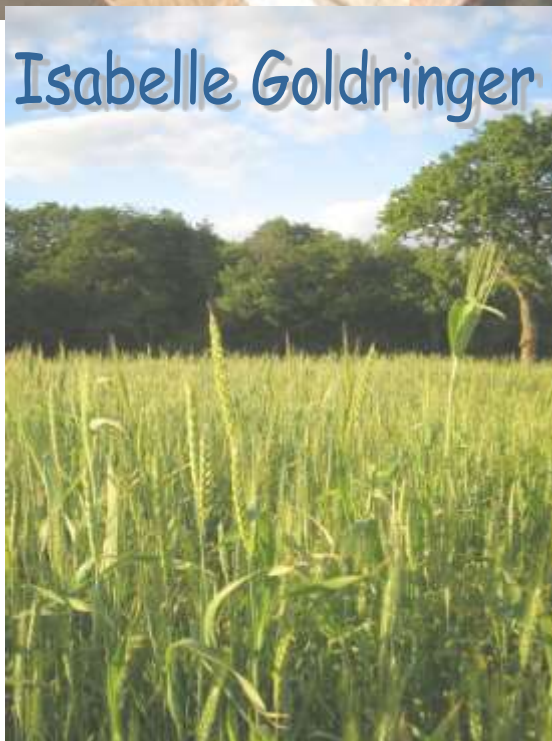




*Intérêt de la diversité cultivée dans les agroécosystèmes:
exemple du blé tendre*



Isabelle Goldringer



Académie
d'Agriculture
de France -
4 Novembre 2020

Plan

- Contexte
 - Passer d'une agriculture consommatrice d'intrants à une agriculture basée sur les régulations biologiques
- Mobiliser la diversité intra-spécifique
 - Gestion paysagère
 - Diversité intra-parcelle: les mélanges variétaux
 - Gestion dynamique et sélection participative à la ferme
- Conclusion & Perspectives

Passer d'une agriculture consommatrice d'intrants à une agriculture basée sur les régulations biologiques

Les pratiques agricoles actuelles reposent encore sur l'usage intensif d'énergie fossile et de produits phytosanitaires

=> Contribuent au changement climatique et impactent l'environnement, la biodiversité et la santé

- Transition agroécologique (approche globale des agroécosystèmes)
 - => Assurer un fonctionnement écologique durable
 - => Renouveler les ressources naturelles
- Principe en agroécologie :
 - Déployer la **diversité** à tous les niveaux, du champ au paysage

Diversification dans les agroécosystèmes

- Différentes stratégies de diversification :
 - Structures paysagères, haies composites, bandes enherbées
 - Allongement des rotations
 - Mélanges inter-spécifiques (céréales – légumineuses) et cultures intercalaires, peuplements complexes pérennes, agroforesterie...

Diversification dans les agroécosystèmes

- Différentes stratégies de diversification :
 - Structures paysagères, haies composites, bandes enherbées
 - Allongement des rotations
 - Mélanges inter-spécifiques (céréales – légumineuses) et cultures intercalaires, peuplements complexes pérennes, agroforesterie...
 - Mobilisation de la diversité génétique intra-spécifique:
 - Au niveau des paysages
 - Intra-parcelle: mélanges variétaux, populations ...

=> S'inspirer de l'histoire, des connaissances de terrain + mobiliser les connaissances scientifiques actuelles

Résistance durable des variétés traditionnelles de riz du YuanYuang



Dans le monde : La Pyriculariose = principale menace pour la production du riz. Evolution génétique parmi des plus rapides. (Pennisi E. 2010) "Armed and dangerous" Science)



Sauf dans le YuanYuang
19 gènes de résistance à la Pyriculariose **durables depuis plus de 150 ans**. Pas de pb de maladie, pas de pesticides (Zhu et al 2000)

Projet MP « **Riz éternel** »
(M Hannachi, E Fournier, JB Morel)

Processus sociaux

Gestion en bien commun de semences traditionnelles



Mosaïque d'éléments

Variétés diversifiées de riz
ET
Hétérogénéité distribution spatiale et temporelle dans le paysage



