Sélectionner pour des associations céréales-légumineuses performantes

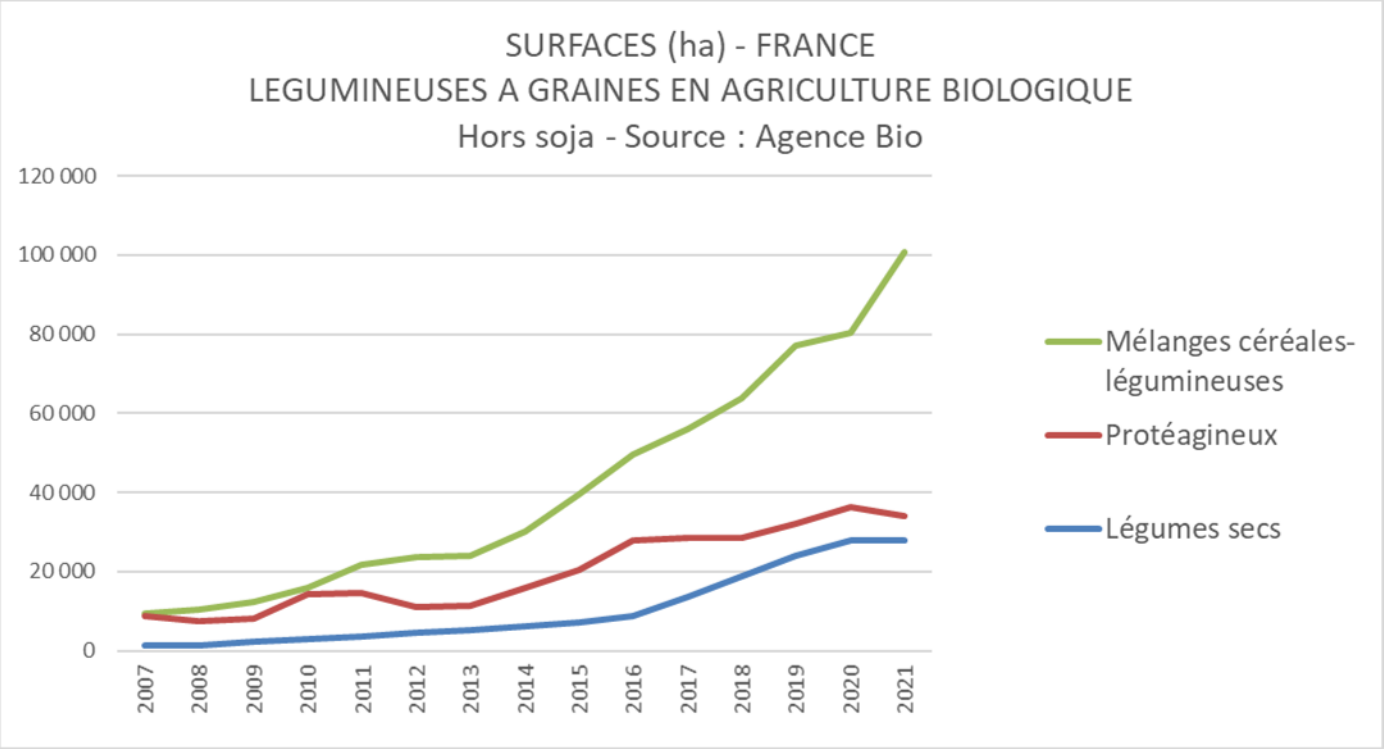
Nathalie MOUTIER et Alain BARANGER, UMR IGEPP, Rennes
Matthieu FLORIOT, Agri-Obtentions
Arnaud GAUFFRETEAU, INRAE, UMR Agronomie, Grignon

Journée ASF Section céréales à paille, Dijon 10/ 05/ 22

Contexte

- **Transition agroécologique** de l'agriculture
- **Diversification des systèmes de production, réduction des intrants** (N et pesticides)
- Relance des **légumineuses** (à graines) pour l'autonomie protéique mais **difficulté de gestion des bioagresseurs, verse (pois)** -> **instabilité rendements**
- Importation de **blé AB panifiable** (25%), **rendements faibles, difficulté de gestion des adventices, faible teneur en protéines**

↳ Une solution : **les associations céréales-légumineuses** -> se développent, principalement en **systèmes de culture économes en intrants, dont l'AB**



Diversité des performances et services attendus

Productivité
Qualité
Stabilisation rdts

LER > 1
↑TP blé

Gestion ressources
lum, eau, N

Δ croissance
Δ prof racinaire

Contrôle bioagresseurs
Δ couverture
Δ microclimat

Nutrition animale

Proximité
Autonomie protéique

Conservation biodiversité
Δ niches, habitats

Auxiliaires

Préservation sols
Rotations
Structure
Evaporation
Erosion
Reliquats

Séquestration C

Δ Matière org

Adapté de Malézieux et al (2009)

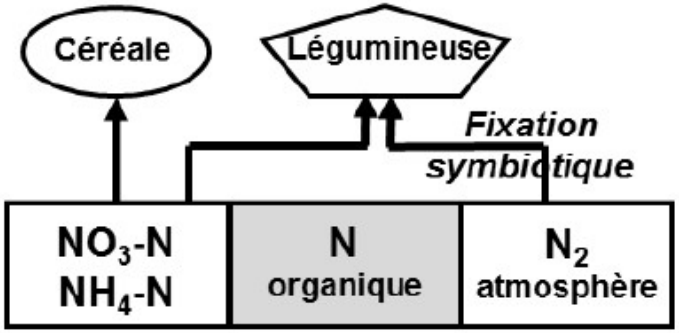
Mécanismes et processus en jeu

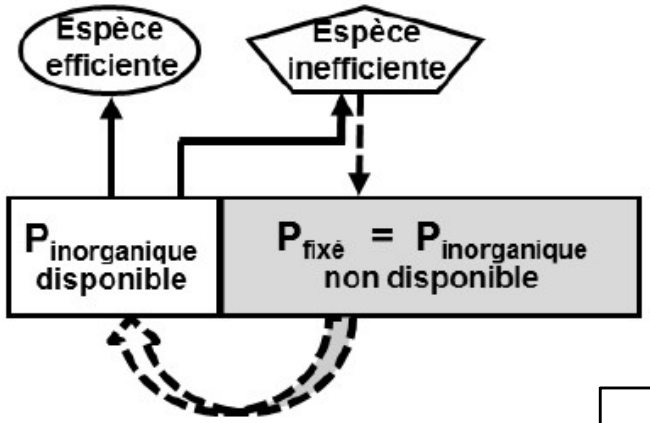
Systèmes de production agroécologiques = valorisation accrue des **processus écologiques**, en substitution de l'usage des intrants de synthèse

4C / besoins temps, espace

- Compétition -> *ex : lumière, eau -> ↓ adventices*
- Complémentarité entre espèces -> *ex : N, lumière, eau*
- Coopération (facilitation) -> *ex : effet tuteur, mobilité P*
- Compensation -> perte de l'une des deux espèces, l'autre compense

