

Journée scientifique du groupe Céréales à paille, organisée par l'INRAE, l'Agroscope et le CRA-W

13 et 14 mars 2025

Gembloux



Mélanges de variétés de blé

Jérôme Enjalbert, Meije Gawinowski,
Timothée Flutre, Arnaud Gauffreteau

INRAE

GQE le Moulon - Agronomie

Transition Agroécologique

→ Des effets démontrés de la diversification :

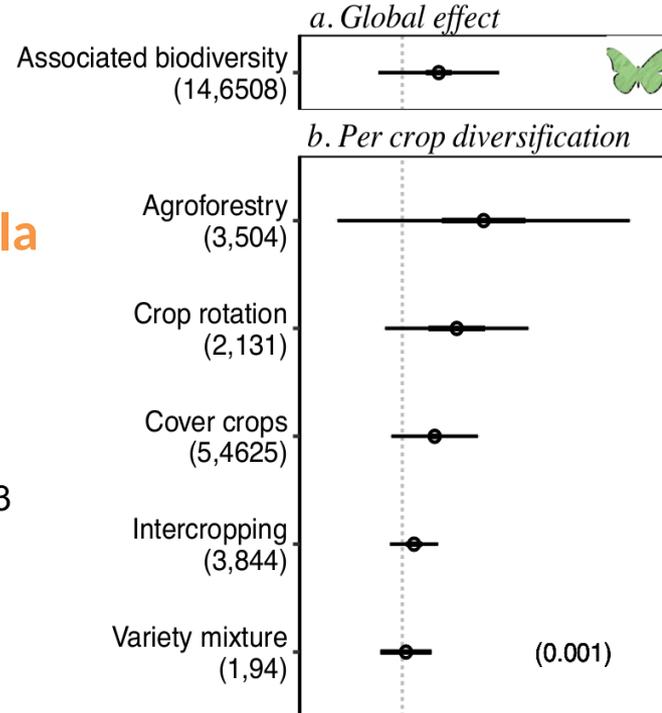
Beillouin et al. 2021

+ Li et al. 2024

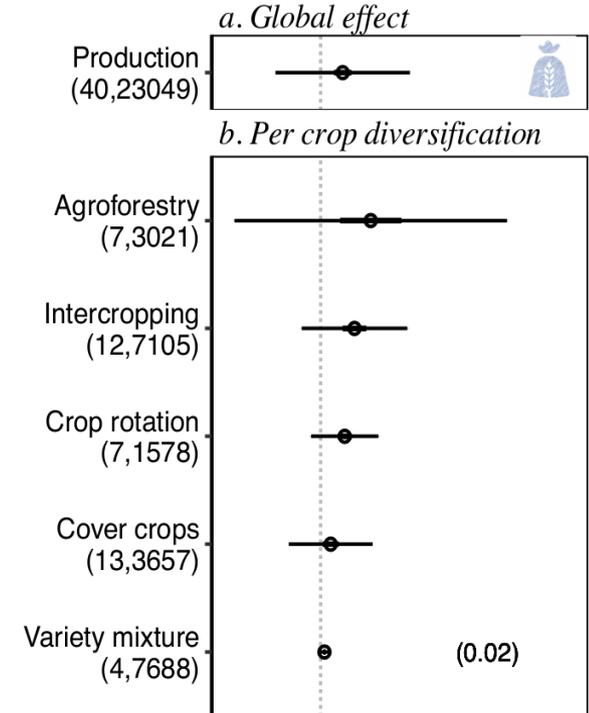
+ Expertise collective Vialatte et al. 2023

→ Plus de variétés et d'espèces dans les champs !

A.



B.



Transition Agroécologique

→ Des effets démontrés de la diversification :

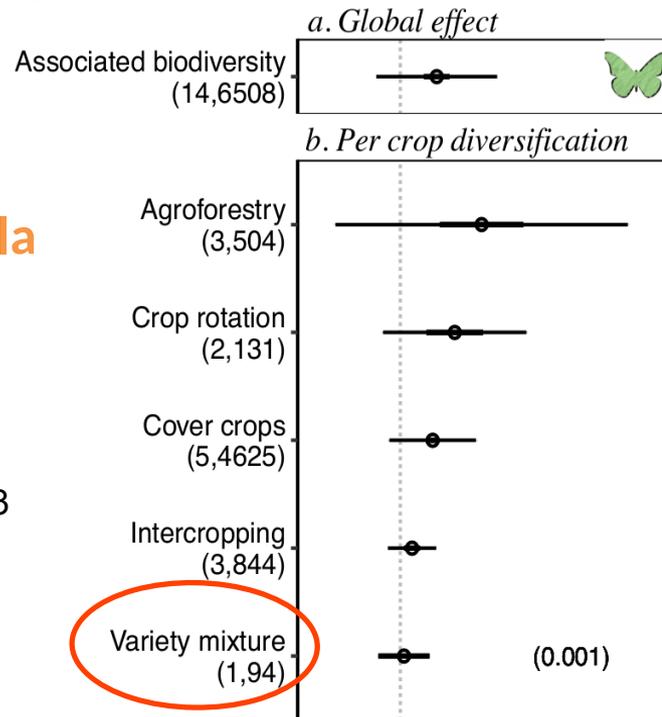
Beillouin et al. 2021

+ Li et al. 2022

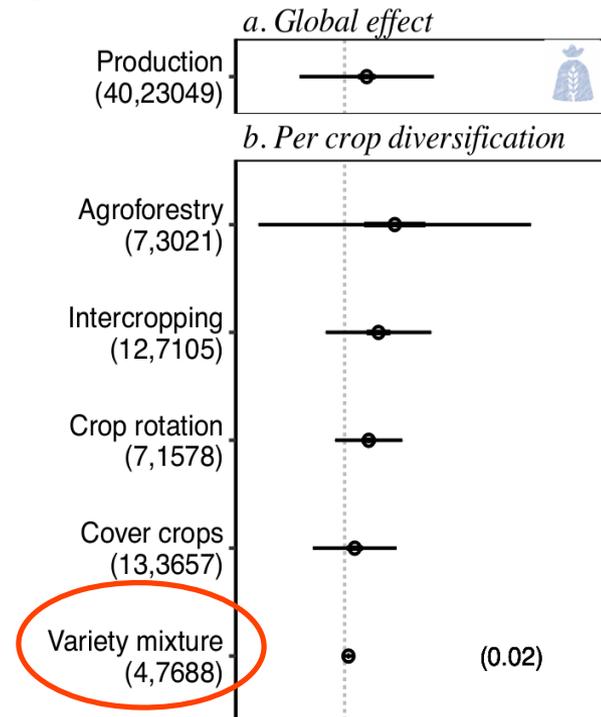
+ Expertise collective Vialatte et al. 2023

→ Plus de variétés et d'espèces dans les champs !

A.

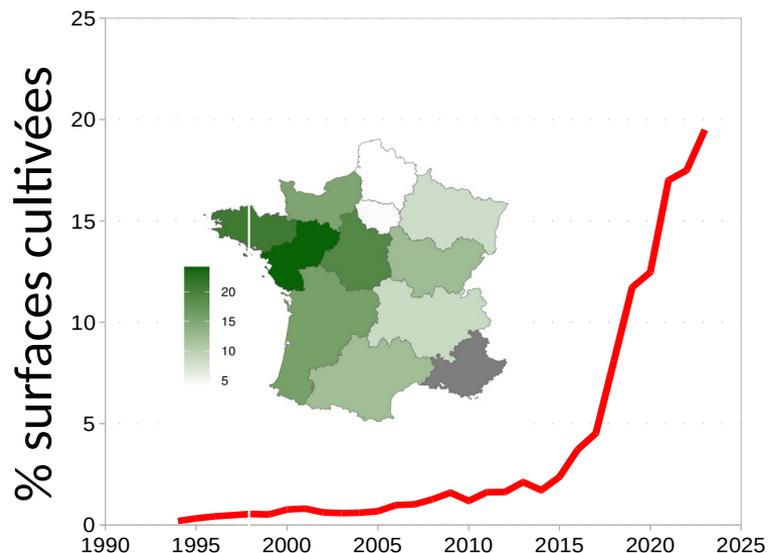


B.



Mélanges variétaux de blé en France

- Une progression rapide et récente : **18.5% in 2024** (Source ARVALIS)



- La variété la plus cultivée:
« Mélange de variétés » !
- Jusqu'à 40 % de mélanges dans certains départements

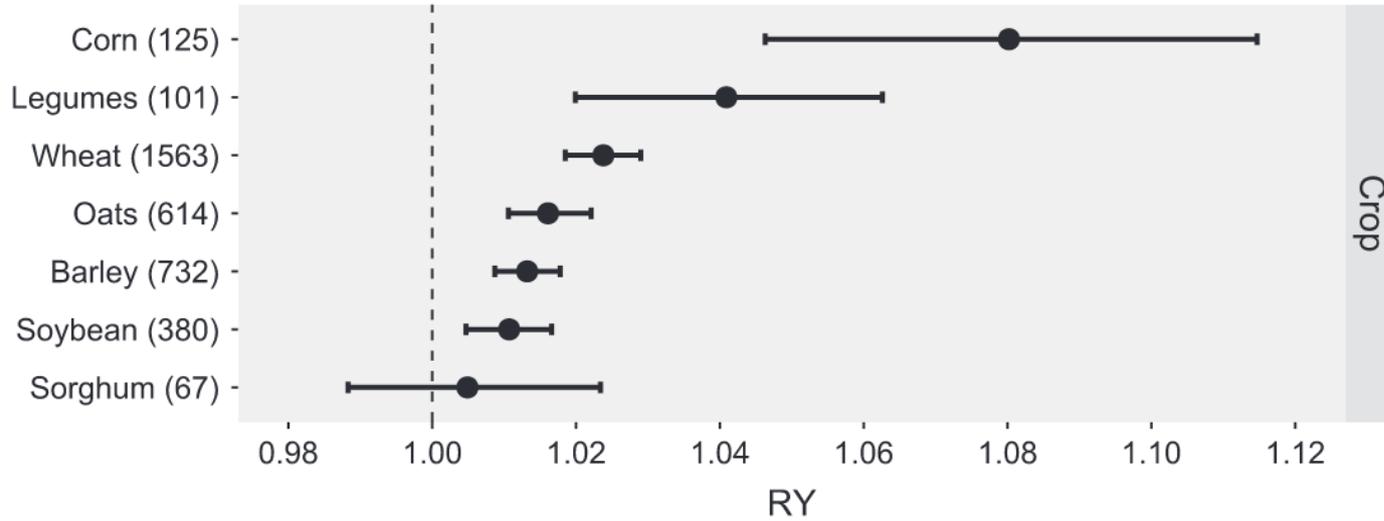
From Perronne et al. 2017

Data : France-Agrimer / Arvalis

- Progression forte au Danemark (40%: M. Hovmoller Pers.com.), UK,...

