



# Les cultures hétérogènes intra-parcelles spécificités et nouveaux enjeux

Jérôme Enjalbert <sup>1</sup>, Arnaud Gauffreteau <sup>2</sup>, Nathalie Moutier <sup>3</sup>,  
Laurent Bedoussac <sup>4</sup>

<sup>1</sup> GQE Le Moulon, Gif sur Yvette, <sup>2</sup> Agronomie, Thiverval-Grignon,

<sup>3</sup> IGEPP, Rennes, <sup>4</sup> ENSFEA-AGIR, Castanet-Tolosan

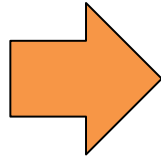


IVD – INRAE AO

# Transition agroécologique

## Un voie de changement : l'agroécologie

→ Substituer les intrants de synthèse par des régulations naturelles

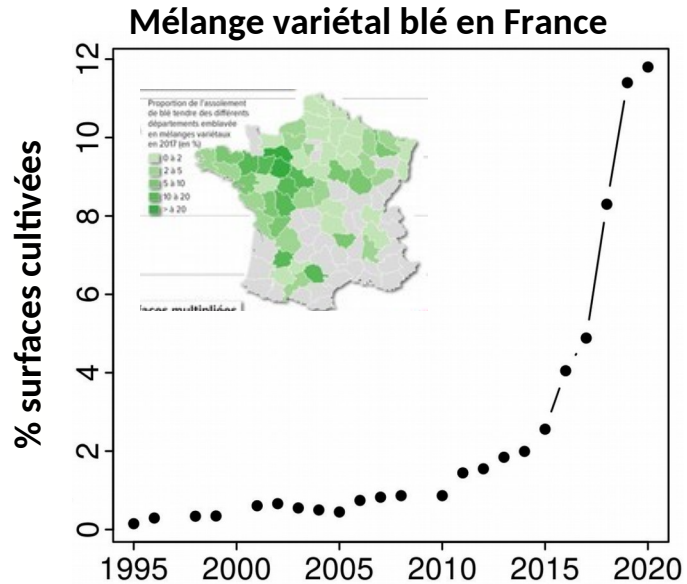


## La diversification, axe central pour la transition agroécologique

→ Plus d'espèces cultivées dans les bassins de production

→ Plus de diversité intra-parcellaire

# Progression des mélanges en France



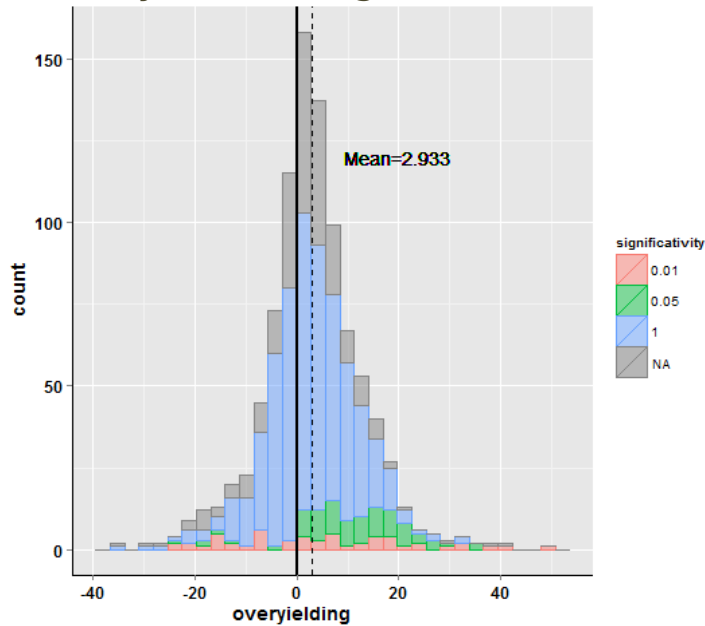
\* Vente de mélanges variétaux autorisée depuis juillet 2019

\* « Matériel biologique hétérogène » autorisé à la vente pour l'agriculture biologique

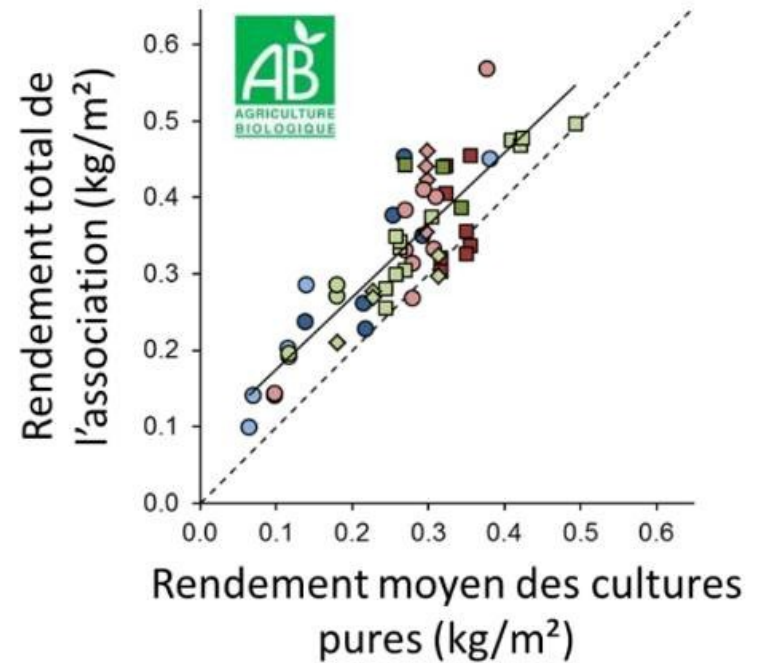
→ La diversification intra-parcelle progresse fortement ces dernières années

