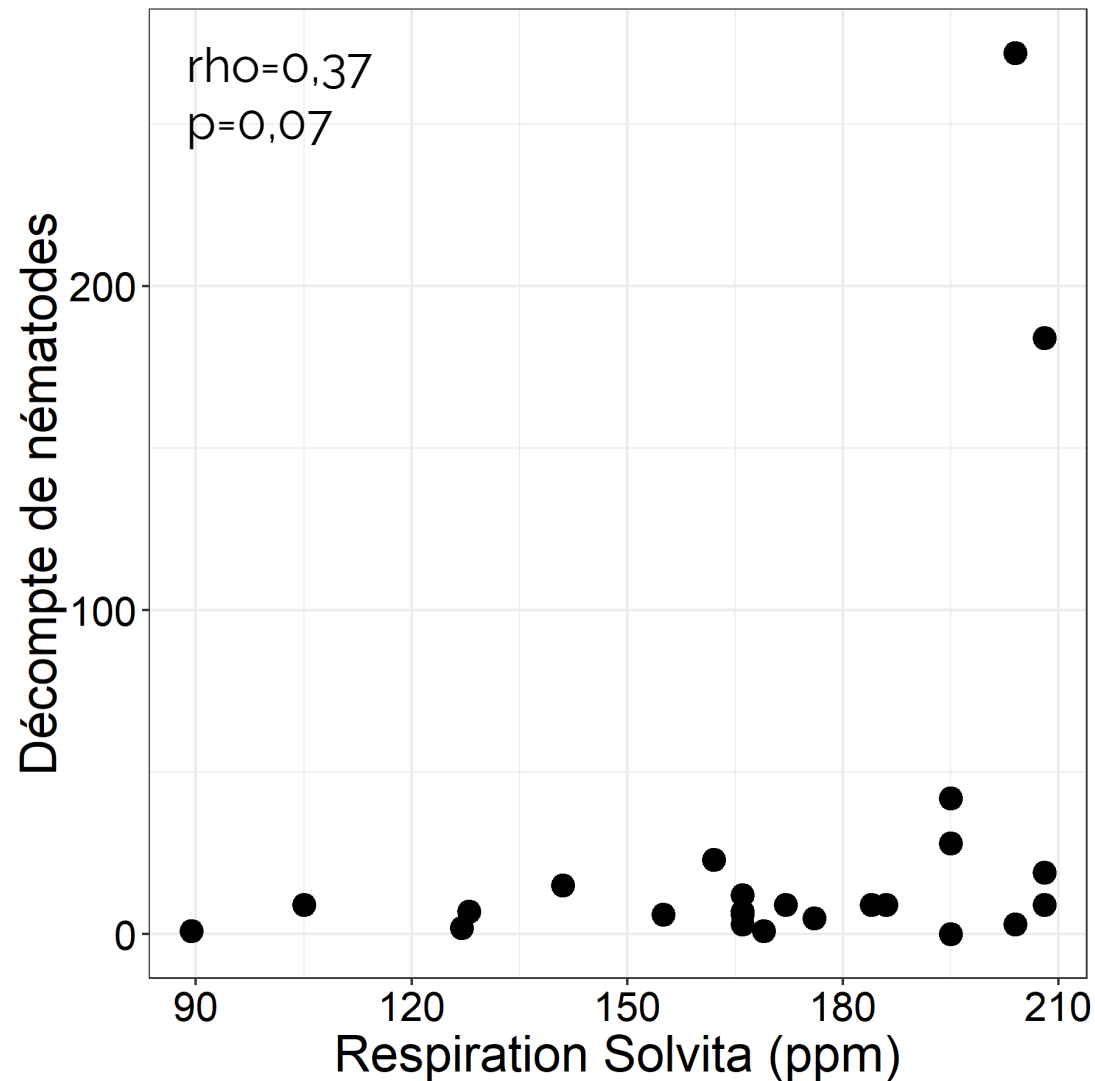
Les résultats préliminaires



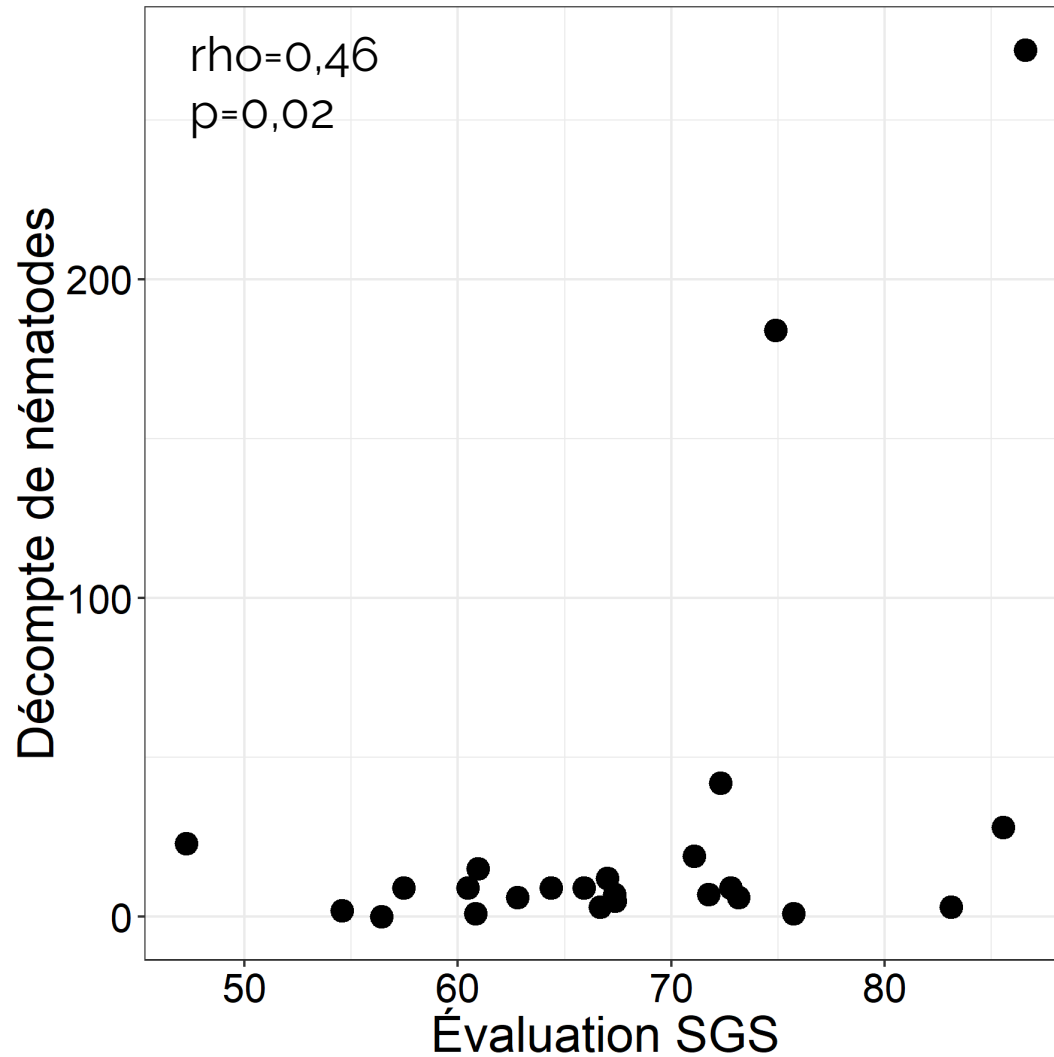
Les résultats préliminaires



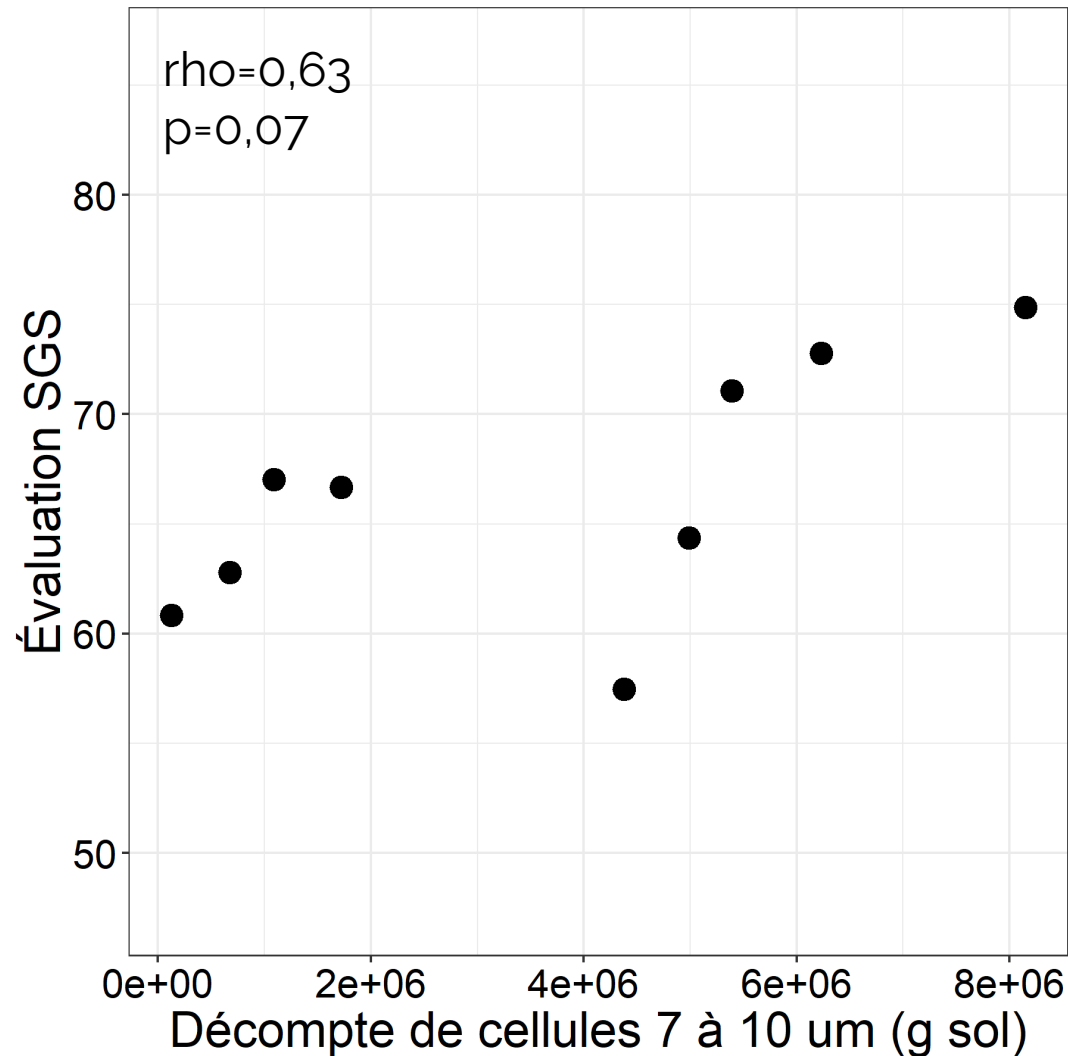