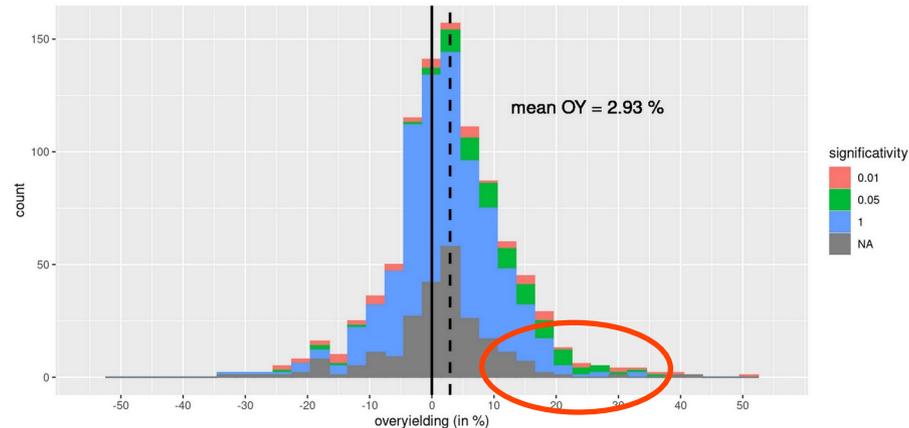
Les performances des mélanges

Mélanges de variétés



Reiss & Drinkwater (2018)

Mélange variétal de blé

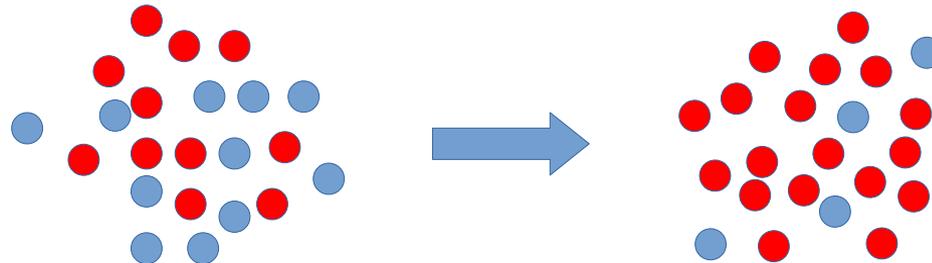
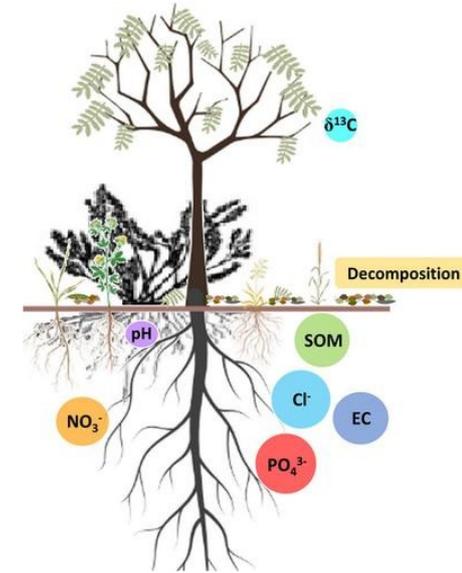
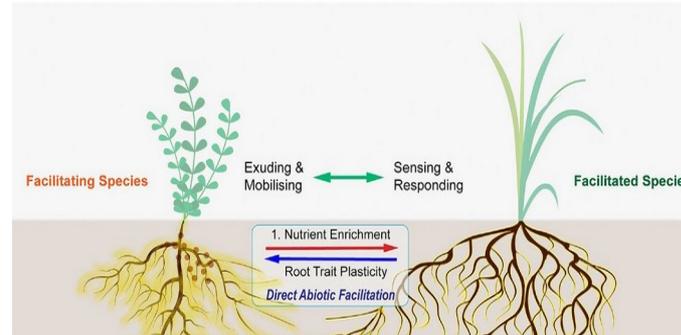


Borg et al (2018)

Effet de la biodiversité sur la productivité

Les mécanismes écologiques

- Complémentarité de niche
- Facilitation
- Sélection

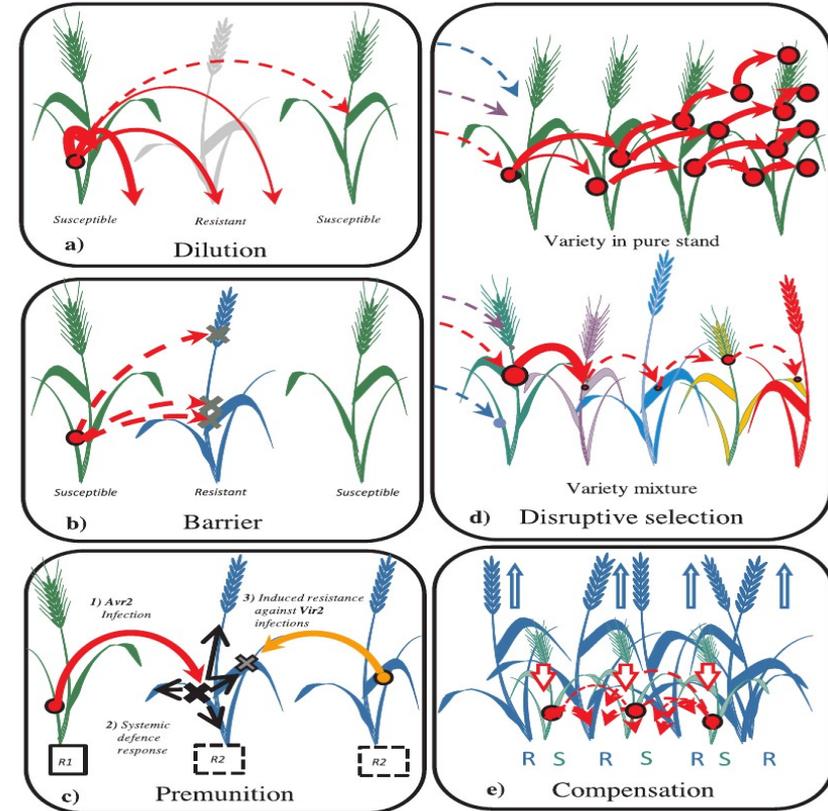


Barot et al. 2017

Mélanges de variétés et contrôle des maladies

■ Contrôle efficace des maladies (Wolfe 1985)

Des mécanismes généralement bien connus...



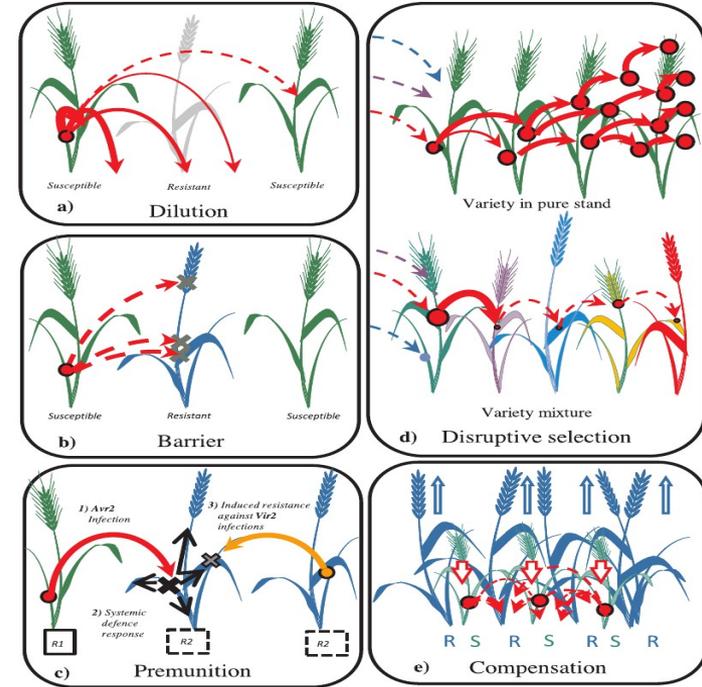
Borg et al. (2018)

Mélanges de variétés et contrôle des maladies

■ Contrôle efficace des maladies (Wolfe 1985)

Des mécanismes généralement bien connus...