# Des mélanges plus productifs

Méta-analyse, Mélange variétal de blé



*J. Borg et al. 2017*

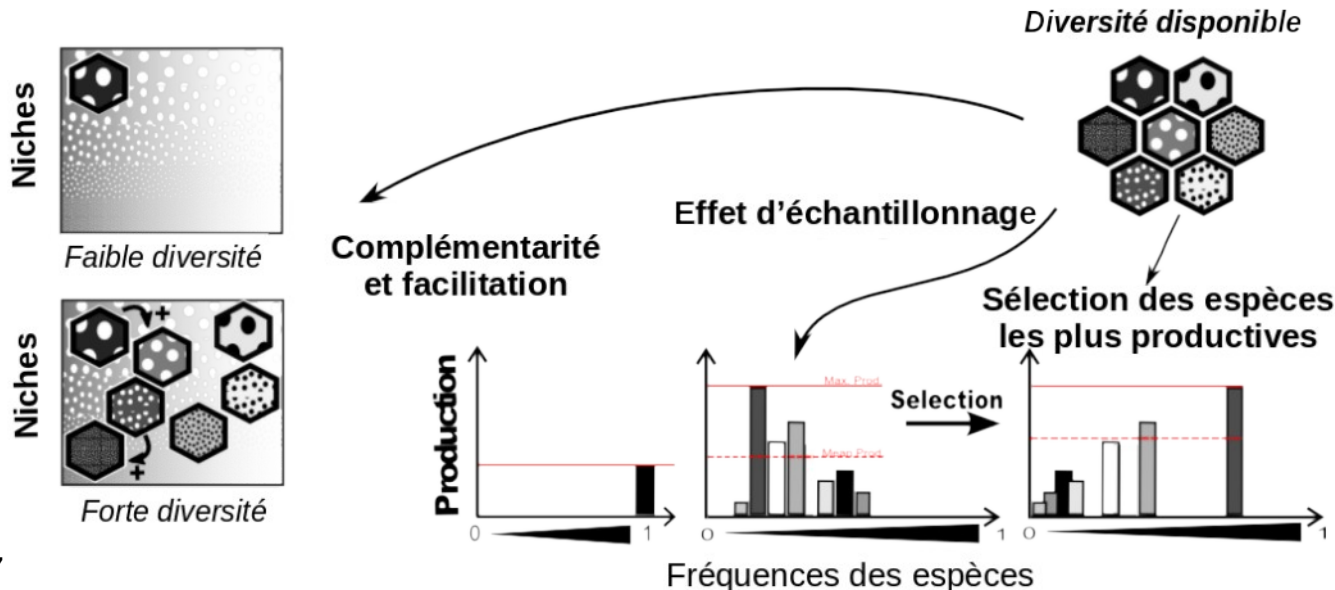


*L. Bedoussac et al. 2015*

→ Des gains de rendement observés, particulièrement en mélange d'espèces

# Biodiversité, productivité et stabilité

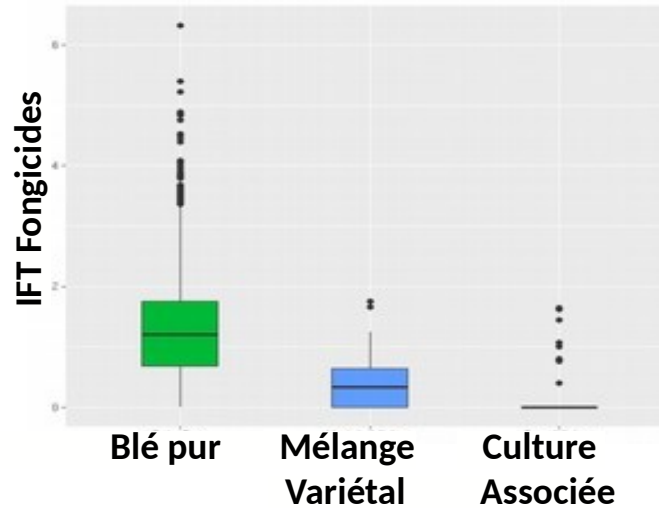
## Les mécanismes écologiques



Barot et al. 2017

→ Complémentarité, facilitation/synergies et effets de sélection

# Mélanges et régulation des maladies



Statistique Réseau DEPHY  
2005 - 2018  
6600 obs.  
A. Merhben (2020)



→ Augmenter la diversité intra-parcelle contribue à réduire l'utilisation des pesticides

# Focus sur les associations variétales de blé tendre





# Idéotypage participatif

- **Assembler des variétés pour s'adapter au contexte local**

- Démarche d'idéotypage participatif:

- Co-conception de règles d'association (techniciens/agriculteurs/chercheurs)
- Évaluation à la ferme des mélanges : 6 CA, 30 agriculteurs, 2015-2017



- **Élargissement à l'Agriculture Biologique**

- Gestion des adventices
- Gestion de l'azote



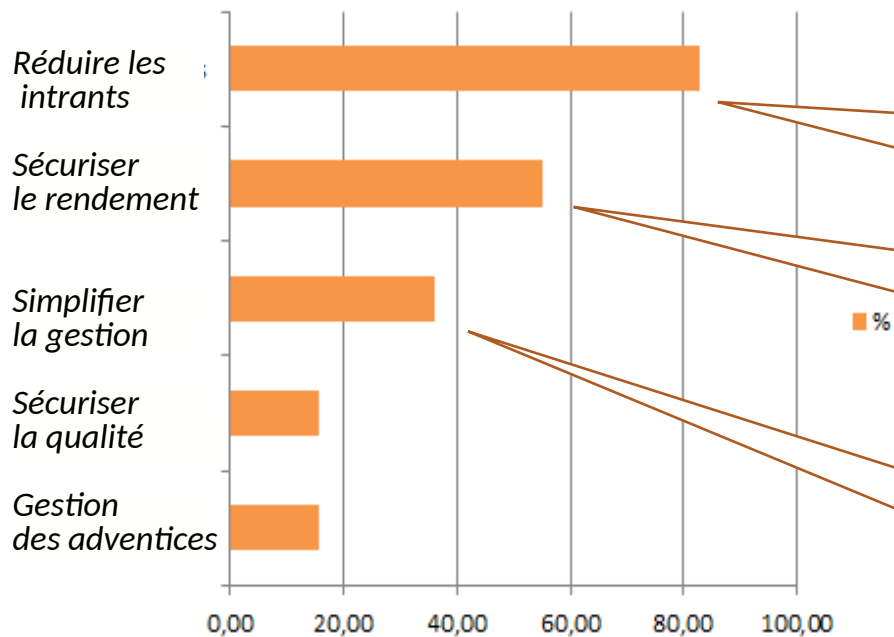
• GAB ÎdF •  
Agriculteurs BIO d'Île-de-France