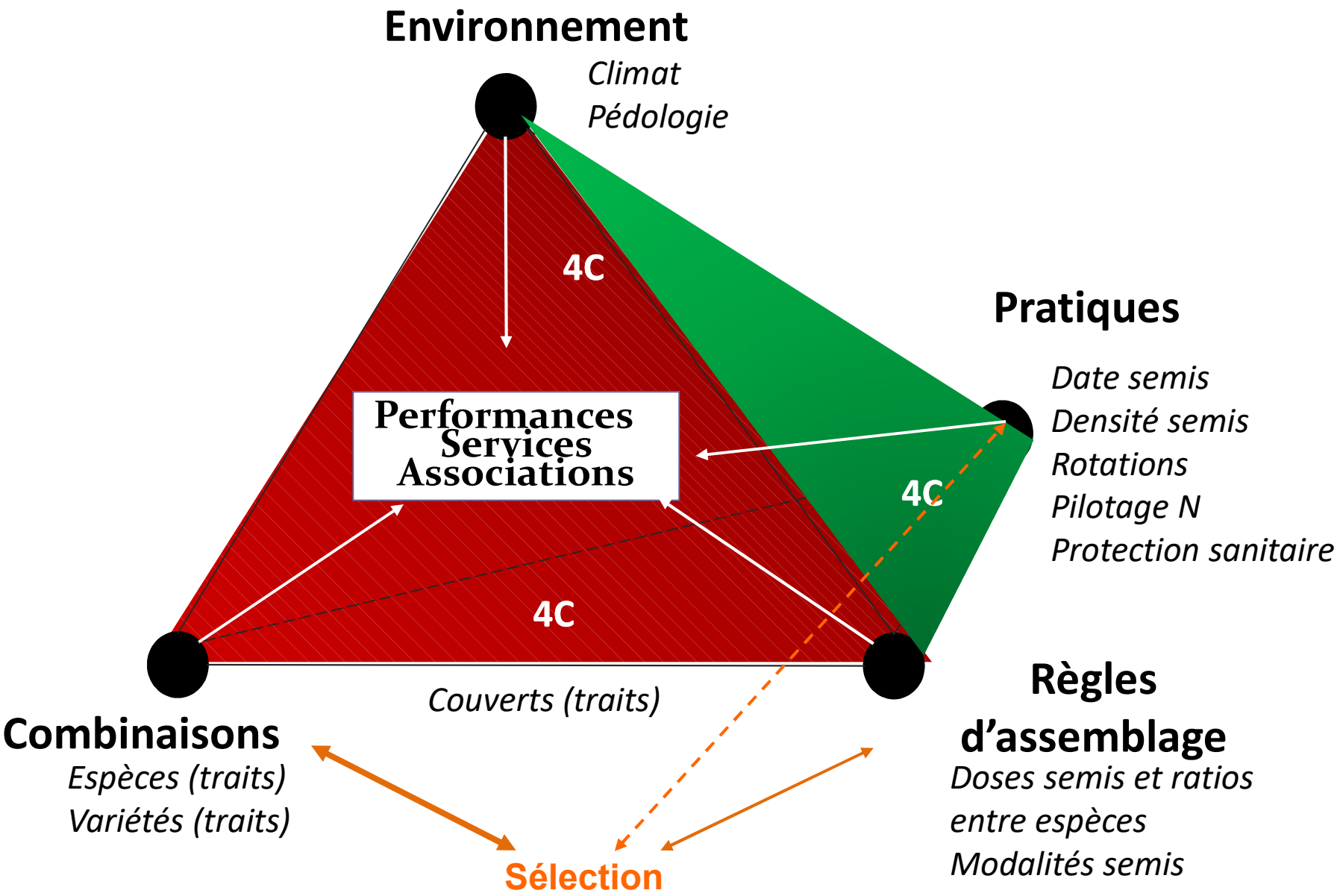
Effets barrière et dilution / maladies et ravageurs





Justes et al., 2014

De nombreux facteurs impactants



Des défis pour l'adoption

Pratiques culturales

Δ contraintes, objectifs

Δ combinaisons d'espèces, de variétés, dates et densités de semis, modes de semis, stratégies de fertilisation

Besoin de variétés adaptées : sélection et évaluation

Traits d'espèces
Traits variétaux

Nouveaux schémas de sélection

Modalités d'évaluation, réseaux d'essais

Machinisme et équipement

Semis, récolte, tri des grains récoltées

Sélection pour la culture en association
Définition des cibles

Marchés
Alimentation Animale (AA)
Alimentation Humaine (AH)

Utilisation
Graines (triées ou mélange)
Fourrages (sec, vert, ensilage)

Cibles ?

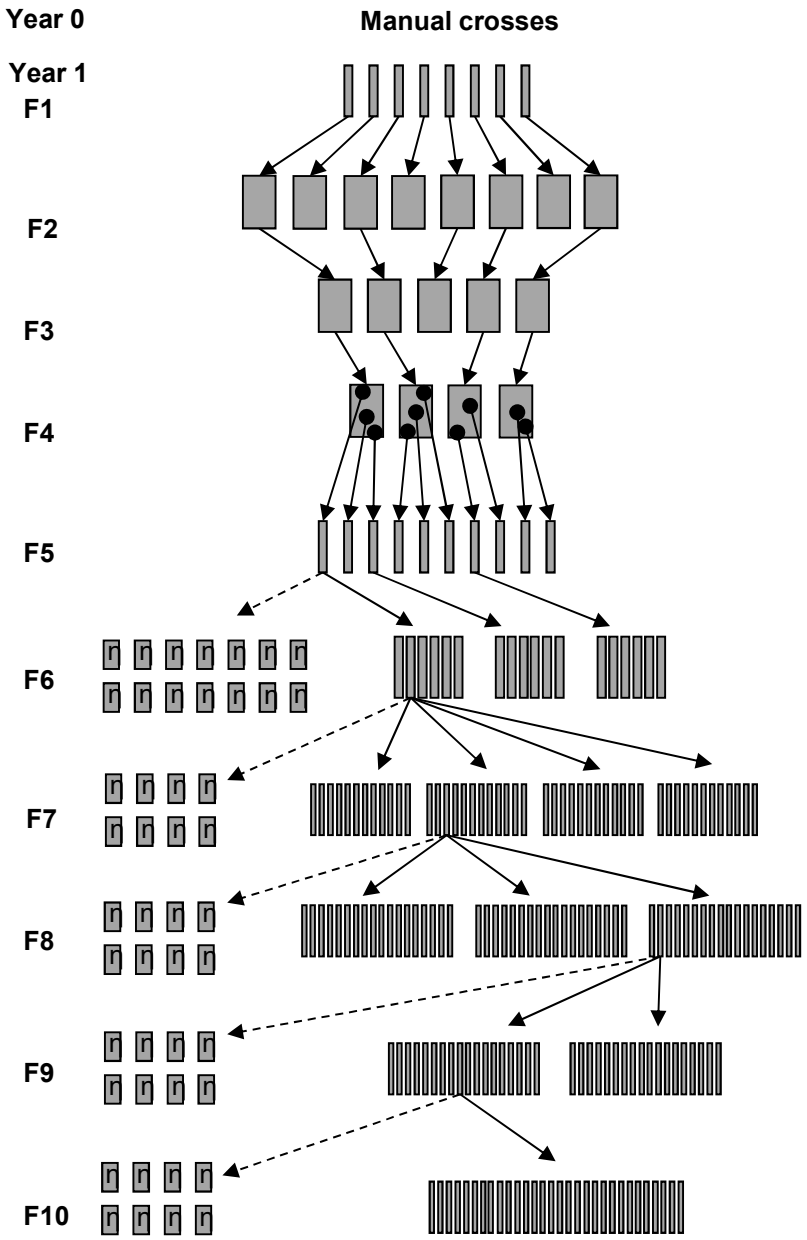
Systèmes
Gdes cult / Poly élevage
Conventionnel / FI / Bio
Rotations

Adaptation régionale
Cultures H, P
Conditions pédoclimatiques
Structures de tranformation

➪ Choix stratégiques + priorisation traits (/espèce ou couvert) + pression de sélection adaptée suivant ces cibles

➪ Importance de conserver un ensemble de critères de sélection suffisamment peu nombreux pour être gérables

Sélection pour l'aptitude à la culture en association
Questions posées CA vs CP



Mêmes traits, même gamme de variation ?

Ordre / pression de sélection ?

Méthodologies, designs ?

A quel moment, dans le schéma de sélection, introduire l'évaluation en association ?

- génération
- testeur (espèce / variété)
- effectifs

Sélection spécifique CA ou mixte CP/CA ?

Des contraintes communes CP/CA :

- faible qté de semences en début de sélection
- variabilité génétique disponible
- évaluation en réseau fin de sélection
- coût et retour sur investissement

Sélectionner pour des associations céréales-légumineuses performantes

Est-ce utile de sélectionner en/pour l'association ?

↳ Certaines variétés sont-elles plus performantes en association que d'autres ?
Quel impact du choix variétal sur les services/performances de l'association ?

