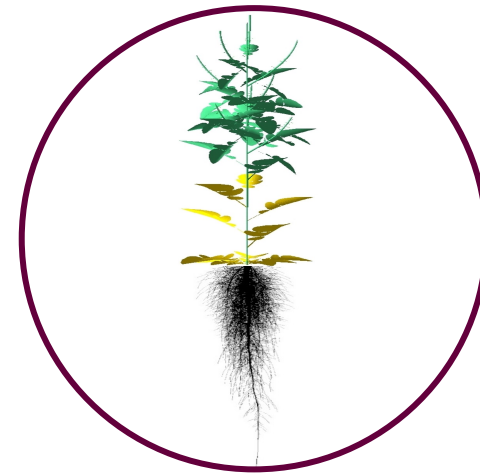


Mélanges cultivés et sélection participative

- Modélisation des effets de l'association d'espèces sur les interactions aérien/racinaire (Laurène Perthame, ECOSYS)
- Les déterminants de la culture associée maïs-haricot dans la région de Tarbes (Noa Vazeux-Blumental, GQE-Le Moulon)
- Mieux comprendre l'effet des pratiques et de l'environnement de culture sur les variétés en sélection décentralisée et participative (Michel Turbet Delof, GQE-Le Moulon)
- Comprendre le rendement des variétés en mélange : expérimentation et modélisation appliquées au blé tendre (Timothée Flutre, Meije Gawinowski, GQE-Le Moulon)

Modélisation des effets de l'association d'espèces sur les interactions aérien/racinaire

Mieux comprendre le partage des ressources (carbone, azote) dans les associations colza-féverole par modélisation structure-fonction



Laurène Perthame, F. Rees, X. Cornilleau, C. Richard-Molard, C. Pradal, A. Jullien

Maître de conférences en écophysiologie

UMR ECOSYS, INRAE Grignon

Dpt SIAFEE, AgroParisTech

INRAE

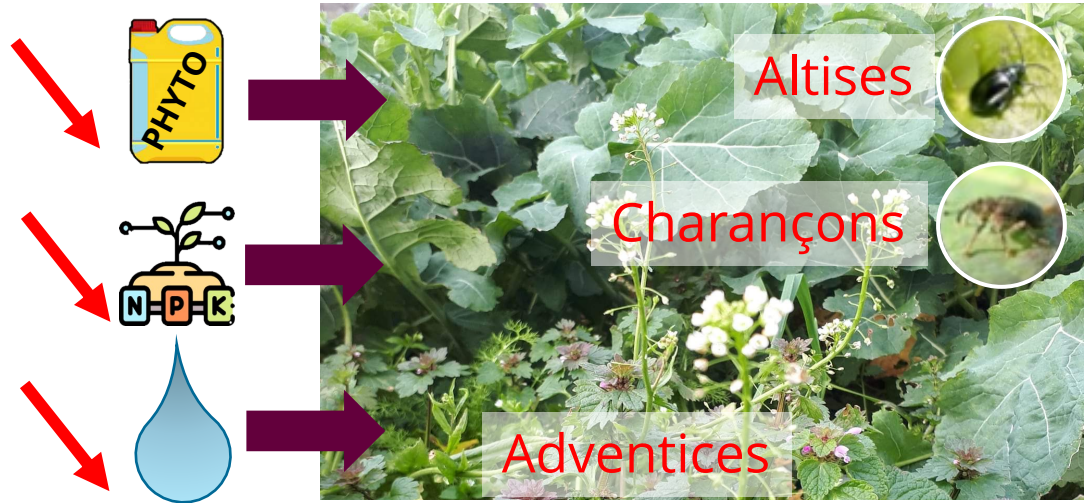
cirad

C-BASC

université
PARIS-SACLAY

Contexte

Le colza, culture en difficulté



S. Cordeau (INRAE Dijon)

Implantation
difficile

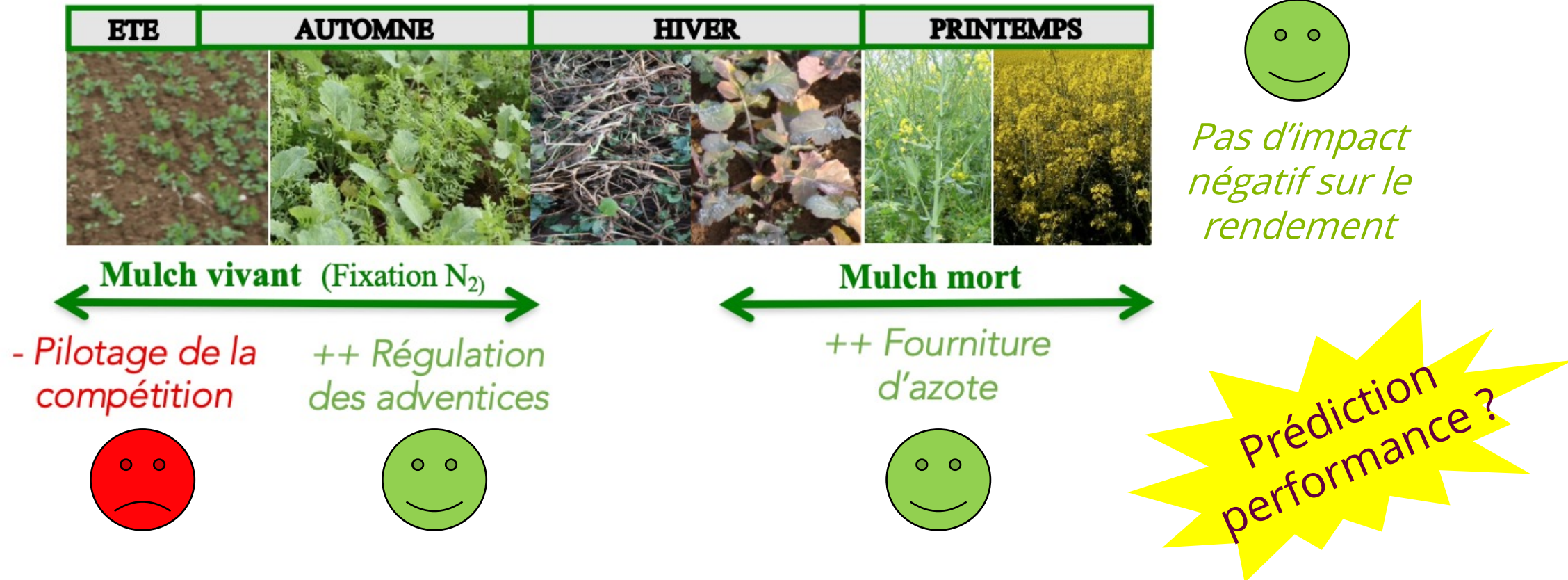


Culture
incertaine

Rendements
faibles

Contexte

L'association colza-légumineuse gélive, un levier prometteur



Méthodologie et Résultats

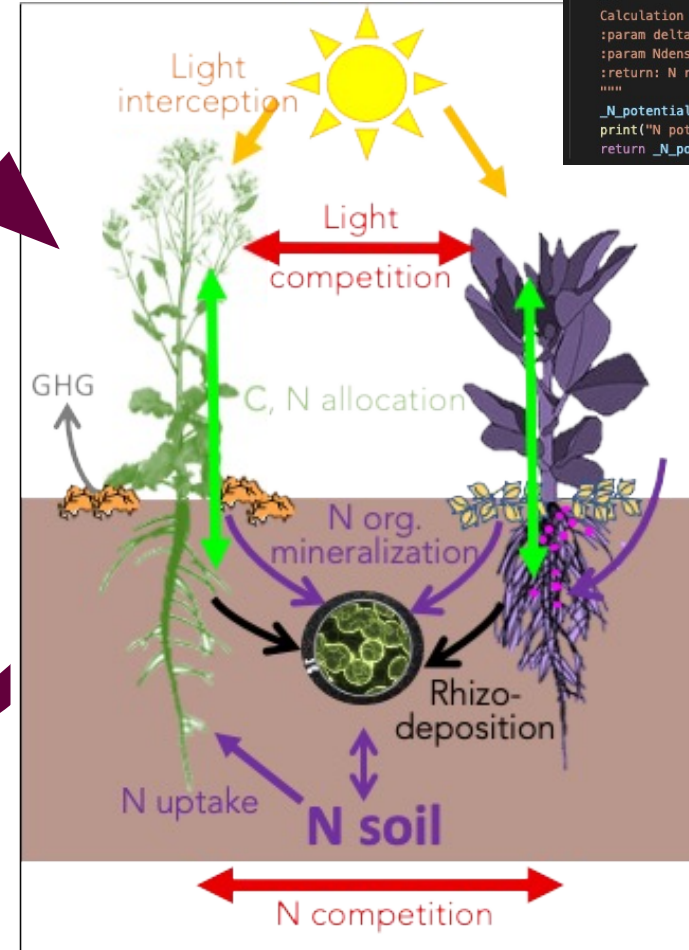
Expérimentations semi-contrôlées



*Equations
Paramètres
Validation*

Test d'hypothèses

Modèle structure-fonction



```
# Calculation of potential C and N demand for the root
def N_potential_root_demand(_delta_volume, Ndensity=Ndensity):
    """
    Calculation of N potential root demand (in gN) in function of the root volume
    :param delta_volume: potential increase of root volume in cm3
    :param Ndensity: N root density in gN.cm-3
    :return: N root potential demand in gN
    """
    _N_potential_root_demand = _delta_volume * Ndensity
    print("N potential root demand is", _N_potential_root_demand, "gN")
    return _N_potential_root_demand
```

Mécanisme
Individu-centré
Echelle plante/organe

Rees et al in prep
Pagès et al 2014
Richard-Molard et al 2009
Jullien et al 2007

Discussion

Quels résultats pratiques attendre pour la gestion des
couverts colza-féverole ?