# Pourquoi les agriculteurs mélangent-ils leurs variétés?



Motivations exprimées en pourcentage d'agriculteurs



- Moins d'incidence des maladies
- Moins de risque de contournement
- Progression plus lente de la maladie

- Moins d'impact des maladies
- Rattrapage sur stress précoces
- Plus de variétés sur la parcelle et l'exploitation

- Simplification semis, récolte, stockage
- Plus de temps pour traiter

Enquête diffusée aux « mélangeurs » (58 réponses) + Analyse de 3 forums (ACE, Agricool et Agriavis)

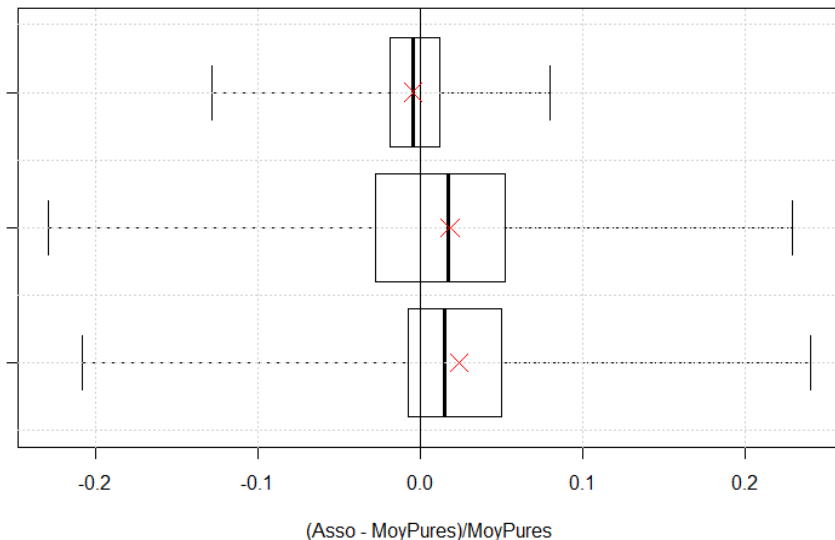
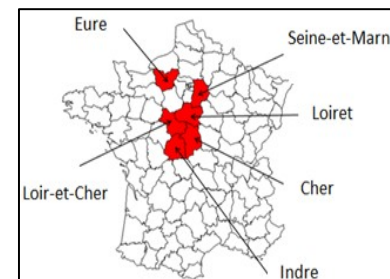
30 enquêtes détaillées : Stage M1 Bintou DIOP

# Rendement et teneur en protéines

3 années : 2015, 2016 et 2017

20 à 30 agriculteurs chaque année

160 mélanges testés



J. Borg et al. in prep

**Sur Taux Prot.** : 44 % d'OY positifs

**Sur Rendement Prot.** : 63 % d'OY positifs

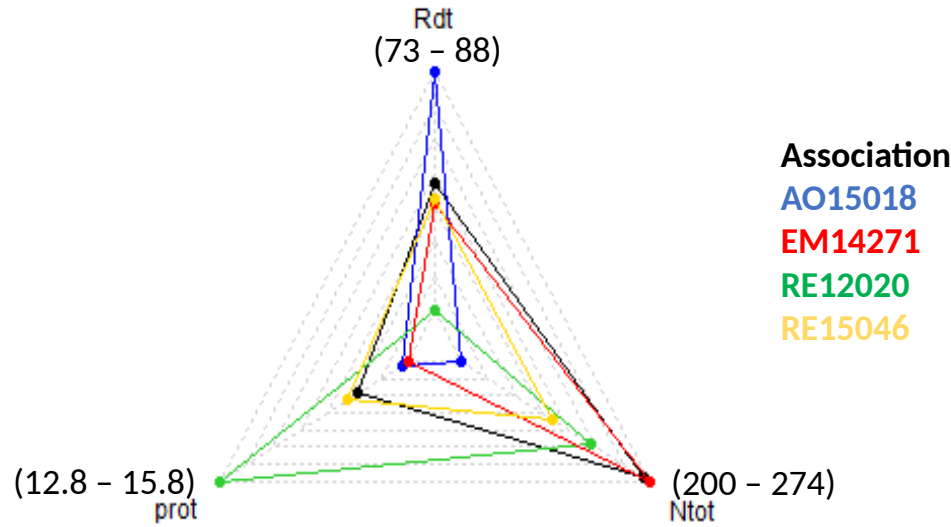
**Sur Rdt** : 68% d'OY positifs

Mélange > variété pariée par l'agriculteur

- 90% des cas en 2015 et 2016
- 35% des cas en 2017

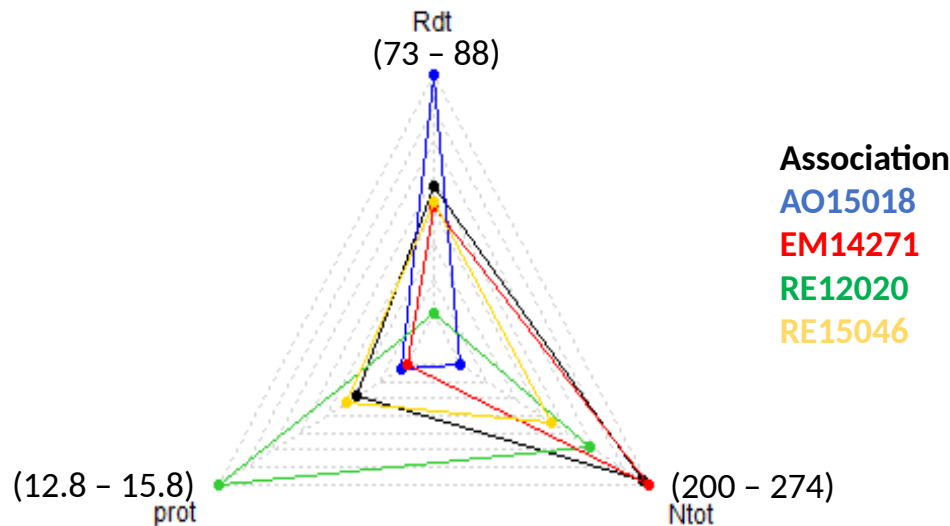
# Qualité et associations variétales de blé tendre