↳ Les variétés les plus performantes en CP sont-elles aussi les plus performantes en CA ?
Les variétés présentent-elles des différences d'aptitude à l'association ?

↳ Quels traits favorisent une bonne aptitude à l'association du blé ?

Si oui, comment faire ?

↳ Vais-je devoir tester toutes les combinaisons (variété x testeurs) dans plusieurs environnements ou l'aptitude à l'association des variétés est-elle stable entre environnements et testeurs ?

↳ Y a-t-il des testeurs plus « intéressants » que d'autres ?

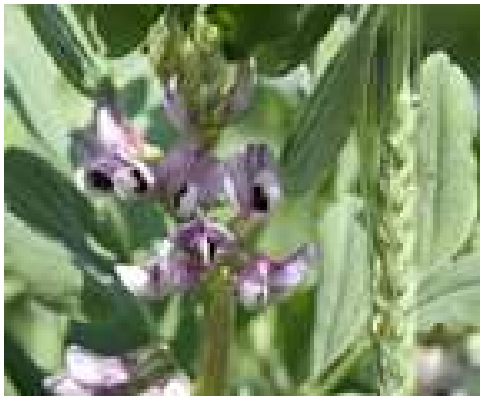
↳ Quelles conséquences pour l'inscription et l'évaluation ?

Perspectives

Notre étude – objectifs et approche

Cibles : blé tendre d'hiver (alimentation humaine) / protéagineux d'hiver (alimentation animale), production équilibrée entre les 2 espèces, en FI ou AB

Approche : expérimentation au champ basée sur les caractéristiques des variétés des 2 espèces associées



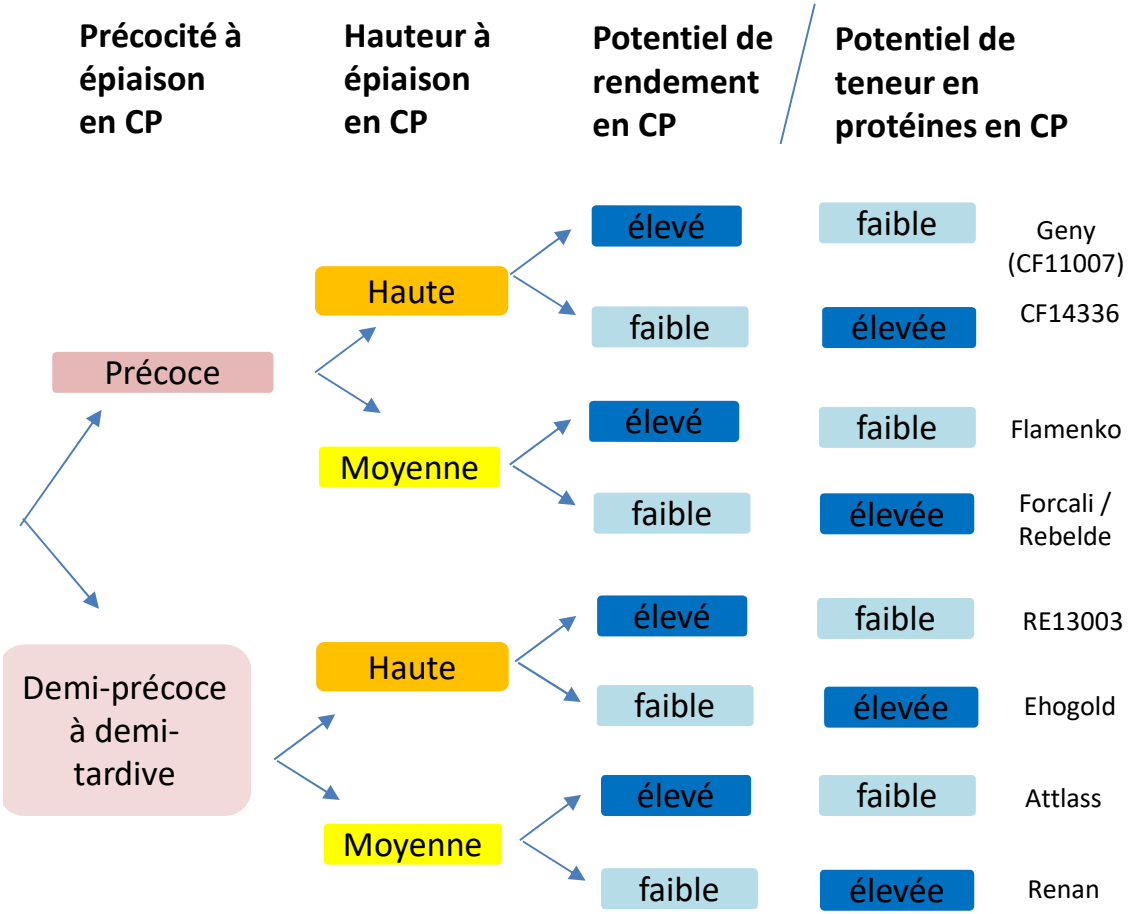
Sélection pour l'aptitude à la culture en association
Dispositif expérimental – matériel et méthodes

8 génotypes de blé tendre meunier

- critères communs (CP):

précoces à maturité (synchronisation récolte)
peu sensibles aux maladies (notamment RJ),
résistants à la verse (effet tuteur pour le pois)

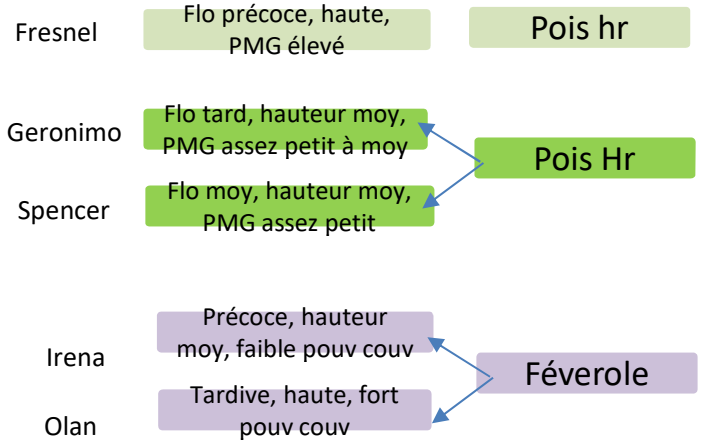
- critères contrastés (CP) :



9 environnements (3 sites x 3 années)

Approche « testeur »

3 variétés de pois (1 hr, 2 Hr)
2 variétés de féverole



40 modalités associées + 13 modalités en CP = 53 modalités

Projet CéréLAG 2016-2020

Sélection pour l'aptitude à la culture en association
Dispositif expérimental - matériel et méthodes

Modalités de semis

- Mélange complet sur le rang
- Une seule date de semis (céréale+légumineuse)
- Entre le 20 octobre et le 10 novembre

Densités de semis (grains/m²)

	Pur	Association	Pourcentage Asso/Pur
Blé	300	150 (pois) 210 (fév)	50% 70%
Pois hr	80	60	75%
Pois Hr	40	40	100%
Féverole	28	21	75%

Sélectionner pour des associations céréales-légumineuses performantes

Est-ce utile de sélectionner en/pour l'association ?

Certaines variétés sont-elles plus performantes en association que d'autres ?
Quel impact du choix variétal sur les services/performances de l'association ?
Les variétés les plus performantes en CP sont-elles aussi les plus performantes en CA ?
Les variétés présentent-elles des différences d'aptitude à l'association ?
Quels traits favorisent une bonne aptitude à l'association du blé ?

Comment faire ?