Quels apports/limites d'un modèle structure-fonction pour
l'étude de l'association colza-féverole (par rapport à un
modèle de culture) ?

Les déterminants de la culture associée maïs-haricot dans la région de Tarbes

Pratiques, interactions plante-sol, phénotype & nutrition

Noa Vazeux-Blumental ¹

Mathieu L.¹, Trabac T.², Manicacci D.¹, Corti H.¹, Enjalbert J.¹, Tenaillon M.¹, Muller D.², Moëgne-Loccoz Y.², Lagardère B.³, Palafre C.³, Jeuffroy M.H.⁴, Carraretto M.⁵, Parnaudeau V.⁶, Le Cadre E.⁶

¹GQE-Le Moulon, INRA/UPS/CNRS/AgroParisTech, Univ. Paris-Saclay

²UMR Ecologie Microbienne CNRS/INRA/VetAgro Sup/Univ. Lyon 1

³Unité expérimentale du maïs INRA

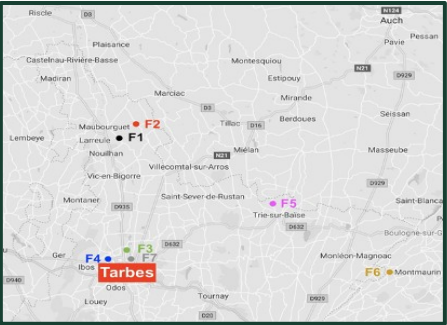
⁴UMR Agronomie, INRA/AgroParisTech

⁵Laboratoire LISST-CAS Univ. Toulouse, association Memento

⁶UMR Sol Agro hydrosystèmes Spatialisation, INRA/AgroCampus Ouest



7 fermes étudiées en 2016:

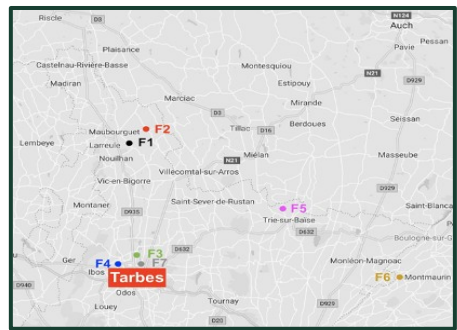


Variétés utilisées :
Maïs hybrides
Haricot tarbais

Systèmes de culture :
M : maïs en culture seule.
B : haricot en culture seule.
IC : maïs-haricot en culture associée.

Farm	M	B	IC
F1			
F2			
F3			
F4			
F5			
F6			
F7			

7 fermes étudiées en 2016:



Variétés utilisées :
Maïs hybrides
Haricot tarbais

Systèmes de culture :
M : maïs en culture seule.
B : haricot en culture seule.
IC : maïs-haricot en culture associée.

Farm	M	B	IC
F1			
F2			
F3			
F4			
F5			
F6			
F7			

1. Les Caractéristiques du sol :

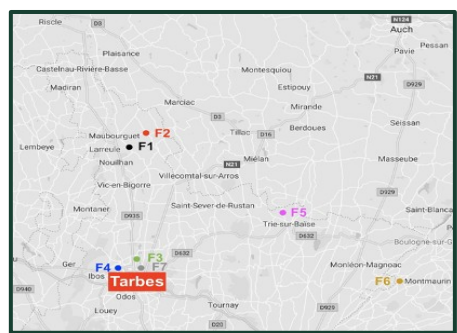
Ni	0.5M KCl-extractable NO3- Ncontent (mg kg-1)
Am	0.5M KCl-extractable NH4+ Ncontent (mg kg-1)
OM	Organic Matter
N	total N (g kg-1)
SystN	Potential soil nitrogen mineralization (kgN/ha/year)
CEC	Cation Exchange Capacity (Metson)
C	total organic Carbon (g kg-1)
CN	C/N ratio
pH	pH
CC	Calcium Carbonate (CaCO3, g kg-1)
Clay	Clay (<2 µm)
Fsi	Fine silts (2-20 µm)
Csi	Coarse silts (20-50 µm)
Fsa	Fine sands (50-200 µm)
Csa	Coarse sands (200-2000 µm)

Fertilité

Propriétés
chimiques

Texture

7 fermes étudiées en 2016:

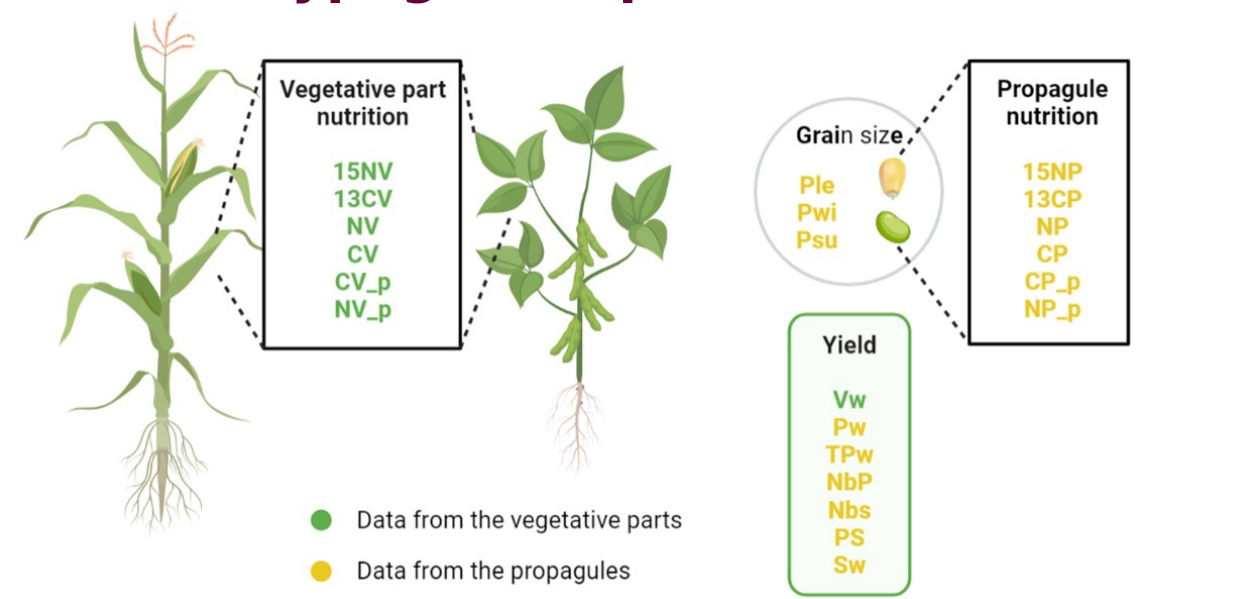


Variétés utilisées :
Maïs hybrides
Haricot tarbais

Systèmes de culture :
M : maïs en culture seule.
B : haricot en culture seule.
IC : maïs-haricot en culture associée.

Farm	M	B	IC
F1			
F2			
F3			
F4			
F5			
F6			
F7			

2. Phénotypage des plantes :



1. Les Caractéristiques du sol :

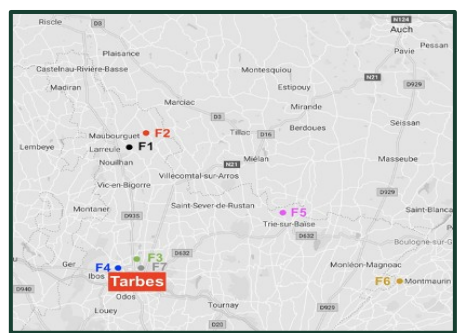
Ni	0.5M KCl-extractable NO3- Ncontent (mg kg-1)
Am	0.5M KCl-extractable NH4+ Ncontent (mg kg-1)
OM	Organic Matter
N	total N (g kg-1)
SystN	Potential soil nitrogen mineralization (kgN/ha/year)
CEC	Cation Exchange Capacity (Metson)
C	total organic Carbon (g kg-1)
CN	C/N ratio
pH	pH
CC	Calcium Carbonate (CaCO3, g kg-1)
Clay	Clay (<2 µm)
Fsi	Fine silts (2-20 µm)
Csi	Coarse silts (20-50 µm)
Fsa	Fine sands (50-200 µm)
Csa	Coarse sands (200-2000 µm)

Fertilité

Propriétés chimiques

Texture

7 fermes étudiées en 2016:



Variétés utilisées :
Maïs hybrides
Haricot tarbais

Systèmes de culture :
M : maïs en culture seule.
B : haricot en culture seule.
IC : maïs-haricot en culture associée.