Processus biophysiques

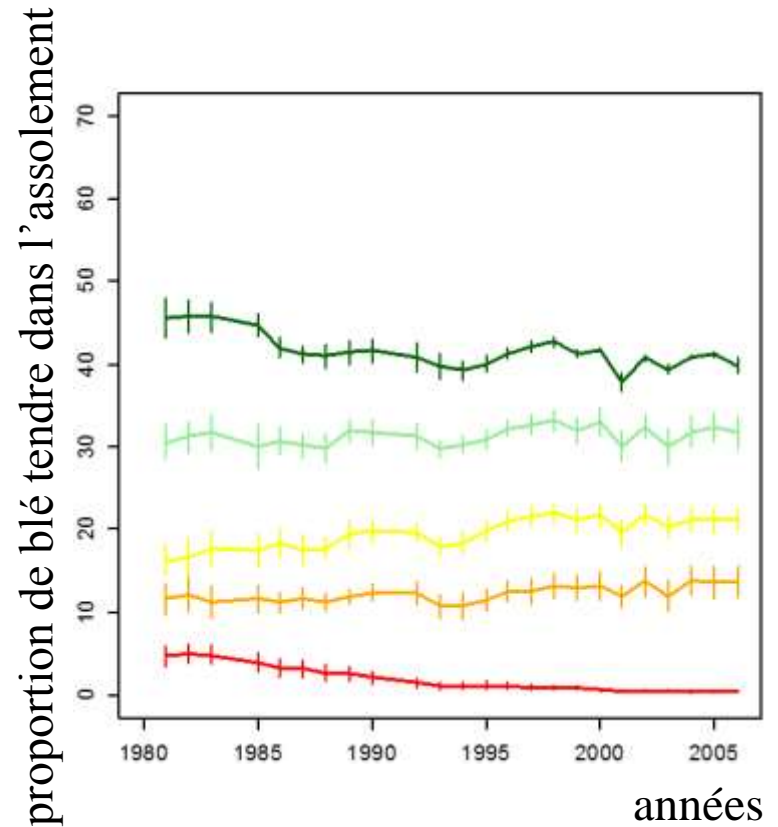
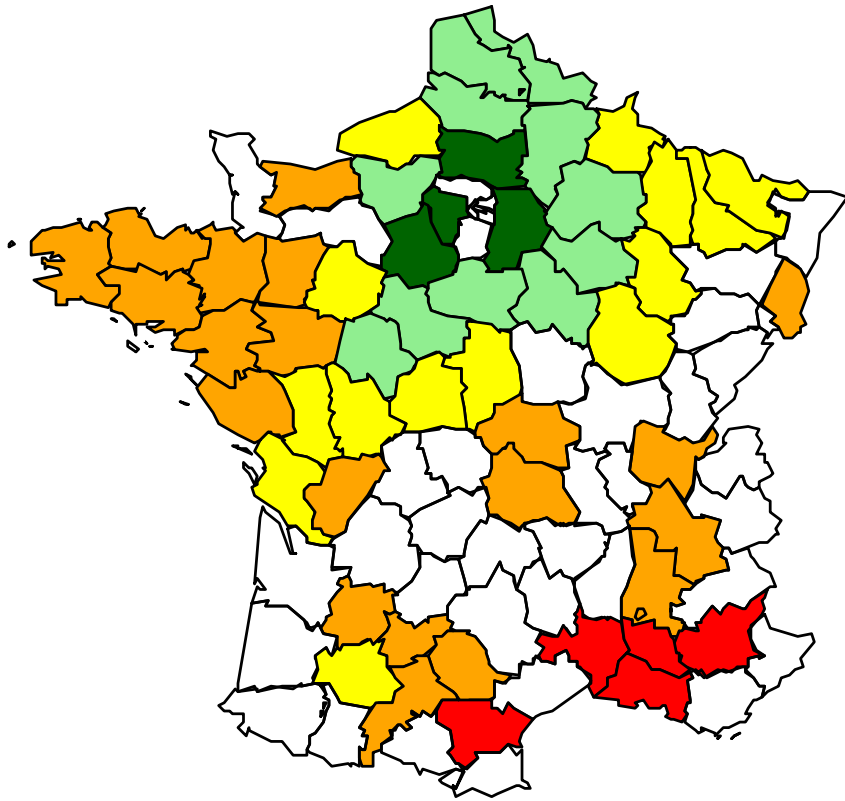
Diversité de mécanismes de défense face aux pathogènes
=
Gestion durable des maladies

Bases scientifiques et démarche pour mobiliser et gérer la diversité génétique dans les agroécosystèmes

- Ecologie, écophysiologie, génétique, épidémiologie, agronomie, amélioration des plantes... => interactions **Génotype x Génotype x Environnement x Pratiques**
 - Biologie et génétique des populations => concept de **métapopulation adapté aux agroécosystèmes** (*van Herwaarden et al 2010; Bousset et Chevre 2013*)
 - Approches: modélisation, expérimentation en conditions contrôlées, en stations, chez les agriculteurs
- ⇒ *Caractériser les effets de la diversité génétique et les mécanismes en jeu*
- ⇒ *Proposer des stratégies de déploiement et de gestion dans l'espace et dans le temps*
- Sciences sociales et sciences de gestion
- ⇒ *Co-construire, concevoir les stratégies de gestion avec les acteurs du terrain*

Exemple du blé tendre: première céréale en France

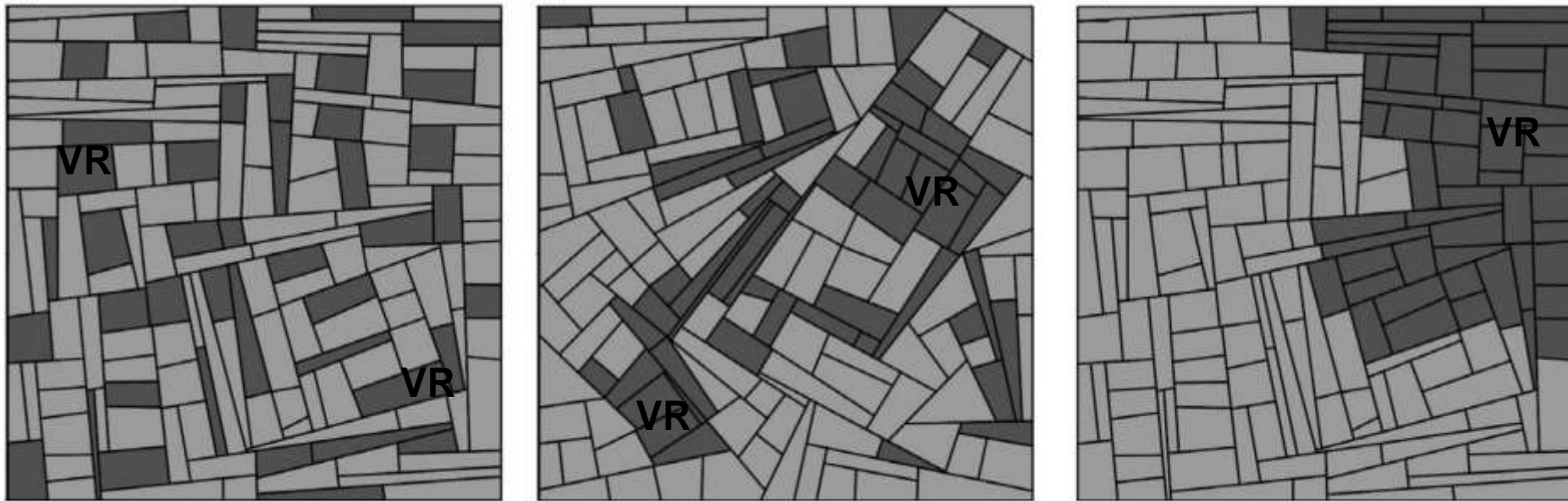
(5.2M d'hectares en 2015)