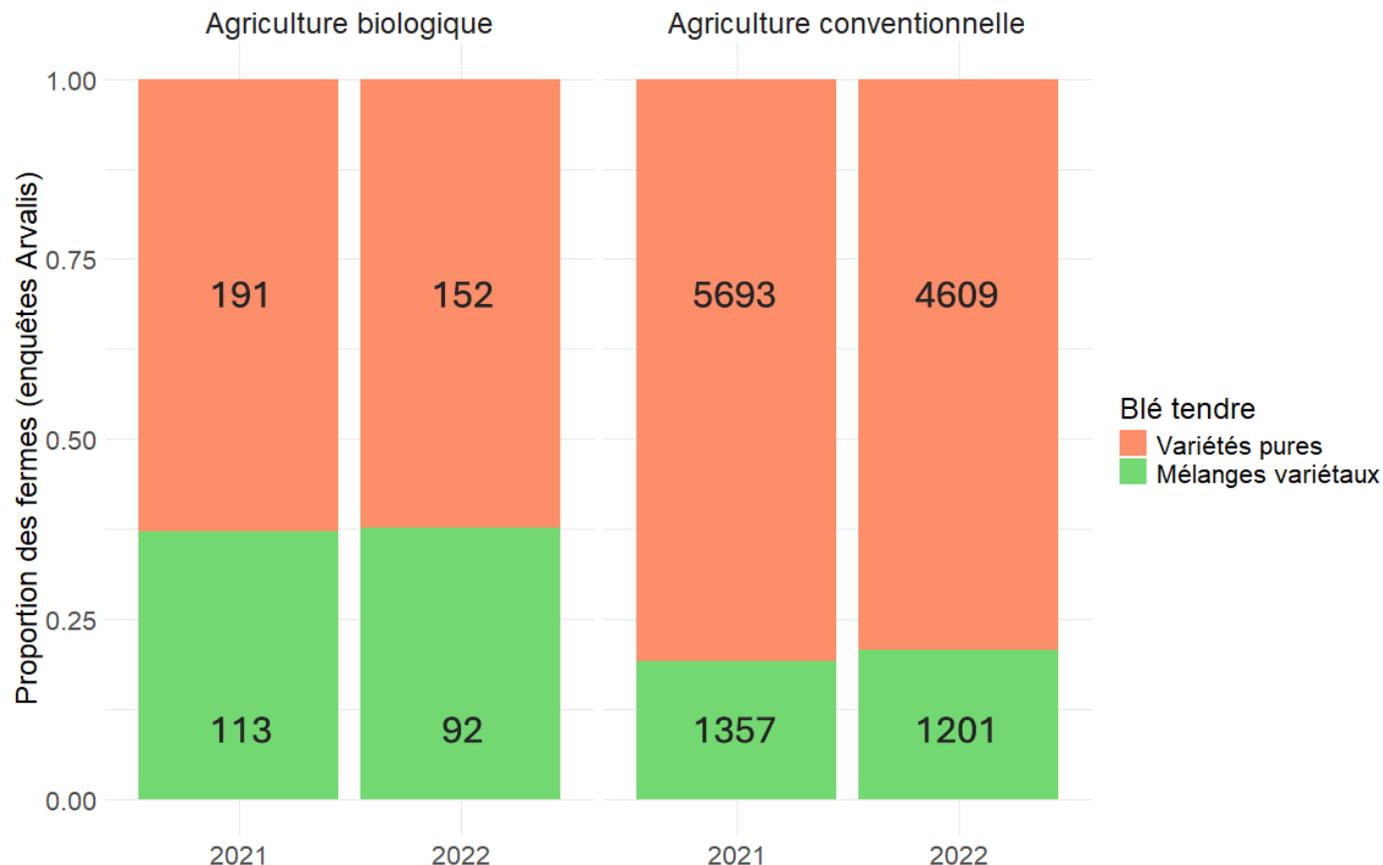
... mais pas d'effet démontré sur la baisse des pesticides...



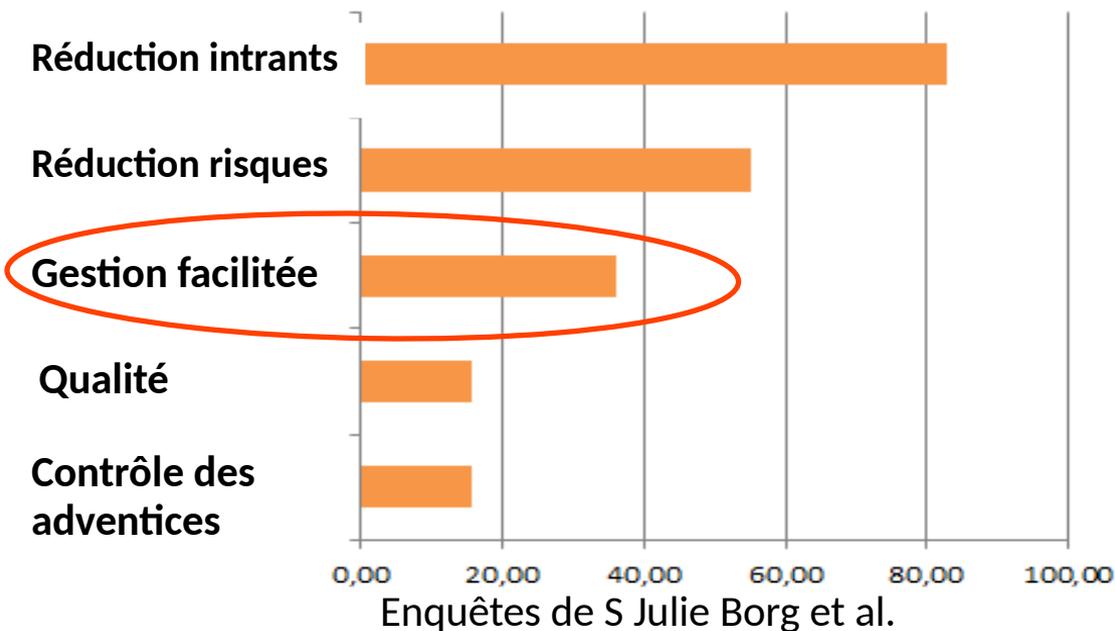
Borg et al. (2018)

Les agriculteurs en AB sont les premiers à diversifier dans leurs fermes et leurs parcelles

- E. Yann 2025
- Source ARVALIS



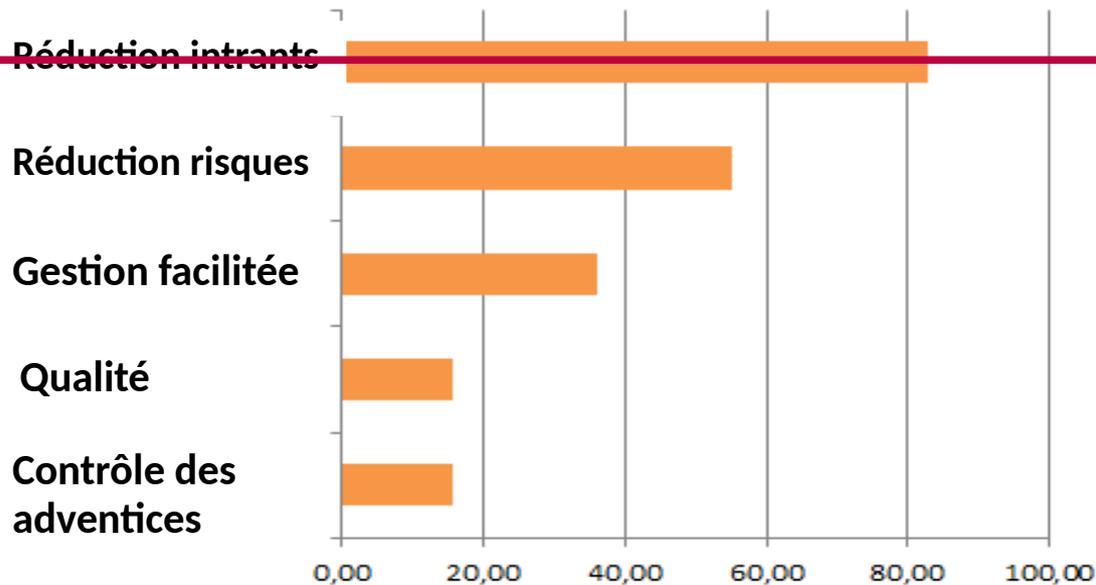
Pourquoi les agriculteurs cultivent-ils des mélanges?



- L'impact sur la gestion est absent des travaux scientifiques
- Les agriculteurs recherchent la stabilité, pas les derniers quintaux!



Pourquoi les agriculteurs cultivent-ils des mélanges?



Enquêtes de Julie Borg et col.

