



HAL
open science

Atelier 5 : la diversité végétale et la gestion des bioagresseurs

Cordeau, S., Guillaume Adeux, Rose Amiot, Paul Bannwart, Philippe Chamoy, Jeremy Gervais, Maé Guinet, Rodolphe Hugard, Antoine Jolivald, Anthony Klein, et al.

► To cite this version:

Cordeau, S., Guillaume Adeux, Rose Amiot, Paul Bannwart, Philippe Chamoy, et al.. Atelier 5 : la diversité végétale et la gestion des bioagresseurs. CA-SYS Day 2024 - Résultats de 5 ans d'expérimentations en agroécologie sans pesticides, Jun 2024, Bretenière, France. <hal-05559270>

HAL Id: hal-05559270

<https://hal.inrae.fr/hal-05559270v1>

Submitted on 19 Mar 2026

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

Plateforme CA-SYS

(Co-designed **A**groecological **S**ystem experiment)
Plateforme d'expérimentation collaborative en agroécologie

Résultats de 5 ans d'expérimentations en agroécologie sans pesticides



Journées d'échanges

13 & 14 juin 2024



Avec le soutien financier de :



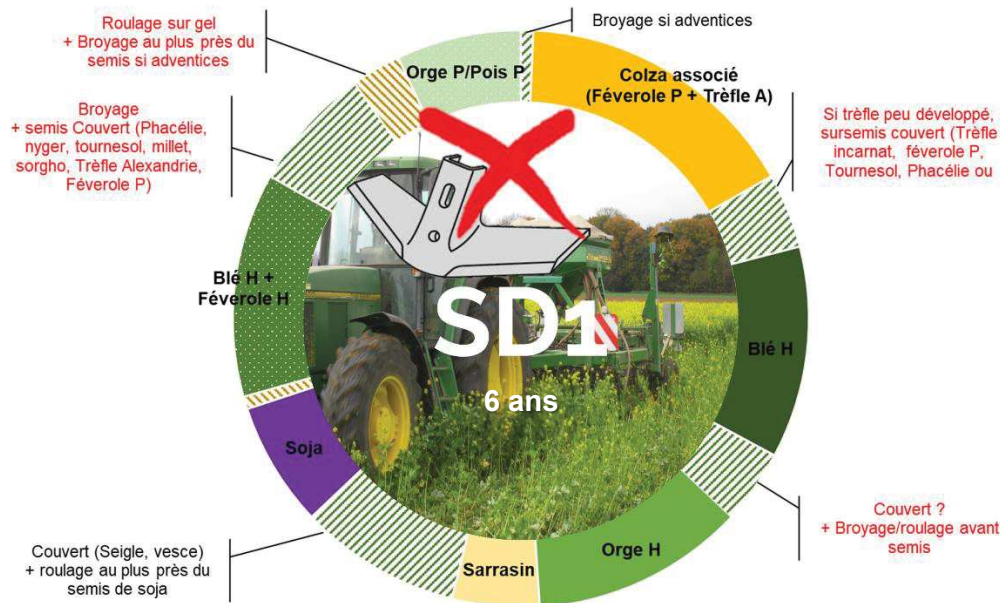
Funded by
the European Union



Les systèmes de culture en semis-direct (SD) testés : Successions culturales et principales interventions en interculture

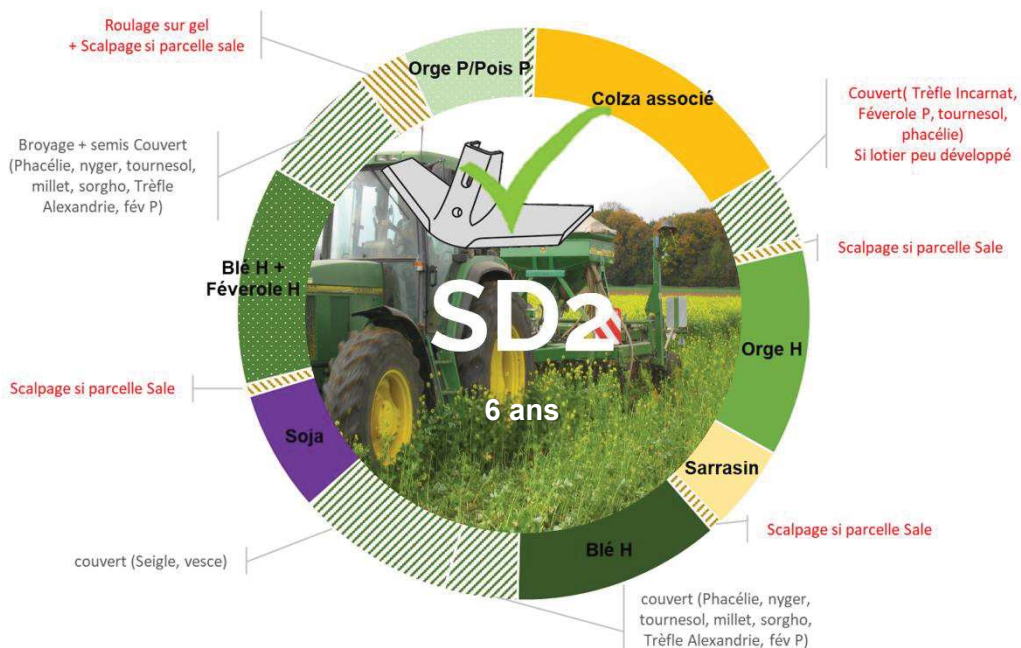
Système SD1

« Semis-direct permanent »



Système SD2

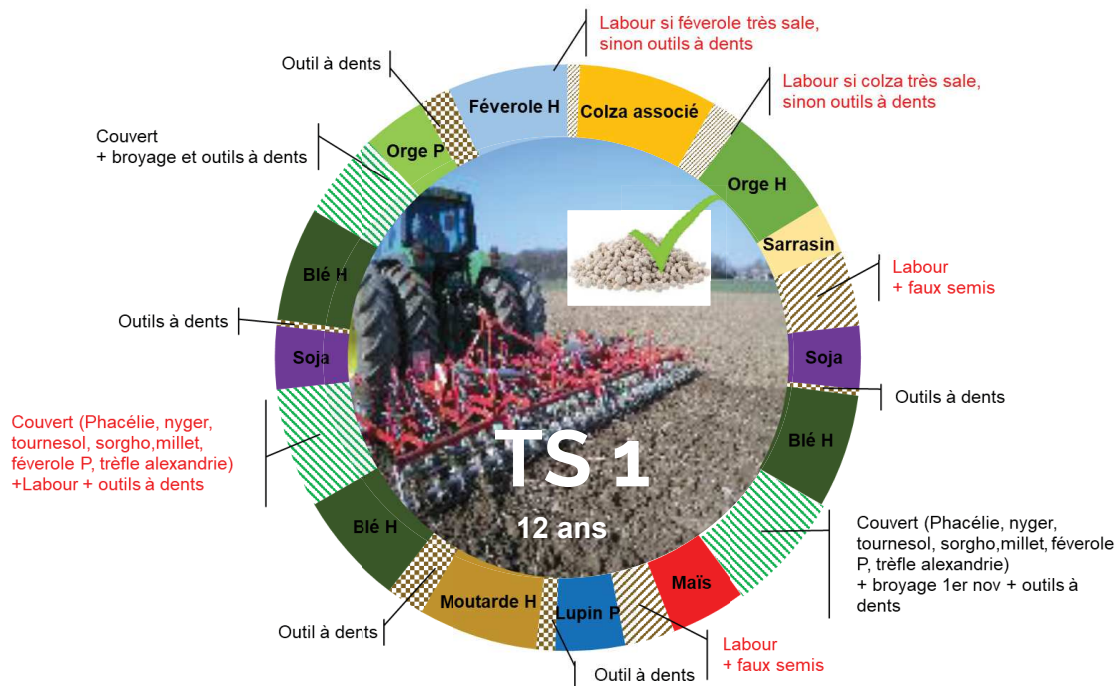
« Semis-direct non-permanent »



Les systèmes de culture avec travail du sol (TS) testés : Successions culturales et principales interventions en interculture

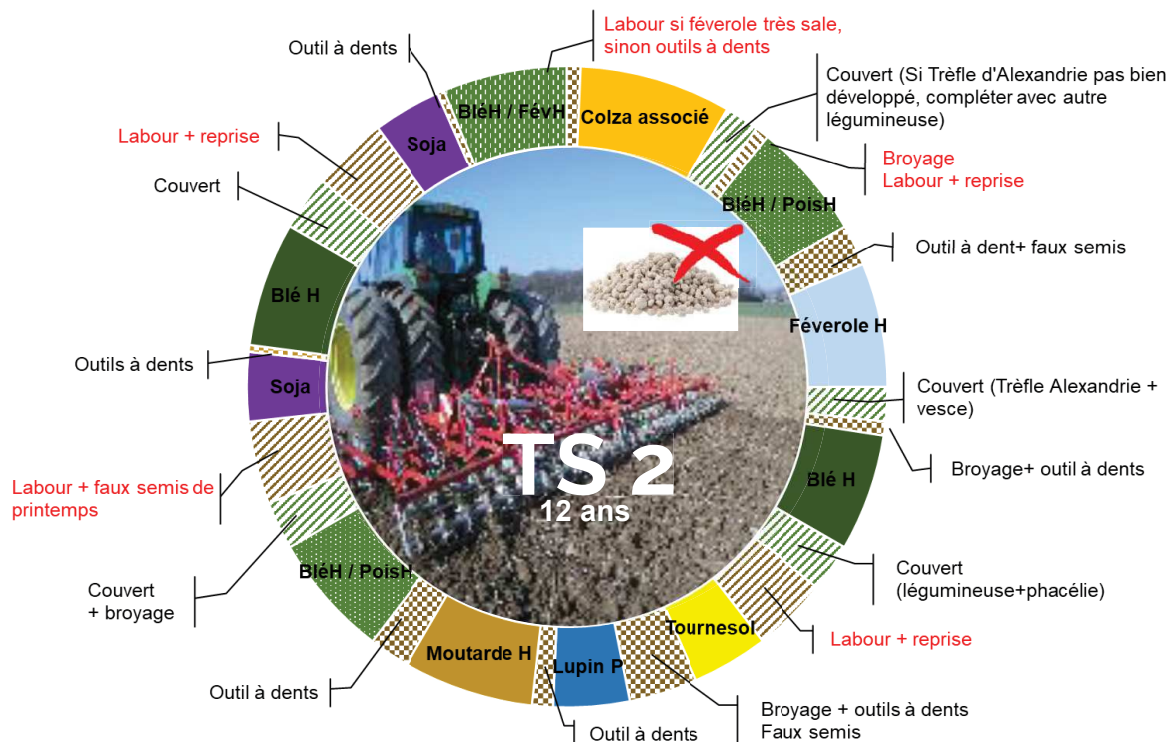
Système TS1

« Travail du sol avec N exogène »



Système TS2

« Travail du sol sans N exogène »



Atelier 5 : la diversité végétale et la gestion des bioagresseurs

Contacts :

Guillaume ADEUX, INRAE, UMR Agroécologie guillaume.adeux@inrae.fr

Valérie DUFAYET, INRAE, U2E valerie.dufayet@inrae.fr

Anthony KLEIN, INRAE, UMR Agroécologie anthony.klein@inrae.fr

Maé GUINET, Institut Agro Dijon, UMR Agroécologie mae.guinet@inrae.fr

Nicolas MUNIER-JOLAIN, INRAE, UMR Agroécologie nicolas.munier-jolain@inrae.fr

La diversification végétale des parcelles et des paysages agricoles contribue à la régulation naturelle des différents bioagresseurs des cultures.

Sur CA-SYS, la diversité végétale est mobilisée pour :

- gérer préventivement les bioagresseurs par des effets dilution ou barrière,
- alterner les cycles et mobiliser le pouvoir couvrant pour concurrencer les adventices,
- favoriser les auxiliaires des cultures pour leur fonction de régulation biologique,
- répartir les aléas annuels de pressions biotiques et/ou climatiques.

La diversification végétale est pensée à différentes échelles. À l'échelle de la parcelle, nous misons sur des mélanges variétaux et des mélanges d'espèces (association). Nous diversifions aussi à l'échelle de la succession culturale avec une grande diversité de cultures principales et la mise en place de cultures dérobées et de couverts végétaux. Enfin la diversification est aussi pensée à l'échelle du petit paysage via l'assolement des cultures et l'introduction d'infrastructures agroécologiques de types haies, bandes enherbées et fleuries mises en place pour fournir un habitat et des ressources trophiques aux auxiliaires des cultures.



Légende : Vue aérienne d'un essai analytique visant à étudier l'effet de l'augmentation de diversité génétique intra et interspécifique en pois et féverole sur la production et la régulation biologique des bioagresseurs (Projet ANR SPECIFICS). L'essai est bordé de bandes fleuries et enherbées.

© Rodolphe Hugard et Guillaume Poussou / U2E / INRAE

Cet atelier présente

- les modalités de diversification mises en œuvre à l'échelle des 125 ha de la plateforme CA-SYS
- des expérimentations analytiques en cours visant à étudier les effets de la diversification intra et interspécifique sur la production (rendement et qualité) et la régulation des ravageurs et des adventices
- des études conduites sur les données du réseau DEPHY-Ferme sur le lien entre réduction de l'usage des pesticides et diversification temporelle des cultures.