✓ importance du blé tendre dans l'assolement

➤ dans le nord et le bassin parisien, le blé tendre représente > 30% de la sole

Optimiser la diversité cultivée à l'échelle des territoires



Agrégation croissante des parcelles emblavées avec la Variété Résistante (VR)
(30% VR / 70% VS)

(Papaix et al. 2014)

- **Agrégation faible** => minimise la dynamique de l'épidémie
- **Proportion faible de VR** => favorise la durabilité de la résistance

=> **Complexe scientifiquement** (R quantitative/qualitative, plusieurs maladies...)
et à coordonner (nombreux acteurs...)



Mécanismes écologiques de la diversité intra-parcelle

- **Complémentarité**

- Différentiation de niche
- Facilitation

Ex : réduction de la verse
(Creissen 2016)

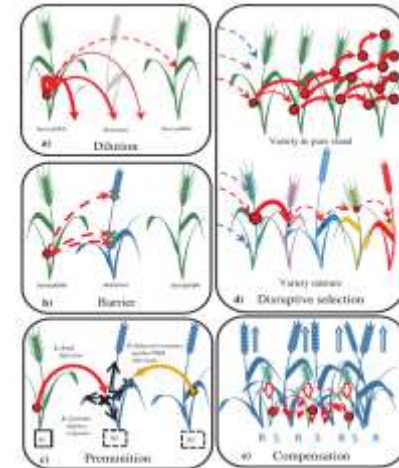
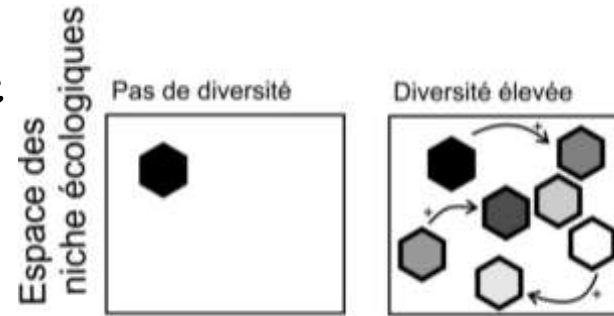
- **Effet d'échantillonnage et de sélection**

- Conditions environnementales non prédictibles

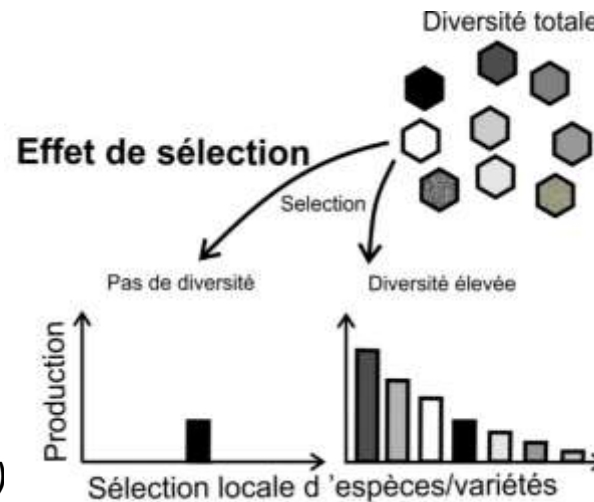
- **Compensation**

- Plasticité phénotypique

(Barot et al 2017)



Borg et al. (2018)



→ Intérêt des mélanges variétaux pour mobiliser ces mécanismes et réduire les intrants

Un projet inter-disciplinaire et multi-acteurs



➤ **11 équipes de recherche, 6 Chambres d'Agriculture, deux associations (GAB IdF et ITAB)**

➤ **Complémentarité d'approches:**

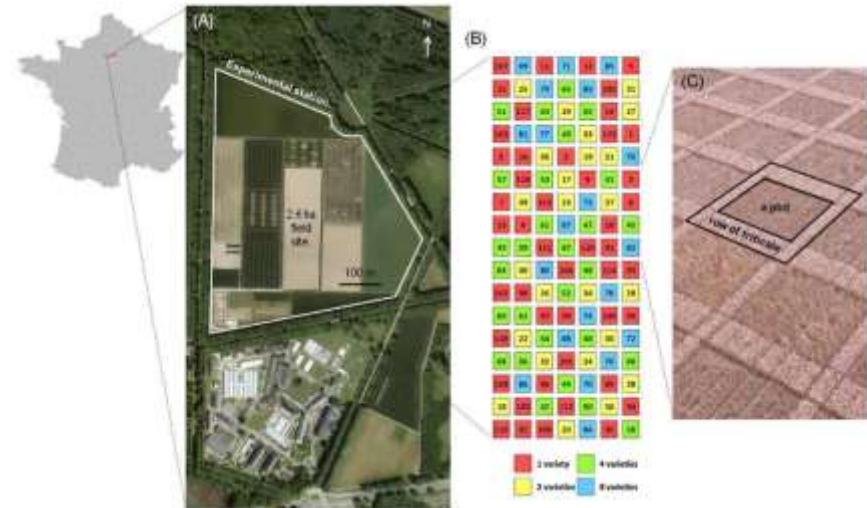
- **Méta-analyse de la littérature**

- **Approche expérimentale en station**

- **16 variétés pures, mélanges (2, 4 et 8 variétés)**

- **Evaluation multi-services 2 années: Production, contrôle des maladies, adventices et ravageurs, fertilité du sol, inventaire des communautés sauvages associées**