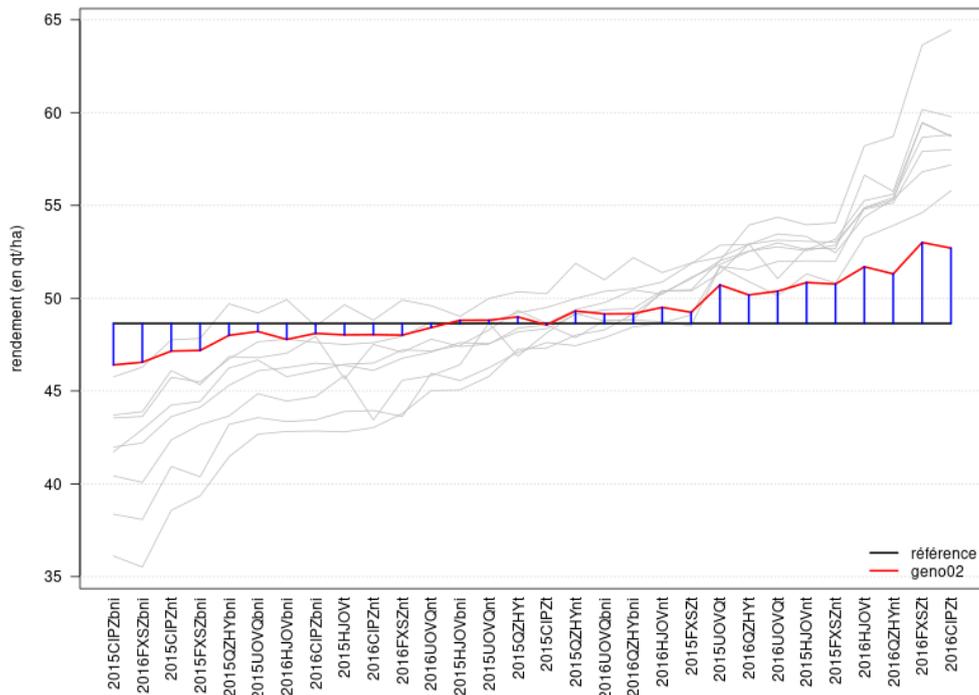
→ Nouvelles enquêtes 2024
(A. Gauffreteau, B. Coupery)-

→ Premières motivations: facilités de gestion et la réduction des risques

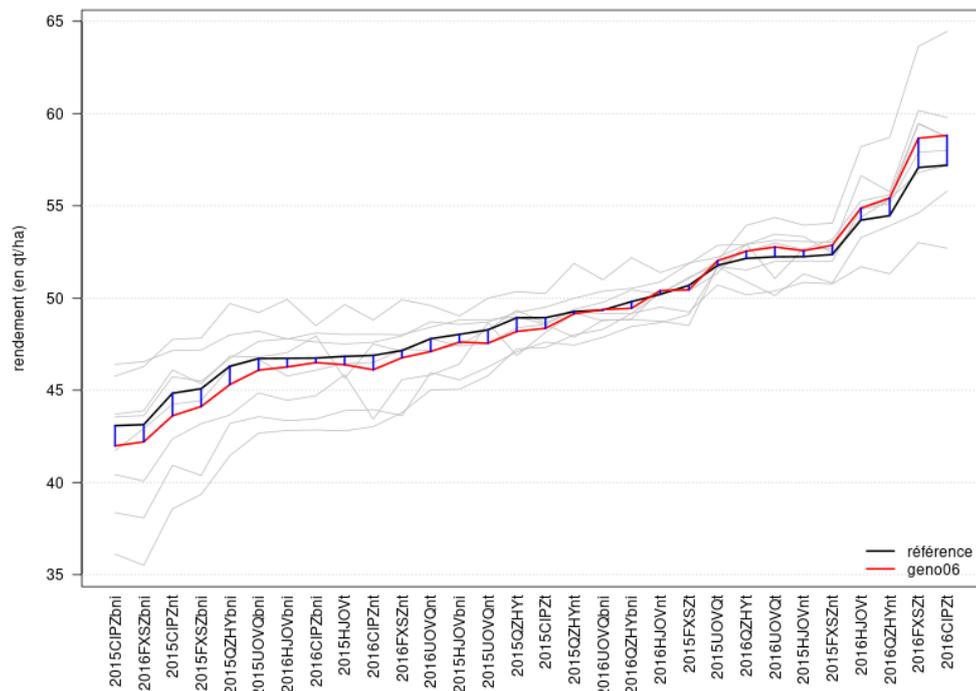


La stabilité, un critère clé !

Stabilité statique



Stabilité dynamique

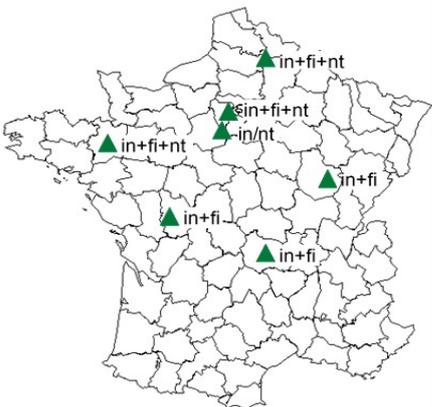


Gauffreteau, T. Flutre, J. Enjalbert
Projet STABLE

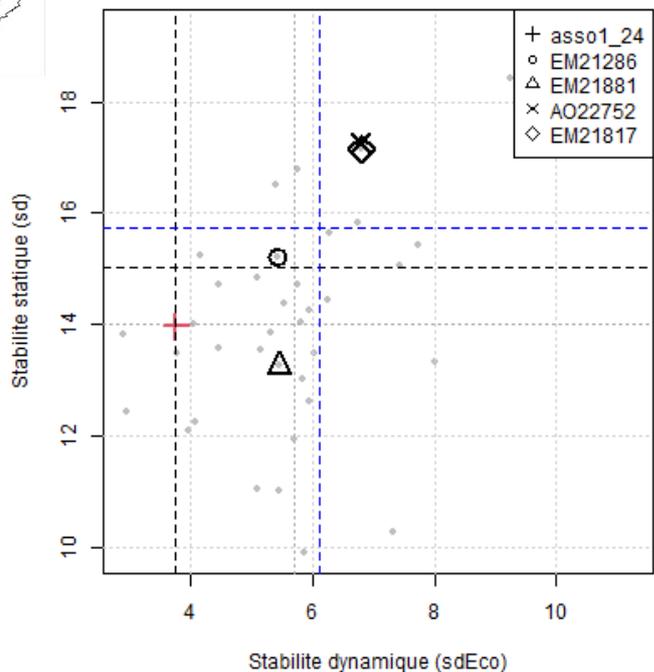
https://timflutre.shinyapps.io/intro_stabilite/

La stabilité, un critère clé !

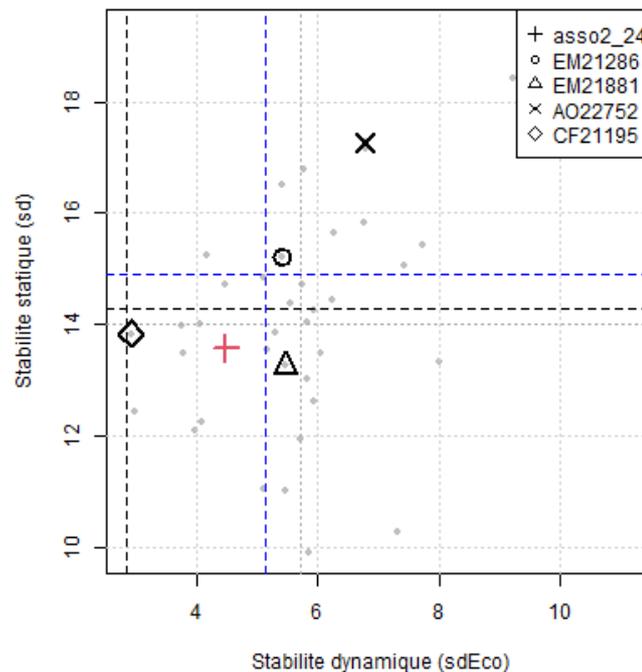
- Projet IVD Blade – Blé tendre
- 4 mélanges testés annuellement dans le réseau depuis 2016



Gauffreteau et al.,
Projet IVD Blade
INRAE - BAP
AgriObtention

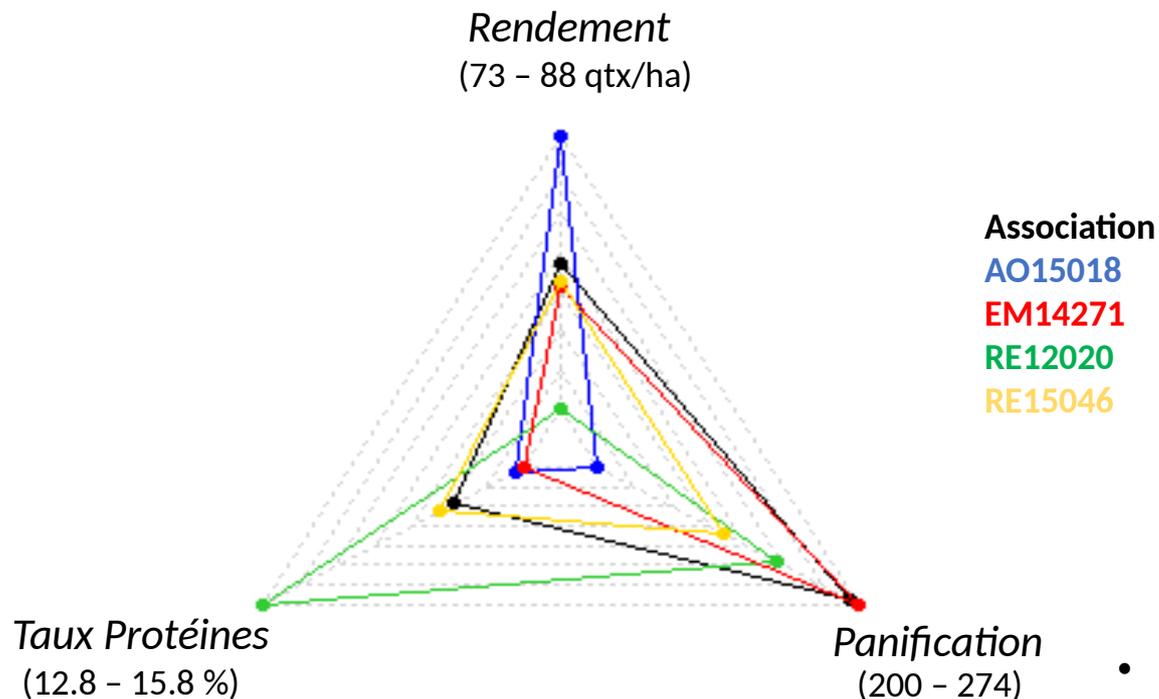


2024



→ Meilleure stabilité dynamique et statique !