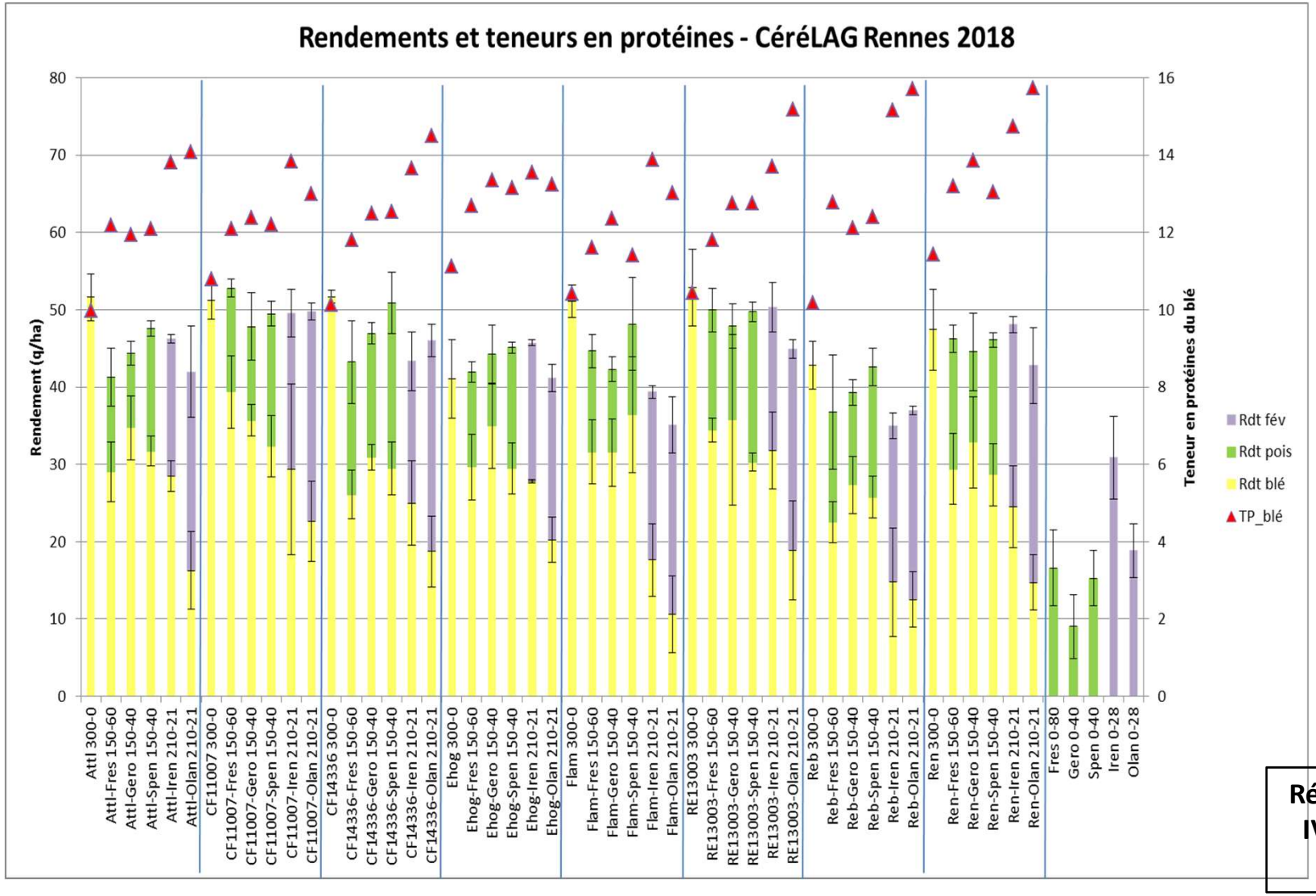
Vais-je devoir tester toutes les combinaisons (variété x testeurs) dans plusieurs environnements ou l'aptitude à l'association des variétés est-elle stable entre environnements et testeurs ?
Y a-t-il des testeurs plus « intéressants » que d'autres ?
Quelles conséquences pour l'inscription et l'évaluation ?

Perspectives

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association

Rendement et teneur en protéines du blé

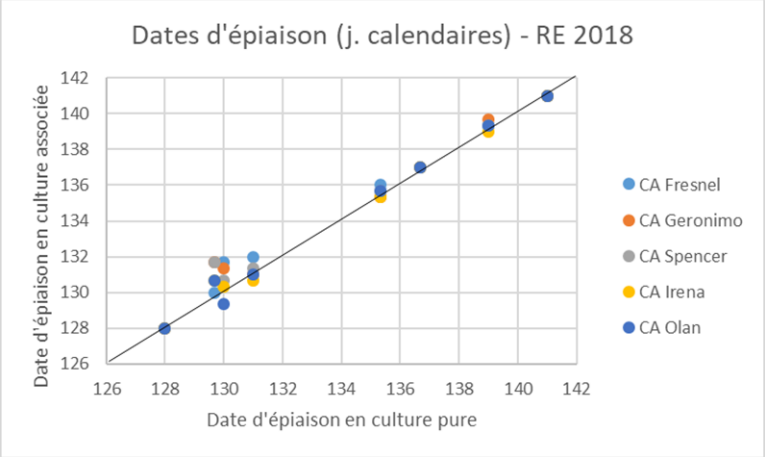
Une grande variabilité des rendements fonction des combinaisons variétales
Gamme de teneurs en protéines du blé de 10 (non panifiable) à 16 (blé de force)



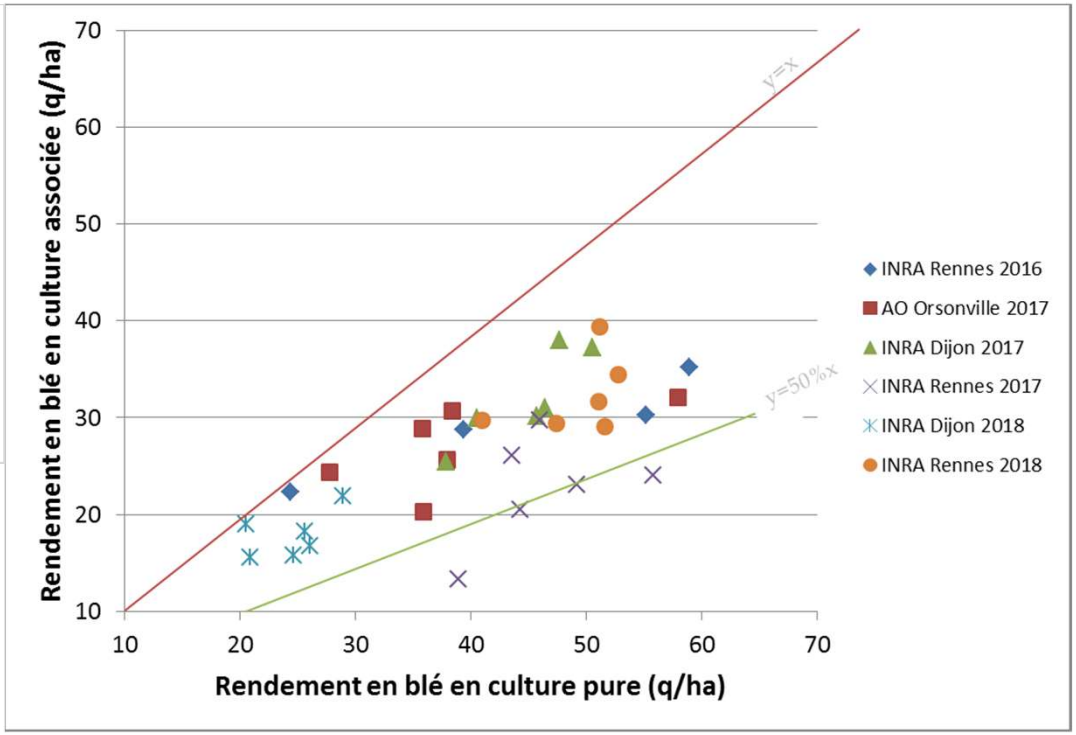
Résultat projet IVD CéréLAG 2016-2020

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association
Caractère prédictif de l'appréciation / sélection des traits en CP

Date d'épiaison



Rendements - exemple blé associé à Fresnel



Résultats projet IVD CéréLAG 2016-2020

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association

Des différences d'aptitudes à l'association entre génotypes de blé

Aptitude à l'association des variétés de blé : 2 composantes

1) Capacité à maintenir son propre rendement en association (effet Producteur)
Rendement relatif du blé en culture associée / rendement du blé en culture pure (LERw)