L'approche paysagère dans CA-SYS

Un maillage continu d'infrastructures agroécologiques

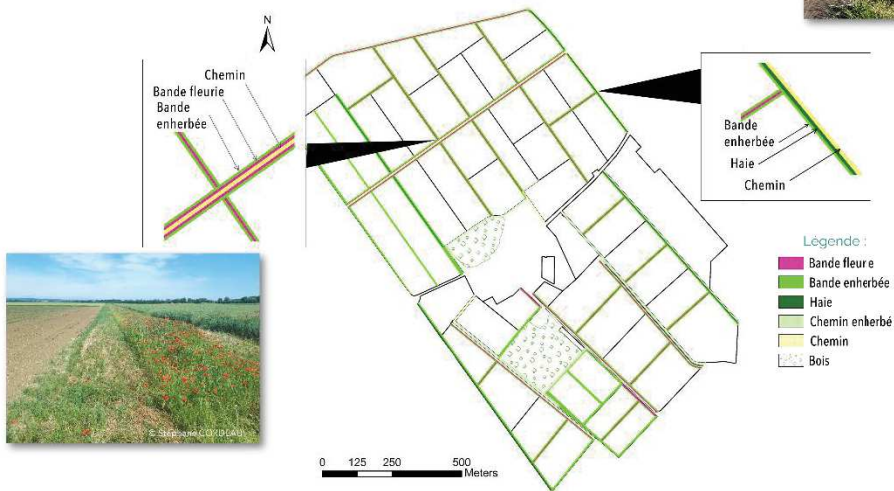
10% de la surface cultivée de CA-SYS

- 2,9 ha de bandes fleuries (37 espèces)
- 7 ha de bandes enherbées (6 espèces)
- 3,4 km de haies (30 espèces)

Des perchoirs à rapaces pour favoriser la prédation des campagnols

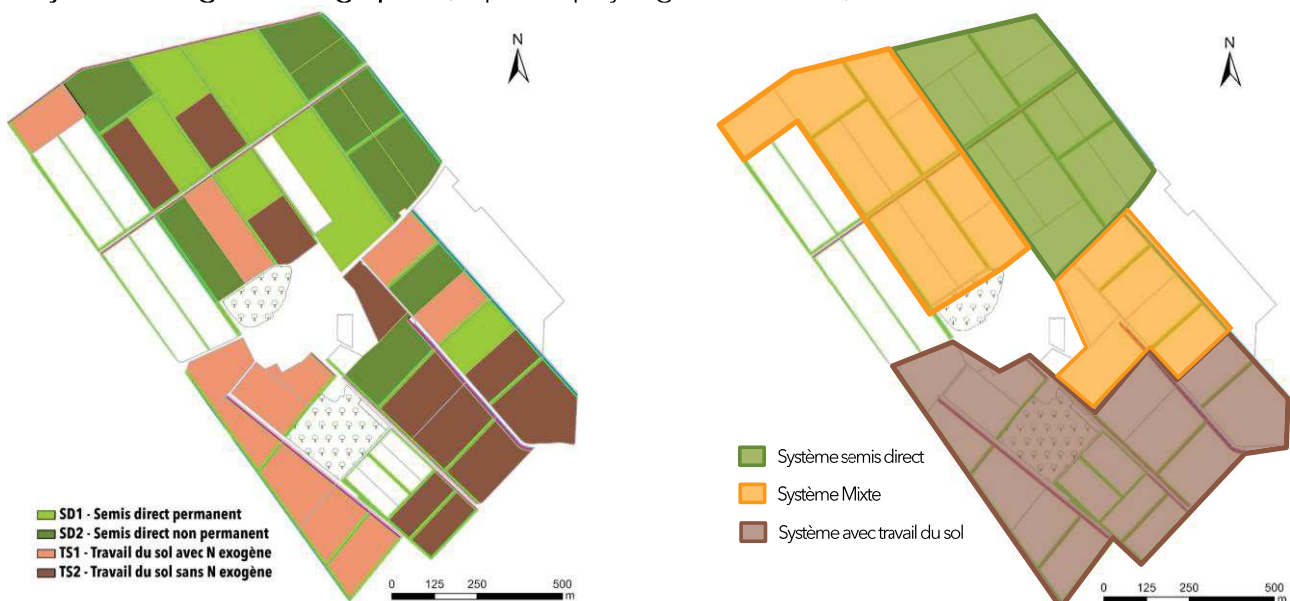
Gestion extensive des bandes enherbées et fleuries

- 1 à 2 fauches des bandes enherbées par an, pour préserver la biodiversité tout en limitant la dissémination des graines dans les parcelles adjacentes
- 0 à 1 fauche des bandes fleuries par an, en dehors des périodes de floraison, pour faciliter la régénération des espèces annuelles
- Broyage des bandes enherbées et fleuries avant l'hiver pour favoriser la prédation des campagnols par les rapaces

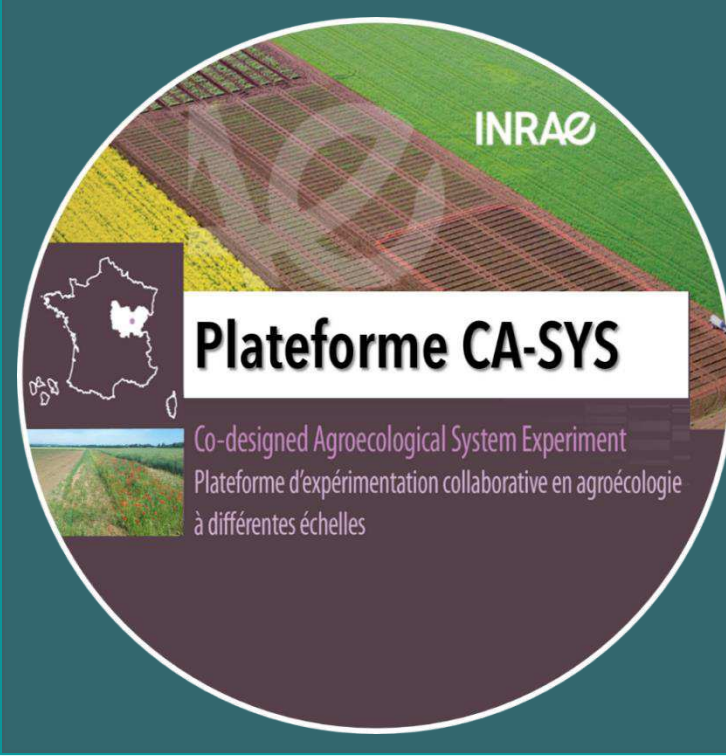


Un paysage de pratiques agricoles : agencement spatial des cultures, des systèmes de culture et des infrastructures agroécologiques

4 systèmes de culture combinés à des infrastructures agroécologiques pour tester 3 systèmes agroécologiques (= petits paysages de 40 ha)



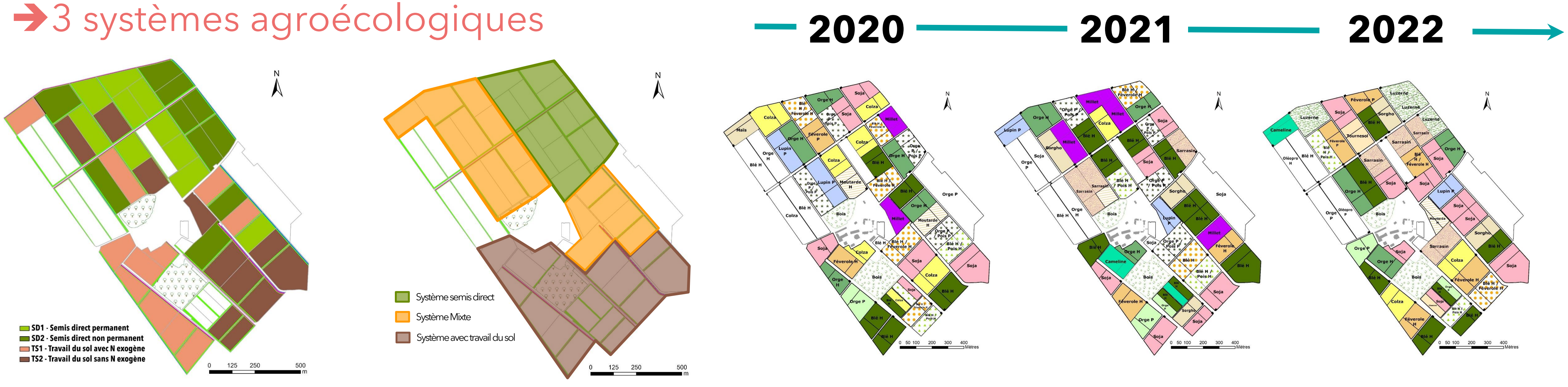
LA DIVERSITÉ VÉGÉTALE A DIFFÉRENTES ÉCHELLES SPATIO-TEMPORELLES



- Gérer préventivement les bioagresseurs par des effets dilution ou barrière
- Favoriser les auxiliaires des cultures pour leur fonction de régulation biologique
- Alternier les cycles et mobiliser le pouvoir couvrant pour concurrencer les adventices
- Répartir les aléas annuels : pressions biotiques et/ou aléas climatiques

Paysage (organisation des cultures et des systèmes = paysage des pratiques)

4 systèmes de culture + IAE
→ 3 systèmes agroécologiques



Infrastructures agroécologiques (IAE)



Succession culturale



Peuplement cultivé, à la parcelle (10 à 15 espèces par campagne)



Echelle temporelle

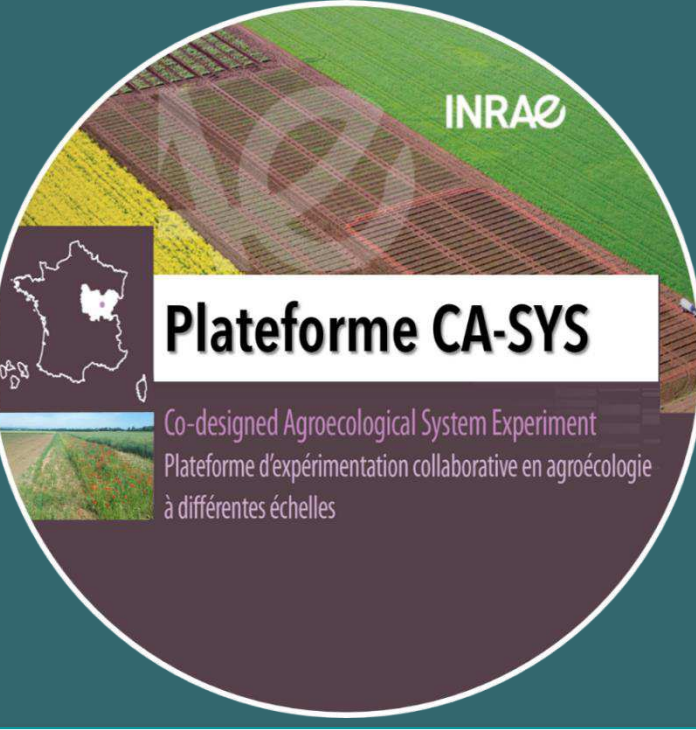
Centre INRAE
Bourgogne-Franche-Comté

➤ **Plateforme CA-SYS**
U2E Unité Expérimentale
du domaine d'Époisses
UMR Agroécologie