Les résultats préliminaires



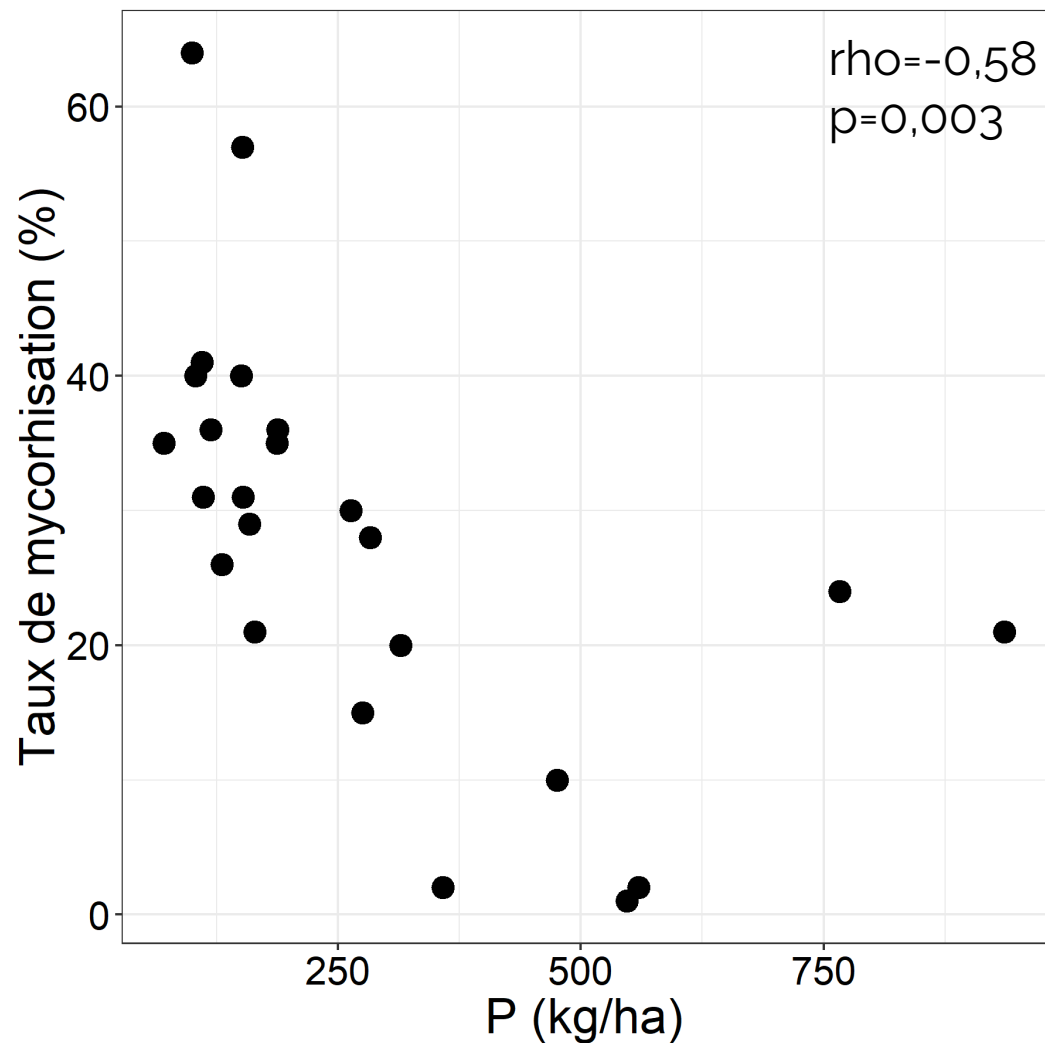
Les résultats préliminaires



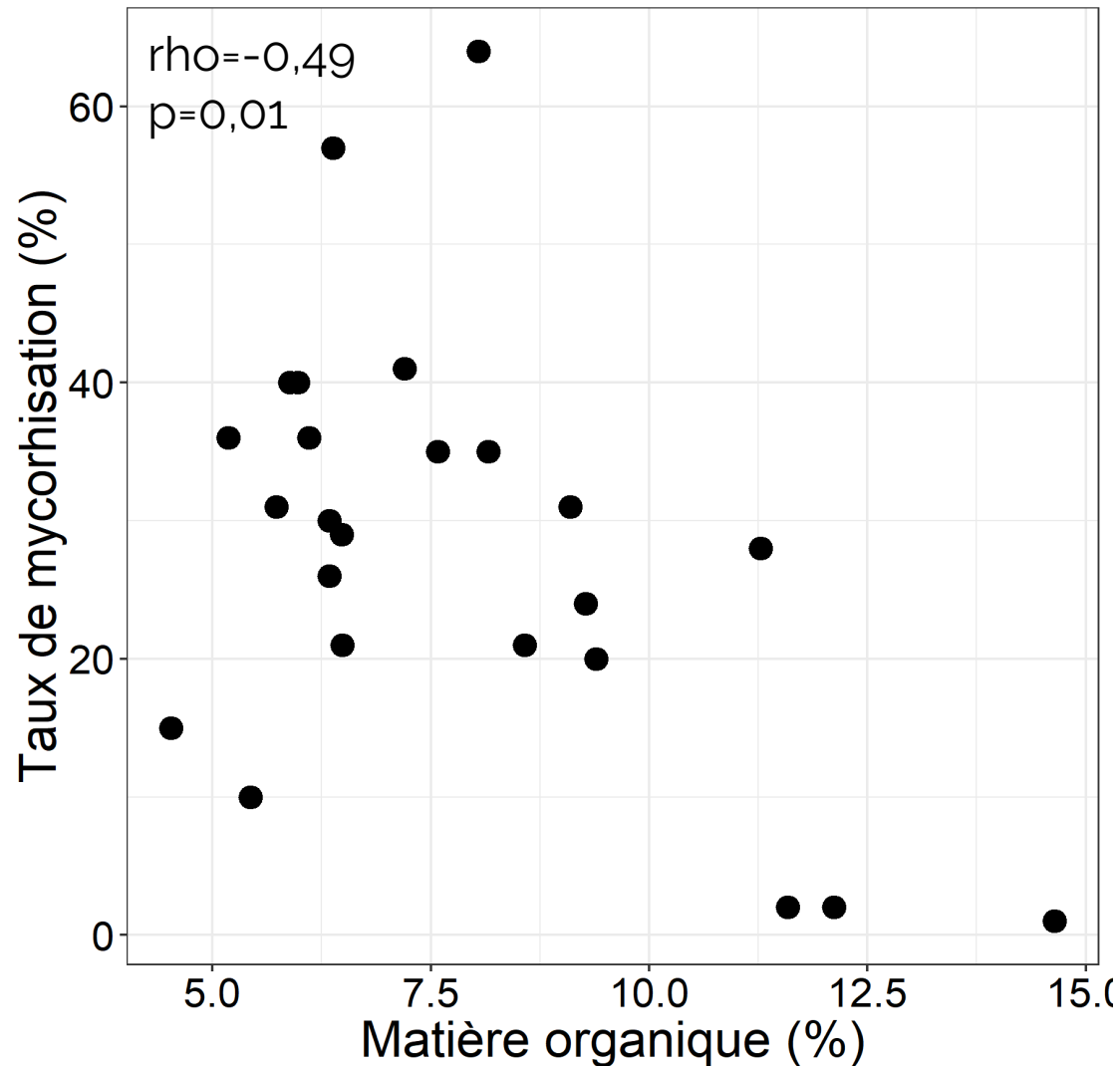
Les résultats préliminaires