Projet IVD Blade  
INRAE - AgriObtention

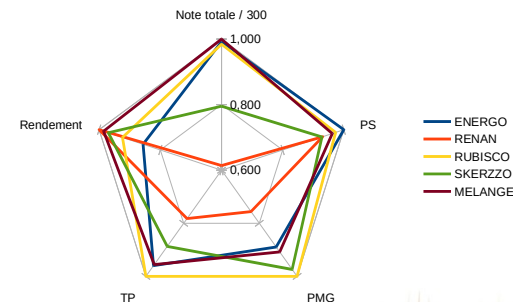


- Bonne qualité de panification
- Moyen pour concilier production et qualité
- Mettre un blé de force pour sécuriser la TP?

# Qualité et associations variétales de blé tendre



Projet IVD Blade  
INRAE - AgriObtention



- Bonne qualité de panification
- Moyen pour concilier production et qualité
- Mettre un blé de force pour sécuriser la TP?

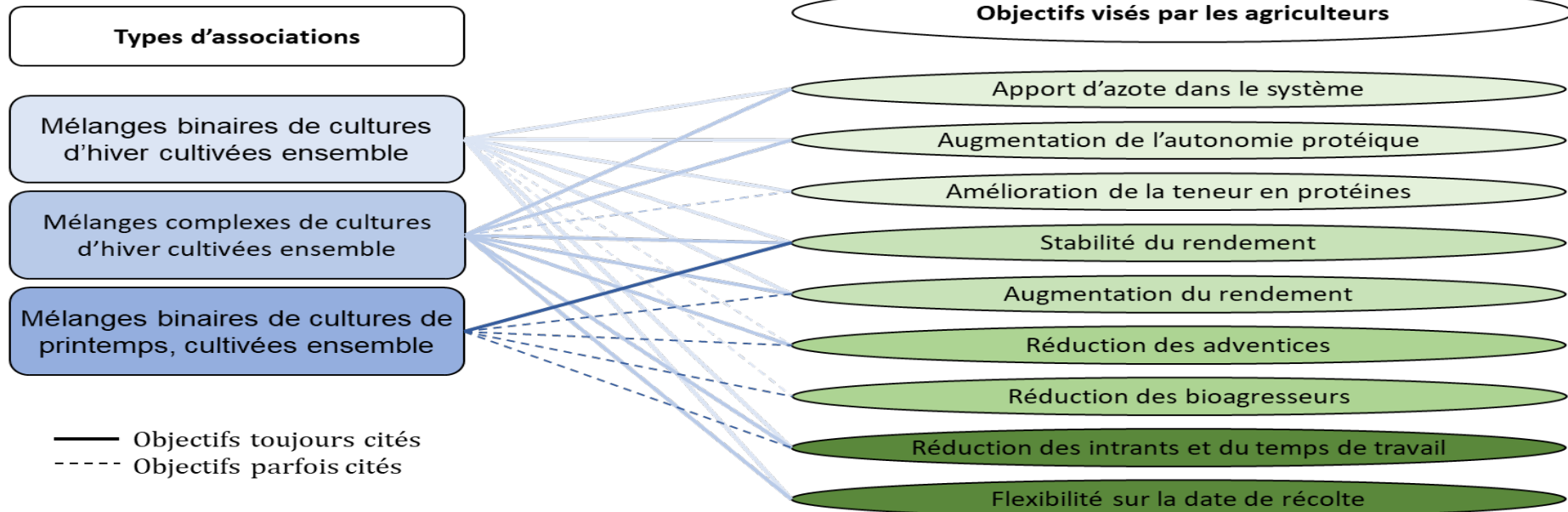


# Focus sur les associations céréales/légumineuses à graines



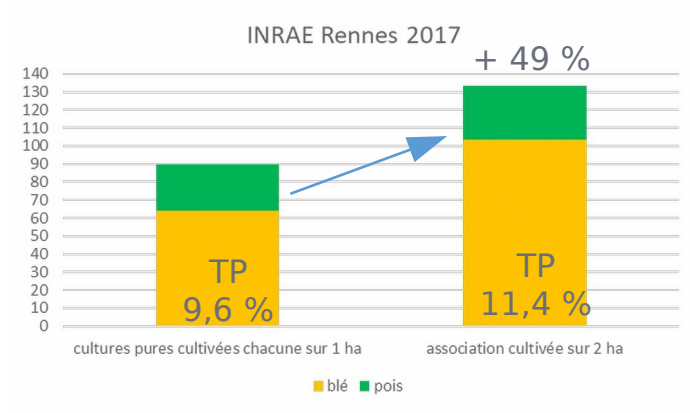
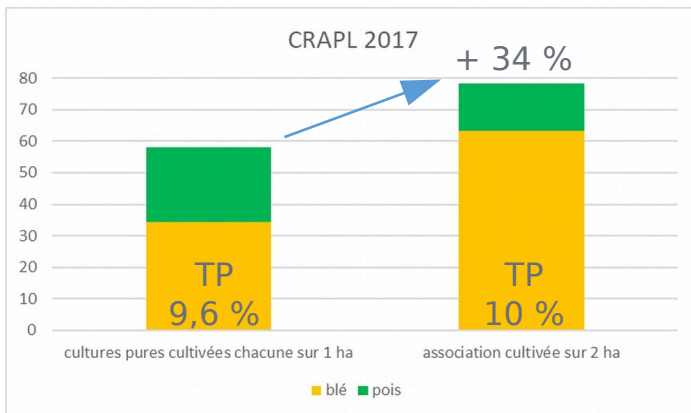
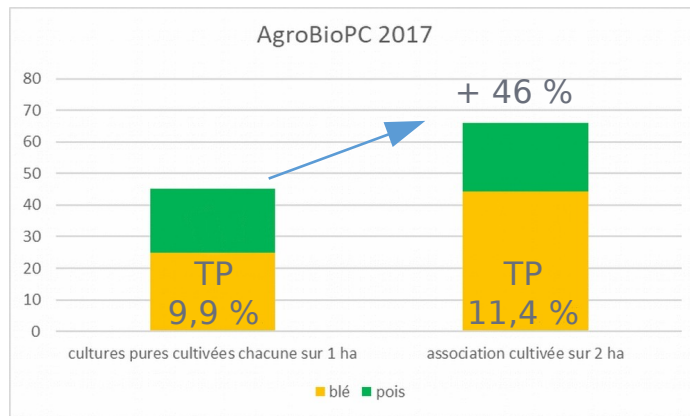
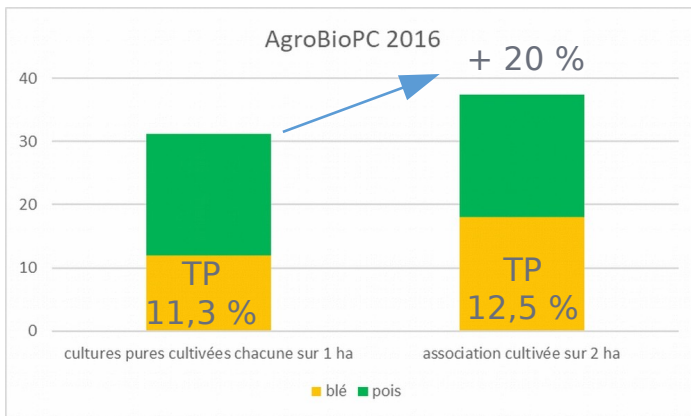
# Associations d'espèces