Echelle spatiale

LES SUIVIS DES LÉGUMINEUSES

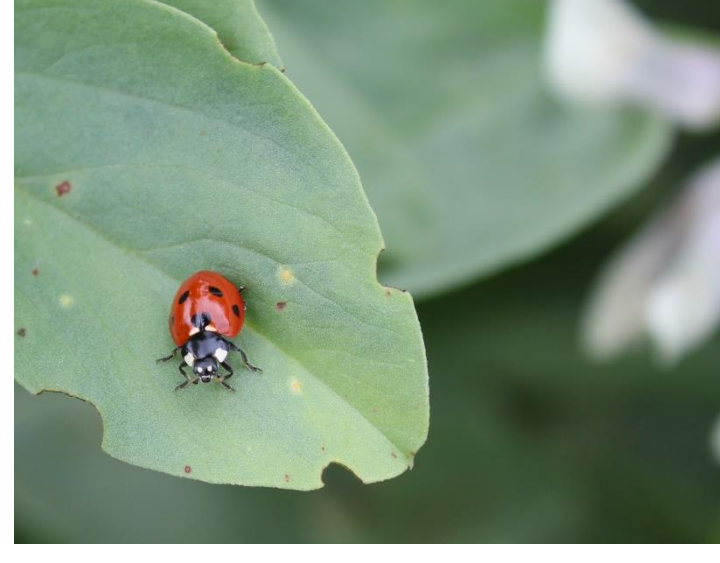


Les auxiliaires des légumineuses

- Volants



Syrphe



Coccinelle



Micro-hyménoptères parasitoïdes

- Rampants



Carabe



Araignée



Opilion



Staphylin

Les ravageurs des légumineuses



Puceron



Sitone

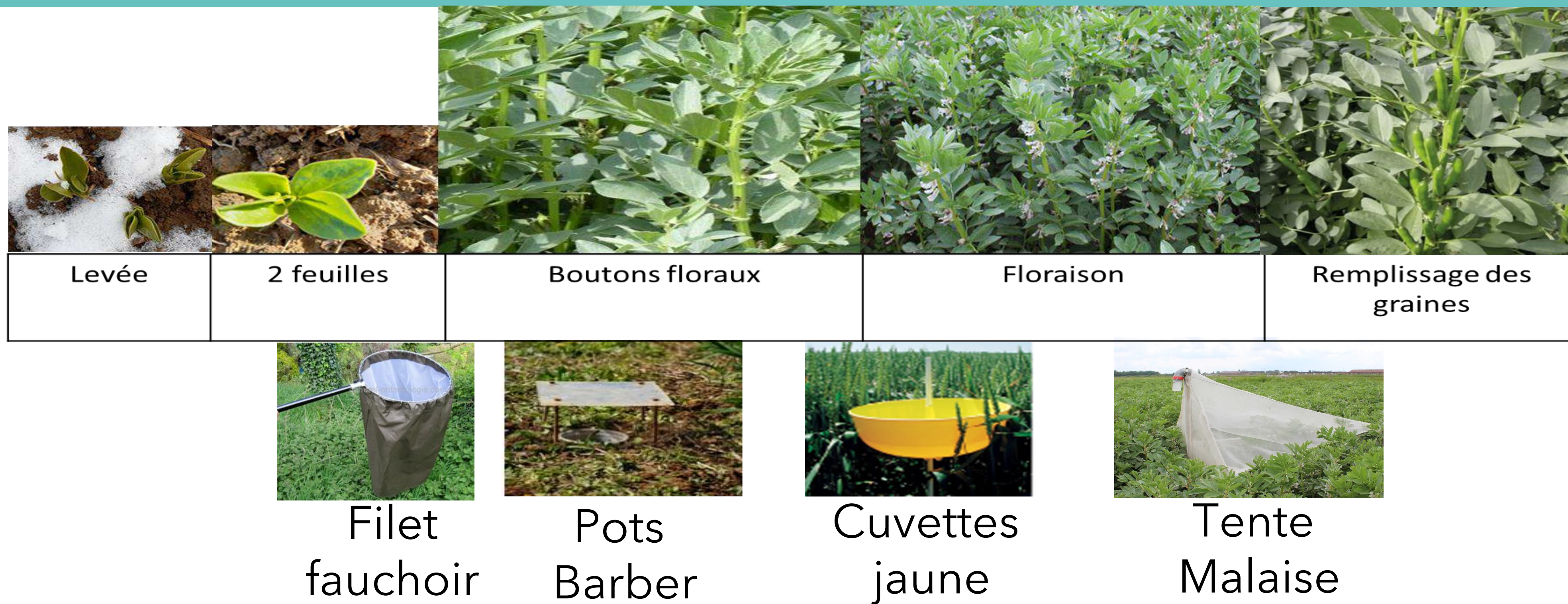


Tordeuse du pois

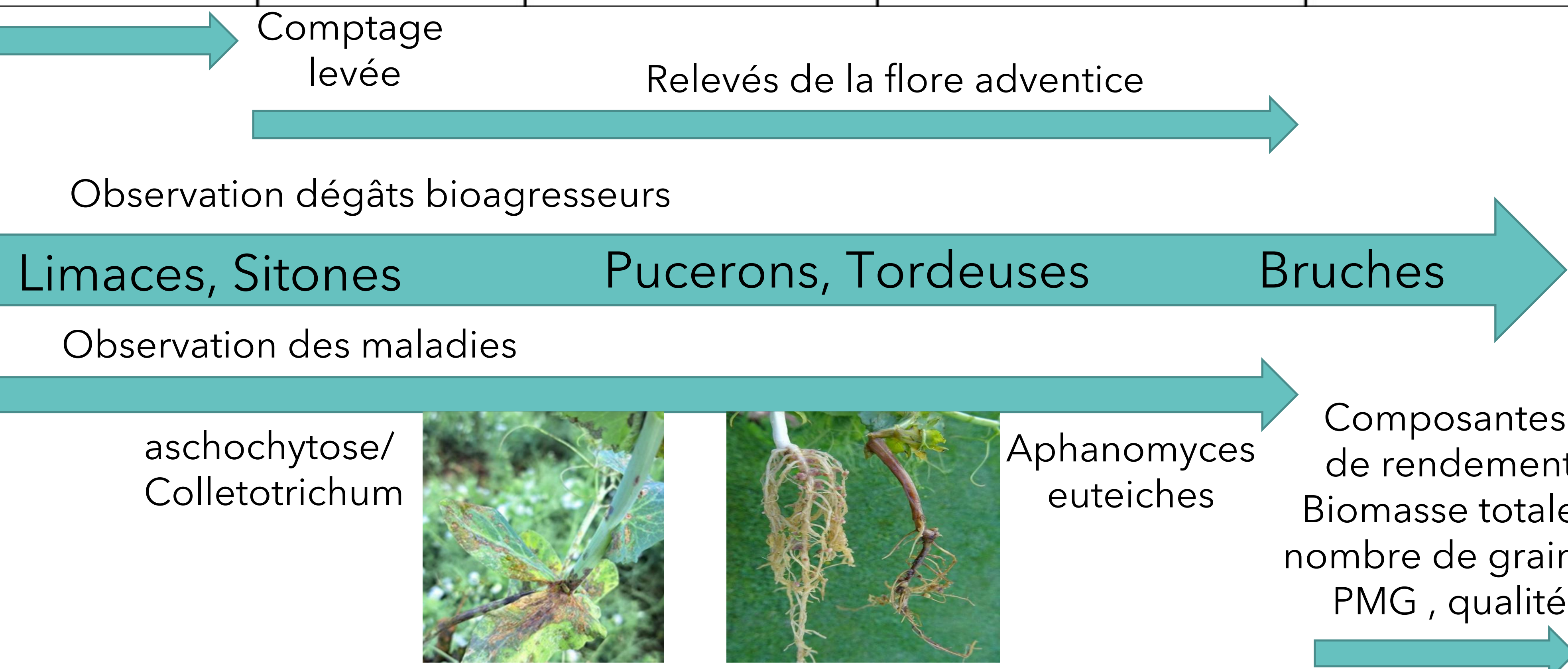
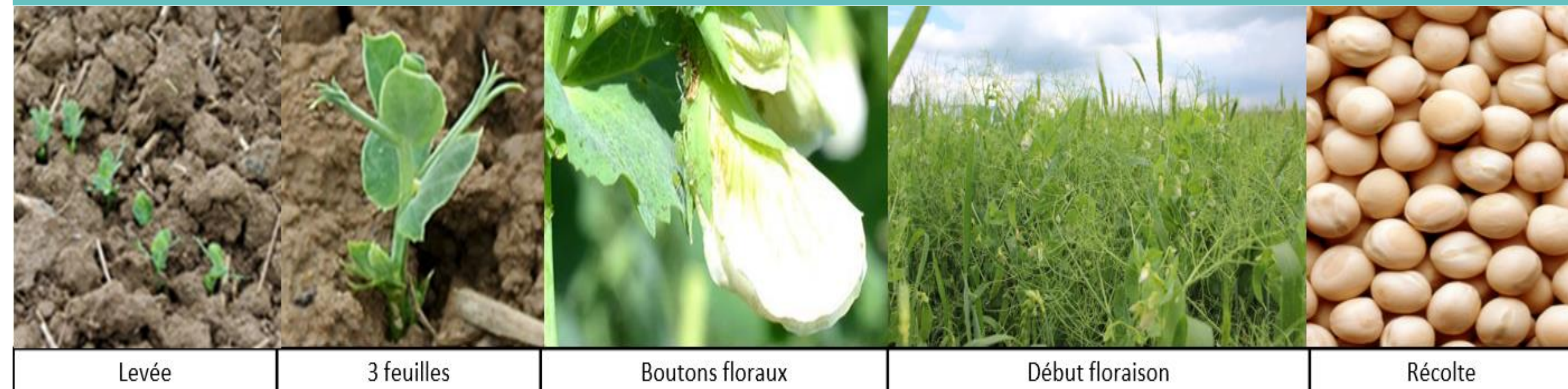