2) Capacité à laisser l'autre espèce produire (effet Associé)
Rendement relatif de la légumineuse en culture associée / rendement de la légumineuse en culture pure (LERl)

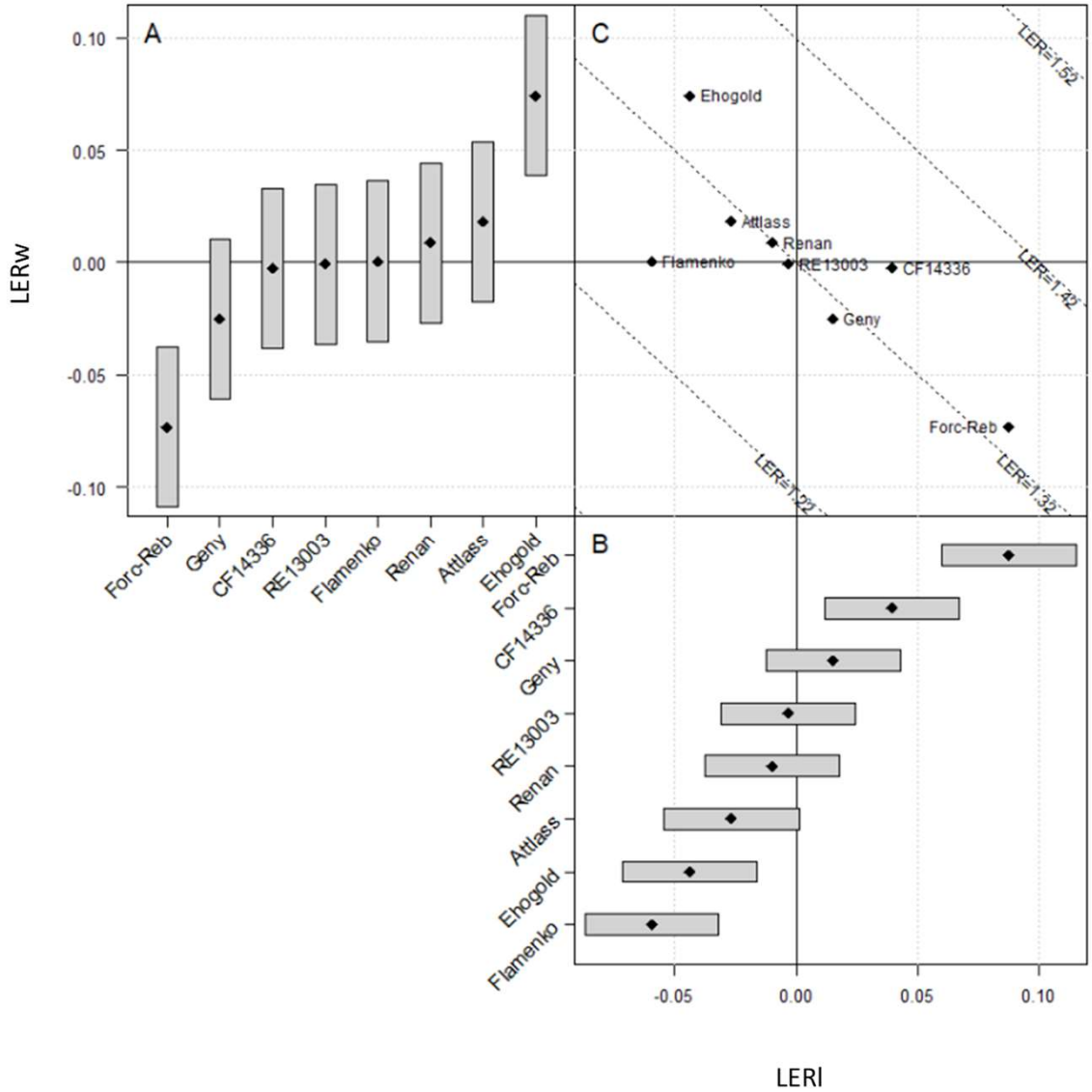
	Variété 1 (Attlass)	Variété 2 (Rebelde)
rdt moy CP / 9 env. (FI+AB)	48 q/ha	37 q/ha
rdt moy CA / 9 env. (FI+AB)	29 q/ha	19 q/ha
Différence (CP-CA)	**19 q/ha**	**18 q/ha**
LERw	**0,61**	**0,52**
LERl	0,70	0,82
LERt	1,31	1,34

Moutier et al., 2022

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association

Aptitudes à l'association des génotypes de blé

↳ Des effets Producteur et Associé corrélés mais certains génotypes se démarquent



Moutier et al., 2022

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association
Pistes concernant les traits variétaux impliqués

	LERw	LERl
Lateness at heading stage (SC)	0.67 (pv=0.07)	-0.45 (pv=0.26)
height at heading stage (SC)	0.73 (pv=0.04)	-0.34 (pv=0.40)
yield (SC)	0.15 (pv=0.73)	-0.54 (pv=0.17)

/!\ 8 variétés /!\
Corrélations faibles sauf avec hauteur (et précocité à épiaison)
Corrélations positives avec LERw, négatives avec LERl
Choix stratégiques réalisés n'expliquent pas la totalité des variations obtenues

Moutier et al., 2022

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association
Pistes concernant les traits variétaux impliqués

Projet européen ReMIX - Rennes 2019
Précocité + hauteur à épiaison + aptitude au tallage
10 variétés de blé x 9 variétés de pois hr

ReMIX
Species mixtures for redesigning European cropping systems

	Précocité à épiaison blé	Hauteur blé à épiaison	Aptitude au tallage blé	Date de début de floraison pois	Durée de floraison pois	Hauteur pois à fin floraison
Rendement cumulé	NS Mid early-mid late ~ Early	NS Tall ~ Short	** élevée > faible	** précoce > ½ précoce ½ tardive	*** réf > longue ~ courte	*** courte > haute > moyenne
Rendement en pois	NS Mid early-mid late ~ Early	NS Short ~ Tall	NS Low ~ High	NS Mid early-mid late ~ Early	* courte ~ longue > réf	*** haute > moyenne ~ courte
Rendement en blé	NS Mid early-mid late ~ Early	. Tall ~ Short	*** élevée > faible	*** précoce > ½ précoce ½ tardive	*** réf > longue > courte	*** courte > haute ~ moyenne
Teneur en protéines blé	** précoce > ½ précoce ½ tardive	*** haute > courte	*** faible > élevée	*** ½ précoce ½ tardive > précoce	*** courte > longue > réf	*** moyenne ~ haute > courte

Sélectionner pour des associations céréales-légumineuses performantes

Est-ce utile de sélectionner en/pour l'association ?

Certaines variétés sont-elles plus performantes en association que d'autres ?
Quel impact du choix variétal sur les services/performances de l'association ?
Les variétés les plus performantes en CP sont-elles aussi les plus performantes en CA ?
Les variétés présentent-elles des différences d'aptitude à l'association ?
Quels traits favorisent une bonne aptitude à l'association du blé ?