Farm	M	B	IC
F1			
F2			
F3			
F4			
F5			
F6			
F7			

1. Les Caractéristiques du sol :

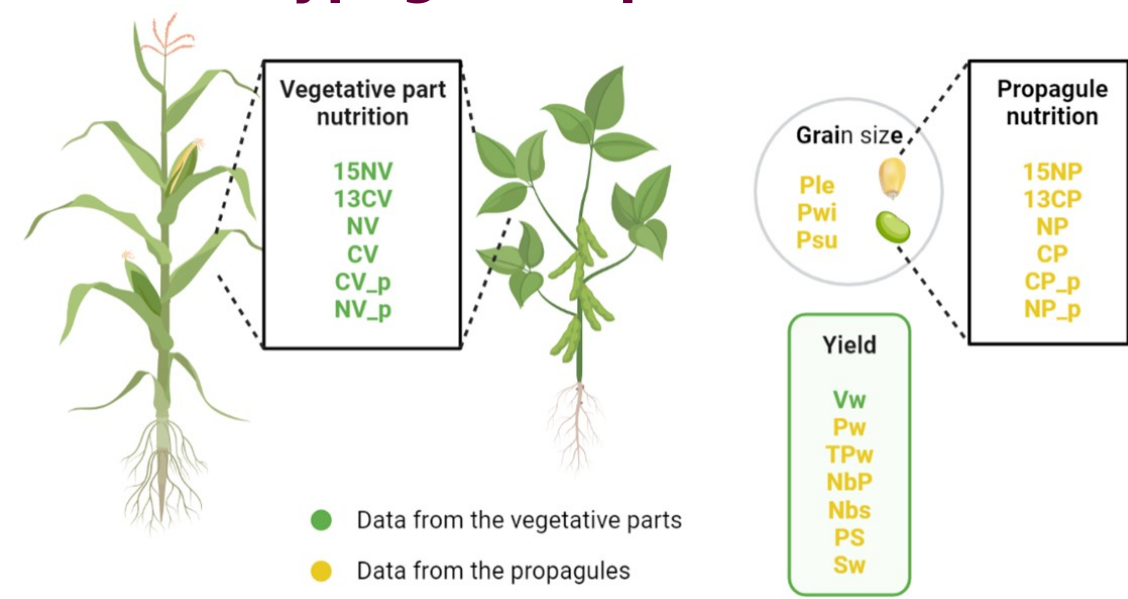
Ni	0.5M KCl-extractable NO3- Ncontent (mg kg-1)
Am	0.5M KCl-extractable NH4+ Ncontent (mg kg-1)
OM	Organic Matter
N	total N (g kg-1)
SystN	Potential soil nitrogen mineralization (kgN/ha/year)
CEC	Cation Exchange Capacity (Metson)
C	total organic Carbon (g kg-1)
CN	C/N ratio
pH	pH
CC	Calcium Carbonate (CaCO3, g kg-1)
Clay	Clay (<2 µm)
Fsi	Fine silts (2-20 µm)
Csi	Coarse silts (20-50 µm)
Fsa	Fine sands (50-200 µm)
Csa	Coarse sands (200-2000 µm)

Fertilité

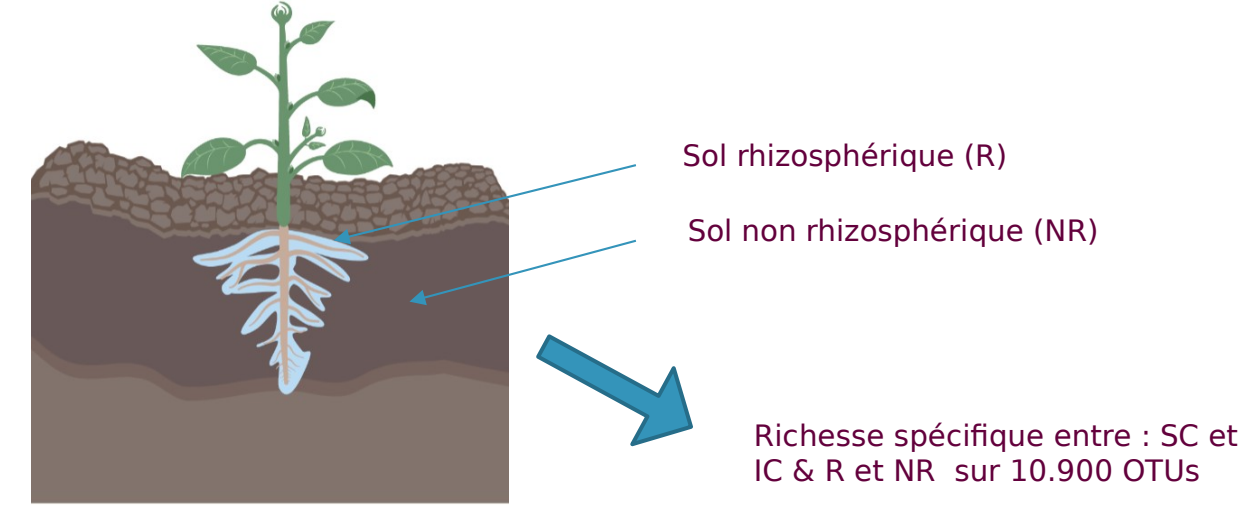
Propriétés chimiques

Texture

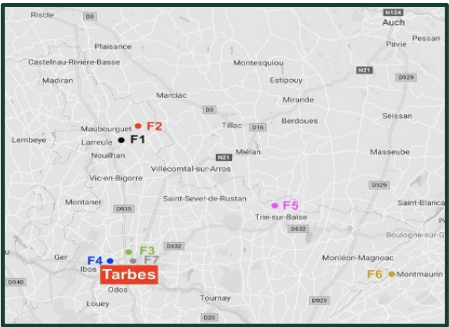
2. Phénotypage des plantes :



3. Composition du microbiote :



7 fermes étudiées en 2016:



Variétés utilisées :
Maïs hybrides
Haricot tarbais

Systèmes de culture :
M : maïs en culture seule.
B : haricot en culture seule.
IC : maïs-haricot en culture associée.

Farm	M	B	IC
F1			
F2			
F3			
F4			
F5			
F6			
F7			

1. Les Caractéristiques du sol :

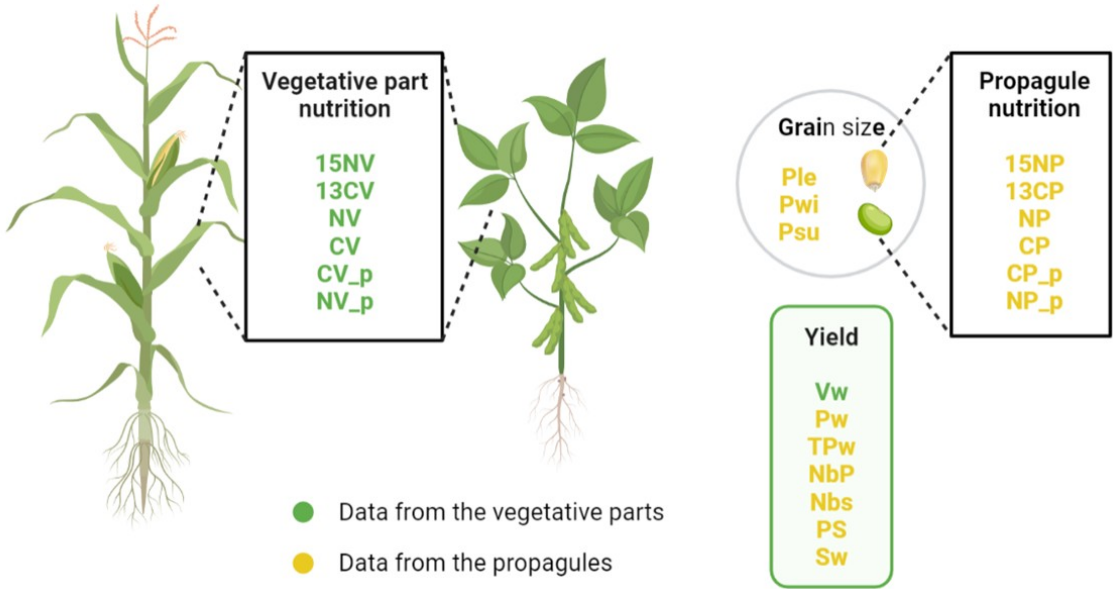
Ni	0.5M KCl-extractable NO3- Ncontent (mg kg-1)
Am	0.5M KCl-extractable NH4+ Ncontent (mg kg-1)
OM	Organic Matter
N	total N (g kg-1)
SystN	Potential soil nitrogen mineralization (kgN/ha/year)
CEC	Cation Exchange Capacity (Metson)
C	total organic Carbon (g kg-1)
CN	C/N ratio
pH	pH
CC	Calcium Carbonate (CaCO3, g kg-1)
Clay	Clay (<2 µm)
Fsi	Fine silts (2-20 µm)
Csi	Coarse silts (20-50 µm)
Fsa	Fine sands (50-200 µm)
Csa	Coarse sands (200-2000 µm)