Bruche

CARACTÉRISER ET COMPRENDRE LES INTERACTIONS ENTRE LES RAVAGEURS ET LES AUXILIAIRES



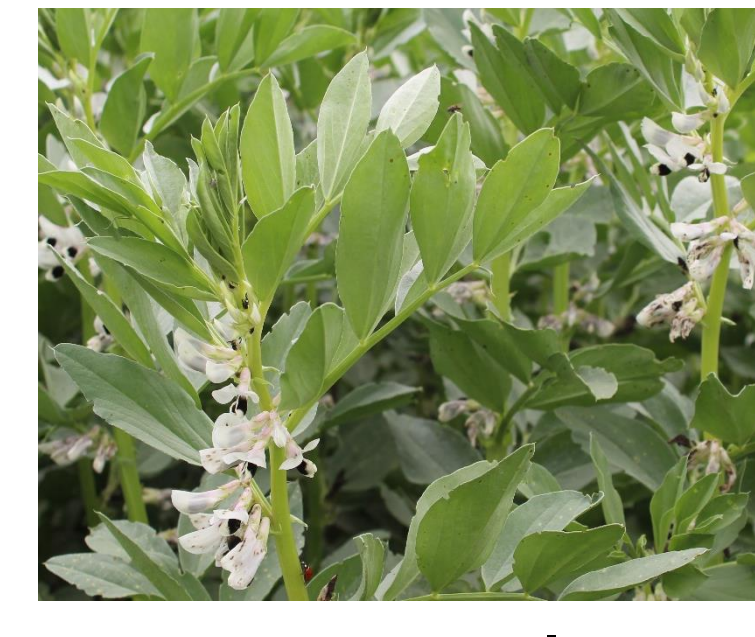
DIAGNOSTIC AGRONOMIQUE DES LÉGUMINEUSES



Les cultures pures



Soja Lupin



Les cultures associées



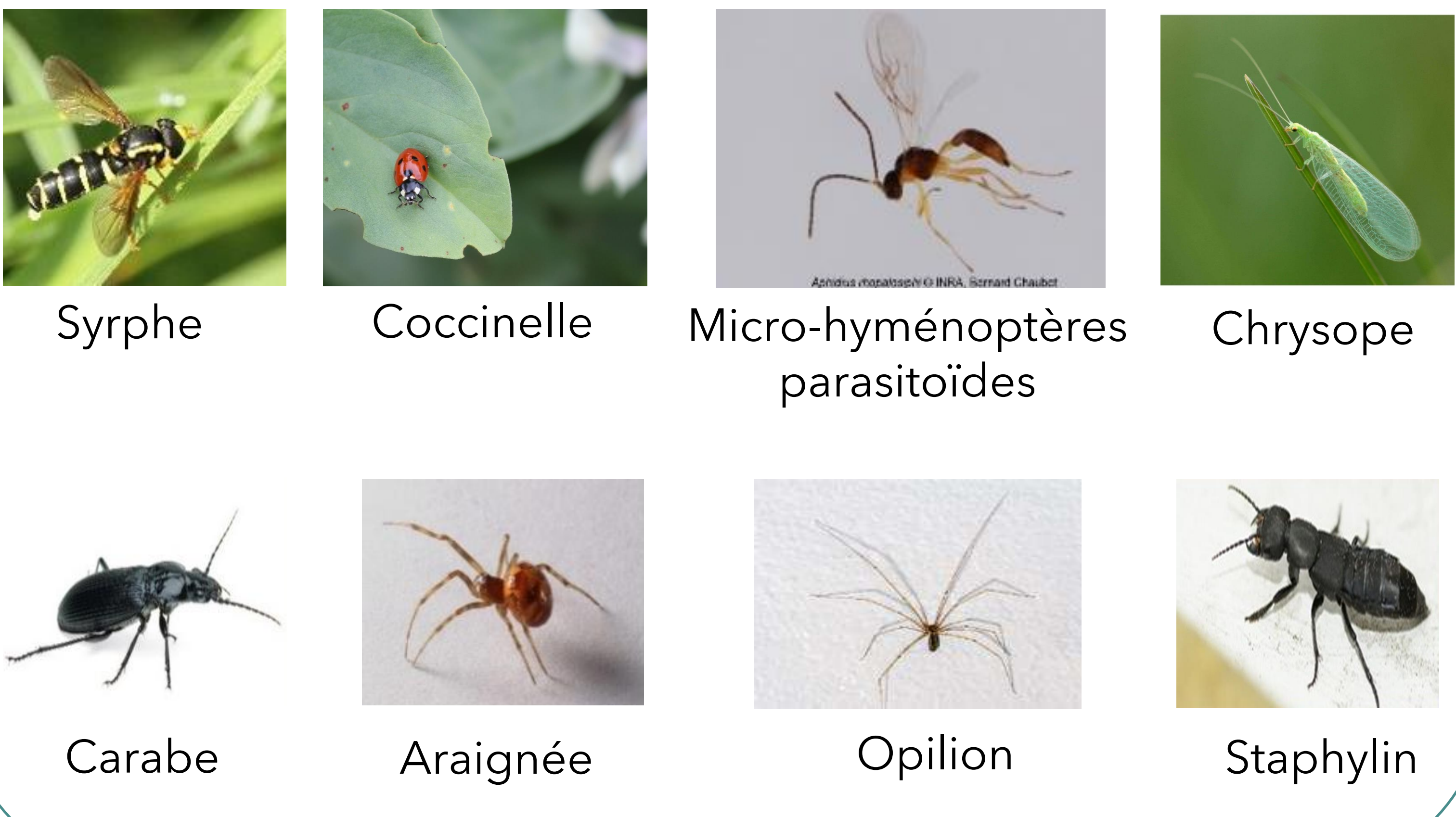
Blé-pois Blé-féverole



QUANTIFIER L'EFFET DES ASSOCIATIONS CÉRÉALES-LÉGUMINEUSES SUR LES INSECTES RAVAGEURS ET ADVENTICES

LES AUXILIAIRES ET RAVAGEURS SUIVIS

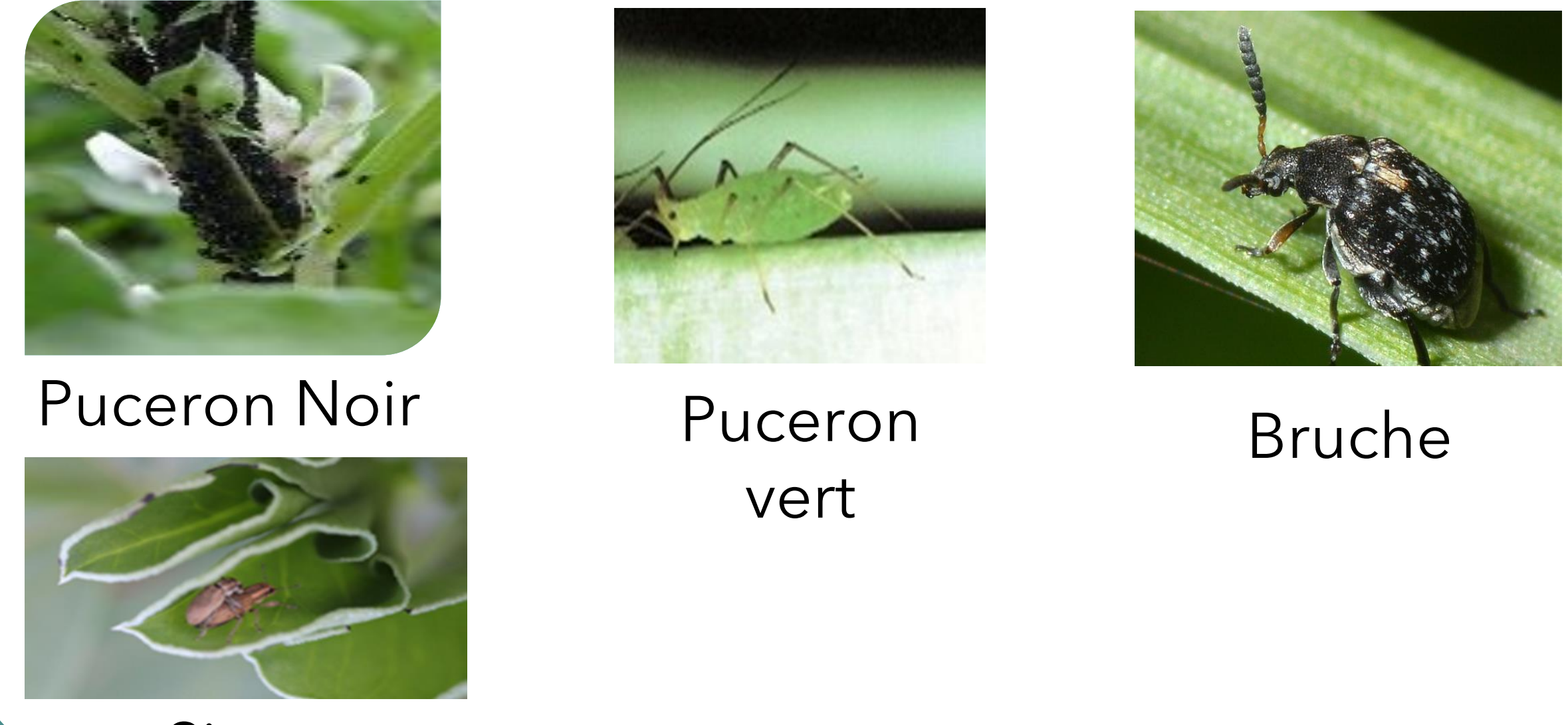
Les auxiliaires



Les ravageurs sur Blé

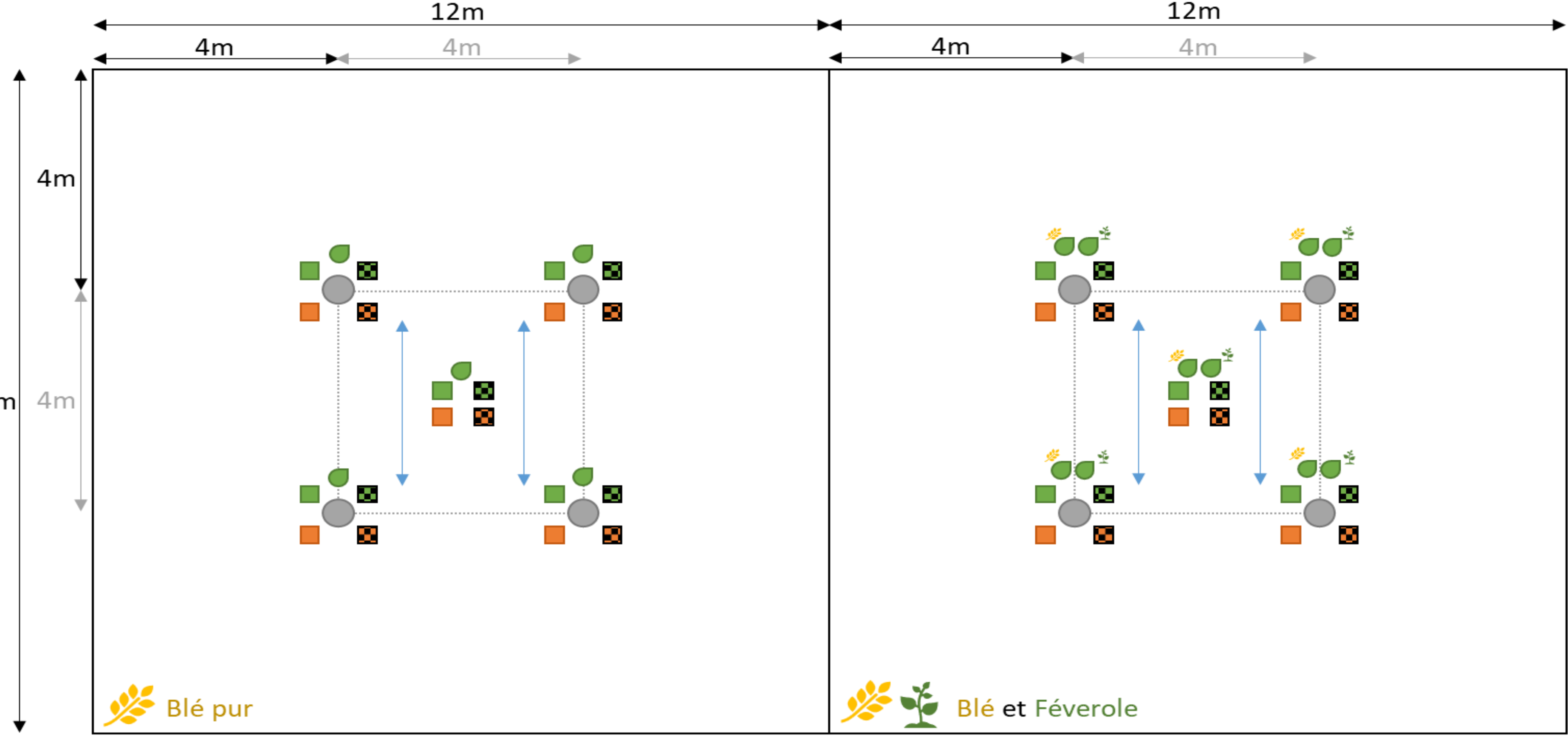









Les ravageurs sur Féverole



LES MODES DE PIÉGEAGES ET SUIVIS DES PLACETTES

Schéma expérimental des placettes



- Légende :**
-  Carte de prédation puceron au sol sans cage
 -  Carte de prédation puceron au sol avec cage
 -  Carte de prédation puceron dans végétation
 -  Carte de prédation vulpin au sol sans cage
 -  Carte de prédation vulpin au sol avec cage
 -  Transect pour les observations visuelles
 -  Pot barber

Une placette de **blé** et de **blé-féverole** dans

- 5** parcelles de blé pur
- 3** systèmes de culture différents :
 - SD1(Semis-direct permanent)
 - TS1(Travail du sol **avec** fertilisation N exogène)
 - TS2(Travail du sol **sans** fertilisation N exogène)
- 5** sessions de piégeage

Avril

Pose des pots barber



Pose des cartes de prédatons



Juin

Comptage des bioagresseurs et auxiliaires

Relevés de la flore adventice





SD1

SD2

TS1

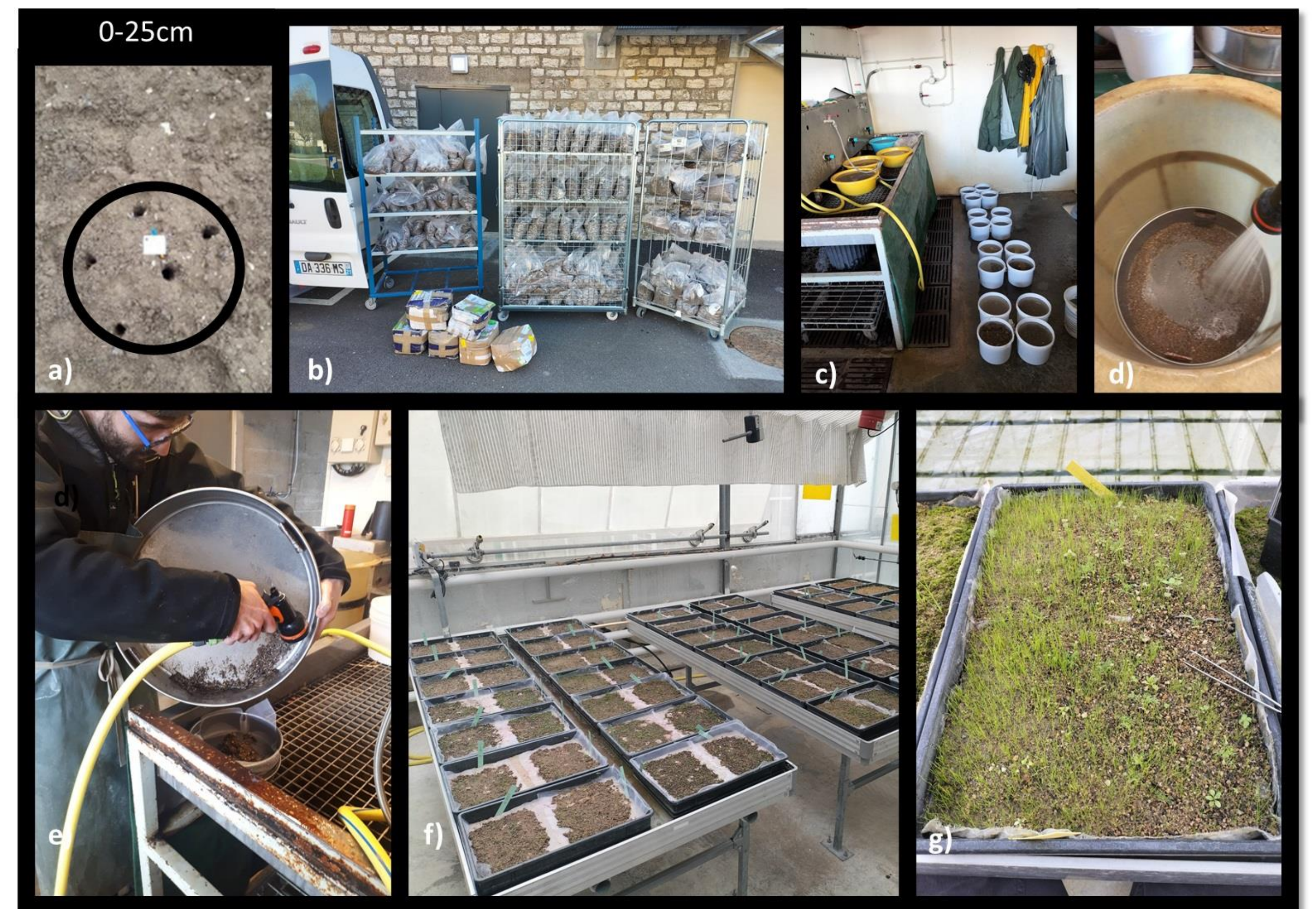
TS2

Objectifs

- Evaluer la **dynamique des communautés adventices** sous l'influence des différents **systèmes de culture**
- Evaluer l'**efficacité des pratiques de désherbage** mises en œuvre
- Quantifier les **pertes de rendement** imputables à la flore adventice
- Caractériser le lien entre **pratiques** et **caractéristiques des communautés** (diversité, abondance, équitabilité, etc.)

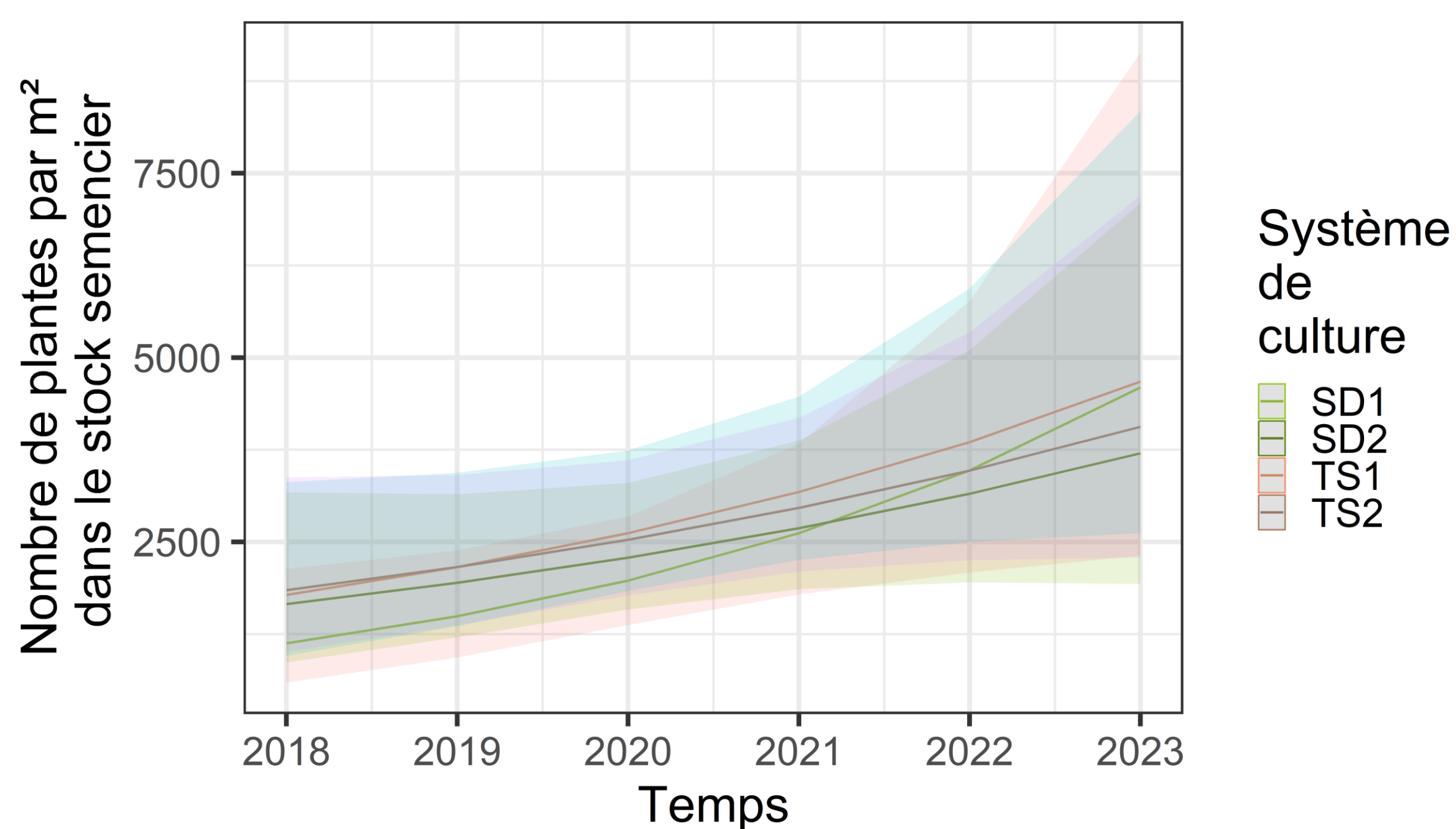
Mesures réalisés

- **Biomasse adventice et culture à floraison**
blé et légumineuses, 4 quadrats par parcelle par/an
- **Relevés de flore avant et après toutes opérations de désherbage**
dans 4 zones de 16m² dans toutes les parcelles tous les ans
- **Stock semencier**
toutes les parcelles tous les ans