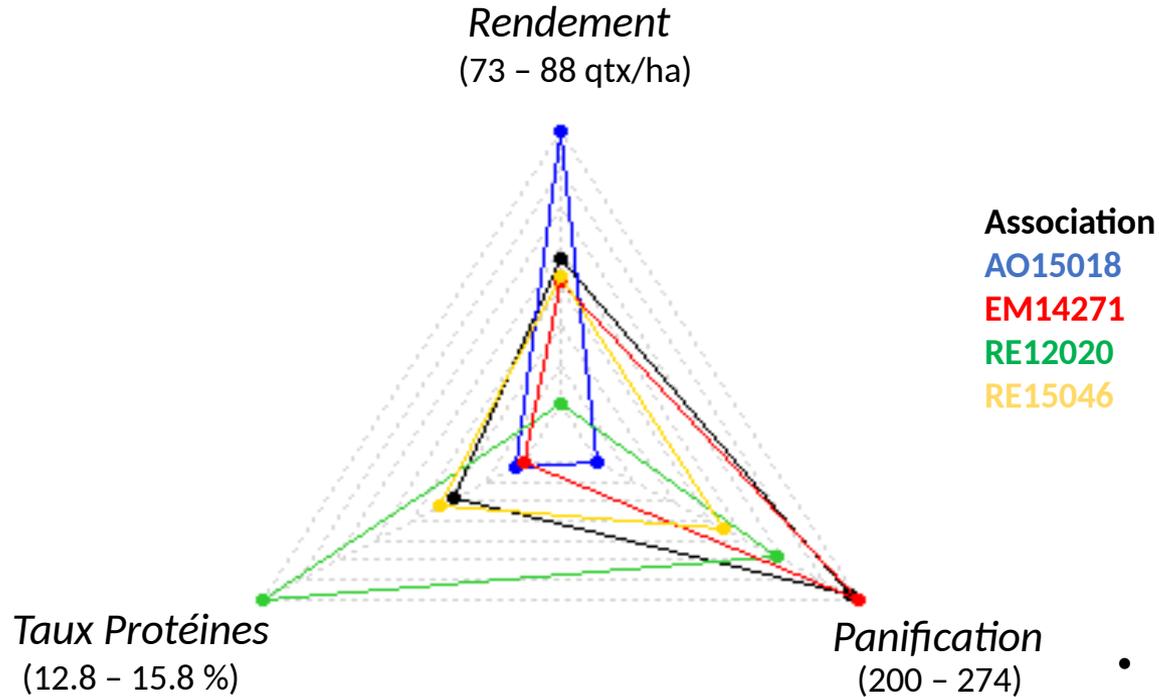
Qualité et associations variétales de blé tendre



Gauffreteau et al.,
Projet IVD Blade
INRAE - BAP
AgriObtention

- Bonne qualité de panification
- Permet de concilier production et qualité

Qualité et associations variétales de blé tendre



Gauffreteau et al.,
Projet IVD Blade
INRAE - BAP
AgriObtention

- Bonne qualité de panification
- Permet de concilier production et qualité

Spécialiste du sujet dans la salle: Dario ! (Stefan et al. 2024)

Comprendre les interactions plantes-plantes → l'expérience PerfoMix



Thèse Meije Gawinowski (T Flutre, JE Enjalbert, PH Cournède)

- Nano-plots (~ 2 m²) - Gif-sur-Yvette
- 8 variétés – 2 mélanges quaternaires
- Mono + Mix sur 2 ans (Récolte 2020 + 2021)
- Semis de précision sur grille
- Phenotypage individuel non destructif ! (266 plantes/ mix)

Mixture	Cultivar	Heading DOY	Final height (cm)
Earliness	Accroc	128.4	87.02
	Aubusson	129.9	87.03
	Bergamo	145.3	92.17
	Expert	144.1	90.93
Height	Bagou	136.7	82.97
	Belepi	138.1	100.93
	Boregar	140.7	84.08
	Kalahari	141.9	115.19



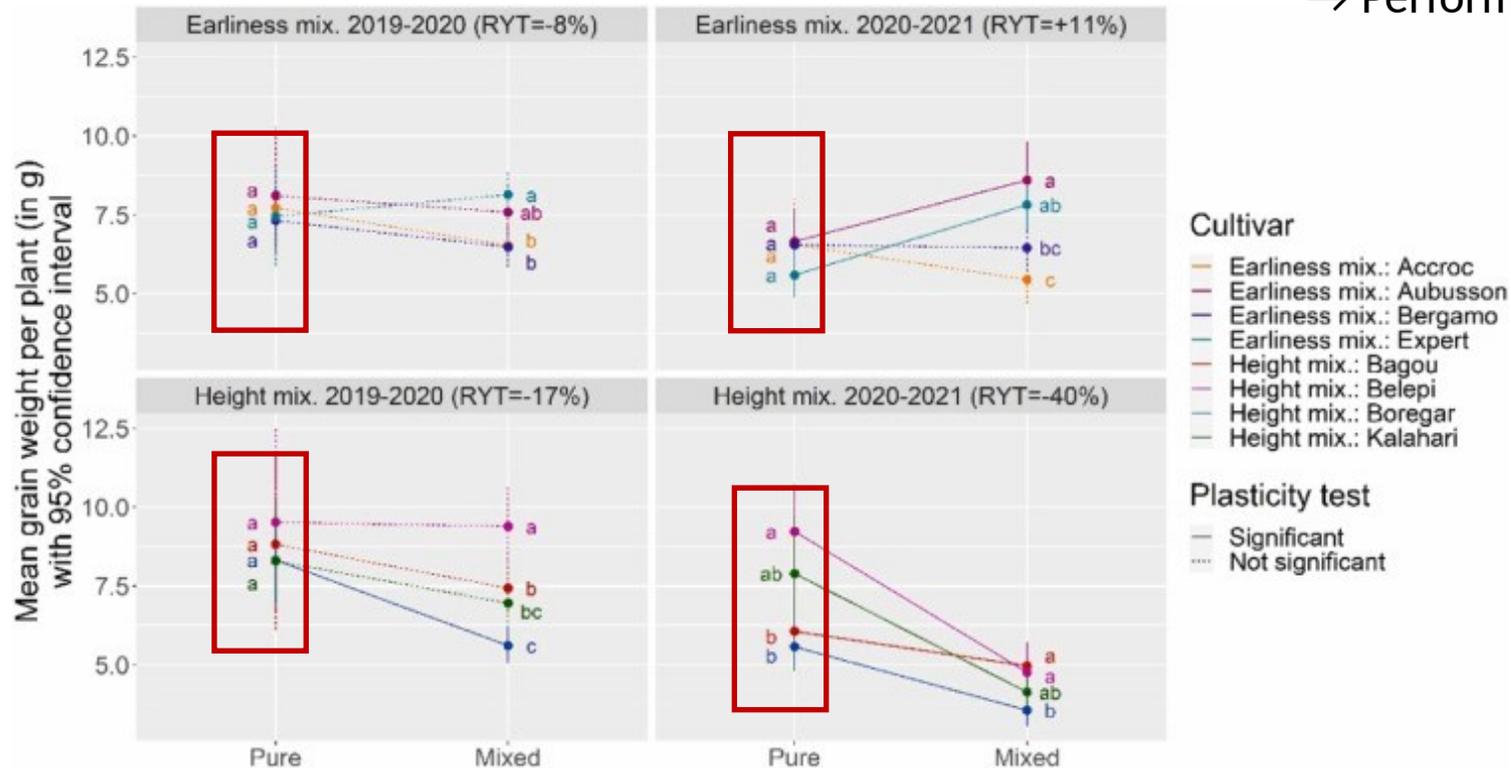
C	Ber	Aub	Acc	Ber	Exp	Acc	Aub	Exp	Aub	Ber	Ber	Exp	22
D	Exp	Exp	Acc	Aub	Aub	Exp	Ber	Acc	Exp	Aub	Acc	Exp	21
E	Acc	Aub	Exp	Exp	Ber	Acc	Aub	Aub	Ber	Aub	Exp	Ber	20
F	Exp	Acc	Ber	Aub	Aub	Exp	Acc	Ber	Exp	Acc	Aub	Acc	19
G	Acc	Acc	Aub	Exp	Acc	Ber	Exp	Aub	Acc	Exp	Ber	Exp	18
H	Exp	Ber	Ber	Aub	Aub	Acc	Exp	Ber	Acc	Exp	Acc	Aub	17
A	Aub	Acc	Exp	Acc	Ber	Exp	Aub	Acc	Aub	Acc	Ber	Exp	16
B	Ber	Acc	Acc	Exp	Ber	Acc	Aub	Exp	Ber	Acc	Aub	Ber	15
C	Acc	Exp	Ber	Aub	Aub	Ber	Ber	Aub	Aub	Ber	Aub	Exp	14
D	Ber	Aub	Exp	Acc	Exp	Aub	Ber	Ber	Exp	Exp	Acc	Ber	13
E	Acc	Acc	Exp	Acc	Ber	Acc	Acc	Aub	Acc	Acc	Aub	Exp	12
F	Exp	Aub	Ber	Aub	Aub	Exp	Ber	Acc	Exp	Exp	Acc	Ber	11
G	Ber	Acc	Acc	Acc	Exp	Acc	Aub	Acc	Ber	Aub	Ber	Exp	10
H	Exp	Acc	Ber	Aub	Ber	Exp	Ber	Ber	Aub	Aub	Acc	Ber	9
A	Aub	Exp	Exp	Acc	Acc	Exp	Aub	Exp	Acc	Ber	Aub	Exp	8
B	Ber	Ber	Aub	Ber	Aub	Ber	Acc	Acc	Exp	Aub	Acc	Ber	7
C	Acc	Acc	Exp	Acc	Acc	Exp	Ber	Exp	Ber	Ber	Acc	Aub	6
D	Ber	Exp	Ber	Aub	Exp	Aub	Aub	Acc	Aub	Ber	Ber	Exp	5
E	Aub	Acc	Aub	Aub	Ber	Acc	Ber	Acc	Exp	Acc	Aub	Exp	4
F	Acc	Ber	Exp	Acc	Exp	Aub	Acc	Ber	Exp	Aub	Ber	Exp	3
G	Exp	Aub	Aub	Acc	Aub	Ber	Exp	Aub	Acc	Exp	Acc	Ber	2
H	Acc	Exp	Ber	Aub	Exp	Aub	Acc	Ber	Aub	Ber	Ber	Exp	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	