Fertilité

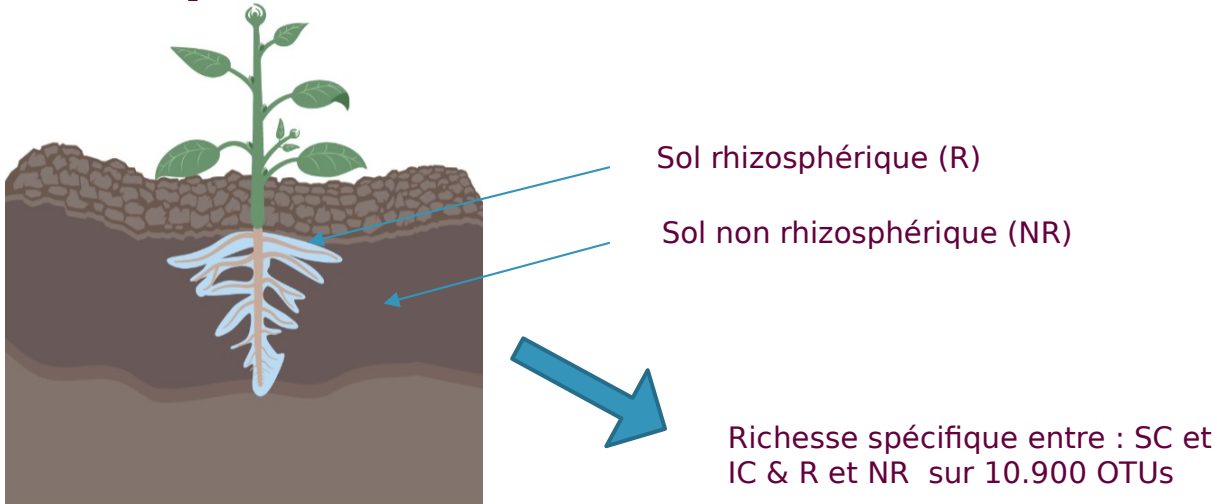
Propriétés chimiques

Texture

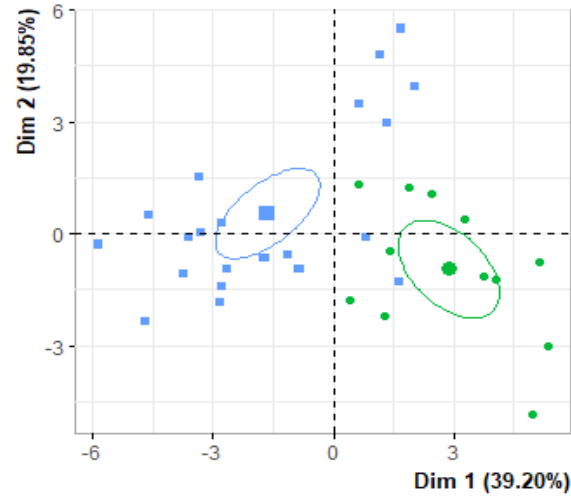
2. Phénotypage des plantes :



3. Composition du microbiote :



HARICOT

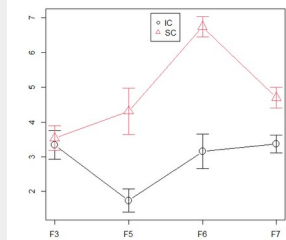


Dim1 : Nutrition des grains.

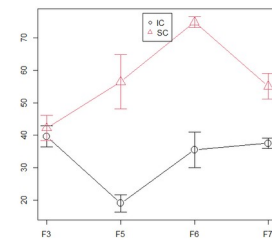
Dim2 : Morphologie des grains.

Nutrition des grains

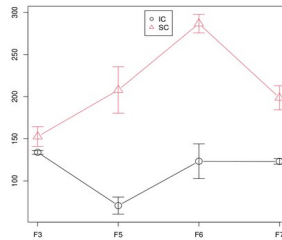
%N



%C



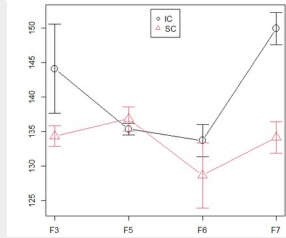
Nb de K par plante



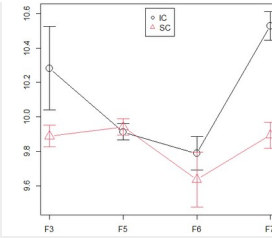
SC > IC

Taille des grains

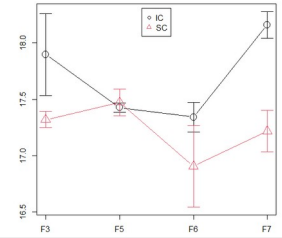
Surface



Largeur



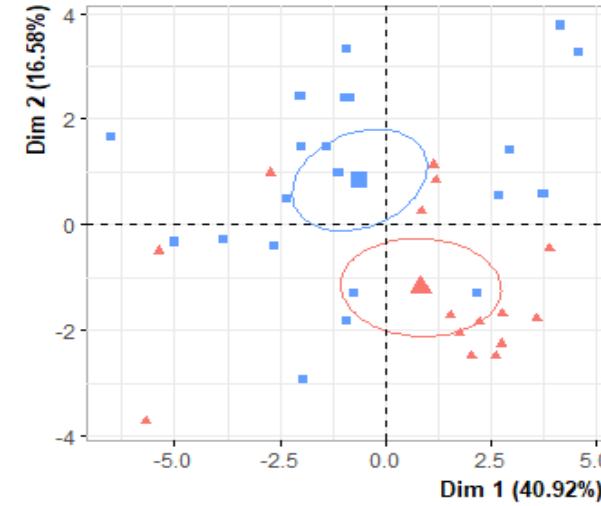
Longueur



IC > SC

Les **grains** sont **plus gros** mais le **rendement plus faible** en IC qu'en SC.

MAÏS

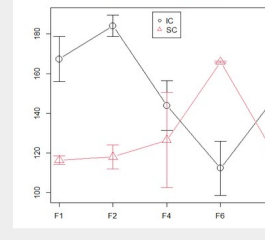


Dim1 : Rendement des grains.

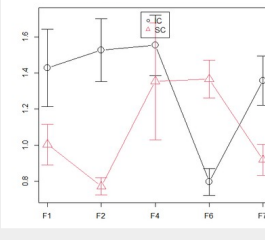
Dim2 : Rendement des parties végétales.

Parties végétales

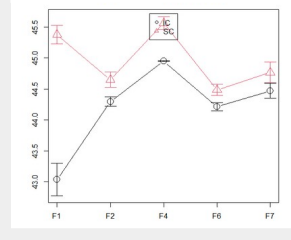
Masse sèche



% d'azote

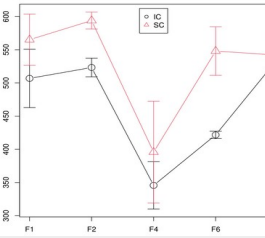


% C

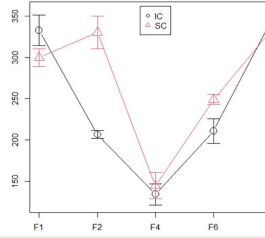


Grains

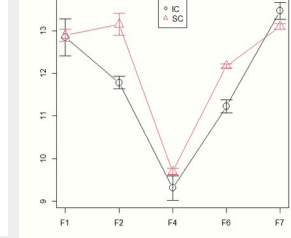
Nb de K par plante



PMG



Longueur



La **biomasse végétative** est **plus élevée** en IC qu'en SC.

Conclusions & perspectives

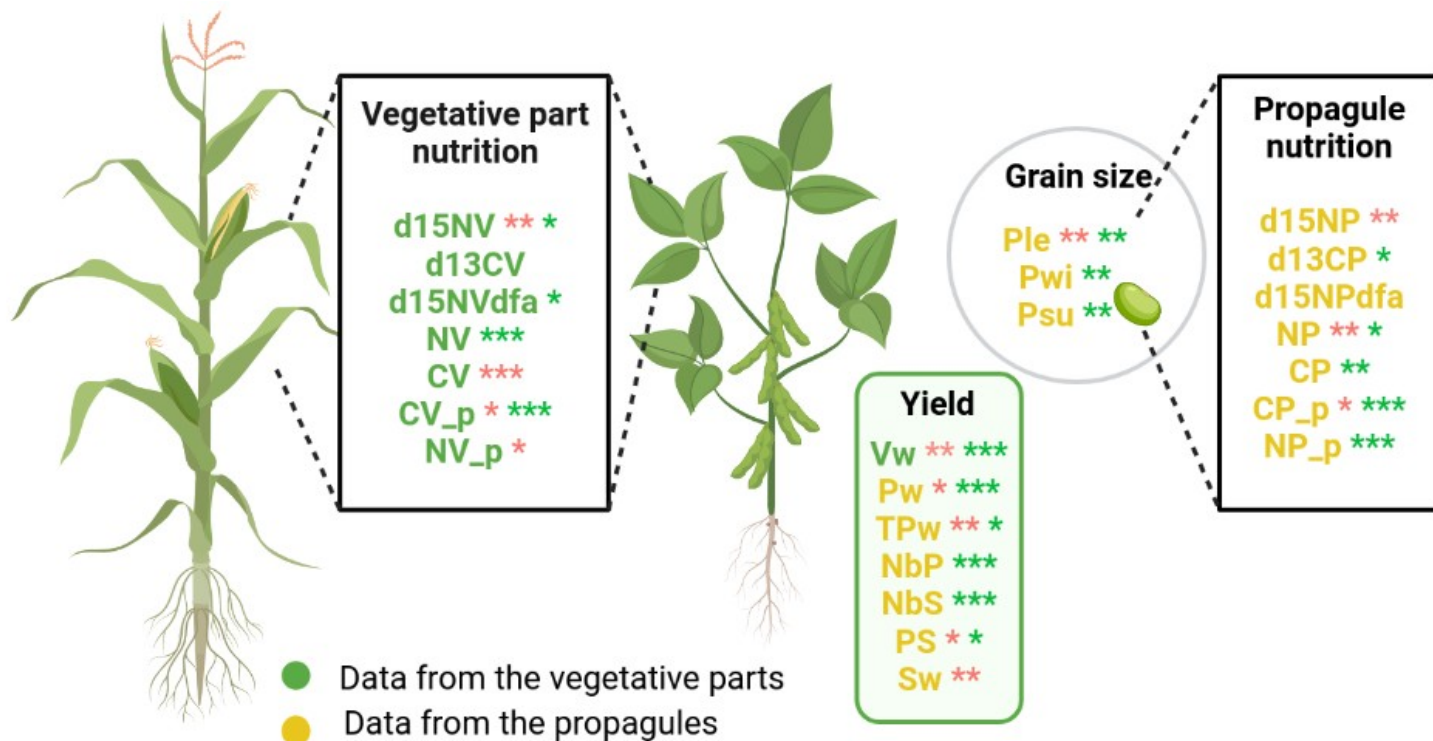
1. Pour le **maïs** : la **biomasse végétative** est **plus élevée en IC qu'en SC**.