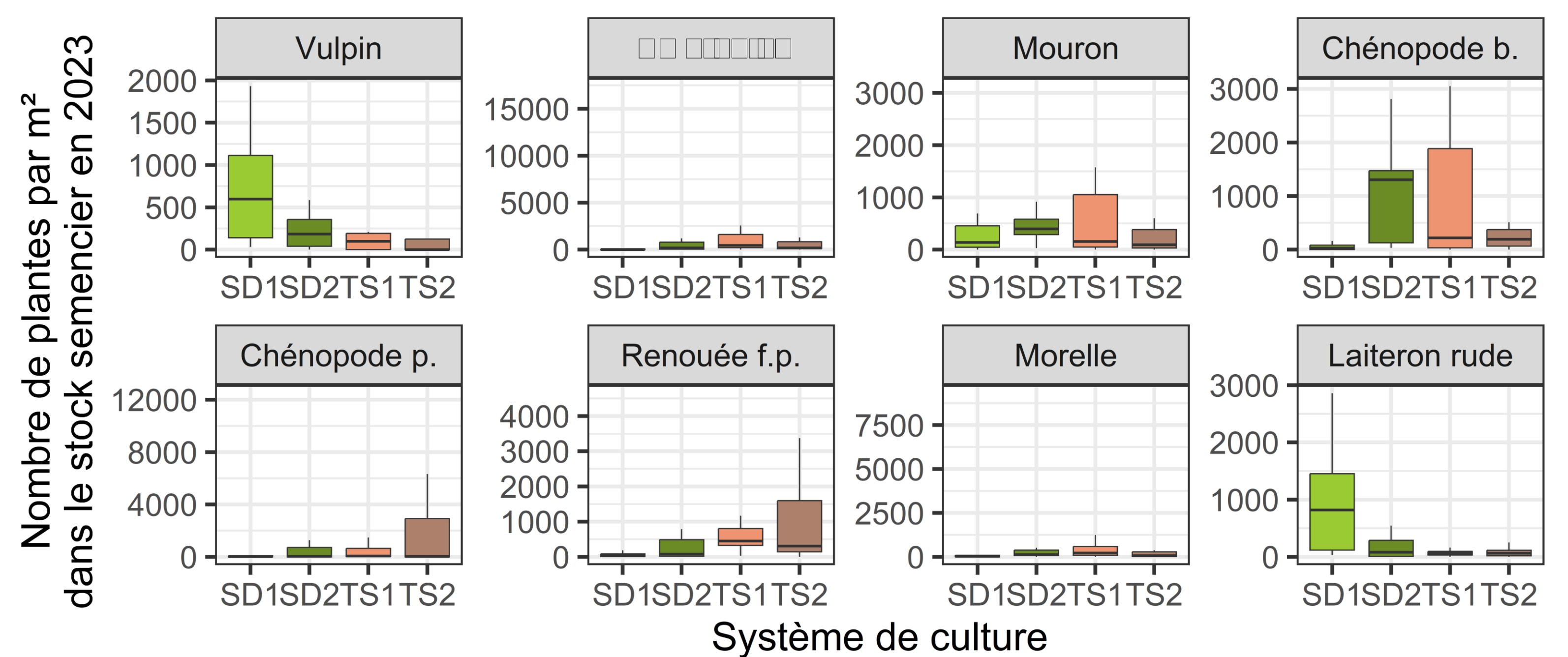


Résultats

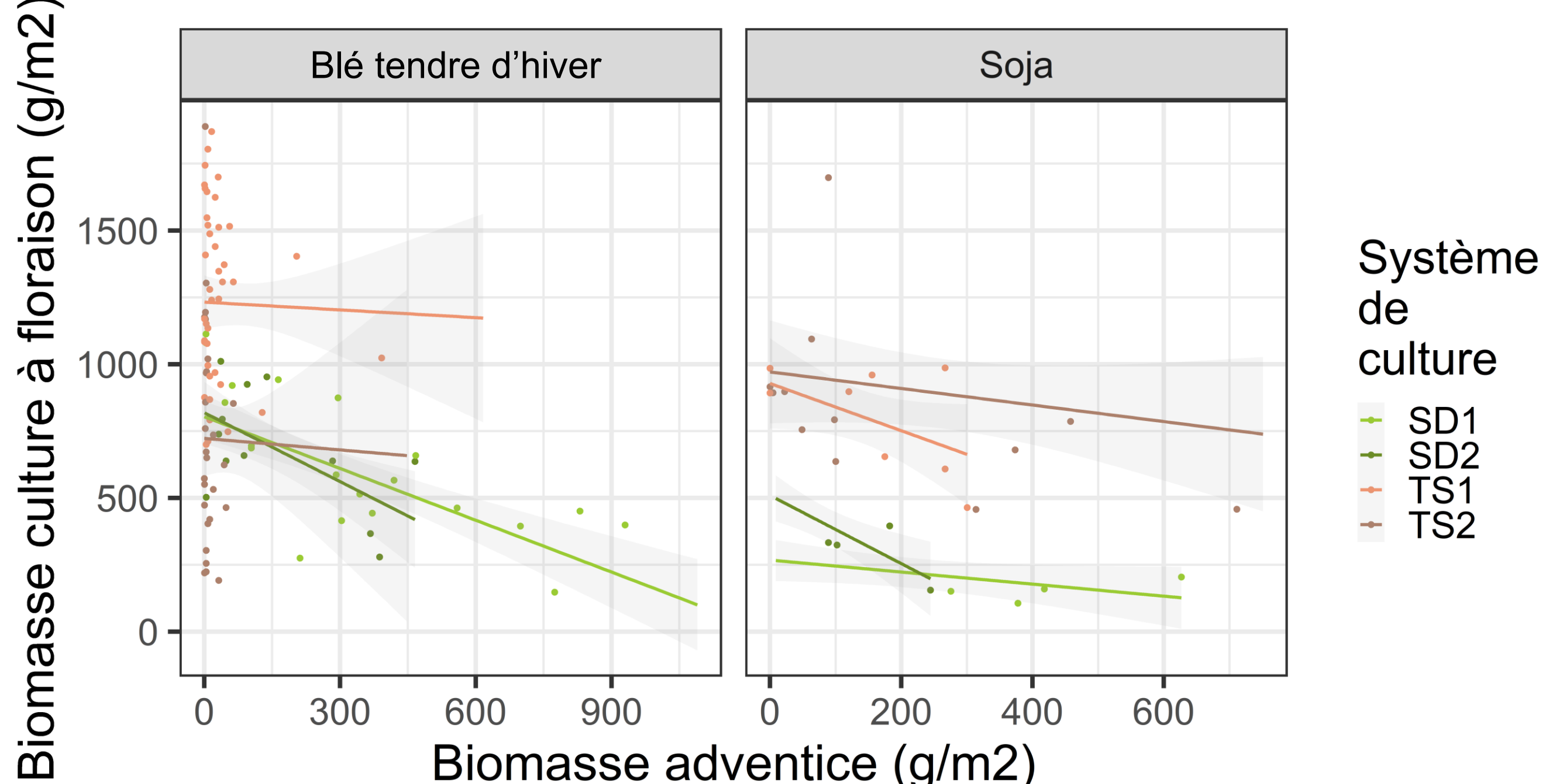
Evol. de la densité dans le stock semencier



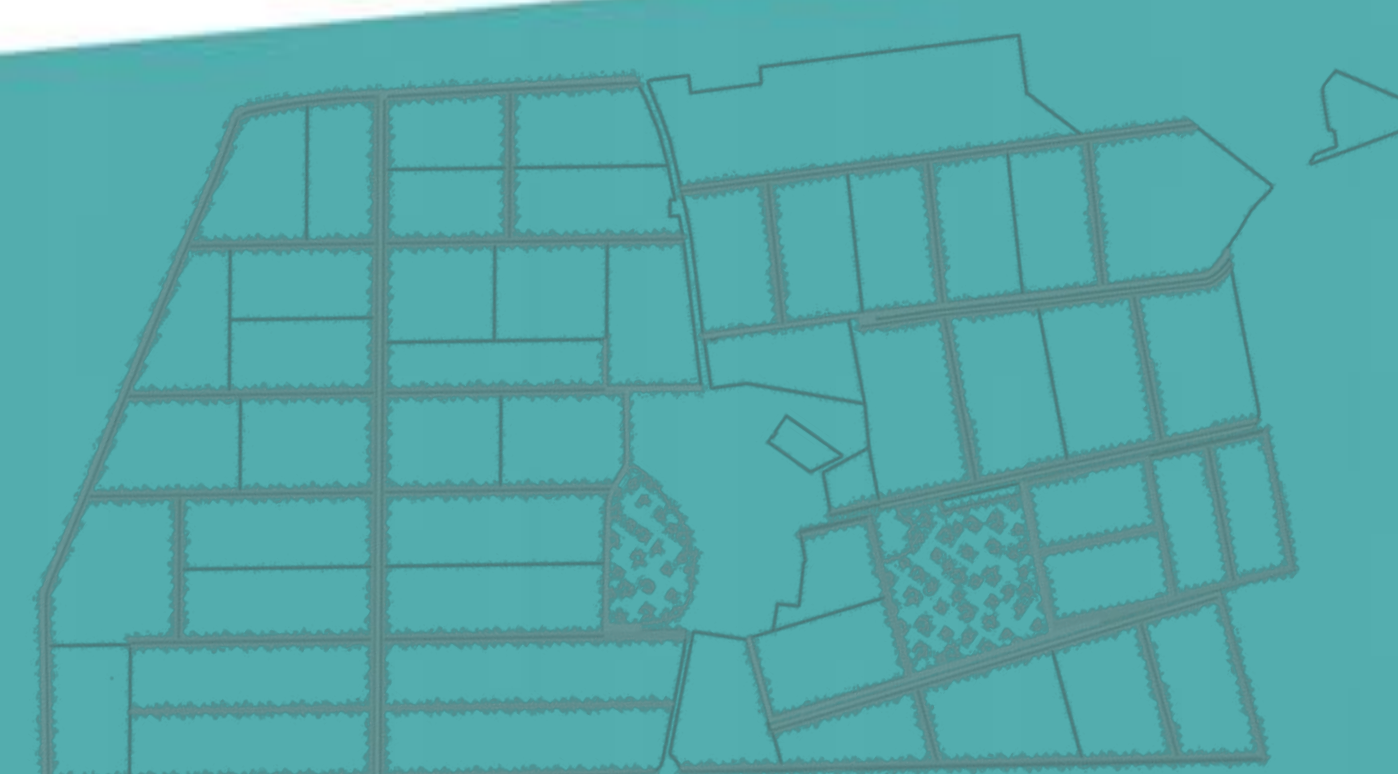
Densité des principales espèces entre systèmes en 2023



Relation biomasse adventice : culture



- **Augmentation de la densité dans le stock** de 32% par an pour tous les systèmes
- Augmentation expliquée par **différentes espèces selon les systèmes**
vulpin et laiteron rude en SD1 et SD2
espèces estivales chez TS1 et TS2
- **Biomasse adventice: SD1 > SD2 > TS1 et TS2**
différences plus marquée en soja qu'en blé



L'EXPÉRIMENTATION ANALYTIQUE



L'expérimentation en plein champ consiste à :

- **COMPARER PLUSIEURS MODALITÉS** entre elles (comparaison de variétés, fertilisation...)
TOUTES CHOSES ÉGALES PAR AILLEURS

Pour cela, il faut :

MAXIMISER les chances de mettre en évidence et d'expliquer les différences entre parcelles
MINIMISER l'influence des facteurs parasites qui biaisent la différence entre parcelles :

- Choisir un sol homogène
- Eviter les zones d'ombrage, la proximité d'une haie, d'un bois
- Eviter les zones d'adventices...

- **OBSERVER, NOTER, MESURER** pour caractériser les modalités

Des répétitions pour améliorer la précision :

- 1 répétition = observatoire
- 2 répétitions = conclusion difficile
- 3 répétitions = meilleure précision

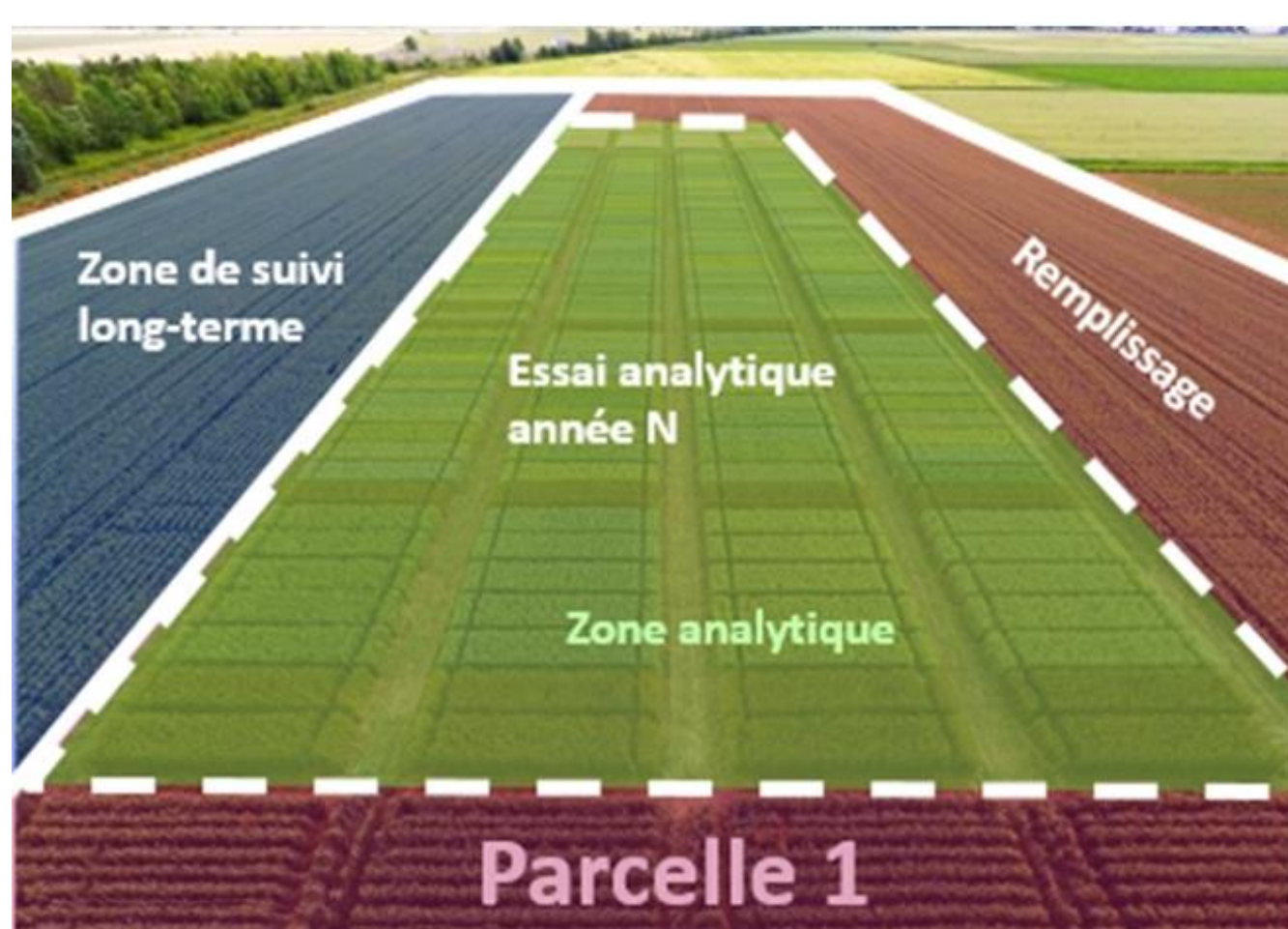
PLAN DE L'ESSAI

Bloc 1	3	5	2	4	1	6
Bloc 2	1	4	6	3	5	2
Bloc 3	6	1	5	2	4	3

Sens de la pente ↓
Sens du gradient ↓

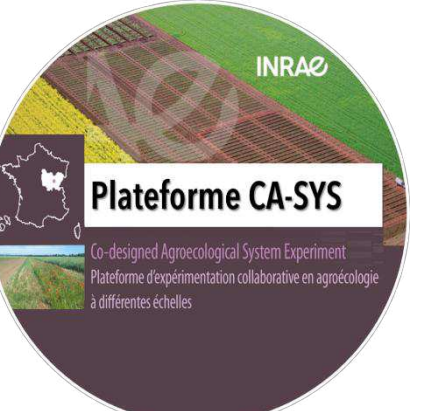
Micro-parcelle
de 10m²
en moyenne

L'EXPÉRIMENTATION ANALYTIQUE DANS LA PLATEFORME CA-SYS



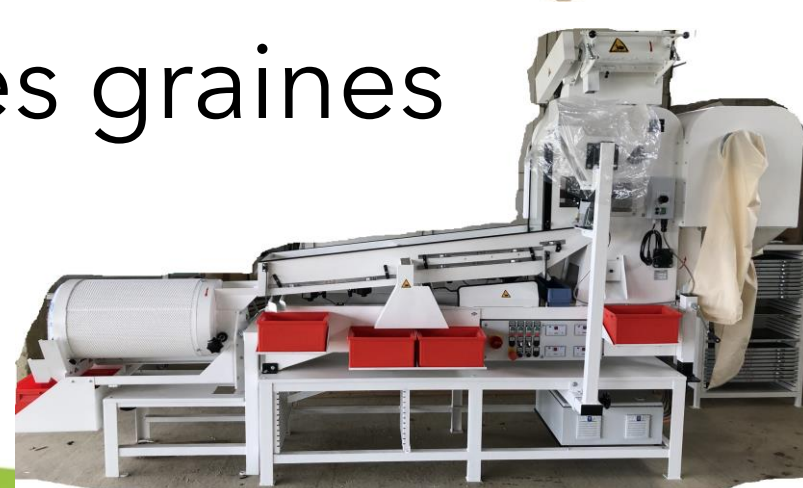
Essais imbriqués dans les essais systèmes de culture

- Evaluation des modalités dans un contexte agroécologique
- Recherche des traits variétaux les mieux adaptés à des systèmes agroécologiques
- Comprendre des processus et tester des techniques pour concevoir, adapter des systèmes



MATÉRIELS SPÉCIFIQUES

- Semoir micro-parcelles avec autoguidage et déclenchement GPS
- Porte outil pour délimiter et biner
- Désherbage herse étrille
- Observation par drone
- Géolocalisation
- Moissonneuse-batteuse micro-parcelles
- Triage et nettoyage des graines
- ...