- **Approche expérimentale à la ferme, enquêtes auprès des acteurs**





Analyse de la littérature sur les mélanges variétaux

* **Méta-analyse:** 33 articles, 1320 entrée (blé) (Borg et al 2018)

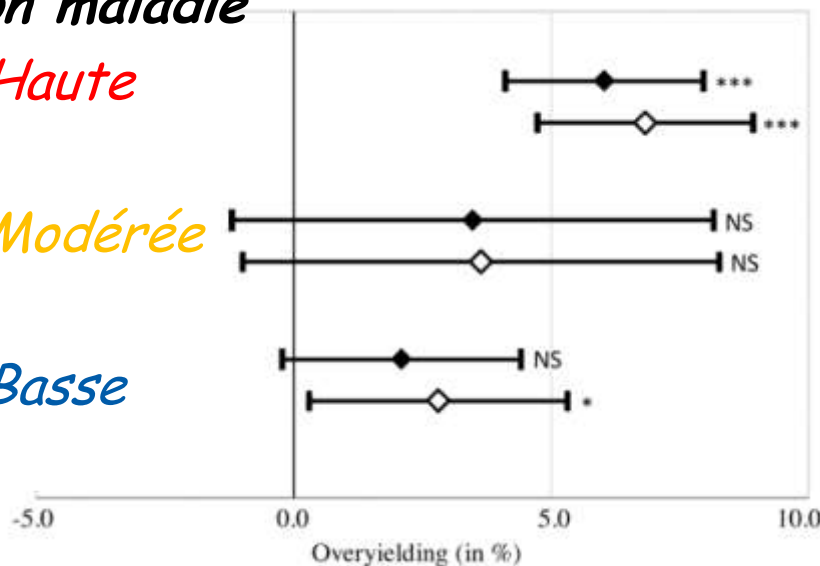
→ Avantage en rendement du mélange / moyenne des pures: $\mu = 2.9\%$

Pression maladie

Haute

Modérée

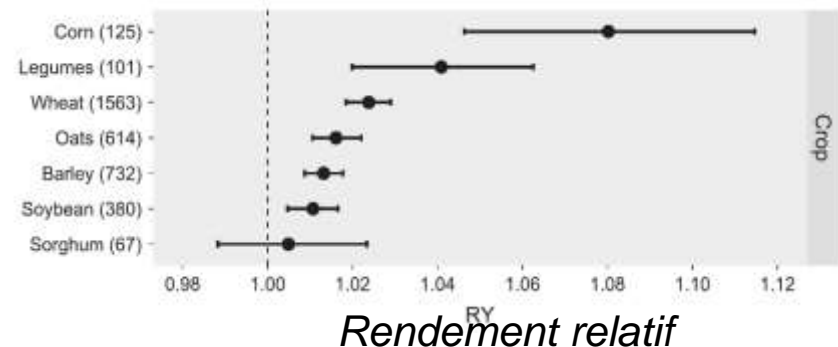
Basse



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

* **Méta-analyse:** 91 articles, >3600 entrées (7 espèces)

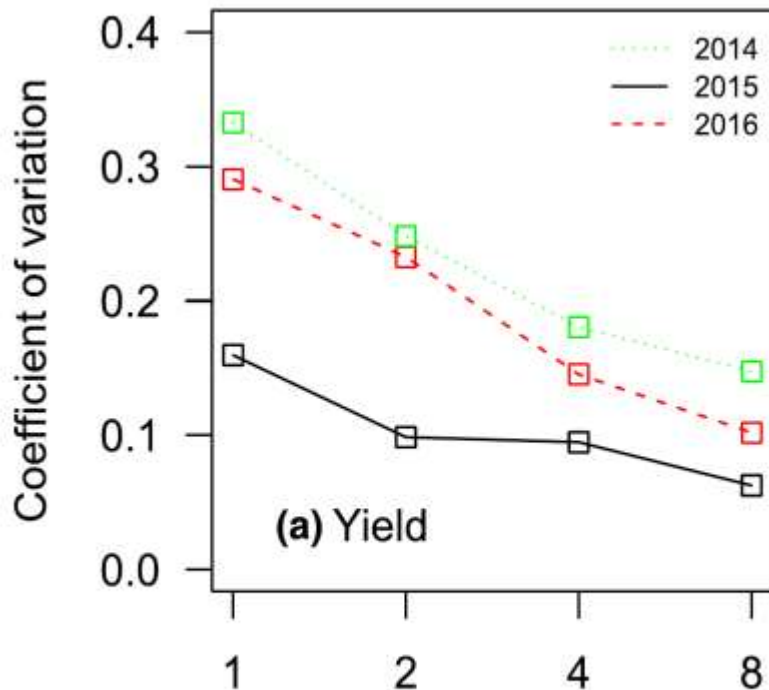
(Reiss et al 2018)