Chez les **haricots**, les **grains** sont **plus gros** mais le **rendement plus faible en IC qu'en SC**.

2. On observe une **compétition** pour la **production céréalière et la nutrition en carbone** entre les espèces.

3. Quant aux **assemblages bactériens, l'effet IC/SC et des pratiques culturales (fermes) sont significatifs** sur la composition qualitative des cortèges bactériens associés aux racines.

-> ni les conditions de culture ni le choix des variétés n'ont été raisonnées pour cette association.
nous voudrions décrire la diversité génétique et phénotypique de variétés traditionnelles de maïs et de haricots collectées dans des systèmes traditionnels européens où l'association a persisté.



Significance between soil cropping and intercropping :

- * For maize
- * For bean

Plants	number of plants per sample
Vw	dry weight of Vegetative parts per plant (g)
Pw	propagule dry weight per plant (g)
TPw	one thousand propagules dry weight (g)
NbP	number of propagules produced per plant
NbS	number of set (ear or pod) of propagules per plant
PS	average number of propagules per set
Sw	average propagule weight per set (g)
Ple	average propagules length (measured on 50 propagules, mm)
Pwi	average propagules width (measured on 50 propagules, mm)
Psu	average Propagules surface (measured on 50 propagules, mm)
15NP	percent of 15N among total N of the Propagules
13CP	percent of 13C among total C of the Propagules
15NV	percent of 15N among total N of the Vegetative parts
13CV	percent of 13C among total C of the Vegetative parts
NP	percent Nitrogen in Propagules
CP	percent Carbon in Propagules
NV	percent Nitrogen in Vegetative parts
CV	percent Carbon in Vegetative parts
CP_p	carbon amount in propagules per plant (g)
NP_p	nitrogen amount in propagules per plant (g)
CV_p	carbon amount in vegetative parts per plant (g)
NV_p	nitrogen amount in vegetative parts per plant (g)

Farm	Treatment	Maize variety	Bean variety	Maize density	Bean density	U N2	Irrigation (mm)
F1	SC	PO725	NA	8	0	220	260
F2	SC	PO725	NA	8	0	215	150
F4	SC	Landrace	NA	8	0	50	0
F6	SC	LG3264	NA	8	0	200	105
F7	SC	PO725	NA	8	0	260	210
F3	SC	NA	Tarbais	0	2.5	174	120
F5	SC	NA	Tarbais	0	2.5	18	270
F6	SC	NA	Lapujole	0	2.5	177	0
F7	SC	NA	Lapujole	0	2.5	151	210
F1	IC	PO725	Landrace	2.5	2.5	203	67
F2	IC	PO725	Tarbais	2.5	2.5	62	80
F3	IC	ES Charleston	Tarbais	2.5	2.5	174	120
F4	IC	Landrace	Landrace	2.5	2.5	0	0
F5	IC	Toxxol Duo	Tarbais	2.5	2.5	18	120
F6	IC	LG3264	Tarbais	2.5	2.5	205	105
F7	IC	PO725	Tarbais	2.5	2.5	150	210

Mieux comprendre l'effet des pratiques et de l'environnement de culture sur les variétés en sélection décentralisée et participative

Une démarche basée sur l'expérimentation, l'enquête et l'analyse de données « historiques » pour éclaircir les déterminants de l'adaptation des populations aux fermes et alimenter les réflexions sur les objectifs de sélection à la ferme.

Michel Turbet Delof UMR GQE-Le Moulon

Méthodologie :

Expérimentations sur 2 ans

- 18 populations de blé étudiées
- 15 essais
- Caractérisation fine des environnements d'essais

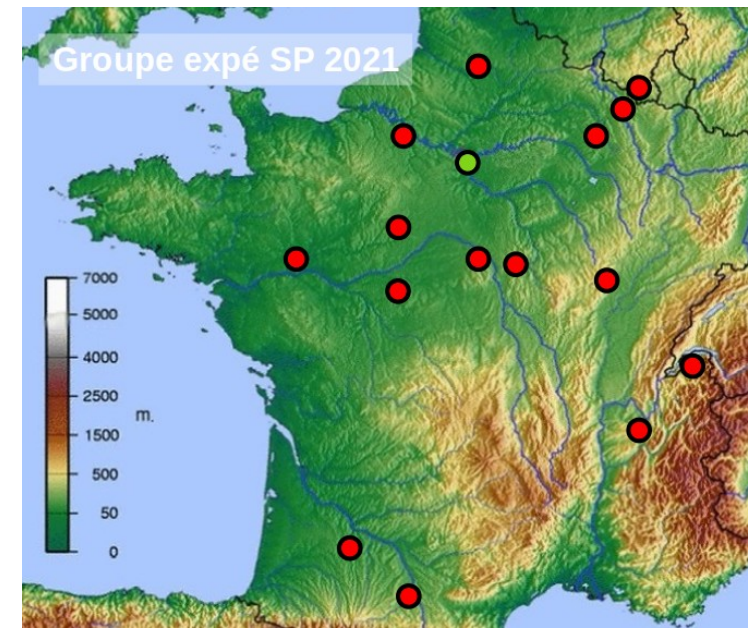
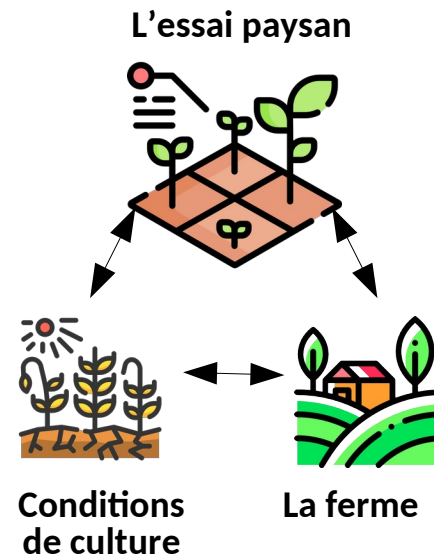
Mesures sur blé
(composantes rdt,
INN...)

Caractérisation
pédologique et biotique
sur le terrain

Indicateurs
climatiques
(Climatik)

Connaissances et observations
expérimentateurs

Enquête



Analyse des données « historiques »