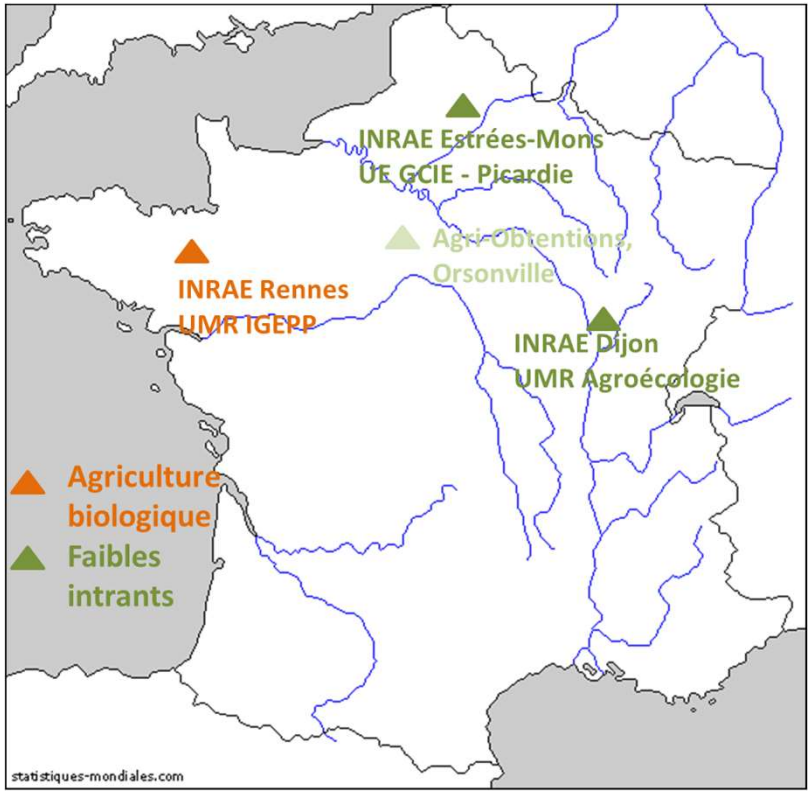
Comment faire ?

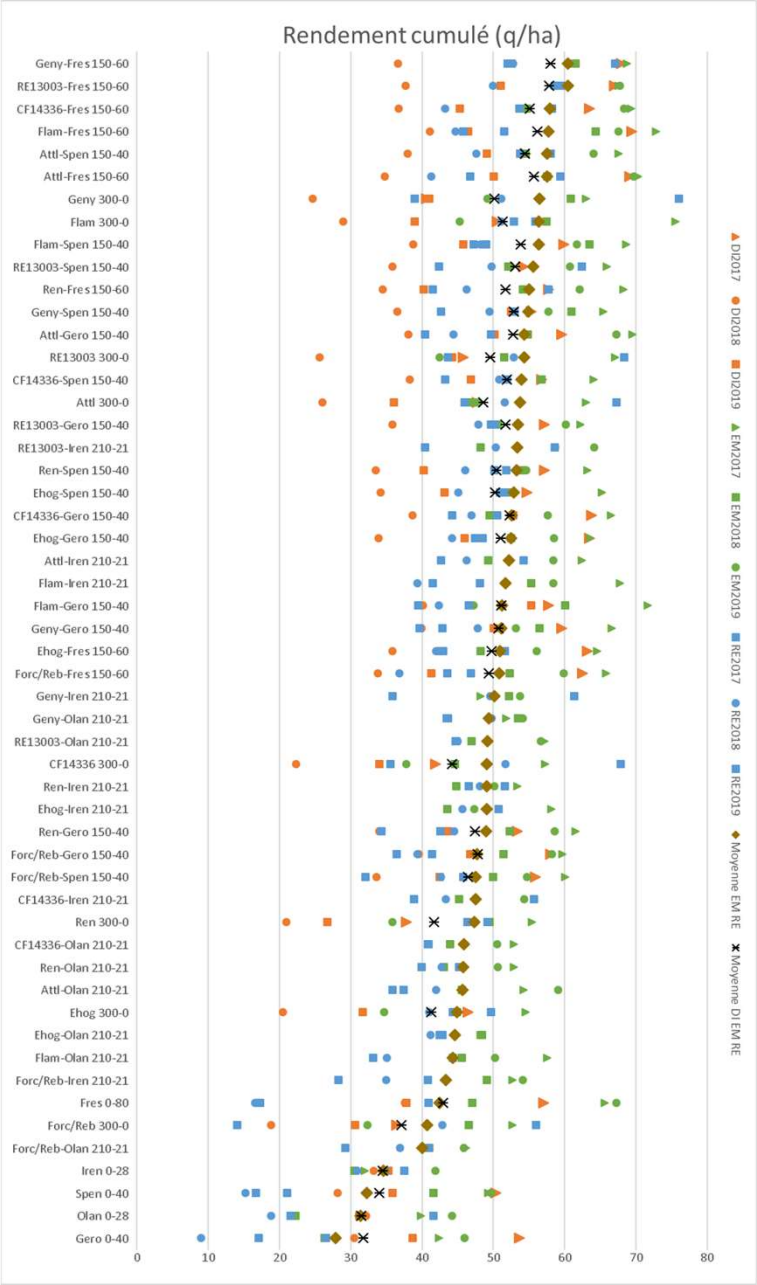
Vais-je devoir tester toutes les combinaisons (variété x testeurs) dans plusieurs environnements ou l'aptitude à l'association des variétés est-elle stable entre environnements et testeurs ?
Y a-t-il des testeurs plus « intéressants » que d'autres ?
Quelles conséquences pour l'inscription et l'évaluation ?

Perspectives

Sélection pour l'aptitude à la culture en association
Interactions GxGxE

↳ Une grande complexité des interactions entre combinaisons variétales et environnements d'évaluation (sites x années)





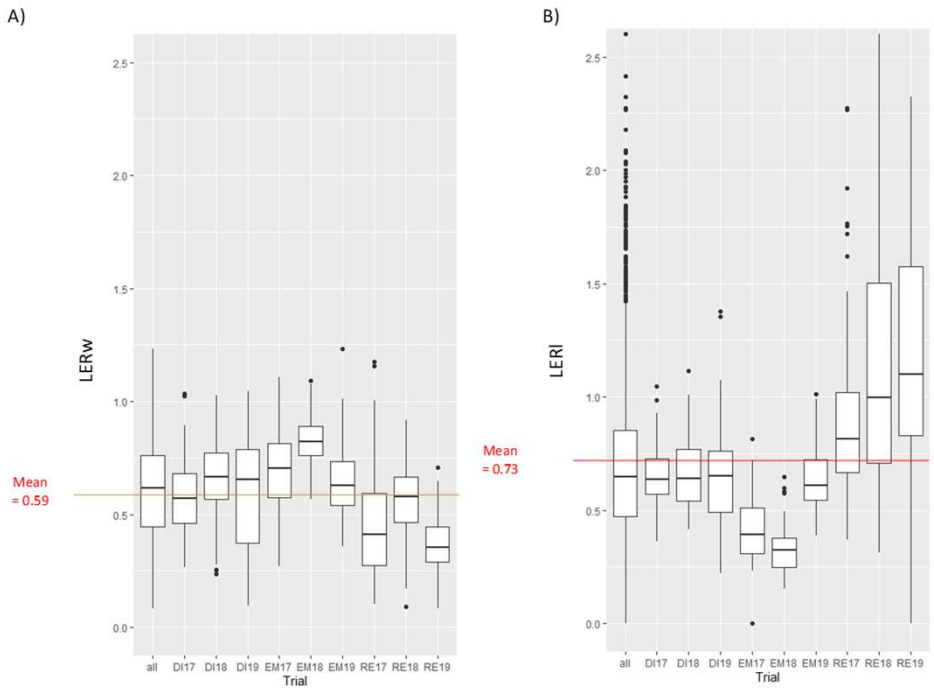
Résultats projet
IVD CéréLAG
2016-2020

Sélection pour l'aptitude à la culture en association
Stabilité entre environnements

Moutier et al., 2022

Analyse des données sur les 9 environnements :

$$A = \mu + G + T + E + GxT + GxE + TxE + GxTxE + BxE + \varepsilon$$



Term	p-value LERw	p-value LERl
E	$<10^{-16}$	$<10^{-16}$
GE	$<10^{-16}$	0.0043
$\sigma_{GE(i)}^2$	0.9317	0.7112