THÉMATIQUES

- Associations variétales et d'espèces
- Couverts d'interculture
- Microbiologie du sol et fertilisation
- Innovation variétale
- Inscription variétale GEVES/CTPS
- Ressources génétiques
- Résistance au gel

ESPÈCES TRAVAILLÉES

- Céréales hiver et printemps : blé, orge, avoine, triticale
- Protéagineux hiver et printemps : pois, féverole, lupins
- Oléagineux : colza, moutarde, soja, lin
- Associations variétales ou d'espèces
- **Nouveau** Lentille, pois chiche



Essai variétés céréales



Essai destruction de couverts



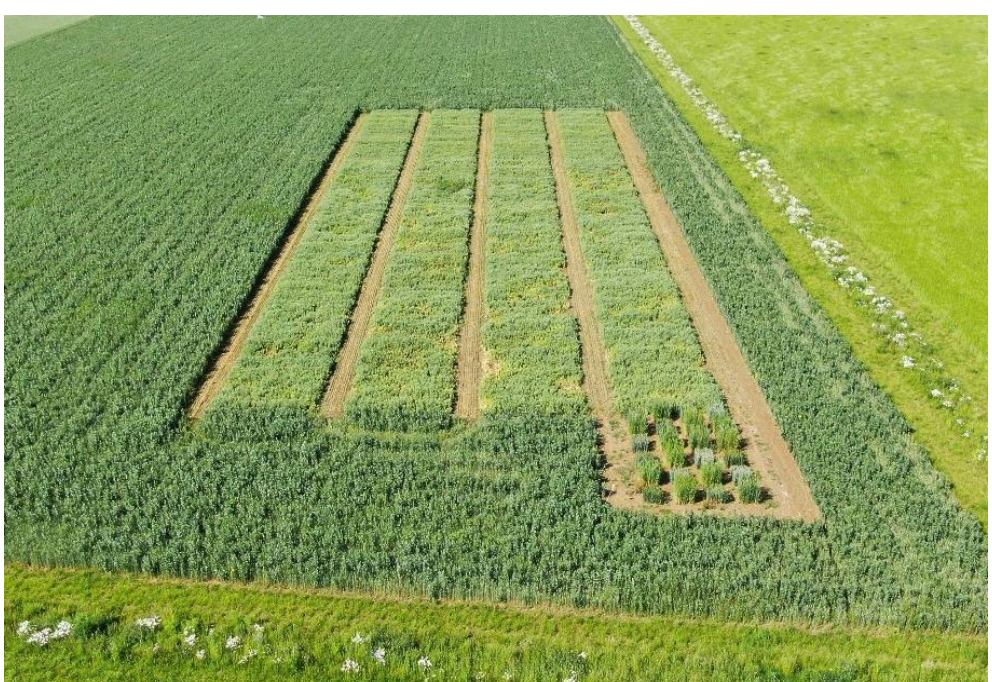
Essai maladie



Essai d'inoculum



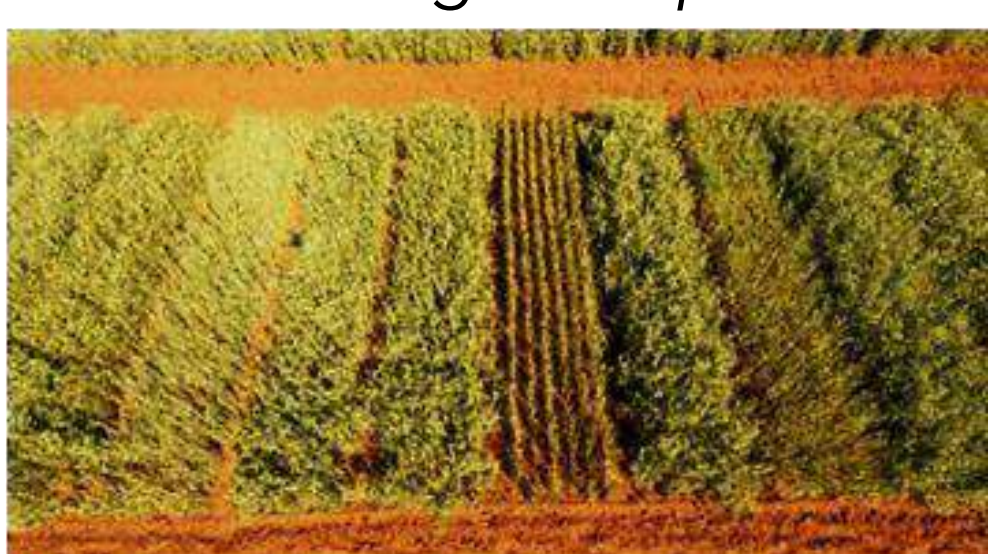
Essai variétés lupin



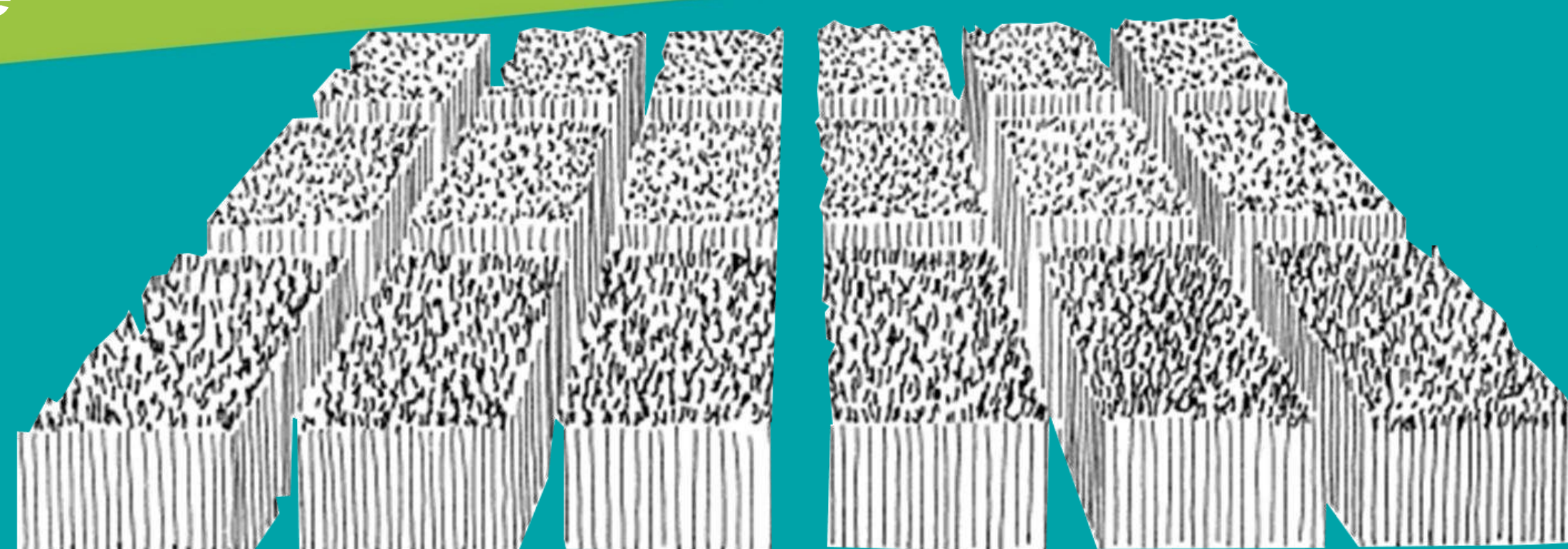
Essai variétés pois



Ressources génétiques



Associations d'espèces



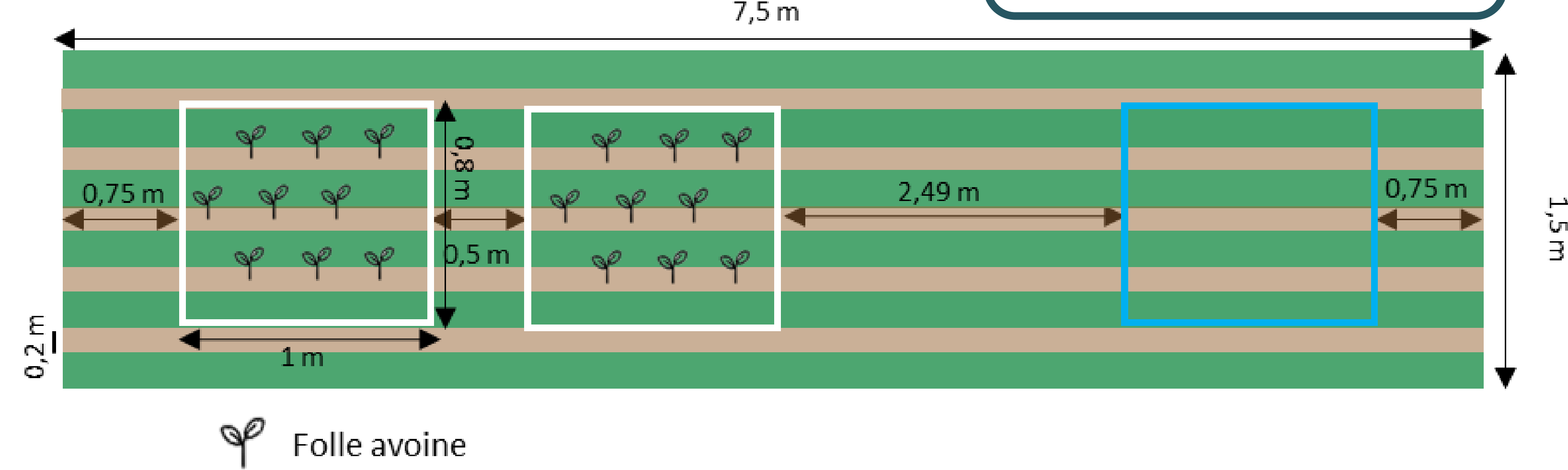
ESSAI ANALYTIQUE AUGMENTER LA DIVERSITÉ INTRA ET INTER-SPECIFIQUE POUR RÉGULER LES BIOAGRESSEURS

Mise en place de l'expérimentation – Augmentation de la diversité génétique

Diversité Intra-spécifique	Mélange variétal de pois et de féverole
Diversité Inter-spécifique Niveau 1	Légumineuse + autre légumineuse
Diversité Inter-spécifique Niveau 2	Légumineuse + non légumineuse

Dispositif alpha-plan à 3 répétitions
237 micro-parcelles (11,25m²)

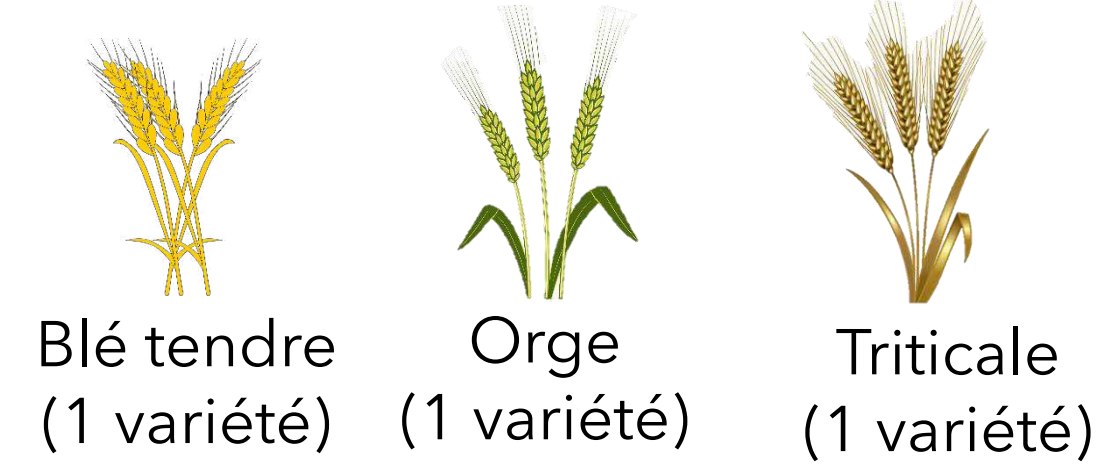
- Sans pesticides
- Travail du sol autorisé
- Apport d'azote interdit



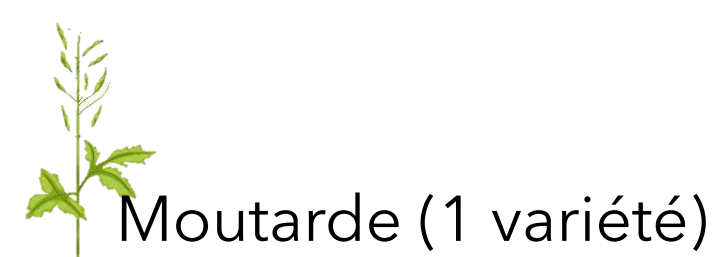
Légumineuses



Céréales



Crucifère



Critère de sélection des légumineuses : phénologie, morphologie, performances agronomiques, connaissance sur la tolérance/résistance des génotypes