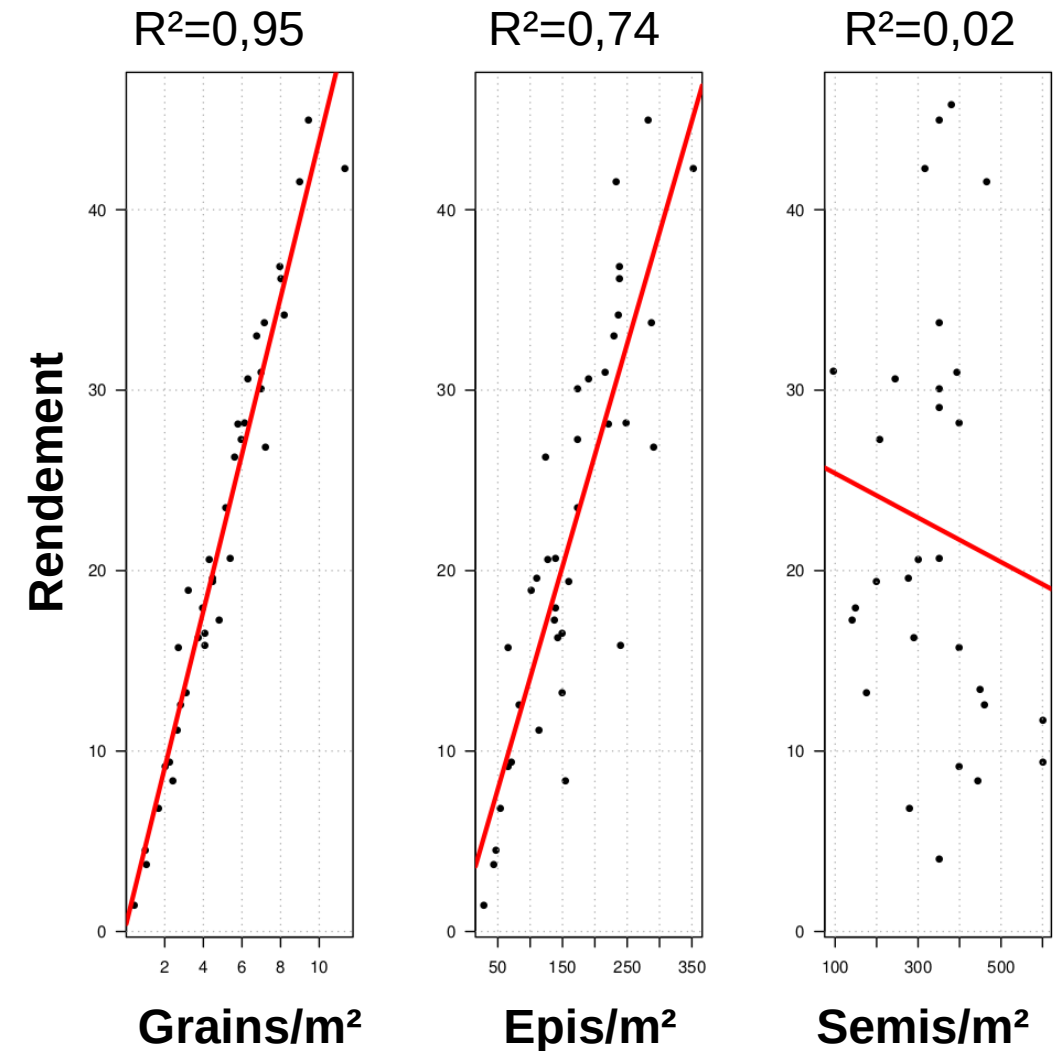
Résultats préliminaires:

Premiers « résultats » de l'expérimentation

- Grande importance de **prendre le temps** de créer un cadre de bon fonctionnement du groupe pour :
 - Faire connaissance, construire la confiance
 - Aborder les aspects importants du projet (diffusion des semences, gestions des données, valorisations des résultats, financement...)
 - co-construire au maximum le projet (processus de décision, comité de pilotage...)
- Grande diversité d'environnements de culture :



Données historiques du programme (n=38) :



→ Importance de l'établissement précoce des composantes du rendement

Discussion :

Quel rôle doit avoir l'expérimentation paysanne dans la transition agroécologique ?

Promue hier :

« *Ce n'est que par des essais faits en petit, sur les variétés auxquelles on donne la préférence dans d'autres cantons, qu'il pourra connaître les avantages que chacune d'elles présente* » [Calendrier du bon cultivateur, Mathieu de Dombasle 1821].

« *Si de cet examen il résulte qu'on peut donner à la race la terre, la nourriture et le climat qui lui conviennent, on aura raison de l'adopter, et alors seulement son introduction constituera un progrès sérieux et durable.* » [Le meilleur des blés, 1880 Henry Vilmorin]

Promue aujourd'hui :

La traque aux innovations d'agriculteurs [Salembier, 2021]

La conception pas-à-pas [Meynard et al. 2012]

Les démarches d'*agronomie clinique* [Kockmann et al. 2019]

Comprendre le comportement de génotypes en mélange : expérimentations et modélisations appliquées au blé tendre

→ En mélange versus en pur,
compromis entre stabilité et plasticité
selon les génotypes et les traits

M. Gawinowski, J. Enjalbert & T. Flutre, UMR GQE

avec P.-H. Cournède, D. Tropée & co.

Méthodologie

Expérimentation de couverts hétérogènes à l'échelle de la plante

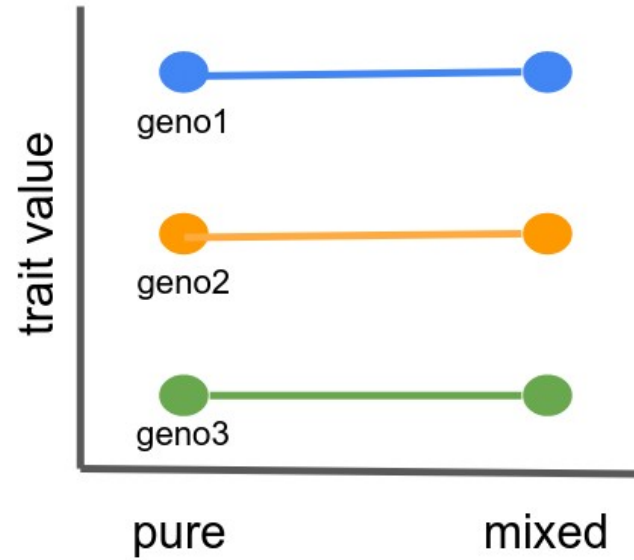
C	Bel	Bag	Bel	Bag	Bel	Bor	Bag	Kal	Bel	Bor	22
D	Bor	Bel	Kal	Bor	Bel	Kal	Kal	Bel	Bag	Bor	21
E	Bag	Bor	Bel	Bag	Kal	Bor	Bag	Kal	Bel	Bor	20
F	Bel	Kal	Bel	Bel	Bor	Bag	Kal	Bel	Bor	Kal	19
G	Bag	Bag	Bel	Kal	Bor	Bag	Bor	Bag	Kal	Bel	18
H	Kal	Kal	Bor	Bag	Bag	Kal	Bel	Bor	Bag	Kal	17
A	Bor	Bag	Kal	Bel	Bor	Kal	Bor	Bag	Kal	Bel	16
B	Bel	Bel	Bor	Bor	Bag	Bel	Bor	Bor	Bag	Bel	15
C	Bel	Kal	Bel	Bel	Kal	Bel	Bor	Bel	Bor	Bel	14
D	Bor	Bag	Kal	Bag	Bor	Bag	Bel	Bag	Kal	Bel	13
E	Bag	Kal	Bor	Bel	Bel	Bag	Bor	Bag	Kal	Bel	12
F	Bel	Kal	Bel	Bor	Bag	Bel	Kal	Bag	Bor	Bor	11
G	Bag	Bor	Kal	Bor	Bel	Bel	Bor	Bor	Bag	Bel	10
H	Bor	Bel	Bor	Bel	Bag	Kal	Bel	Bag	Bor	Kal	9
A	Bel	Bag	Kal	Bel	Bel	Kal	Bor	Kal	Bor	Bel	8
B	Bor	Bor	Bag	Bor	Kal	Bag	Bag	Bel	Bor	Bel	7
C	Kal	Bor	Kal	Bel	Bag	Kal	Bel	Bor	Bag	Bag	6
D	Bag	Bel	Bag	Bor	Kal	Bel	Kal	Bor	Bag	Kal	5
E	Bor	Kal	Bel	Bag	Bel	Kal	Bel	Bel	Kal	Kal	4
F	Kal	Bag	Bor	Bor	Kal	Bel	Bag	Bag	Bor	Bag	3
G	Kal	Bel	Kal	Bag	Bor	Kal	Bel	Bor	Bag	Bag	2
H	Bag	Bor	Bel	Kal	Bel	Kal	Bor	Bag	Kal	Bor	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12



..... en parallèle d'une
modélisation mécaniste de ces couverts



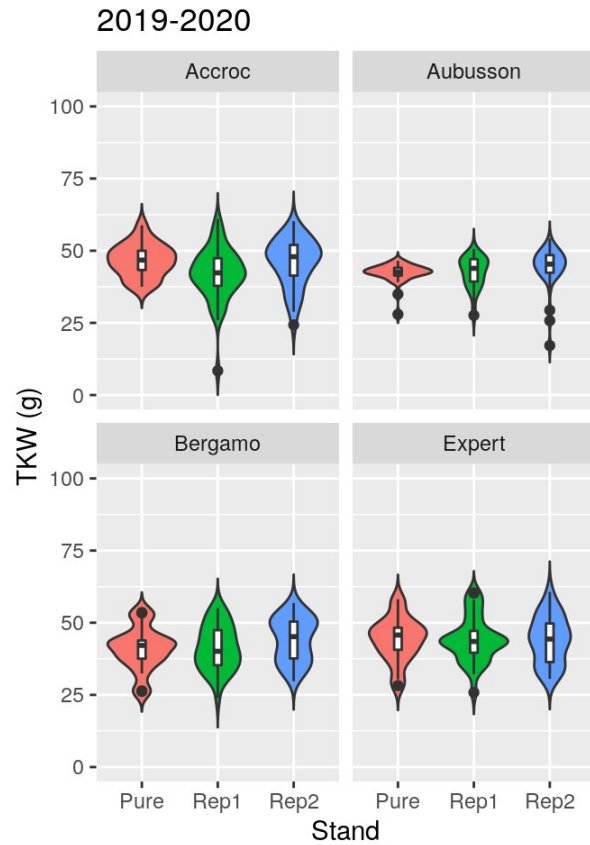
Résultats



$$\mu_{\text{pure}} = \mu_{\text{mixed}}$$

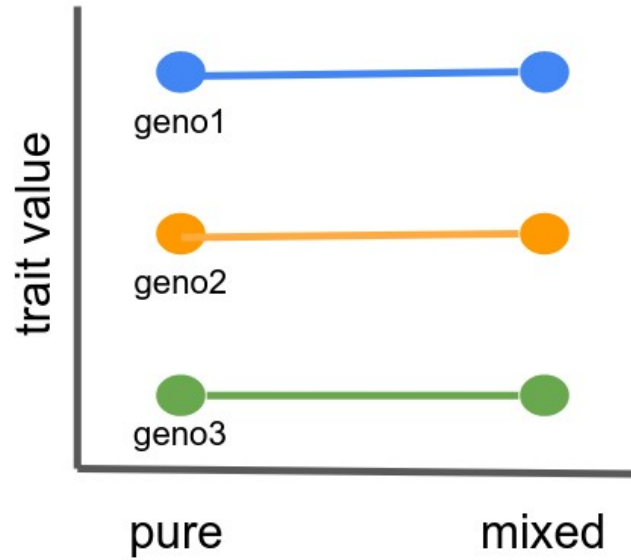
$$CV_{\text{pure}} = CV_{\text{mixed}}$$