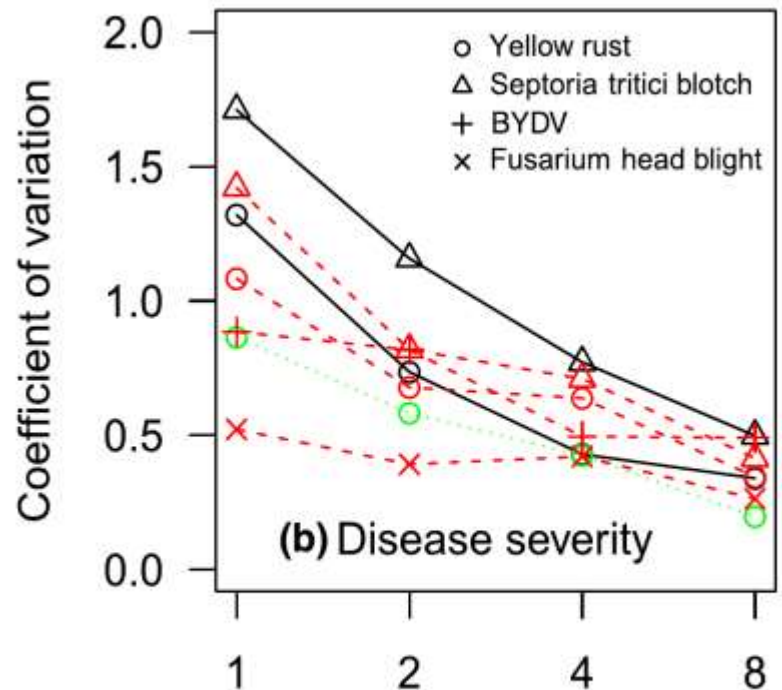
Régulation des maladies

1) Caractériser les effets des mélanges

=> Rendements et sévérités des maladies intermédiaires et + stables lorsque le nb de variétés augmente



Number of cultivars in the mixture

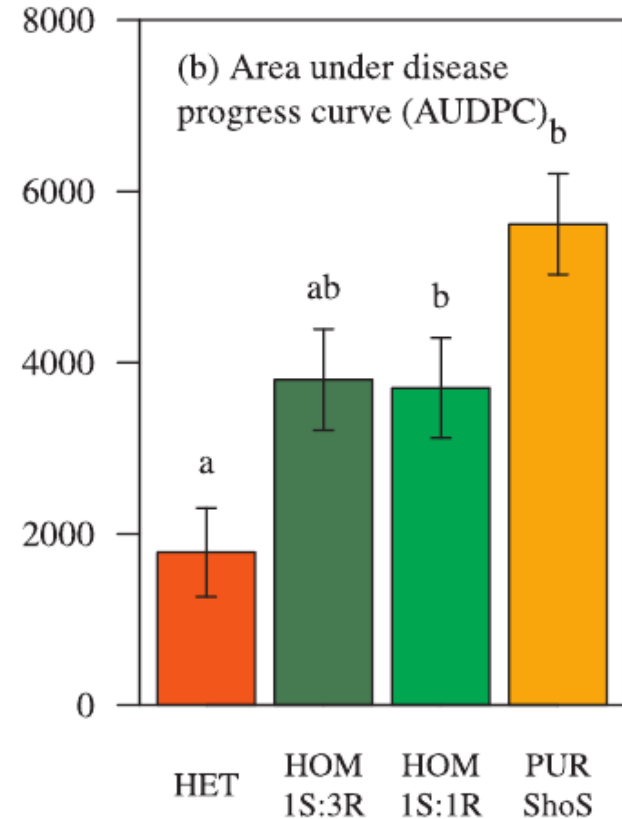
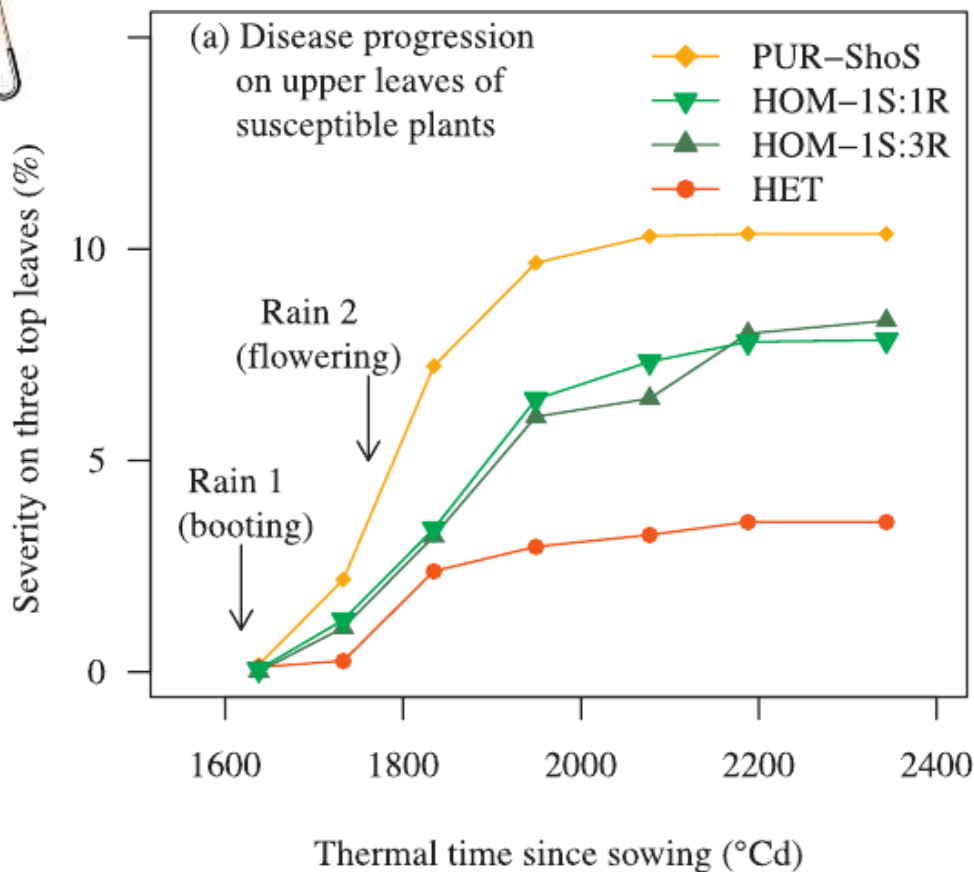