Critère de sélection des partenaires non-légumineuses : phénologie-(dé)calage de cycles, morphologie, complémentarité de niche

- 48 modalités en association
- 16 modalités en mélange variétal
- 15 modalités en cultures pures



Objectifs

- **Comprendre et hiérarchiser** le rôle de **différents degrés/leviers de diversification** à l'échelle annuelle sur la **régulation d'une communauté de bioagresseurs** et sur des organismes auxiliaires
- **Caractériser l'effet suppressif** de divers **mélanges d'espèces riches en légumineuses** sur la **flore adventice**

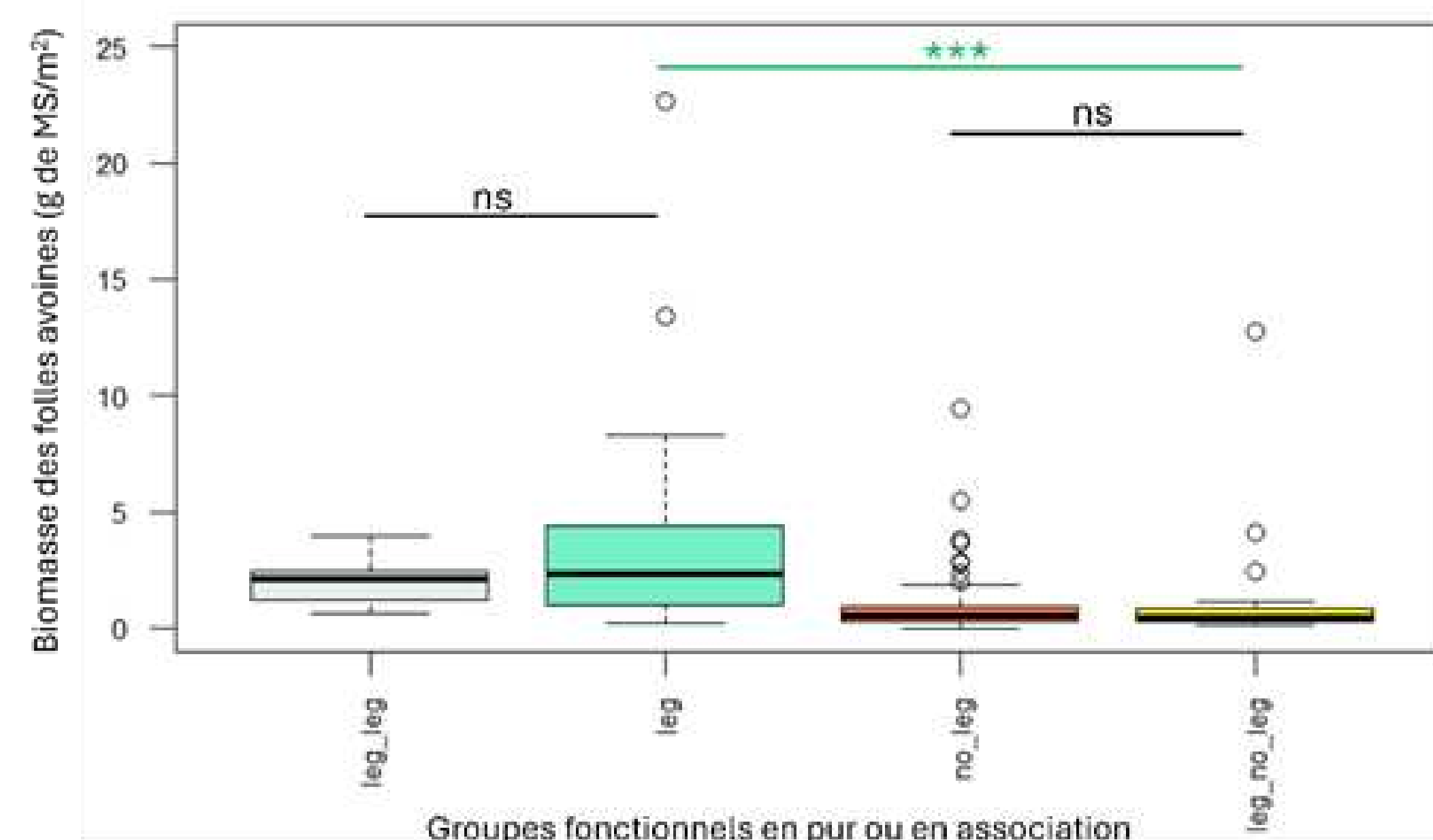
Services / fonctions recherchés du couvert : production primaire, régulation des adventices, régulation des insectes

Mesures réalisés

Evaluation des performances des espèces seules ou en association & en présence ou en l'absence de folles avoines

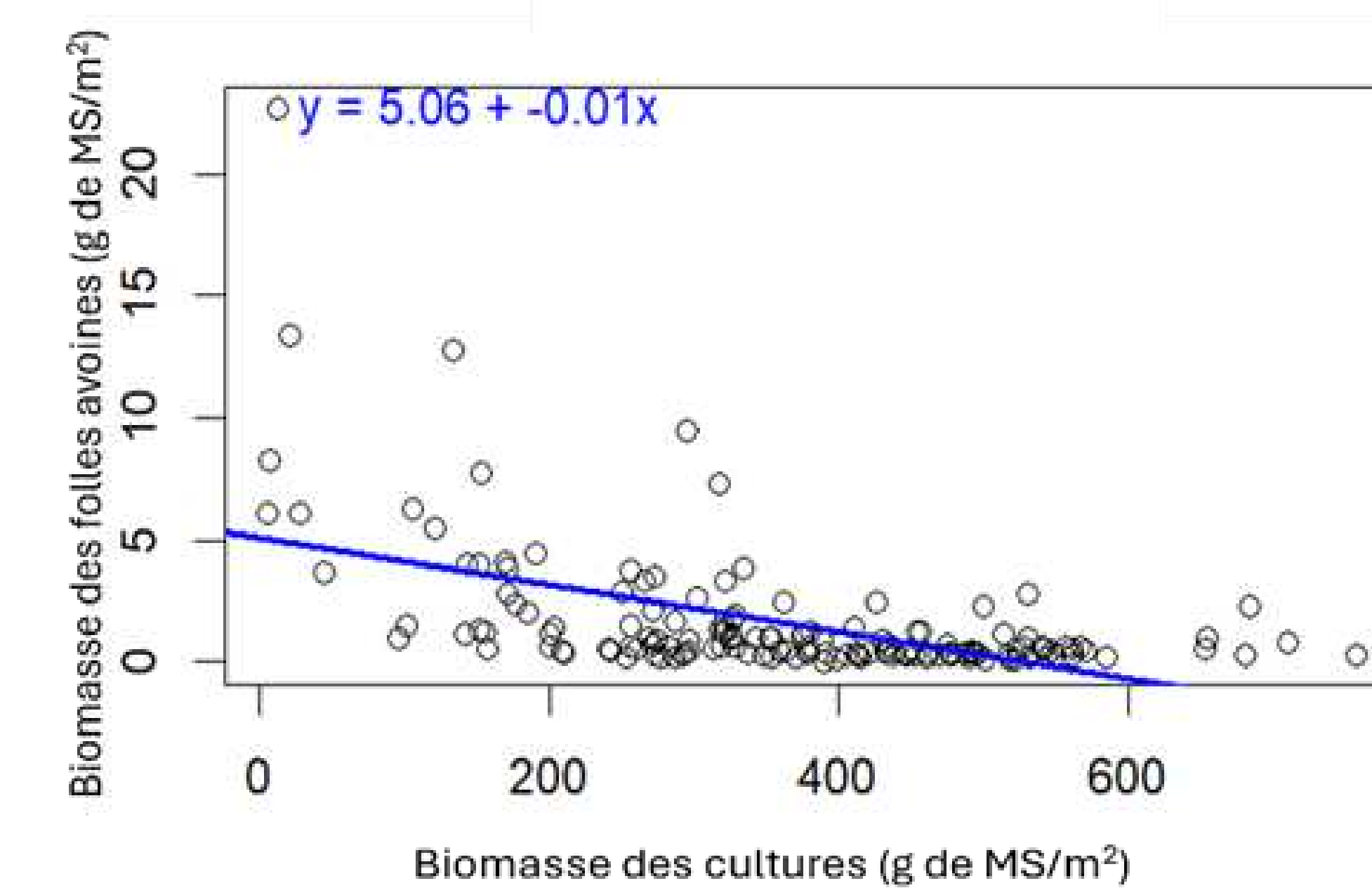
Traits mesurés	Suivi « bruches » (1 placette désherbée)	Suivi « Adventices » (2 placettes non désherbées)
Comptage levée des cultures par espèce	✓	✓
Phénologie des légumineuses	✓	
Hauteur à floraison/maturité	✓	✓
Comptage espèces adventices (par espèce, début printemps)		✓
Biomasse (adventices et culture) à floraison		✓ (floraison)
Rendement (global et par espèce)	✓	✓ (maturité)
Composantes de rendement sur légumineuses	✓	
% de grains bruchés sur légumineuses	✓	
Teneur relative en chlorophylle (céréales)		✓
Reliquats azotés (semis, sortie d'hiver)		Hors placettes

Premiers Résultats



L'effet suppressif de l'**association céréale-légumineuse** est en moyenne **aussi important** que celui de la **céréale en pur** mais **supérieur** à celui de la **légumineuse en pur**

Pas de différence entre légumineuses associées et légumineuses en pur

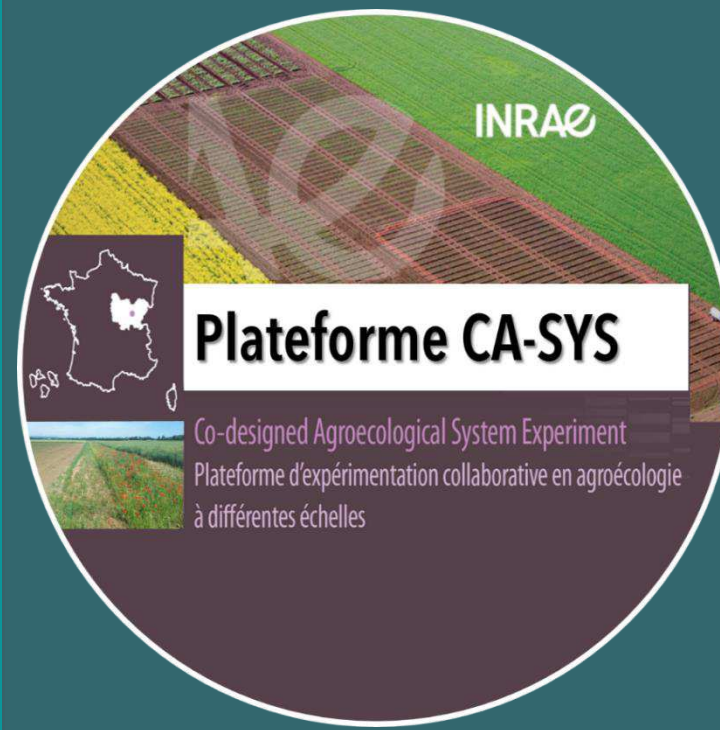


Plus la **biomasse des cultures** est **importante**, plus celle des **folles avoines** est **faible**

Idem pour **% de couverture précoce**



RÉDUIRE L'USAGE DES PESTICIDES VIA LA DIVERSIFICATION TEMPORELLE DES CULTURES



CONTEXTE DES ÉTUDES

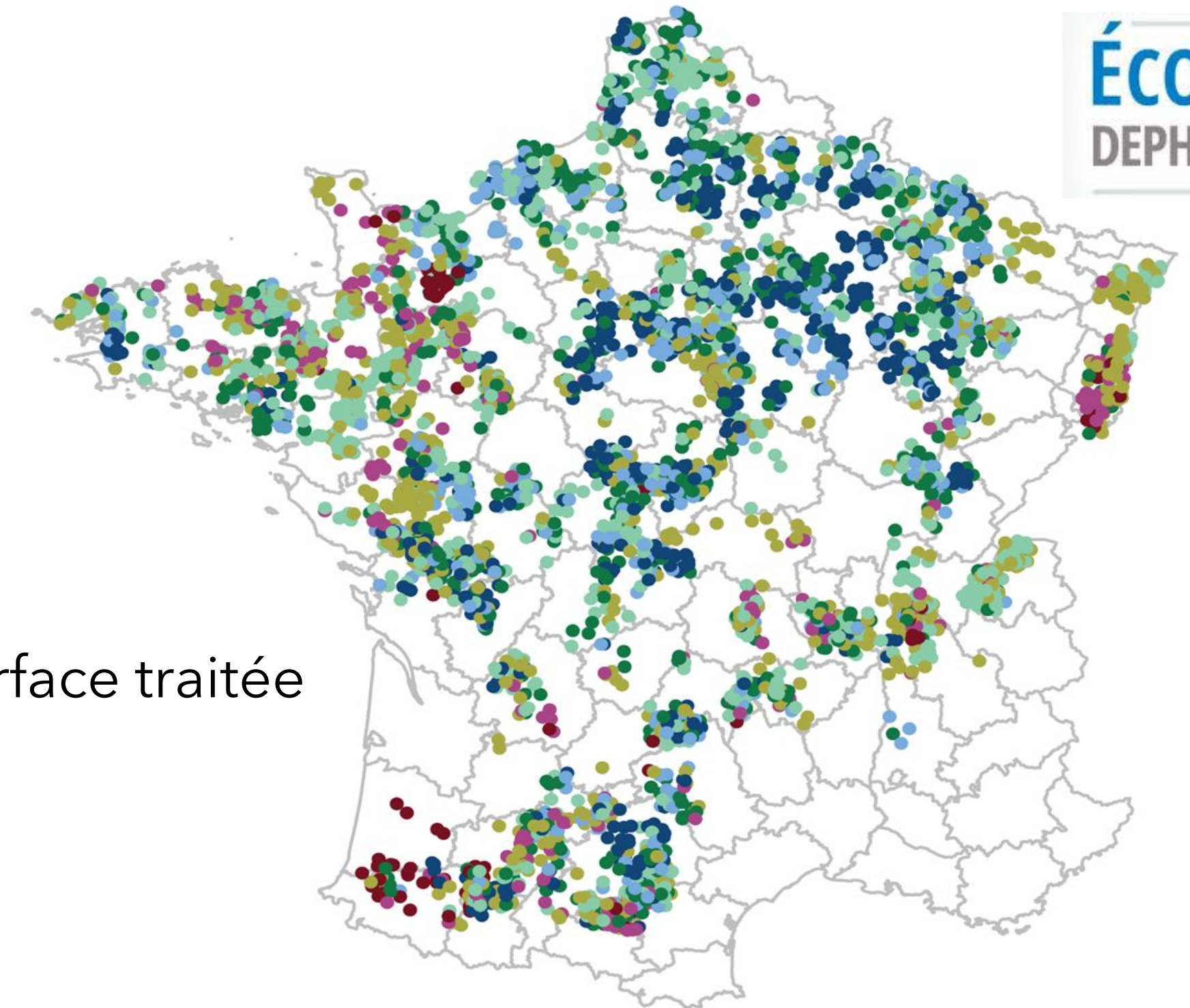
- **Diversité temporelle des successions culturales**
 - >> services écosystémiques, dont régulation des bioagresseurs
 - >> réduction d'usage de pesticides ?
- **DEPHY-Ferme → quantification des effets**
 - 1 Effet diversité sur IFT-système de culture
 - 2 Effet délai de retour sur IFT-culture
 - 3 Effet diversité intra-inter famille botanique sur IFT-culture