Plasticité et dominance dans les mélanges

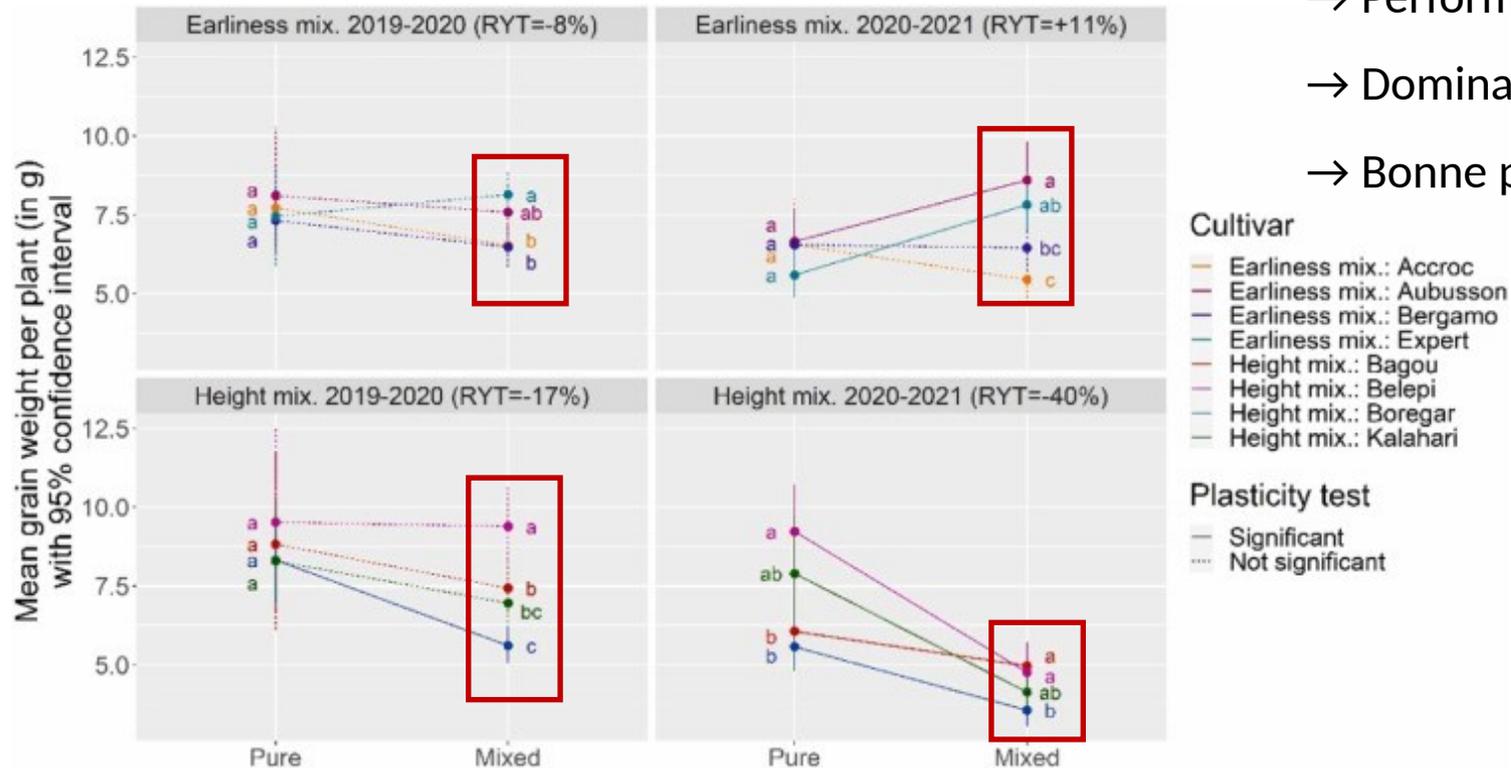
- Normes de réaction sur le poids de grains par plante

→ Performances similaires en pur



Plasticité et dominance dans les mélanges

- Normes de réaction sur le poids de grains par plante



→ Performances similaires en pur

→ Dominances en mélanges

→ Bonne perf. : « earliness mix » 2021

Cultivar

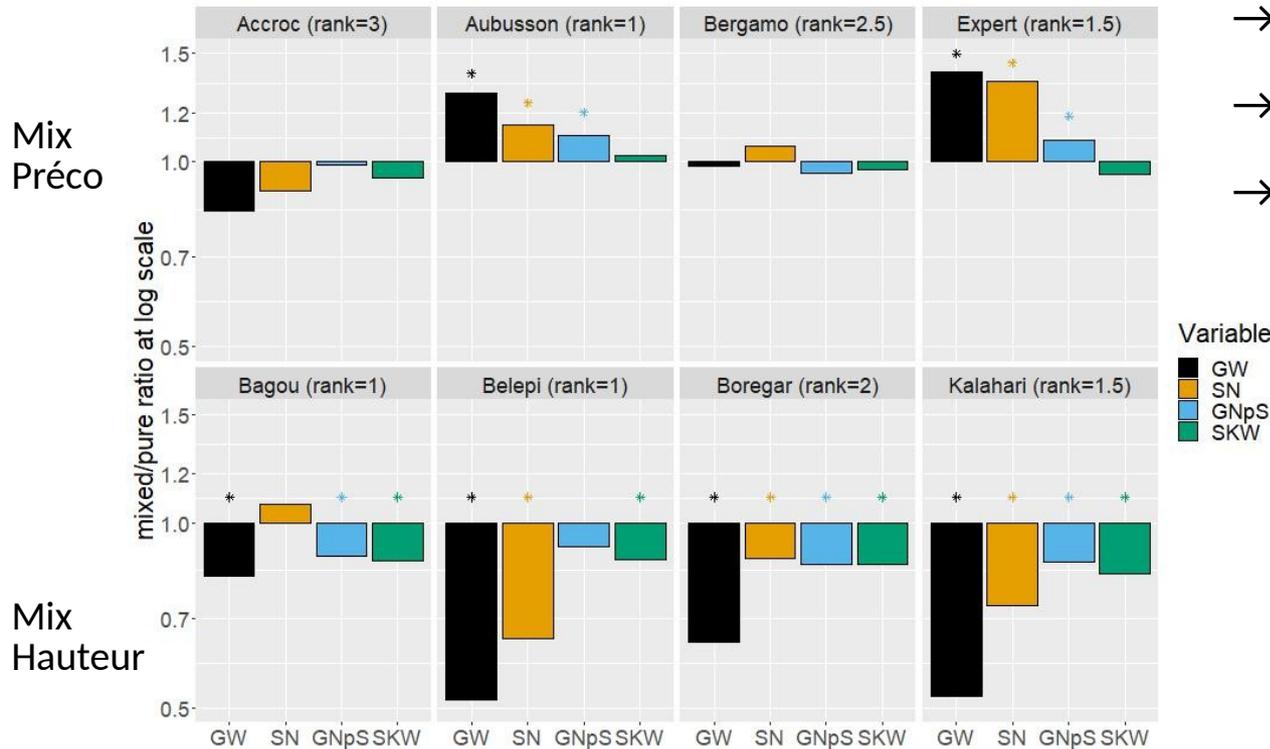
- Earliness mix.: Accroc
- Earliness mix.: Aubusson
- Earliness mix.: Bergamo
- Earliness mix.: Expert
- Height mix.: Bagou
- Height mix.: Belepi
- Height mix.: Boregar
- Height mix.: Kalahari