Number of cultivars in the mixture

Régulation des maladies

2) Identifier les mécanismes bénéfiques

Combiner architecture et résistance - septoriose (*Vidal et al 2017*)



HET = short S + Tall R; HOM 1S:3R = 25% short S + 75% short R; HOM 1S:1R = 50% short S + 50% short R; PUR = 100% short S

Evaluation à la ferme en Agriculture Biologique

(projets PICRI & CASABio)

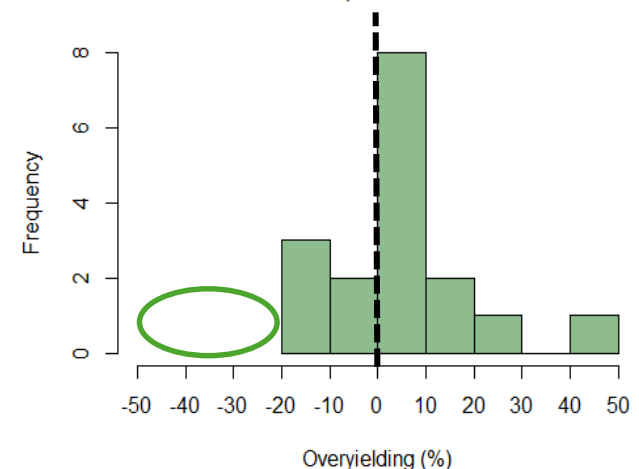
- Ateliers pour co-concevoir les mélanges à partir des variétés utilisées en bio -> diversité de mélanges
- **Evaluation à la ferme : essais en bandes (comparaison avec pures)**
- 17 mélanges en 3 ans (8 en 2016, 5 en 2017, 4 en 2018)

Structure des essais :

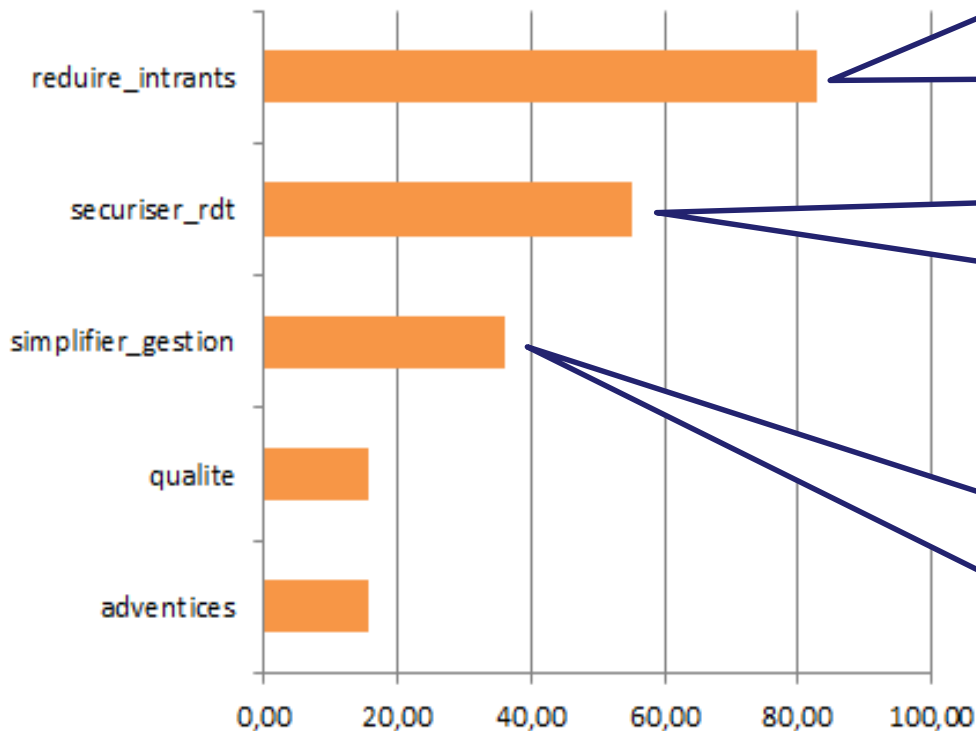


Résultats contrastés selon les années

- **Avantage moyen en rendement des mélanges : 4.8%** Yield 2016, 2017 and 2018
- Pas de pertes importantes de rendement
- Teneur en protéines plus stable en mélange
- Mélanges très performants sur les tests de panification



Quelles motivations des agriculteurs pour cultiver des mélanges ?



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

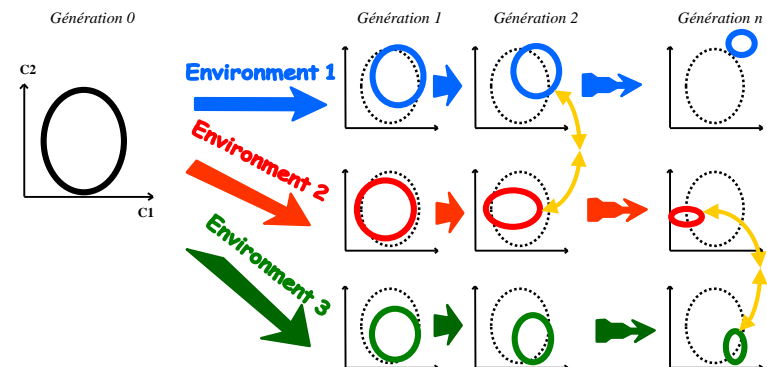
- Moins d'impact des maladies
- Rattrapage sur stress précoces
- Plus de variétés sur la parcelle et l'exploitation