## Une diversité d'objectifs visés par les agriculteurs



# Des rendements cumulés augmentés

→ + 37% en moyenne en association



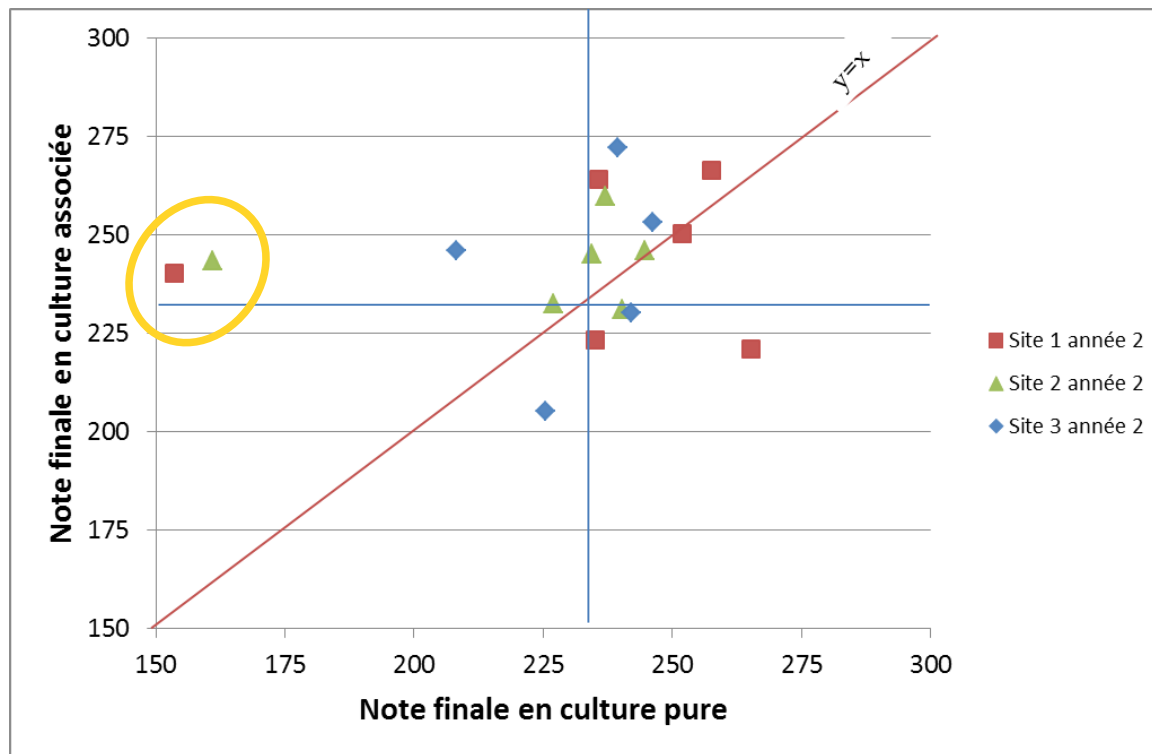
Projet EcoVAB  
2014-2017





# Association blé - pois et valeur en panification

## Différentes variétés de blé associées à Fresnel



⇒ Des notes finales supérieures en culture associée par rapport aux cultures pures, lorsque celles-ci sont particulièrement basses (Atlass sites 1 et 2)

⇒ Des résultats variables selon les variétés

Projet IVD CéréLAG 2016-2020  
INRA Agri-Obtentions



# Les intérêts multiples d'une diversité intra-parcellaire

- Différents atouts agronomiques

- Meilleure valorisation des ressources

→ meilleure productivité et qualité

- Meilleure gestion des risques (accidents climatiques – maladies – hétérogénéités spatiales)

→ plus grande stabilité de production

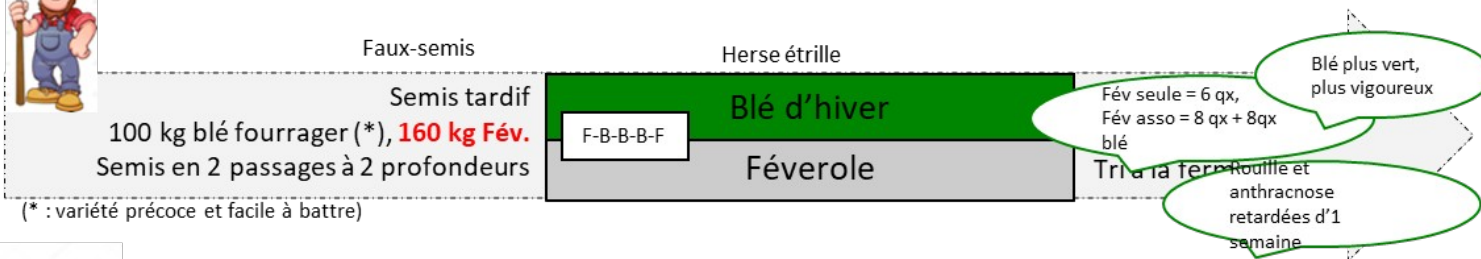
→ une forme d'agriculture de précision

→ Toutefois une conduite qui peut s'avérer plus complexe, avec une multiplicité d'objectifs, de nouvelles questions agronomiques, de nouveaux besoins (outils de suivi, machinisme)