Plasticity test

- Significant
- ⋯ Not significant

Décomposition de la plasticité des composantes du rendement

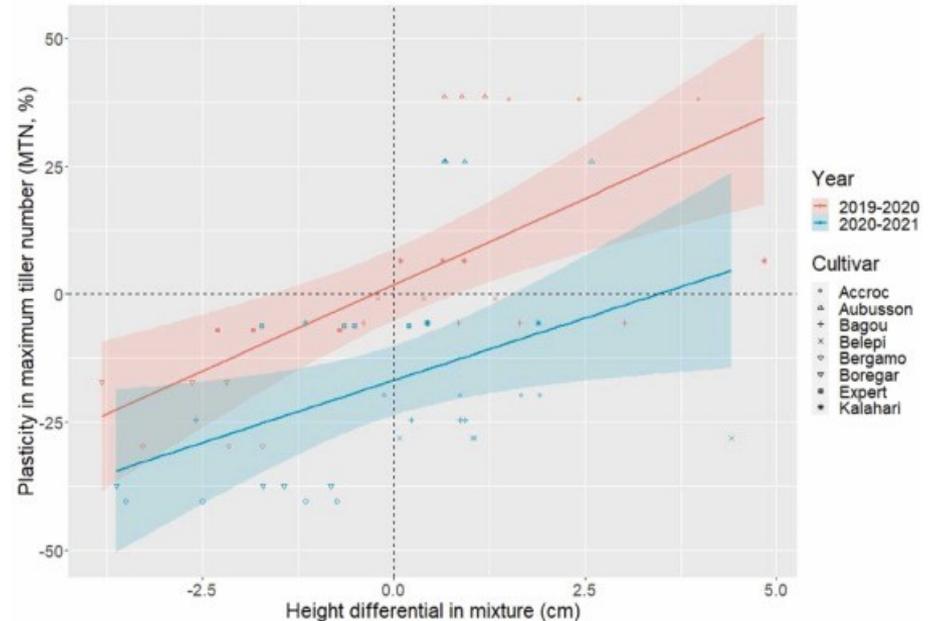
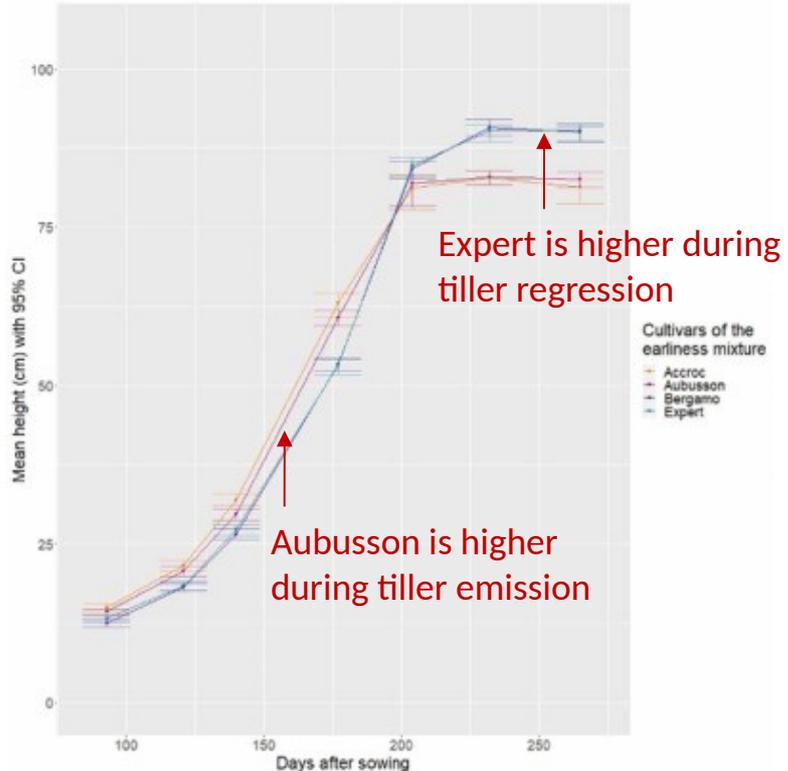
- Nouvelle décomposition des parts de plasticité



- « Précó » : Effet positif sur SN and GNpS
- « Hauteur » : globalement négatif
- Plasticité maximale sur « nombre d'épis »

Analyse dynamique des mélanges

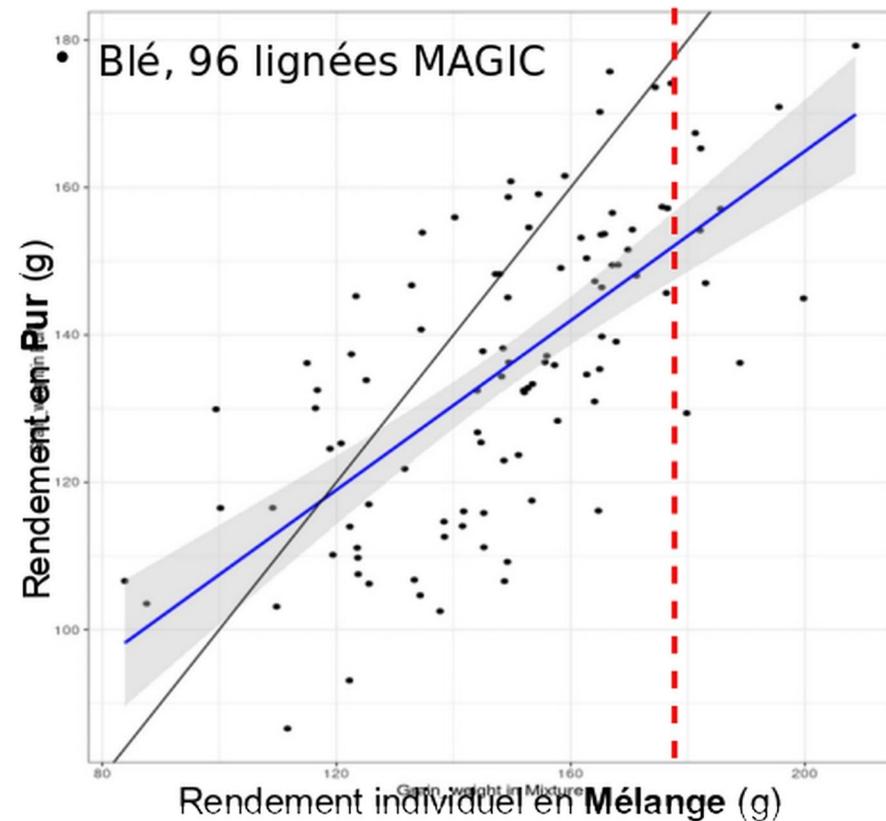
- La plasticité d'émission de talles est corrélée à la différence de hauteur avec les voisins pendant le tallage → Shade Avoidance



Gawinowski et al. 2024

Sélectionner pour les mélanges?

- On ne sélectionne et n'évalue que les variétés conduites en culture pure !
- Corrélation partielle entre valeur en pure et mélange



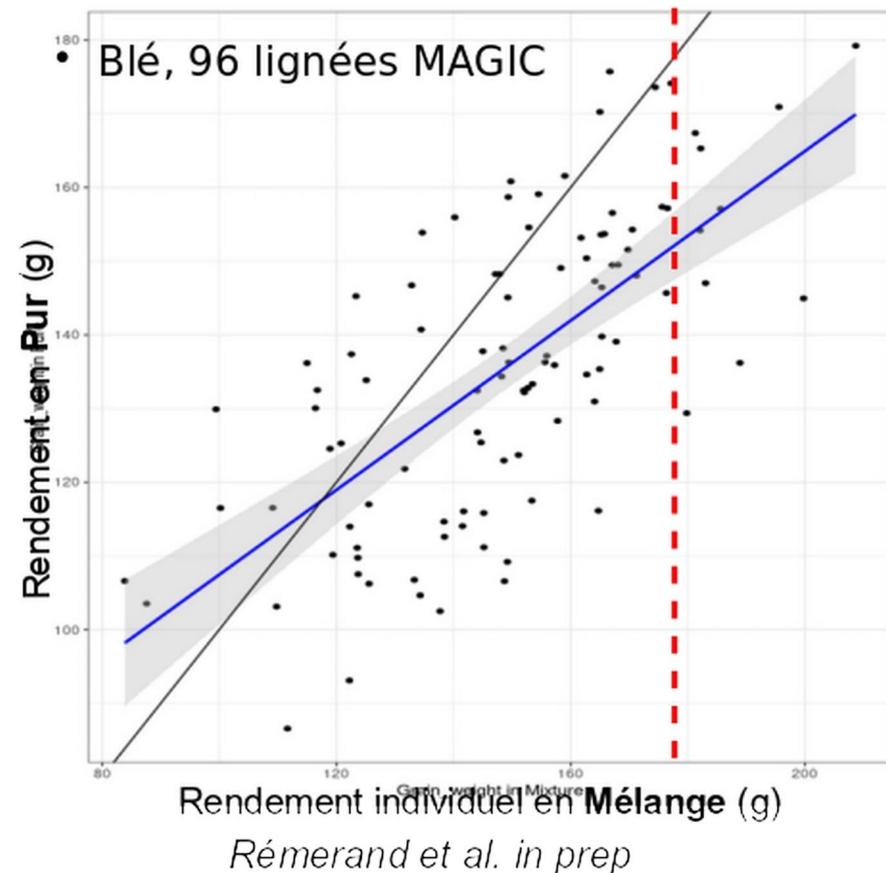
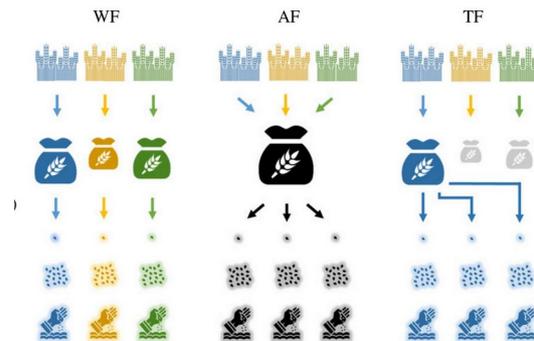
Rémerand et al. in prep

Sélectionner pour les mélanges?