- Simplification semis, récolte, stockage
- Plus de temps pour traiter
- Valorisation possible de variétés avec des défauts (sensibilité maladie ou verse)

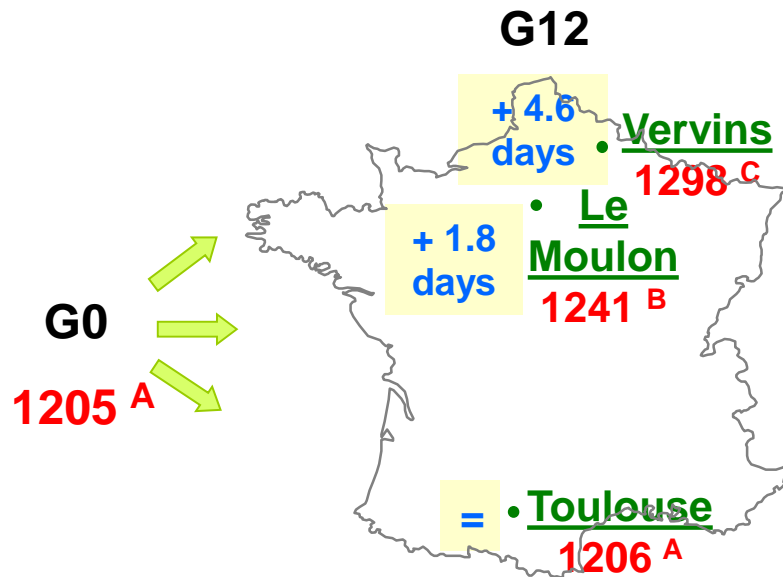
Enquête diffusée aux « mélangeurs » (58 réponses) +
Analyse de 3 forums (ACE, Agricool et Agriavis)

Gestion dynamique adaptative de la biodiversité cultivée: intégrer la dimension spatio-temporelle

- Diversité génétique intra-parcelle
⇒ stabiliser le comportement chaque année
- Gérer la diversité dans le temps en re-semant d'une année sur l'autre => favoriser l'adaptation temporelle (changement climatique)
- Gérer la diversité dans l'espace en décentralisant la gestion et la sélection => favoriser l'adaptation aux contextes locaux
- **Gestion dynamique en métapopulations**
 - ✓ Inspiré des populations composites d'orge de Harlan, Allard, Suneson (UC Davis): « evolutionary breeding »
 - ✓ Mis en place dans un réseau de stations INRA et de lycées agricoles (DGER Min. Agric.) en 1984 par A Gallais, PH Gouyon, JP Henri



Gestion dynamique du blé tendre: évolution et adaptation rapide des populations



Différenciation Nord-Sud significative pour la fréquence des types **hiver** / **printemps** à génération 10



Goldringer et al 2006; Rhoné et al 2008 & 2010

- Sélection rapide de la précocité = adaptation climatique
+ Evolution des résistances aux rouilles, oïdium, piétin
- Limites: autres traits d'intérêt pour lesquels la sélection humaine est nécessaire
+ Problème de la pérennité du maintien des populations

Sélection participative: le projet Blé



Mobiliser les connaissances scientifiques pour répondre à une demande de la société

- Une recherche-action pour:
 - Créer des variétés-population adaptées à des systèmes agricoles écologiques / AB, locaux, pour des débouchés différenciés
- Une co-production de connaissances sur:
 - Les stratégies pour préserver la diversité génétique cultivée via la gestion dynamique à la ferme et la sélection paysanne.
- Un renforcement de l'autonomie:
 - Pour les acteurs: se réappropriier les concepts, méthodes et techniques de gestion/sélection de la diversité à la ferme

Principes

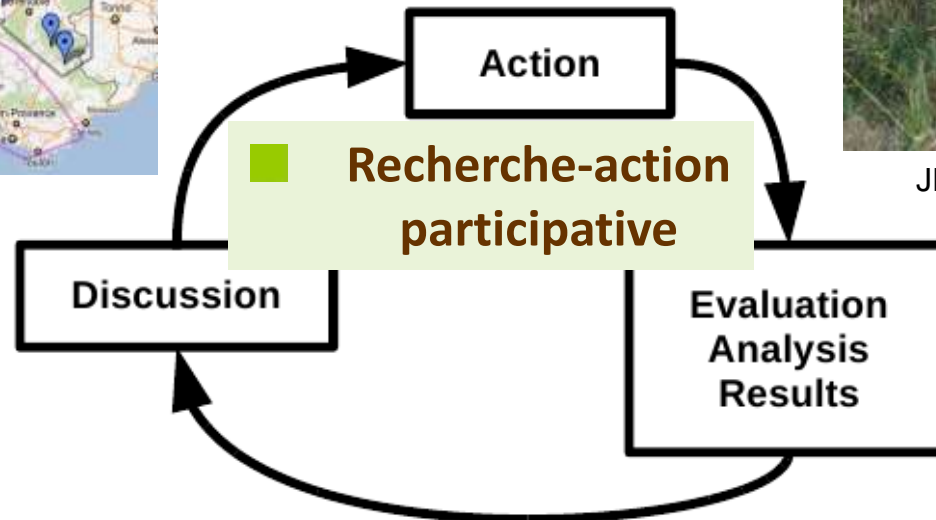
■ Sélection décentralisée



■ Evaluation à la ferme dans les conditions habituelles



JF Berthelot (47)