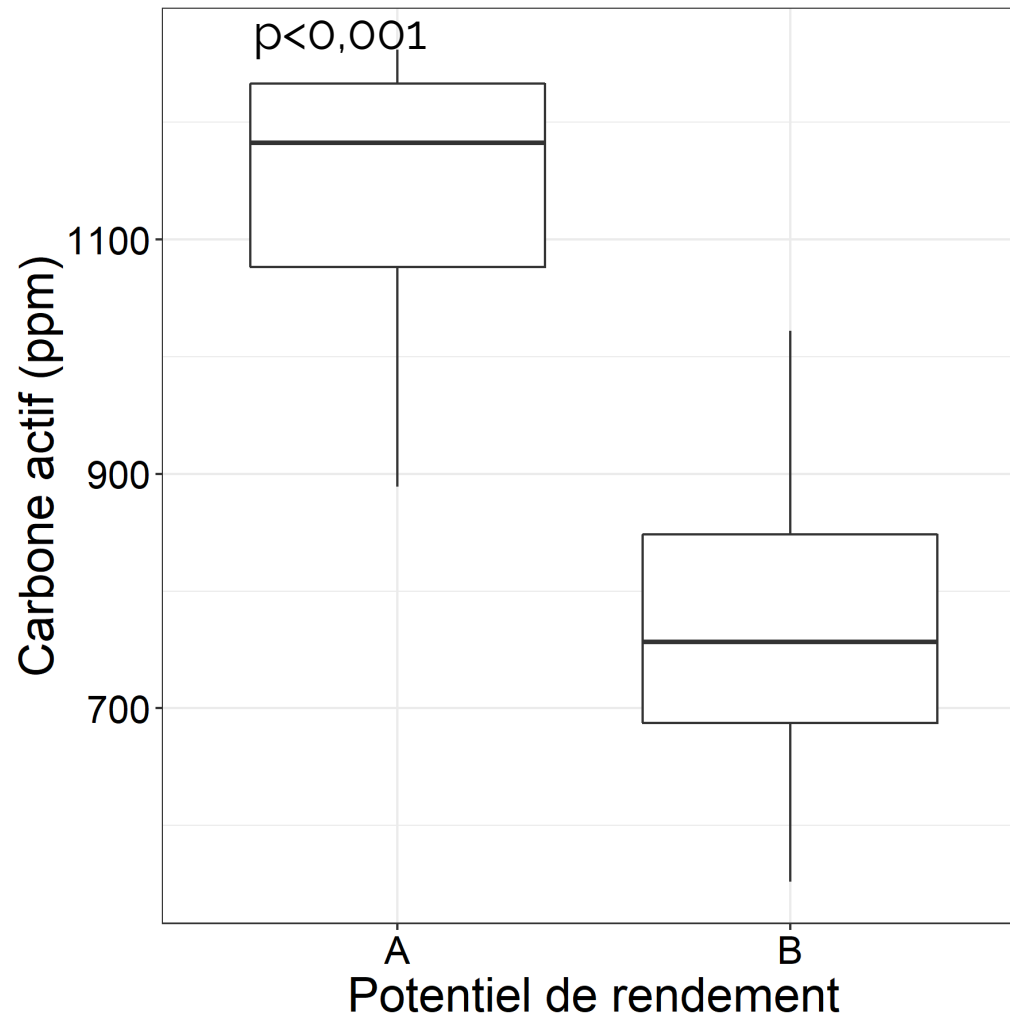
Les résultats préliminaires



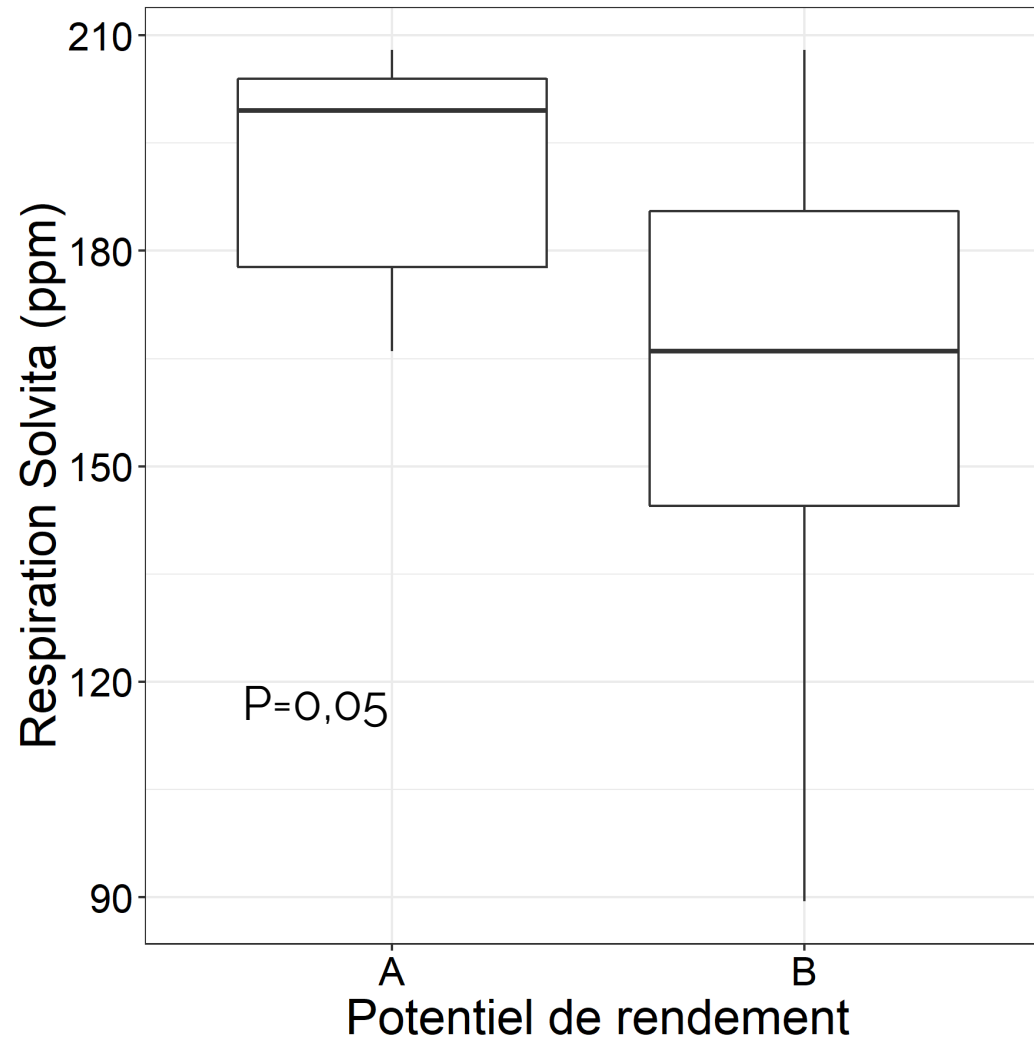
Les résultats préliminaires



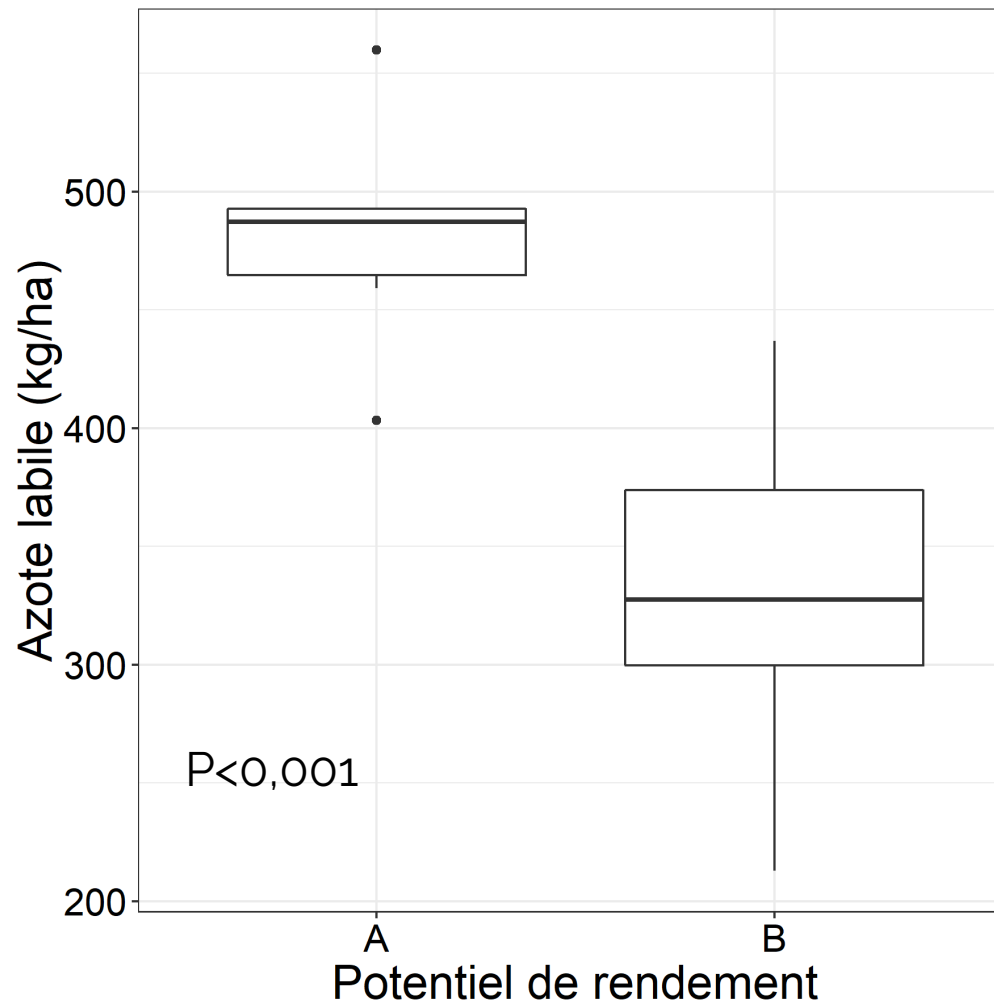