Résultats



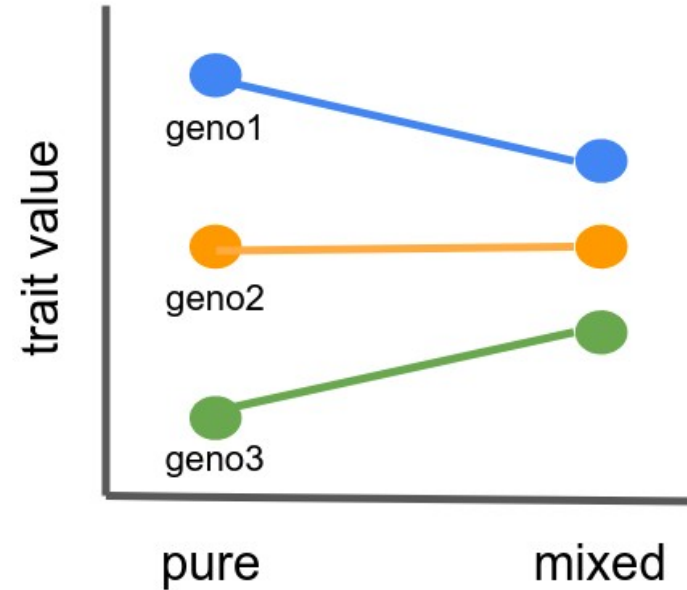
$$\begin{aligned}\mu_{\text{pure}} &= \mu_{\text{mixed}} \\ CV_{\text{pure}} &= CV_{\text{mixed}}\end{aligned}$$

Résultats



$$\mu_{\text{pure}} = \mu_{\text{mixed}}$$

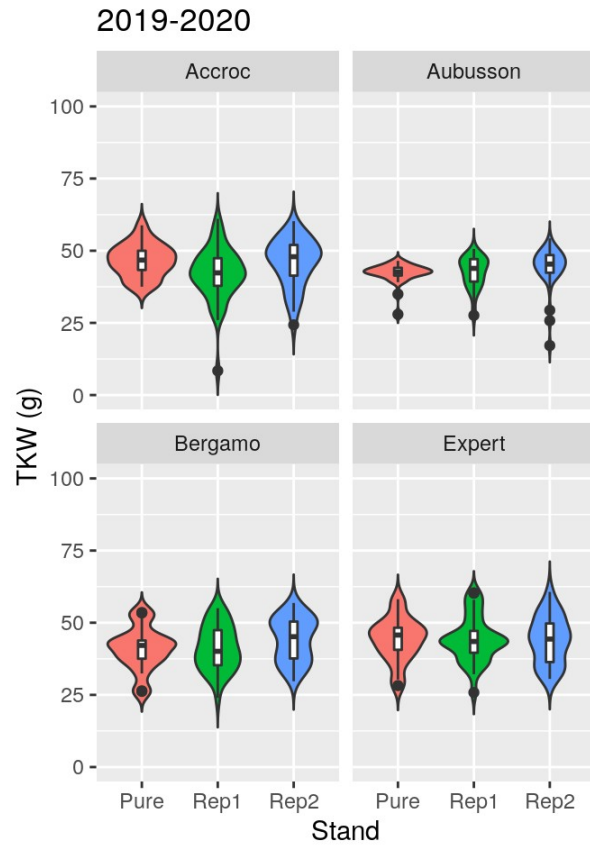
$$CV_{\text{pure}} = CV_{\text{mixed}}$$



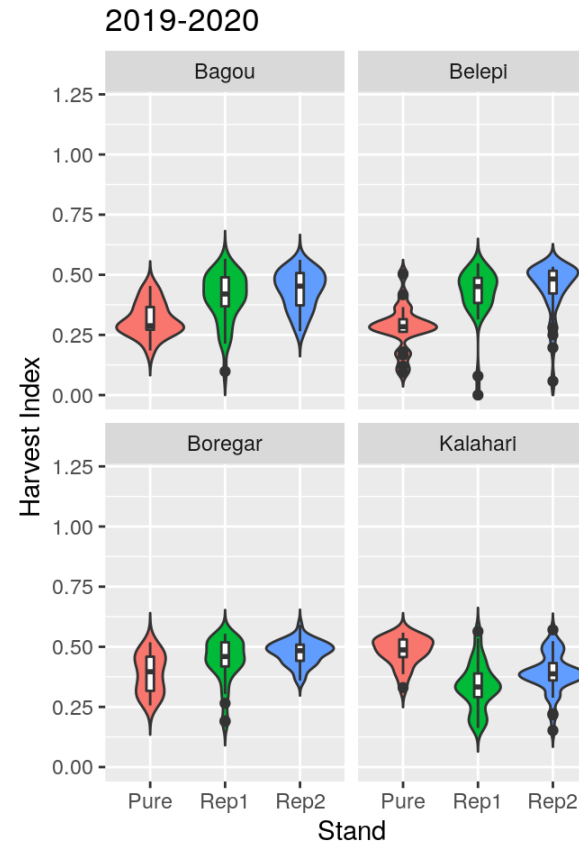
$$\mu_{\text{pure}} \neq \mu_{\text{mixed}}$$

$$CV_{\text{pure}} = CV_{\text{mixed}}$$

Résultats

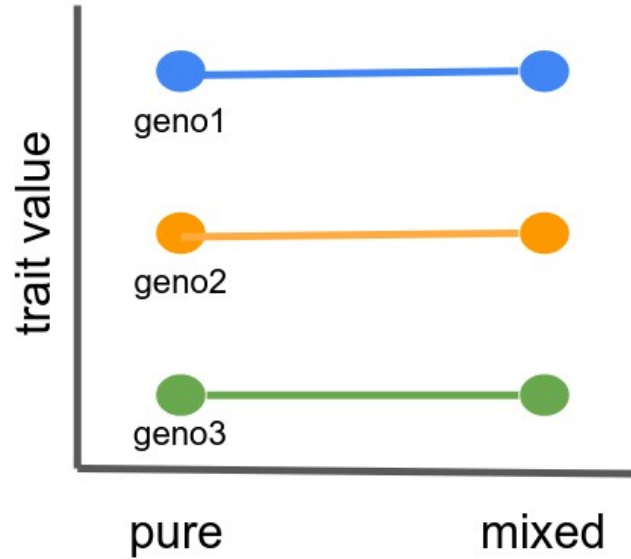


$$\begin{aligned} \mu_{\text{pure}} &= \mu_{\text{mixed}} \\ CV_{\text{pure}} &= CV_{\text{mixed}} \end{aligned}$$



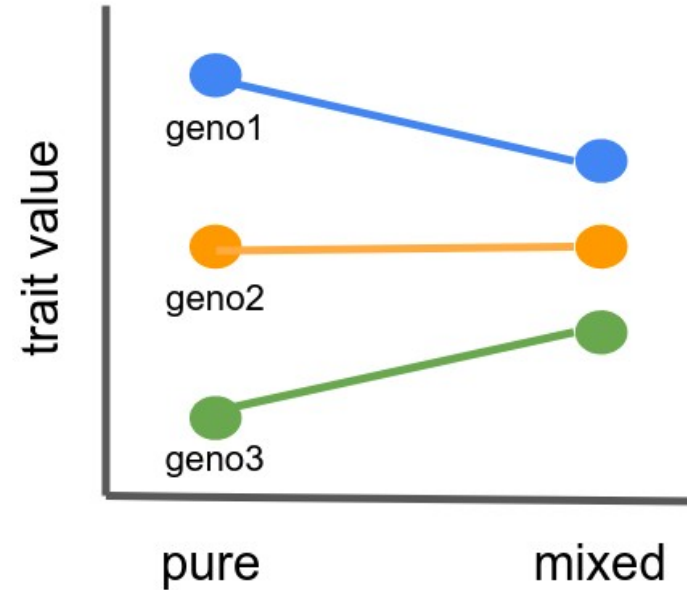
$$\begin{aligned} \mu_{\text{pure}} &\neq \mu_{\text{mixed}} \\ CV_{\text{pure}} &= CV_{\text{mixed}} \end{aligned}$$