- On ne sélectionne et n'évalue que les variétés conduites en culture pure !
- Corrélation partielle entre valeur en pure et mélange
- → Nécessité de développer de la sélection pour l'aptitude au mélange (cf. Forst et al, 2019, Montazeaud et al. 2020)

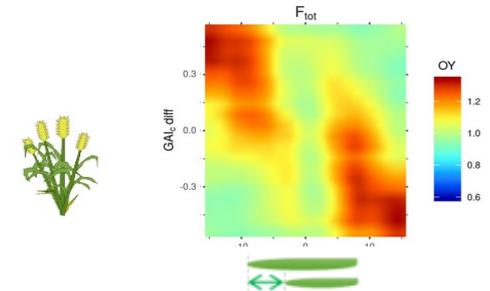
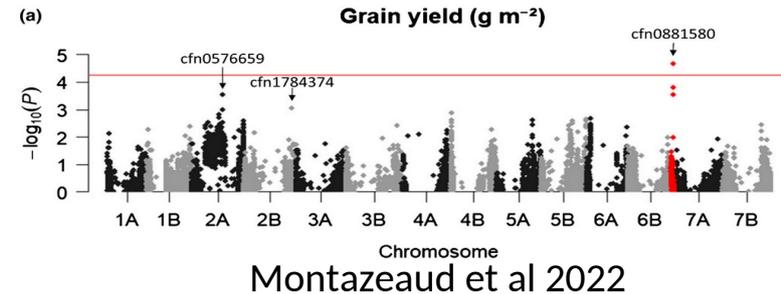
	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5
Var1					
Var2					
Var3					
Var4					
Var5					

Fig.2: Incomplete design



Questions de recherche

- Mieux comprendre le comportement des mélanges
 - Stabilité : Compensation – Synergie - asynchronie ?
 - **Analyses génétiques** (-> estim. % var. des mélange)
 - Approches par **modélisation écophysiological**
 - Maladies et compétition en mélange :
 - Impact sur la **durabilité** (Thèse M. Remérand)
- Développer les outils de sélection (modèles et dispositifs)



Blanc et al. 2021

Vers un idéotypage des mélanges

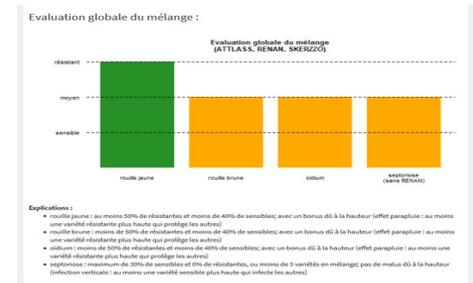
■ OPTIMIX: un Outil d'Evaluation Multicritère pour concevoir des mélanges de blé tendre

- Utilise les caractéristiques variétales (ARVALIS)
- Optimix évalue l'efficacité de contrôle des maladies
- **Réfutabilité** des critères et des règles par l'utilisateur
 - → <http://moulon.inra.fr/optimix/>

Caractéristiques des variétés :

Variété	Rouille jaune	Rouille brune	Oidium	Septoriose (SPKS)	Hauteur	Précocité maturation	Précocité épilaison	Classe qualité
ATLASS	9	6	6	7,00	4,00	4,00	6,00	EP
RENAN	6	8	6	NA	4,00	1,00	6,00	BAF
SKERZDO	7	6	7	7,00	4,00	4,00	6,00	EPS

Source : Arvalis (2017)



■ IVD-Blade:

- Mobilisation des résultats d'essais multilocaux sur
→ <http://moulon.inra.fr/optimix/>

Veille Mélanges

- Coordonnée par
Aline Fugerey-Scarbel
- Abonnement :
www.inrae.fr/mobidiv

https://groupes.renater.fr/sympa/info/veille_melanges_mobidiv

Formation MoBiDiv

- 20-21 mars
- cf. Jacques David

Diffusion des mélanges



16/08/2022

Quelles sont les variétés de céréales à paille les plus utilisées en France ?

Retour sur les résultats de l'enquête « Variétés Céréales » 2022, réalisée par Arvalis-Institut du végétal avec l'appui de BVA. Découvrez ainsi ...

www.agri-mutuel.com

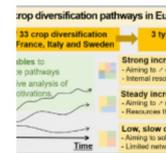


16/03/2022

L'actu d'Arvalis La part des mélanges de variétés de blé tendre en hausse dans la sole française

De plus en plus d'agriculteurs ont recours à des mélanges de variétés au sein d'une même parcelle de blé tendre, autrement appelés mélanges i...

www.terre-net.fr



12/07/2022

Motivations, freins et leviers à la diversification des cultures

En juin 2022, la revue Agricultural Systems publie une analyse de...

veilleagri.hautetfort.com



15/03/2022

Blé - Les mélanges variétaux représentent 17% des surfaces de blés français

Selon une enquête menée par Arvalis-Institut du végétal auprès de 7.000 agriculteurs sur la campagne 2020-2021, les mélanges variétaux de blés, ...

www.cultivar.fr

Merci !

GQE Lab:

T. Flutre, M. Gawinowski,
I. Goldringer, E. Forst, J. Borg
M. Remerand, E. Blanc, T. Mary-Huard

Agronomie :

A. Gauffreteau

BIOGER

T. Vidal

SADAPT

E. Yann, P. Martin, M. Carozzi

AGAP

G. Montazeaud, J. David, H. Fréville



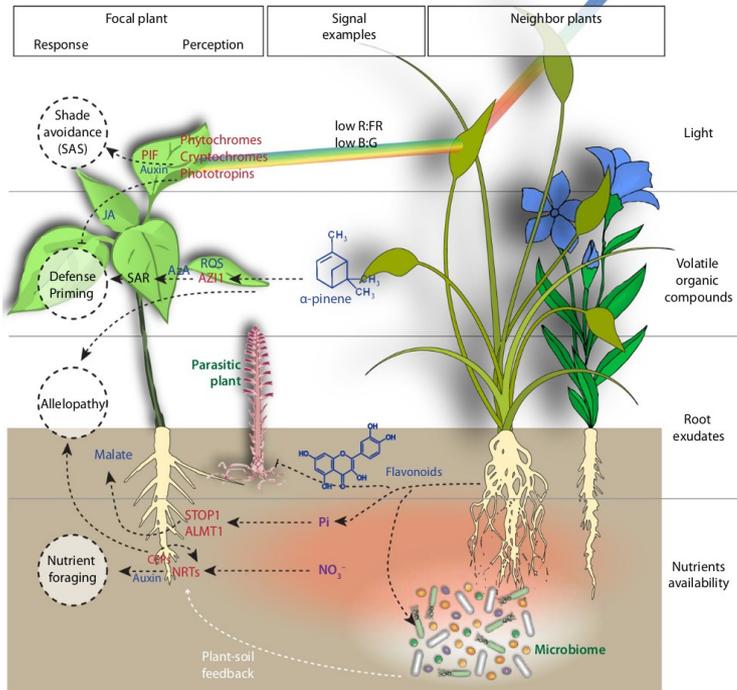
Mobiliser et Sélectionner la diversité cultivée intra et inter spécifique pour un changement systémique vers une agriculture zéro-pesticide



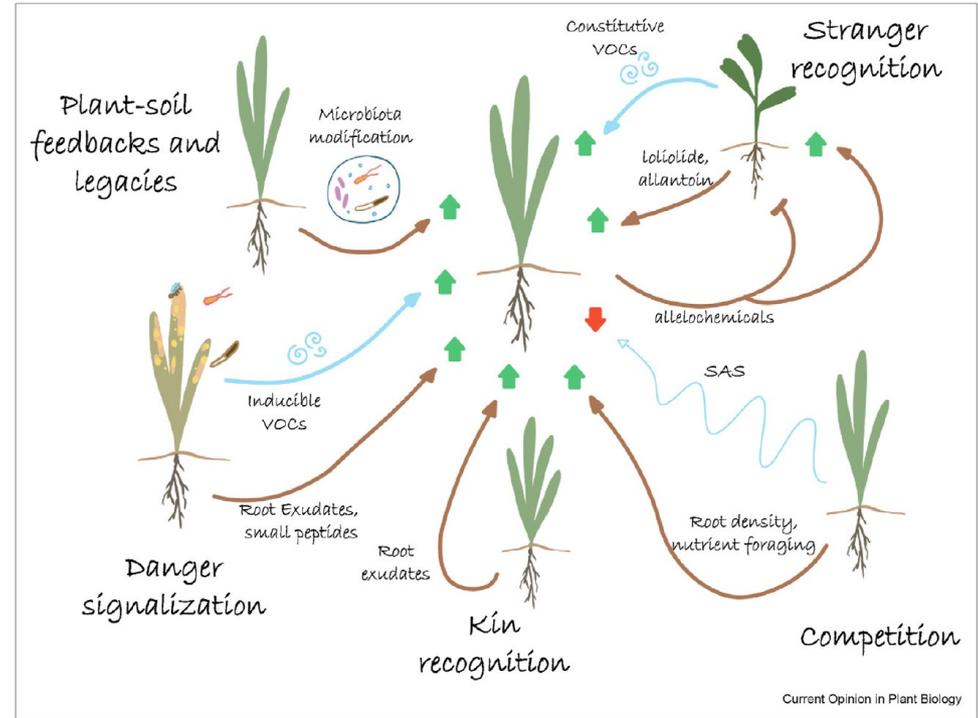
IVD - Blade

INRAE-BAP AgriObtentions

Diversité des interactions Plante-Plante



Subrahmaniam et al (2018)



Neighbour-Modulated Immunity

Pelissier et al. (2021)

→ plus de traits à explorer!