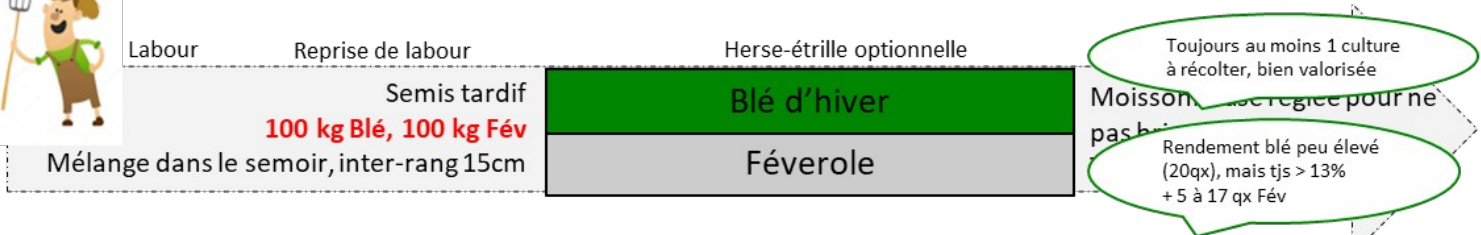
# Une diversification des usages des variétés et espèces



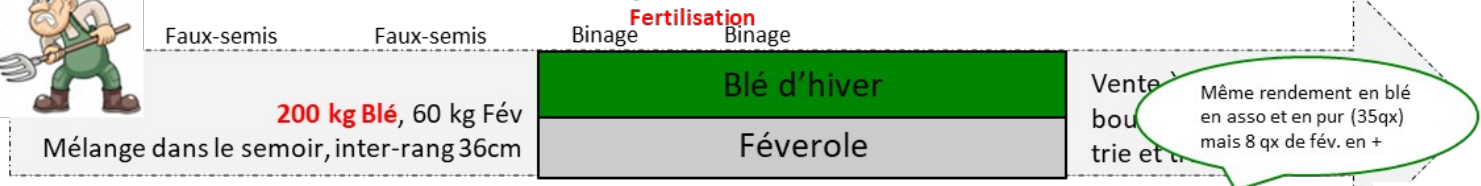
## « Produire de la féverole, et un peu de blé »



## « Du blé de bonne qualité sans fertilisation »

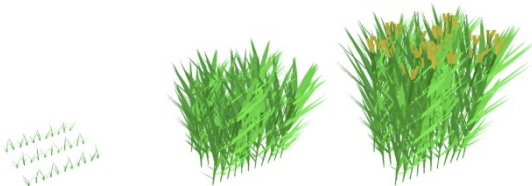
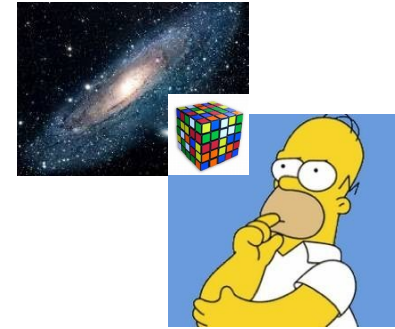


## « Produire du blé meunier, et un peu de féverole »



# De nouveaux défis pour la sélection variétale

- Une sélection centrée sur la culture mono-génotypique
  - Corrélation variable entre valeur en pure et en mélange
  - Gains génétiques possibles pour l'aptitude à la co-culture !
- Mais une combinatoire infernale des mélanges
  - Mélanges de variétés, d'espèces, mélanges de mélanges...
- Comment sélectionner des variétés adaptées au mélange ?
  - Sélection pour l'aptitude au mélange
  - Idéotypage de variétés, sur la base de caractères clés et de modélisation



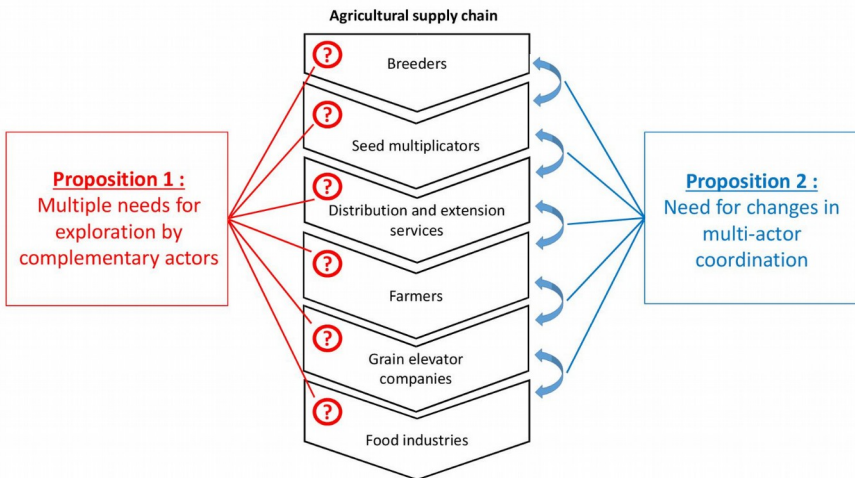
MOBiDiv

# Rôle des approches participatives

- Mobiliser des réseaux de praticiens pour **explorer l'espace des combinaisons G x E x P**
- **Idéotypage participatif de mélanges** : CAPFLOR, CAPS, SystéMIX, Optimix ...
  - Co-conception de règles d'assemblage
  - Capitalisation des expériences des praticiens pour établir des références
- **Sélection participative décentralisée** :
  - Levier unique pour démultiplier la diversification
  - Sélection pour une adaptation locale : diversité des terroirs et pratiques
  - Maintient une diversité génétique *in situ*, garante de la résilience agricole

# Nécessité d'une innovation concertée

→ du sélectionneur au transformateur



Labarthe et al., in prep.