Les résultats préliminaires



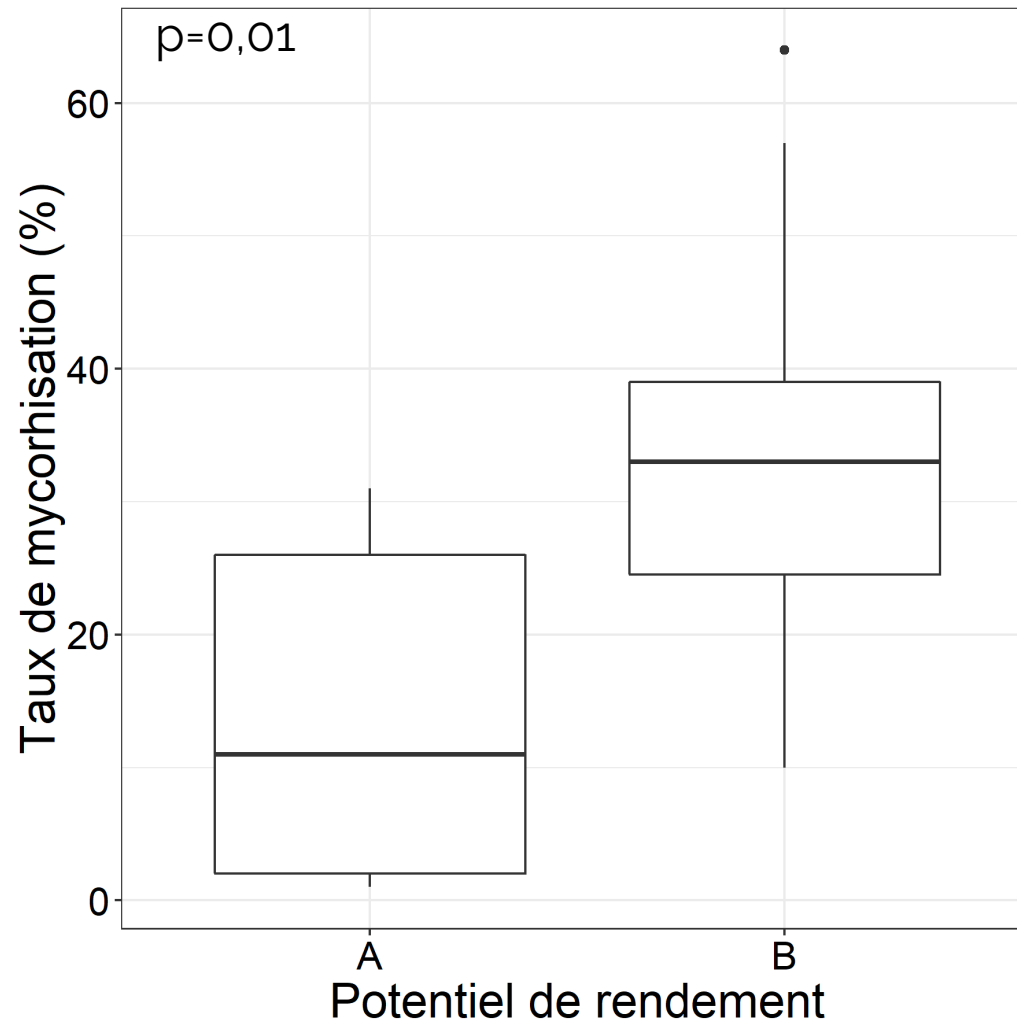
Les résultats préliminaires



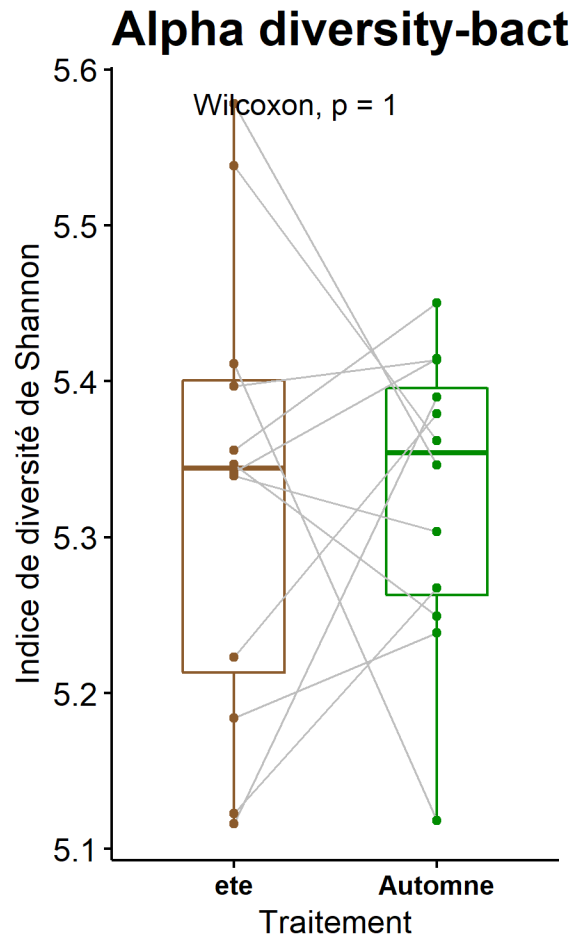
Les résultats préliminaires



Les résultats préliminaires