Standard deviation

Term	LERw	LERl
E	0.1159	0.2933
GE	0.0498	0.0270

↳ Moy et variations LERw et LERl dépendent fortement de l'envt

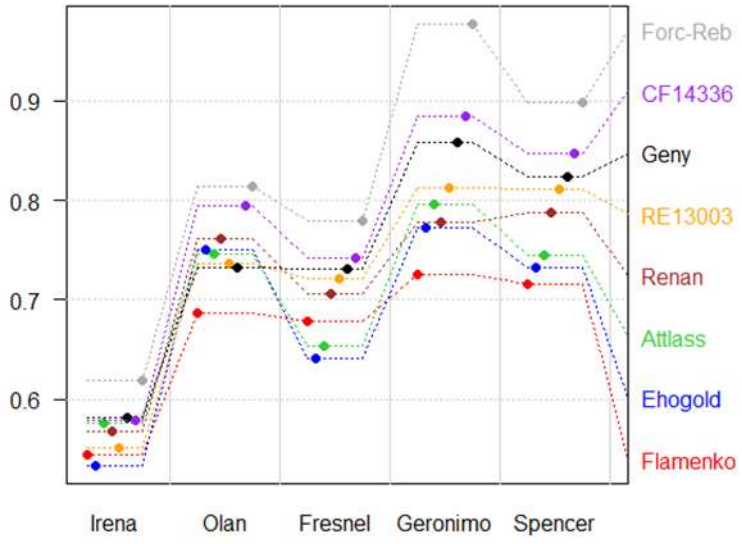
↳ Envt influence de manière significative effets génotypes de blé sur le LERw et le LERl (valeur p de GE inférieure à 0,01) mais impact reste modéré avec des écarts types GE <0,05.

↳ Comme écart type de GE ne dépend pas du génotype étudié (valeurs de p > 0,7 pour LERw et LERl) -> pas possible d'identifier des génotypes blé dont effet sur LERw ou LERl est plus stable entre les envts que autres

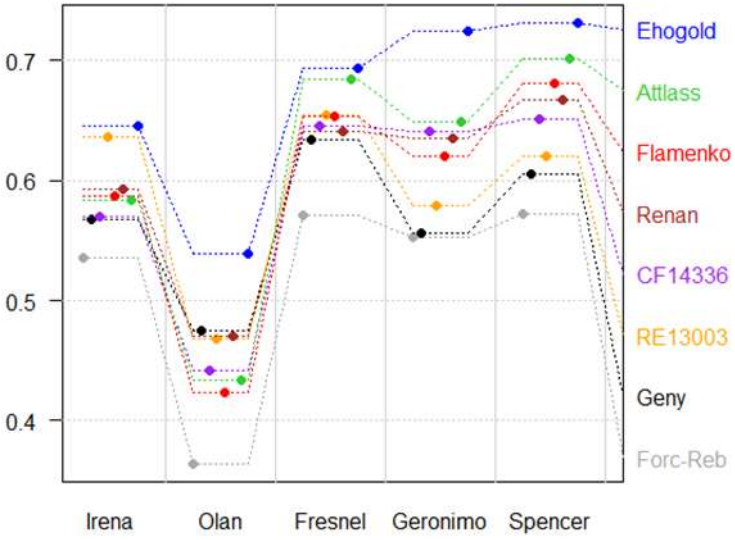
Sélection pour l'aptitude à la culture en association
Stabilité entre testeurs, pouvoir discriminant

↳ Des testeurs qui classent les génotypes de blé dans le « même ordre » mais qui présentent des pouvoirs discriminants différents - Pois Hr : meilleur pouvoir discriminant que pois hr et féverole

LERl



LERw



Moutier et al., 2022

Sélection directe pour une seule espèce cible ou en miroir pour les deux espèces ?

Une seule espèce cible

Nombreux génotypes de l'espèce A

- testés avec 1 ou 2 variétés « testeur » moyenne de l'espèce B en dispositifs complets
- ou testés avec un panel réduit de testeurs mélangés en dispositifs complets
- testés avec un panel réduit de testeurs de l'espèce B en dispositif incomplet

Deux espèces en miroir

Nombre génotypes de l'espèce A = nombre génotypes de l'espèce B

- panel réduit de génotypes de l'espèce A et panel réduit de testeurs de l'espèce B, mélange sur le rang, dispositif complet

- ou lignes alternées en pépinière

- ou co-évolution des deux espèces (populations)

Sélection pour l'aptitude à la culture en association
Conséquences pour l'inscription

DHS et VATE sur des combinaisons/mélanges identifiés ?
en pur / en asso / les deux

Essais associés en réseau -> le système peut s'adapter

Expérimentation spéciale CTPS pois fourrager d'hiver associé triticale
Cogestion sections fourragères et protéagineux

Expérimentation spéciale CTPS féverole de P à vocation engrais vert
Cogestion sections plantes de service et protéagineux

En Autriche, l'office d'évaluation variétale pour l'inscription au catalogue évalue les performances de rendement des pois protéagineux en AB en association, les autres critères sont faits en culture pure

? Intégration de l'évaluation des performances en association par la post-inscription (intérêt Terres Inovia, Arvalis)

Sélectionner pour des associations céréales-légumineuses performantes

Est-ce utile ?

Certaines variétés sont-elles plus performantes en association que d'autres ?
Quel impact du choix variétal sur les services/performances de l'association ?
Les variétés les plus performantes en CP sont-elles aussi les plus performantes en CA ?
Les variétés présentent-elles des différences d'aptitude à l'association ?
Quels traits favorisent une bonne aptitude à l'association du blé ?

Comment faire ?

Vais-je devoir tester toutes les combinaisons (variété x testeurs) dans plusieurs environnements ou l'aptitude à l'association des variétés est-elle stable entre environnements et testeurs ?
Y a-t-il des testeurs plus « intéressants » que d'autres ?
Quelles conséquences pour l'inscription et l'évaluation ?

Perspectives

Perspectives

Travailler sur la création ou le calcul d'indices pertinents

Nouvelles méthodes phénotypage haut débit, appréciation des traits du couvert (imagerie, NDVI, multiplex etc.) et des conditions environnementales (capteurs microclimat dans couverts complexes), analyse des compétitions entre espèces ; méthodologies simplifiées ?

Besoin d'outil de diagnostic agronomique : « DiagVar Asso » pour connaître les facteurs limitants principaux qui jouent sur les associations. Prise en compte de l'interaction plante-plante dans l'outil.

Besoin d'avoir accès à une variabilité génétique plus importante (cf projet IVD INRAE AO Innov'Asso 2021-2025)
parfois contre-sélectionnée jusqu'à présent (exemple pois qui versent OK en asso // blés hauts OK en AB, matériel sensible maladies, …)

Soutiens financiers

Projet CASDAR EcoVAB (2014-2017) : Evaluer le comportement des Variétés en AB : construire aujourd'hui les outils pour demain
Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et des Forêts

Projet IVD CéréLAG (2016-2020) : Mélanges céréales-légumineuses pour des systèmes de culture économes en intrants, dont l'AB : quels seraient les critères variétaux pertinents à sélectionner pour la conduite en association ?
Programme Innovation Variétale et Diversification - INRAE (Département BAP) & AgriObtentions

Projet H2020 ReMIX (2017-2021) : Redesigning European cropping systems based on species MIXtures
Union Européenne Horizon 2020 Grant agreement n°727217

ReMIX
Species mixtures for redesigning European cropping systems

Projet IVD Inov'Asso (2021-2025) : Innovation variétale pour les associations céréales-légumineuses à graines
Programme Innovation Variétale et Diversification - INRAE (Département BAP) & AgriObtentions

Projet PPR CPA MoBiDiv (2021-2026) : Mobiliser et sélectionner la diversité cultivée intra et inter-spécifique pour un changement systémique vers une agriculture sans pesticide
ANR - PIA - Programme Prioritaire de Recherche "Cultiver et Protéger Autrement" grant agreement ANR-20-PCPA-0006

MoBiDiv

Projet CASDAR RESO² (2021 - 2023) : Incidence de la transition agroécologique sur les modalités d'évaluation des variétés et la conception des réseaux d'essais
Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et des Forêts

Casting, remerciements

Eric Hanocq (INRAE Estrées-Mons), Pascal Marget (INRAE Dijon) : participation à la conception et au suivi des essais

Copil CéréLAG : aide au pilotage du projet

Pascal Lambert (AXEREAL), Fabien Barthoulot, Matthieu Floriot (Agri-Obtentions), Thierry Duhamel (KWS Momont), Philippe Declerck (RAGT), Olivier Leblanc (Sem Partners) : fourniture des semences d'essai