Résultats



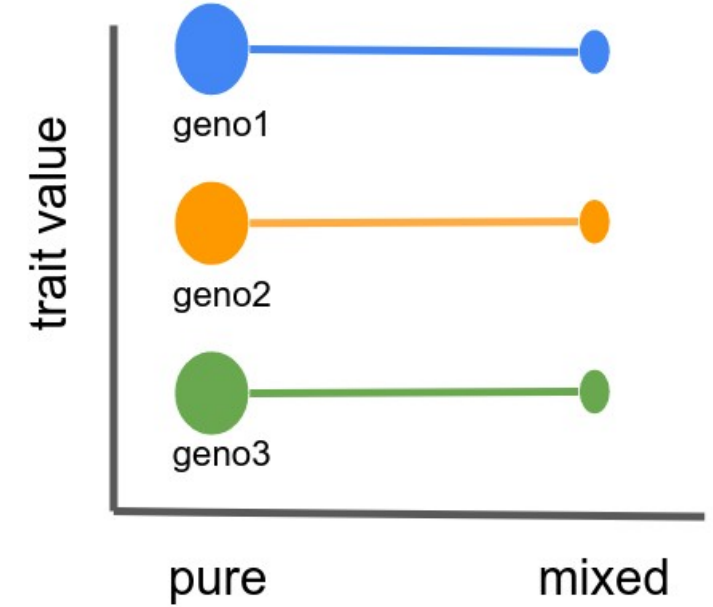
$$\mu_{\text{pure}} = \mu_{\text{mixed}}$$

$$CV_{\text{pure}} = CV_{\text{mixed}}$$



$$\mu_{\text{pure}} \neq \mu_{\text{mixed}}$$

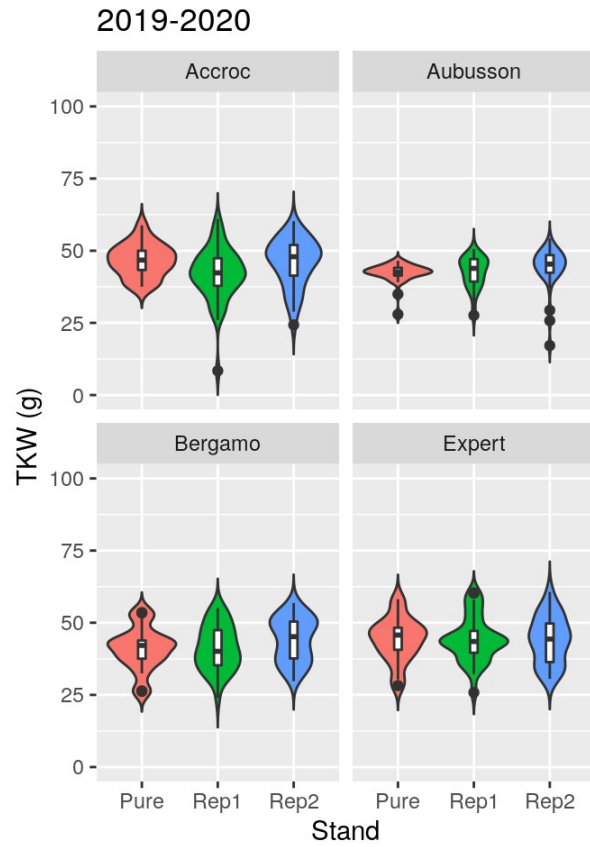
$$CV_{\text{pure}} = CV_{\text{mixed}}$$



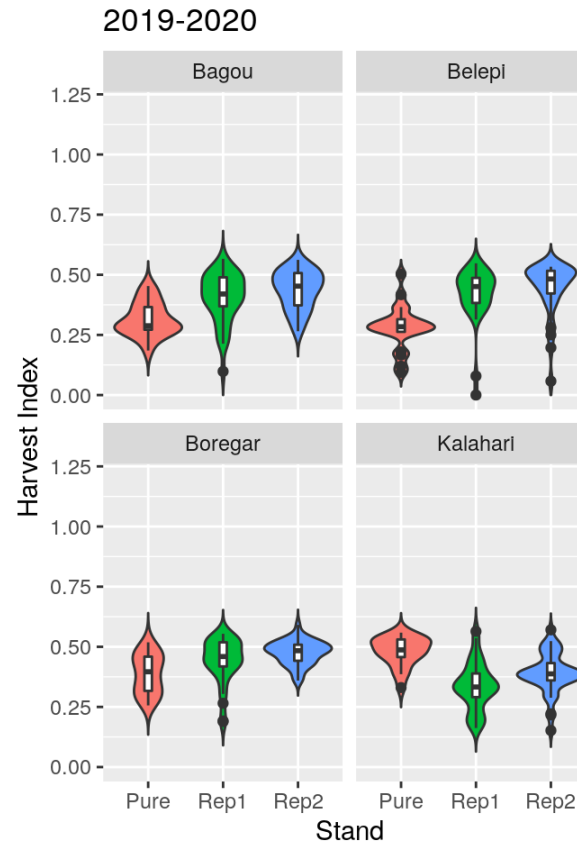
$$\mu_{\text{pure}} = \mu_{\text{mixed}}$$

$$CV_{\text{pure}} > CV_{\text{mixed}}$$

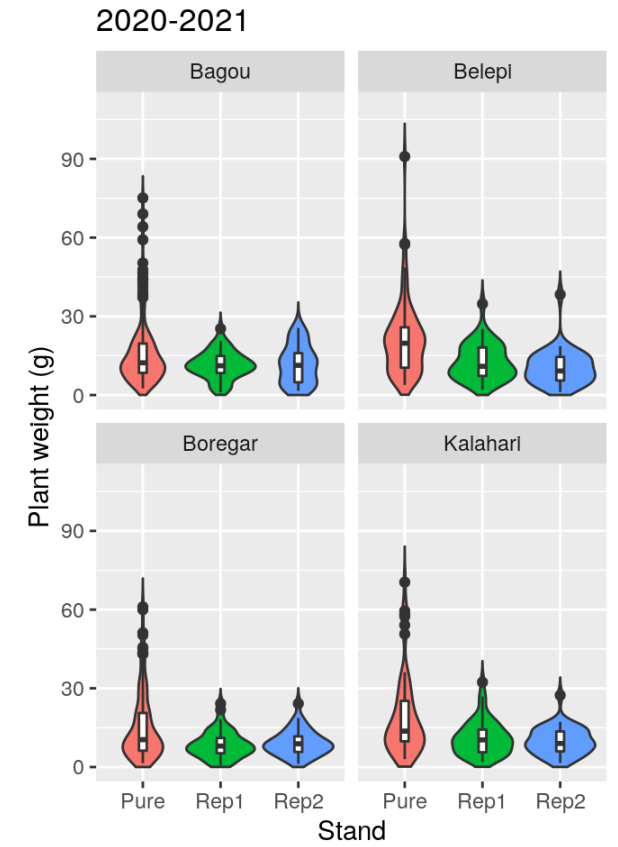
Résultats



$$\begin{aligned} \mu_{\text{pure}} &= \mu_{\text{mixed}} \\ CV_{\text{pure}} &= CV_{\text{mixed}} \end{aligned}$$



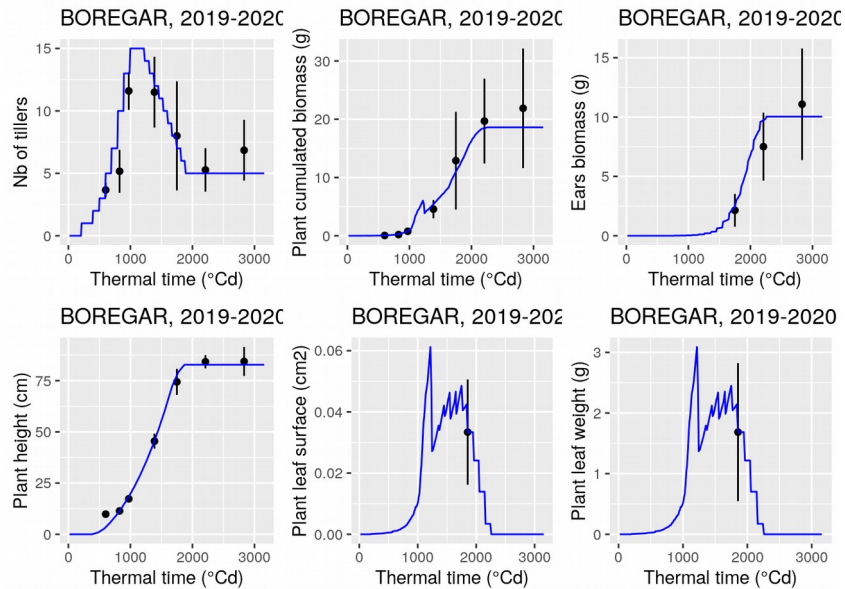
$$\begin{aligned} \mu_{\text{pure}} &\neq \mu_{\text{mixed}} \\ CV_{\text{pure}} &= CV_{\text{mixed}} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \mu_{\text{pure}} &= \mu_{\text{mixed}} \\ CV_{\text{pure}} &> CV_{\text{mixed}} \end{aligned}$$

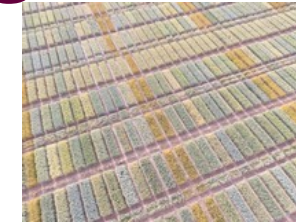
Perspectives à court terme

- Modélisation mécaniste et inférence statistique



Perspectives à moyen-long terme

- Design “micro-parcelle”



- Compétition x maladie



- Réseaux d'agriculteurs