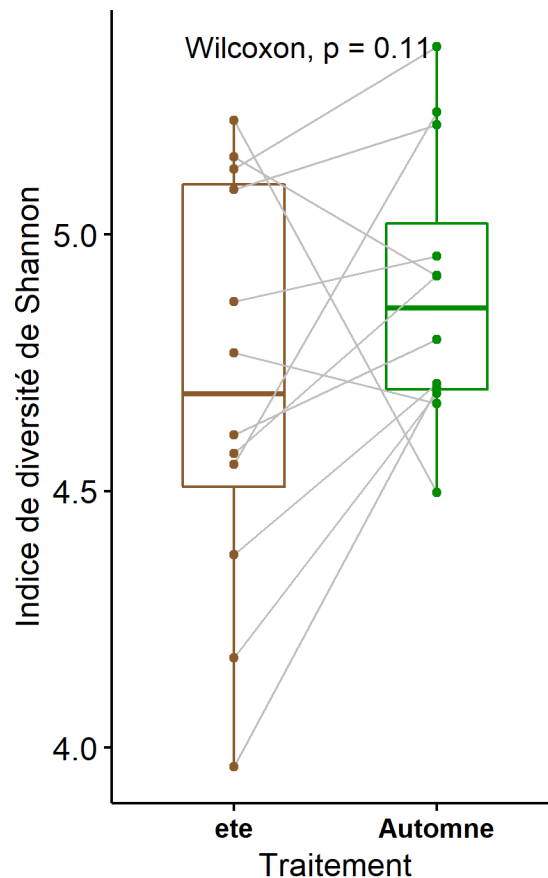
Les résultats préliminaires



Bactéries : Indices de Shannon similaires selon période mais variabilité plus faible en automne