LE RESEAU DEPHY



Usage de pesticides

$$IFT = \frac{\text{dose de pesticides appliquée}}{\text{dose de référence}} \times \% \text{ surface traitée}$$

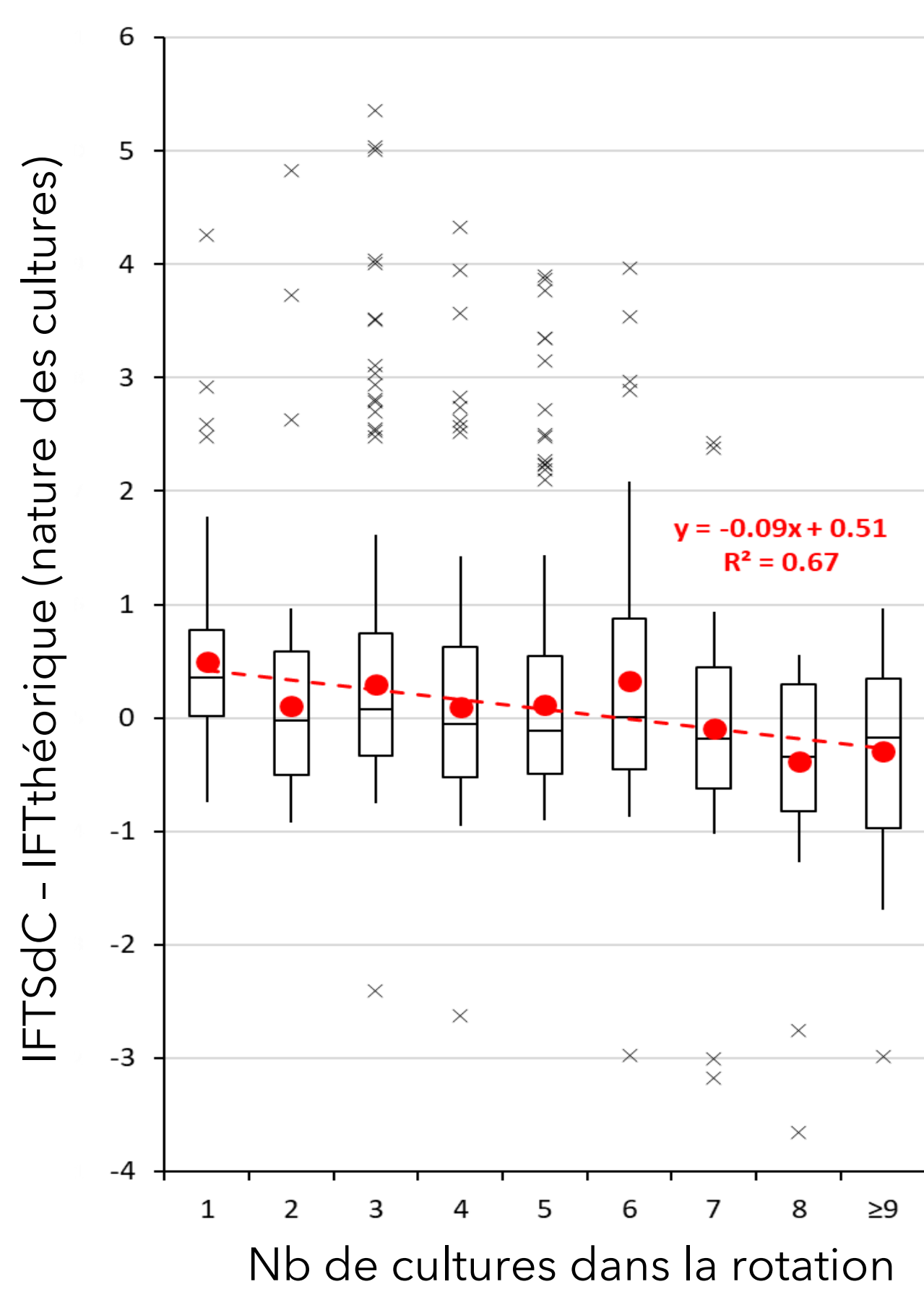


Nombre de cultures

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7-15

RESULTATS

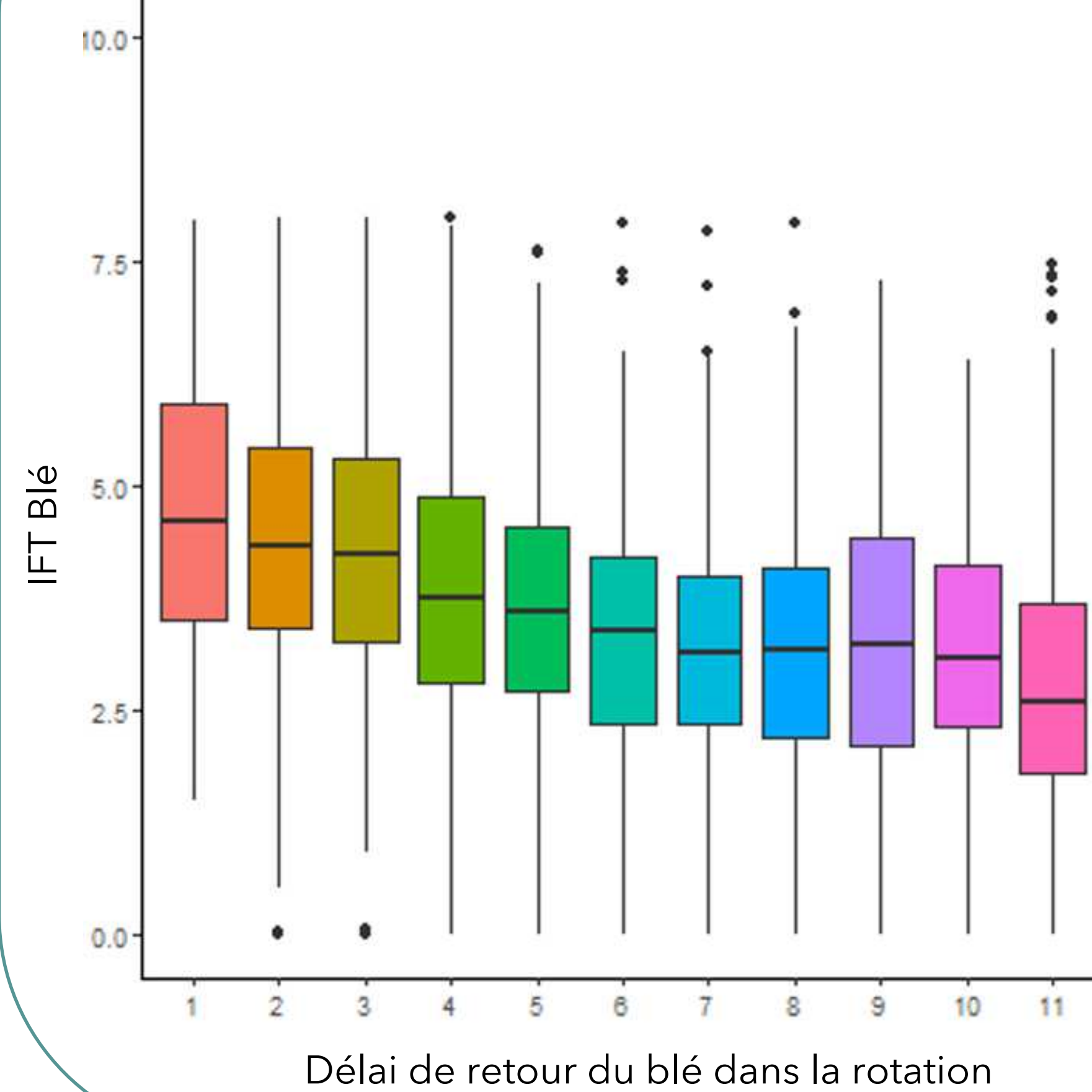
1 Augmenter le nombre de cultures dans la rotation permet-il de réduire l'IFT à l'échelle du système de culture?



- La diversité des cultures de la rotation est liée à la nature des cultures, qui détermine beaucoup le niveau de recours aux pesticides.
- L'effet 'diversité' per se est évalué à 0.09 points d'IFT économisé par culture supplémentaire dans la rotation.

D'après Zhang et al., 2024

2 Augmenter le délai de retour des cultures permet-il de réduire l'IFT des cultures?

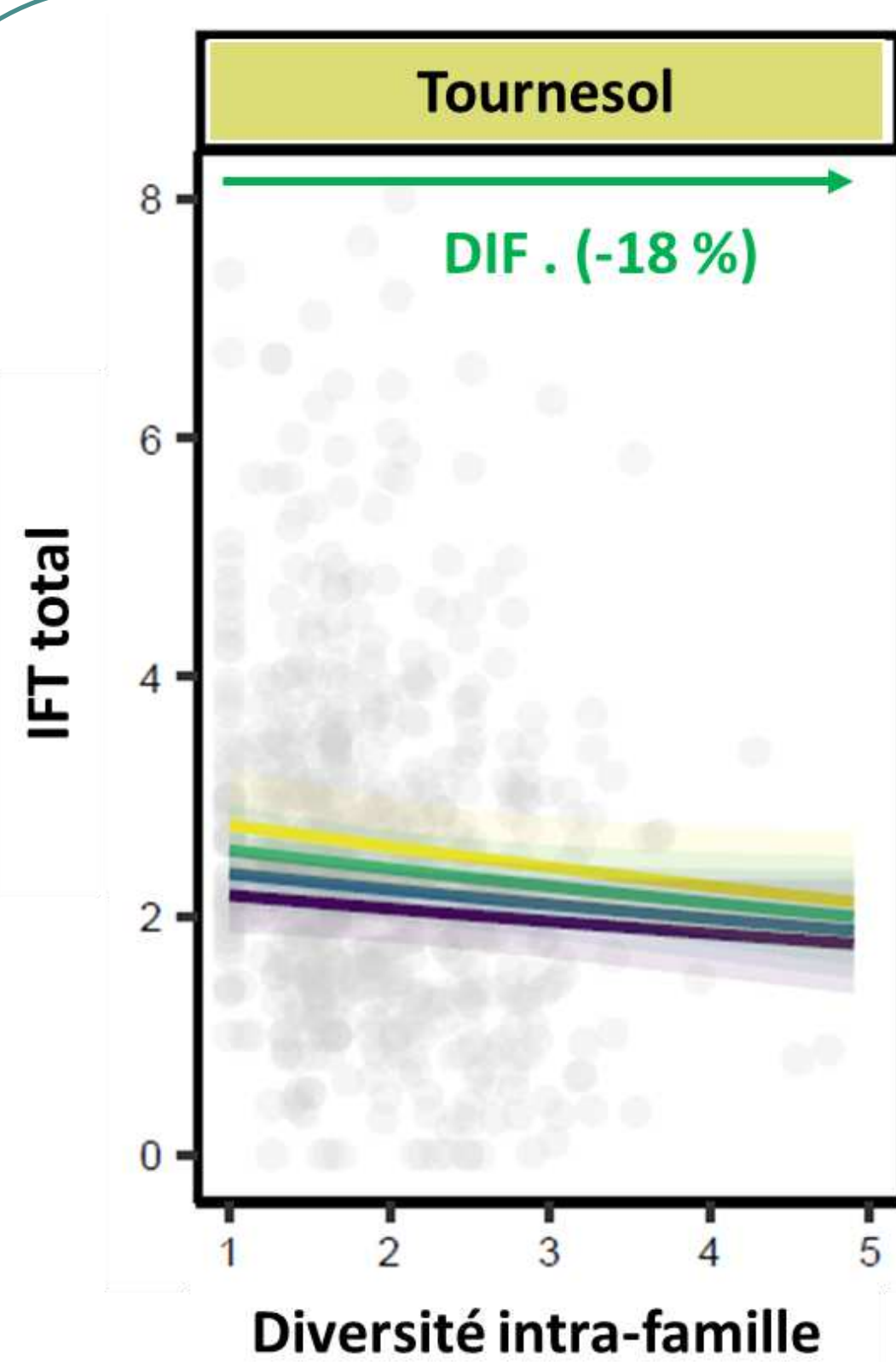


Augmentation du délai de retour de 1 à 5 ans:

- Blé : ↓ 0 to 2.2 points IFT (selon la région climatique)
- Colza : ↓ 0.9 point IFT
- Maïs : ↓ 1 point IFT
- Betterave : ↓ 0.5 point IFT
- Orge : ↓ 0.3 point IFT

Pomme de terre, Pois et Tournesol : ∅ effect

3 Augmenter la diversité intra et inter familles botaniques des rotations permet-elle de réduire l'IFT des cultures?



Diversité famille botanique



DFB ** (-20%)

Diversité intra-famille (1 → 4)

Diversité familles botaniques (1 → 4)

Culture	Diversité intra-famille (1 → 4)	Diversité familles botaniques (1 → 4)
Soja	n.s.	-23 %
Tournesol	-18 %	-20 %
Maïs	-14 %	-19 %
Pois P	-19 %	n.s.
Colza	-20 %	n.s.
Betterave	n.s.	-21 %
Pomme de terre	-37 %	n.s.

Pour aller plus loin : Guinet, Audeux et al., (2023). Fostering temporal crop diversification to reduce pesticide. Nature communications 14:7416

Absence d'effet sur les céréales à pailles

- Blé tendre H
- Blé dur H
- Orge H
- Orge P
- Triticale



Centre INRAE
Bourgogne-Franche-Comté

Plateforme CA-SYS
U2E Unité Expérimentale
du domaine d'Époisses
UMR Agroécologie