## Adaptations nécessaires :

- Sélection dédiée aux mélanges
- Pratiques culturales /conseil
- Machinisme agricole
- Tri post-récolte /meunerie
- Process agro-alimentaires
- Marketing / labels
- Standards



→ Combiner innovations technologiques et organisationnelles et adapter les standards (homogénéité centrés), afin d'intégrer l'hétérogénéité dans la filière





# Accélérer la transition...



## INGRÉDIENTS

4 PERSONNES - +

 Pois chiche	300 g	 Tahin	3 c à s
 Citron	½	 Huile d'olive	
 Jus de citron	½	 Huile d'olive	
 Sel	1 c à c	 Cumin	1 c à s
 Ail	2 gousses	 Huile de sésame	

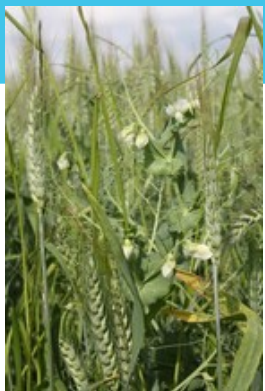
- 1 Mettre les pois chiches égouttés dans un mixeur. Mixer légèrement en ajoutant un peu d'eau de cuisson.
- 2 Ajouter le tahin, le jus de citron, l'ail, le cumin et le sel, et continuer de mixer en incorporant l'huile d'olive petit à petit jusqu'à obtenir une texture homogène et crémeuse.
- 3 **Pour finir**  
On peut éventuellement couvrir l'houmous d'huile de sésame et de cumin.



<https://cuisine.journaldesfemmes.fr/recette/309902-houmous>



# REMERCIEMENTS :



**Nathalie Moutier Arnaud Gauffreteau Laurent Bedoussac**



**Mais aussi Julie Borg, Alain Baranger,  
Marie-Hélène Jeuffroy, Elise Pelzer, ...**



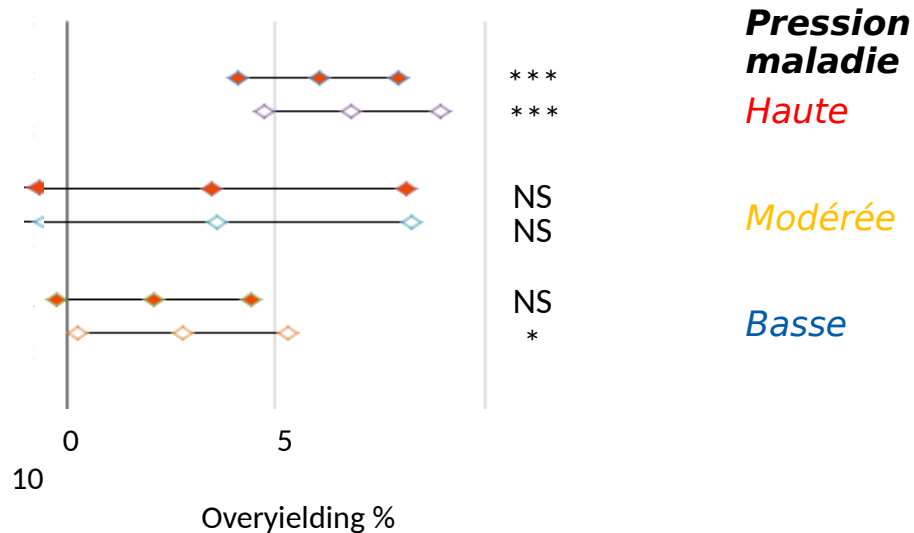
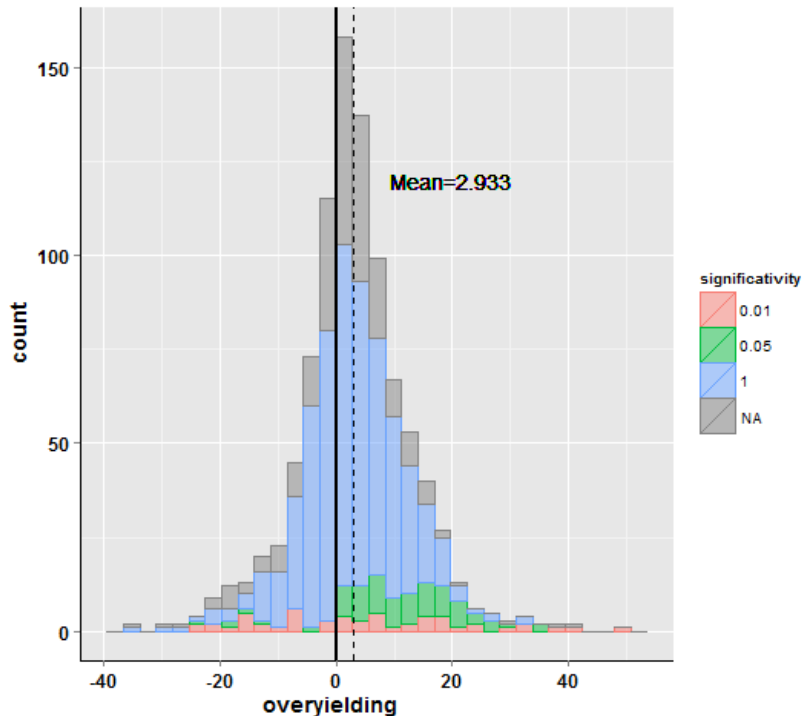
IVD – INRAE AgriObtention