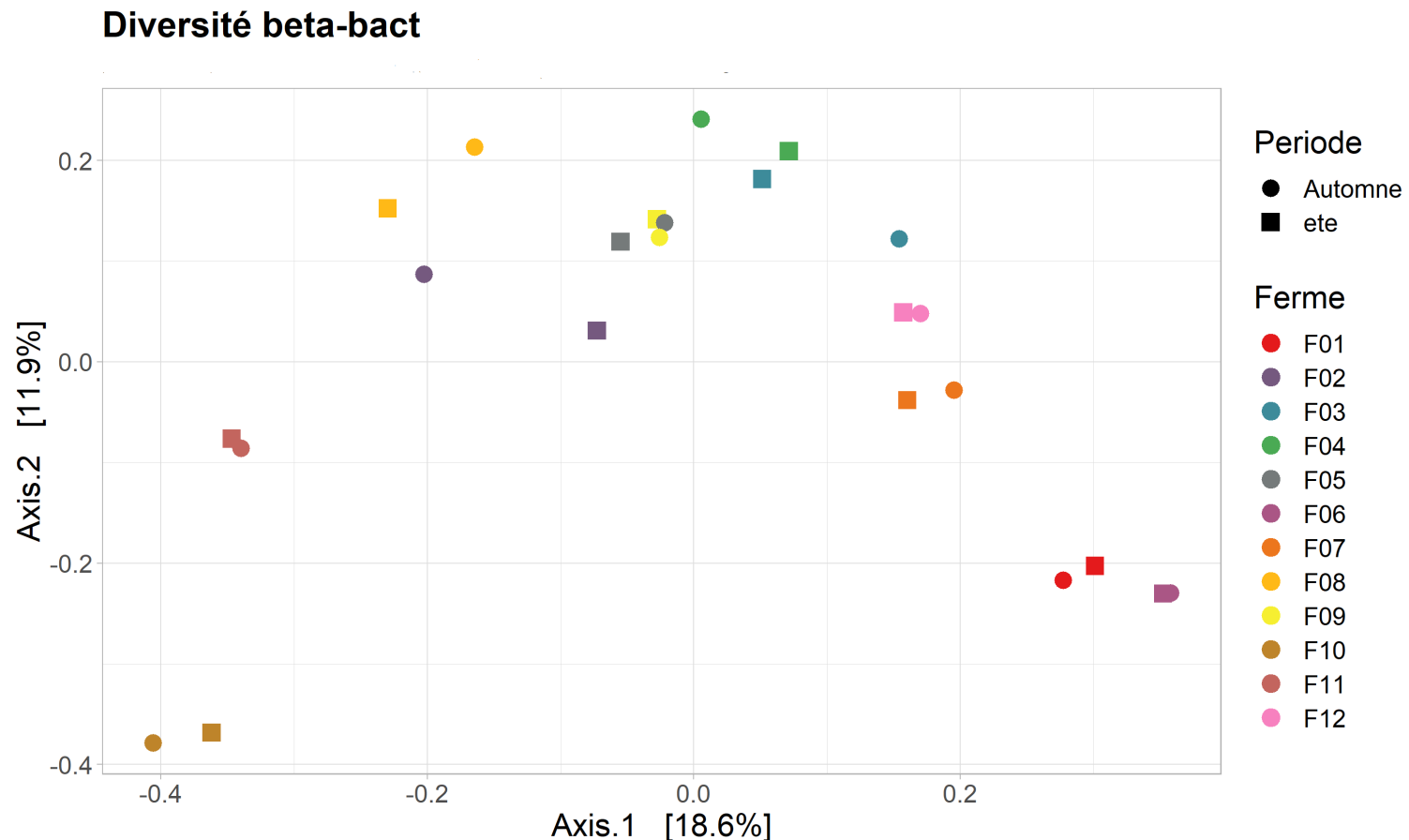
Les résultats préliminaires

Alpha diversity-ITS



Champignons : Indices de Shannon similaires selon période mais variabilité plus faible en automne