■ Mobiliser et créer de la diversité

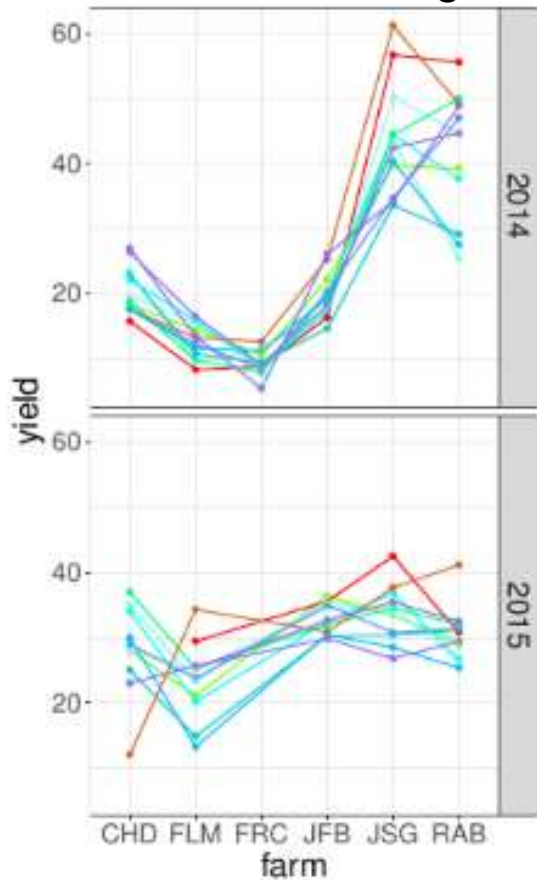
Utilisation des variétés de pays, variétés anciennes, création de populations simples ou complexes par croisements, mélanges ...

Les résultats du projet



- De nouvelles variétés populations aux caractéristiques originales adoptées par les paysans

Rendement en grain

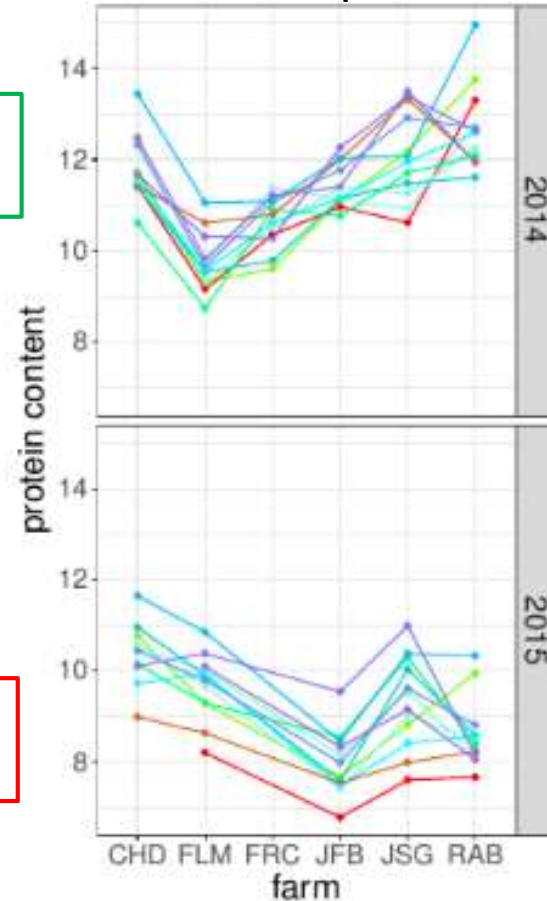


10 Variétés issues de SP



2 Variétés commerciales

Teneur en protéines



Les résultats du projet



- De nouvelles variétés populations adoptées par les paysans
- Organisation collective
- Des outils génériques d'aide à la gestion / sélection collective de la diversité
 - Protocoles d'observation, dossier «retour», livret sélection participative
 - Dispositifs expérimentaux et modèles statistiques Bayésiens pour des essais déséquilibrés (*Rivière et al. 2015; van Frank et al. 2019; David et al. 2020*)
 - Base de données pour gérer l'historique des lots de graines: SHiNeMaS (*De Oliveira et al. 2020*)
- Autonomie des acteurs accrue en matière de gestion de la diversité
 - Sélection massale intra-populations, sélection entre populations, choix de nouveaux croisements
- Reconnaissance du rôle des organisations paysannes comme acteurs de la diversité cultivée
 - Evolution de la réglementation (Loi 2016 Reconquête Biodiversité,...)

Conclusion



=> **Intérêt de la gestion dynamique adaptative de la diversité génétique:**

- **Intérêt individuel** : + stabilité, - risques, - d'intrants (marge), adaptation au contexte local, diversité produits et aliments
- **Au niveau collectif**: gestion collective des semences, résilience du système, ancrage territorial, entretien à long terme de la diversité cultivée (méta-population)

=> **Emergence d'une nouvelle pratique de recherche:**
collaboration entre recherche et citoyens

- **Confrontation** des approches scientifiques académiques et des pratiques et connaissances des acteurs
- Travailler sur des **dispositifs expérimentaux in situ** plus représentatifs de la complexité des agroécosystèmes
- Elaborer des **questions de recherche complexes et originales**

Perspectives

- Du travail pour l'amélioration des plantes:
=> sélectionner des composantes de mélanges intra- et inter-spécifiques
- Evolution de la réglementation: Règlement Européen 2018/848 sur l'AB => autorisation commercialisation *matériel hétérogène biologique*
=> Développement de populations hétérogènes (ex: Coopératives Biocer & Cocebi, projet EU LiveSeed)
- Des acteurs de la société intéressés et s'impliquant sur la biodiversité cultivée + nombreux et + divers
=> Repenser les organisations collectives locales et les liens entre organisations
=> Mobilisation des méthodes de conception innovante pour accompagner la gestion collective

- Projet MoBiDiv



INRAE

CULTIVER
PROTÉGER
autrement



ANR

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

Jérôme Enjalbert, Aline Fugerey-Scarbel

Merci de votre attention



Gaec du Pont de l'Arche, F Mercier