# Performance des mélanges dans la littérature

→  $\mu = 2.9\%$

→  $OY > 0$  dans 2/3 des cas

→ Overyielding fort en présence de maladie  
 $\mu = 6.2\%$



33 articles, 1320 entrées

J. Borg et al. 2017

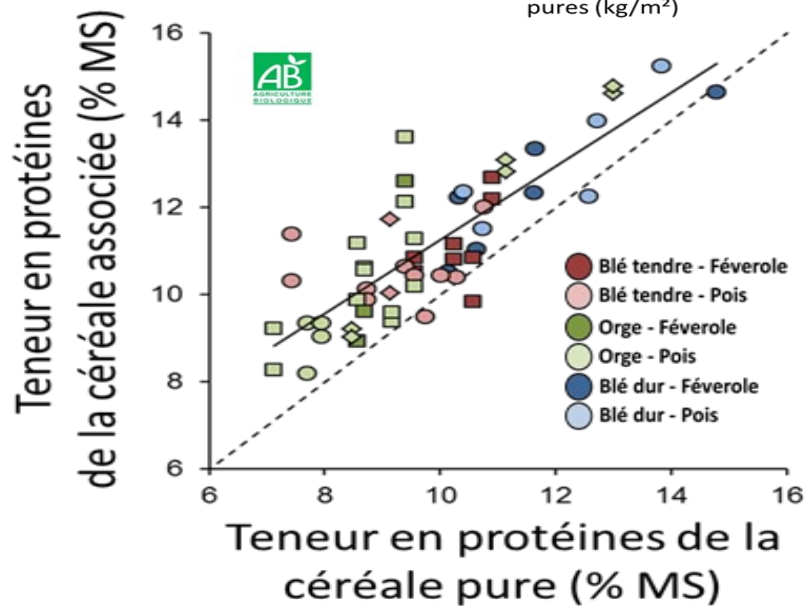
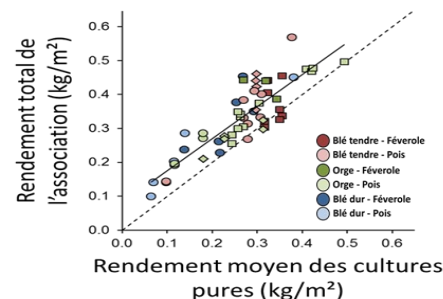
# Des gains quantitatifs et qualitatifs

- **Accroître et stabiliser le rendement**

- Risque moindre notamment pour les légumineuses

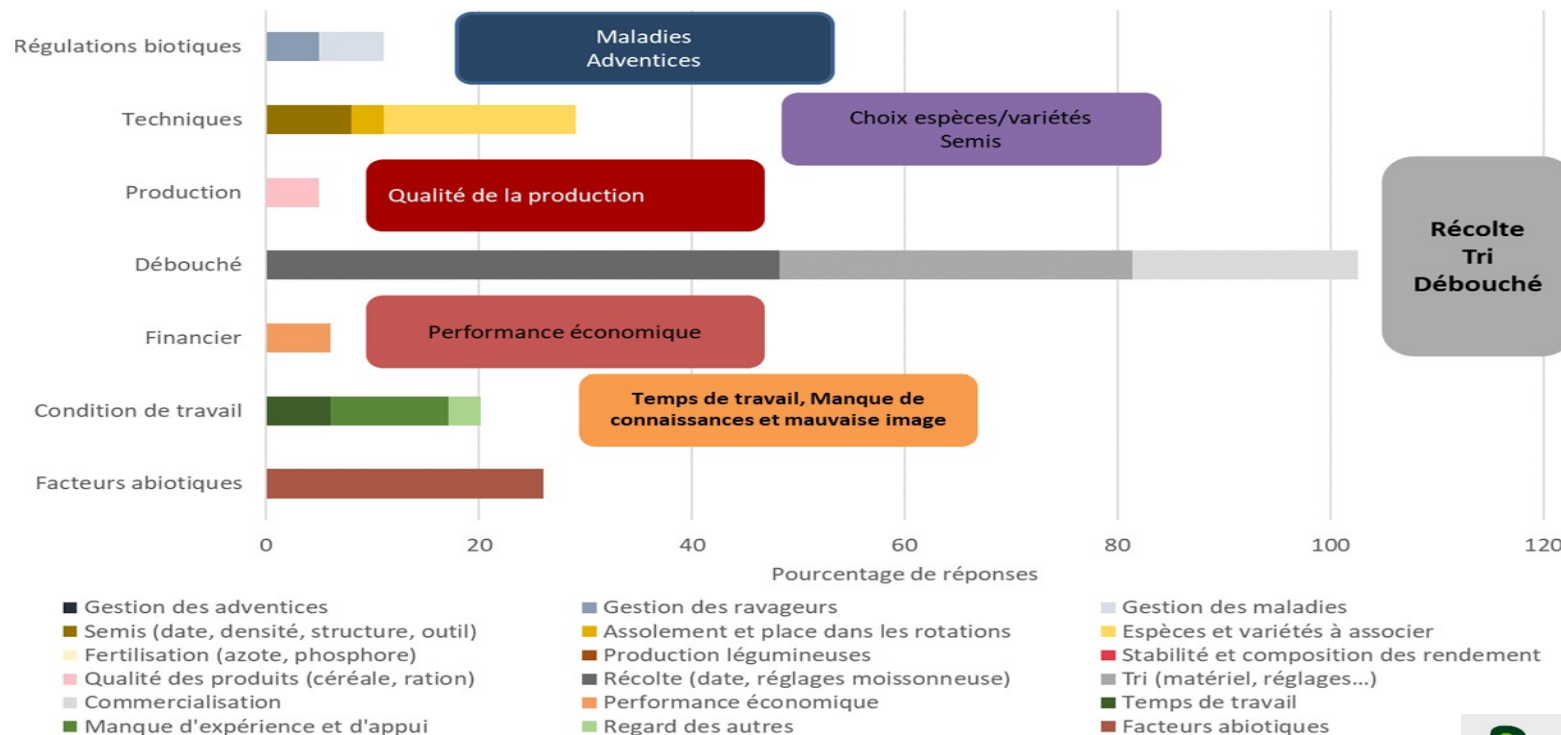
- **Améliorer la qualité des céréales**

- Qualité souvent insuffisante (surtout en AB)



L. Bedoussac et al. 2015

# Récolte et tri restent les principaux obstacles



Bedoussac et al. 2021