Les résultats préliminaires

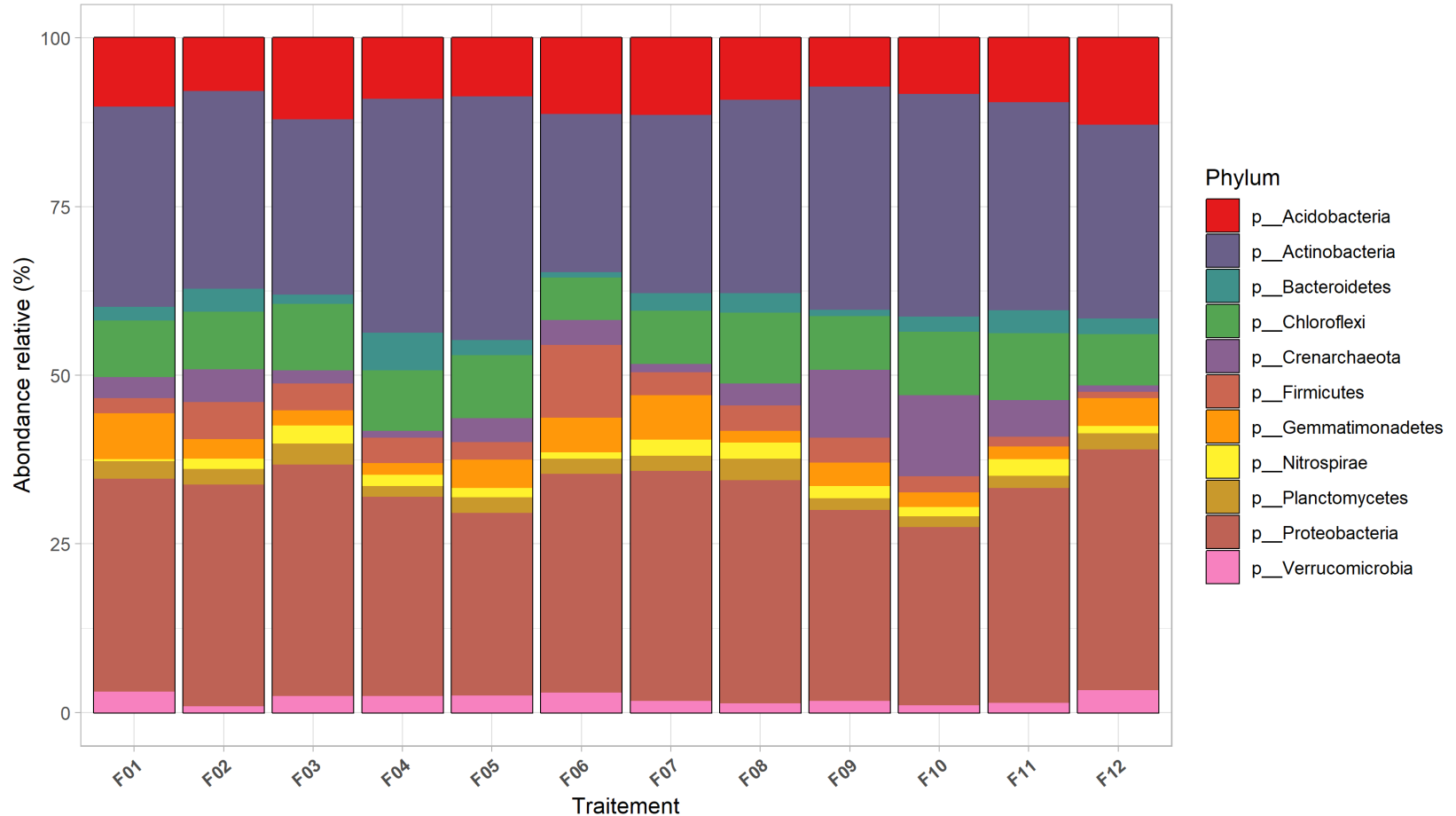


Grande diversité bactérienne (espèces) par ferme

Diversité bactérienne semblable par ferme-période, sauf F2, F3, F8

Les résultats préliminaires

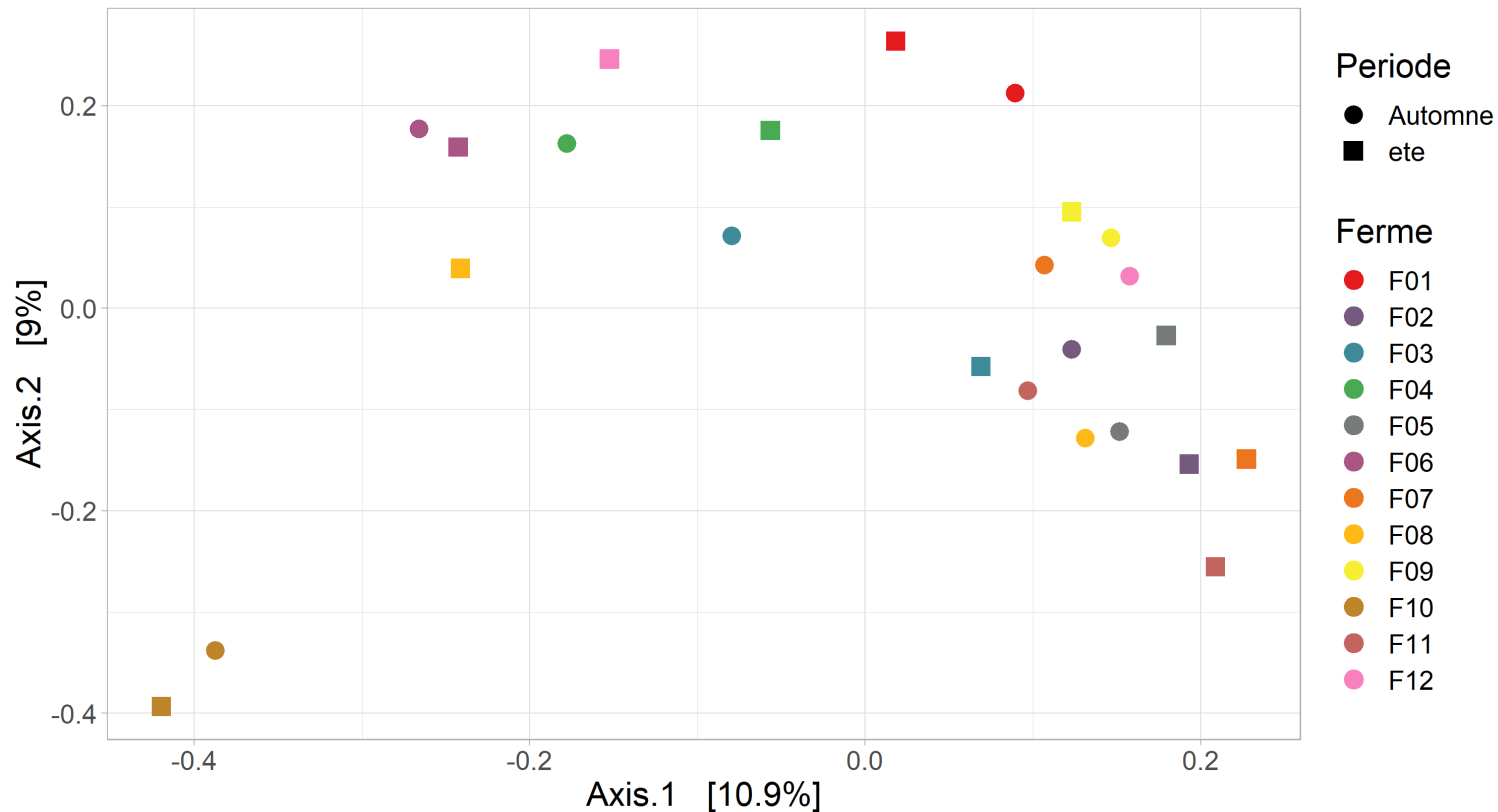
Taxonomy-bact-Phylum-0.01



Phylum = Embranchement

Les résultats préliminaires

Diversité beta-ITS

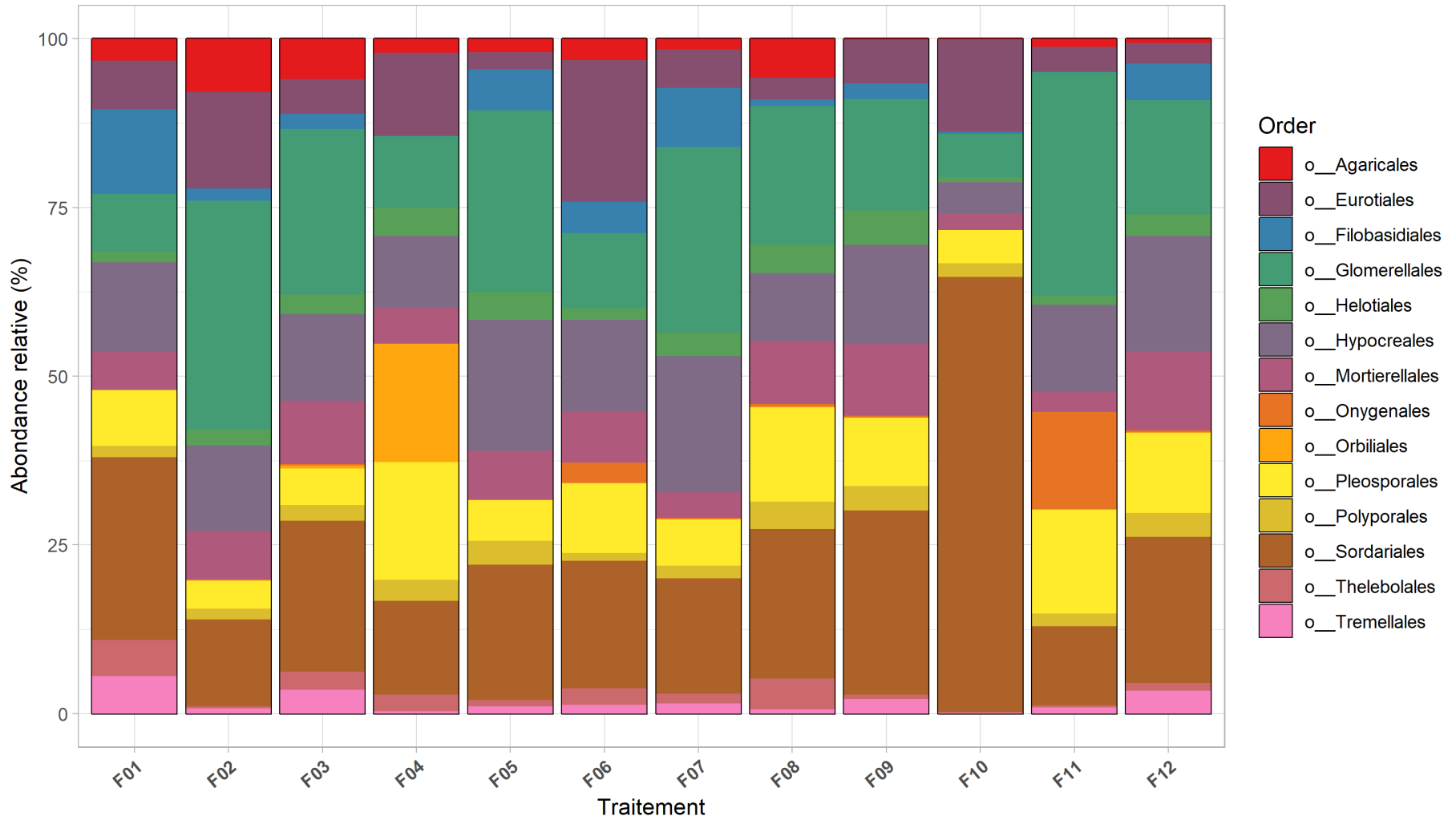


Grande diversité fongique par ferme

Diversité fongique différente par ferme-période, sauf F9, F10,

Les résultats préliminaires

Taxonomy-ITS-Order-0.01



- Inclure des données provenant des analyses métagénomiques dans la BD, dont les quantifications totales (abondance) des bactéries et des champignons présents dans chaque échantillon de sol
- Approfondir les analyses statistiques : analyses multivariées
- Dégager des relations et des indicateurs clefs
- Produire un document d'interprétation, avec recommandations (?)

- Ferme Hantée
 - Le Filon maraîcher
 - Les Jardins d'Inverness
 - Croque-Saisons
 - Jardin de la Chevrotière
 - Chapeau Melon
 - Vallon des Sources
 - Jardin des Funambules
 - Ferme de la Berceuse
 - Quatre-Temps
 - La Grelinette
 - Le Potager des nues mains
- Merci de votre
essentielle participation !**

LES FERMES PARTICIPANTES



CETAB⁺ et INAB : Gilles Gagné,
Pierre-Antoine Gilbert
et Charlotte Giard-Laliberté

Biopterre et Cégep de La Pocatière :
Stéphanie Beauseigle,
Pascale Ontchangalt
et Yves Turcotte

AgroEnviroLab : Mélanie Gauthier

LEM de l'IRDA : Thomas Jeanne
et Richard Hogue

Merci de votre attention

Des questions ?