Christian Mogis (GAEC La Mandardière, Pacé) : accueil des essais rennais en AB de 2014 à 2021

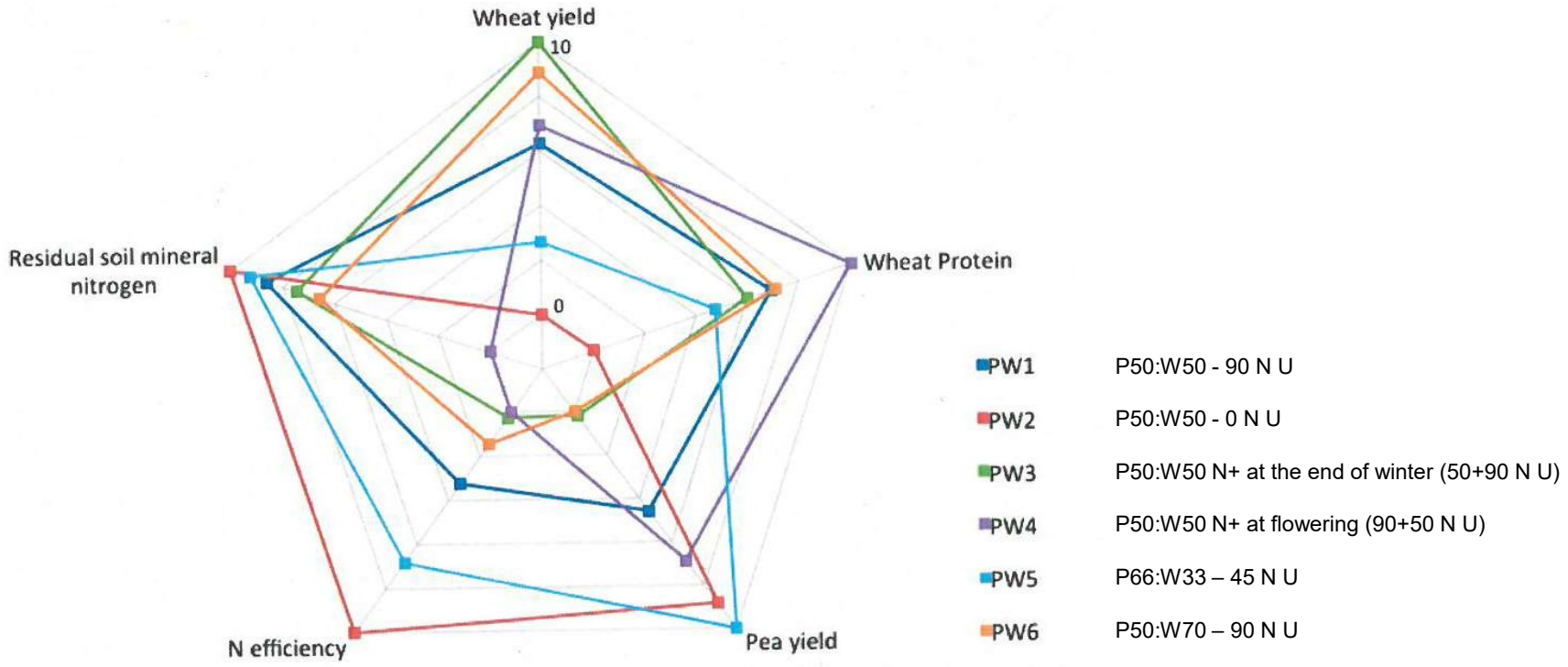
Valérie Dufayet, Juliette Martin (INRAE Dijon), Alain Bammé, Alain Monnier, Hélène Navier (INRAE Rennes), Olivier Blériot, Christelle Brun, Ludivine Pirus (INRAE Estrées-Mons) + stagiaires : acquisition des données

Unités expérimentales Epoisses (Dijon), GCIE (Estrées-Mons), La Motte (Rennes): support technique

Sidy Fall (INRAE Rennes) : aide à l'analyse des données

Merci pour votre
attention

Influence de la fertilisation (dose et date d'application) et des ratios entre espèces au moment du semis sur les performances de l'association



Pelzer *et al.*, 2016

Land Equivalent Ration (LER) - definition

= the relative land area under SC that is required to produce the yields achieved in IC

1 ha wheat
Yield W (SC)

1 ha pea
Yield P (SC)

1 ha pea-wheat
Yields Wp and Pw (IC)

$$LER_{tot} = LER_W + LER_P = \frac{Y_{Wp}}{Y_{W(SC)}} + \frac{Y_{Pw}}{Y_{P(SC)}}$$

-> to compare cultivar performance in intercropping relative to sole crop

LER> 1 : environmental resources are used more efficiently by IC than by SC

Services et performances attendus des associations végétales
Indicateurs et variables associées, critères potentiels de sélection

Rdt blé, Rdt légumineuse / grains, MS
Rdt cumulé

LERs partiels / N, MS, rdt
LER total

Index équilibre entre les deux espèces

Facilité de récolte (synchro, verse)
Facilité de tri (PMG, casse et mélanges)

TPblé, TPleg
Rdt total en protéines
PS blé
Valeur blé en panification

Réduction usage intrants azotés

Réduction usage phytos :
Contrôle salissement
Contrôle maladies et ravageurs

Valorisation parcelles à faible potentiel

Biodiversité (auxiliaires)
Gestions érosion sols

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association
Rendement en grains

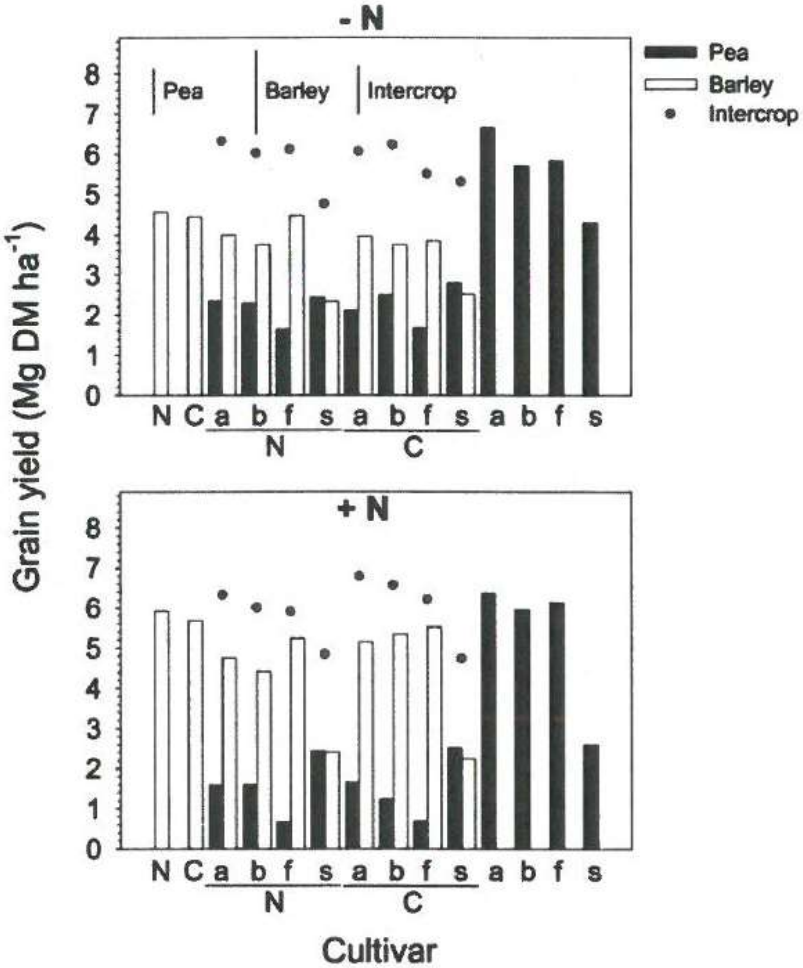
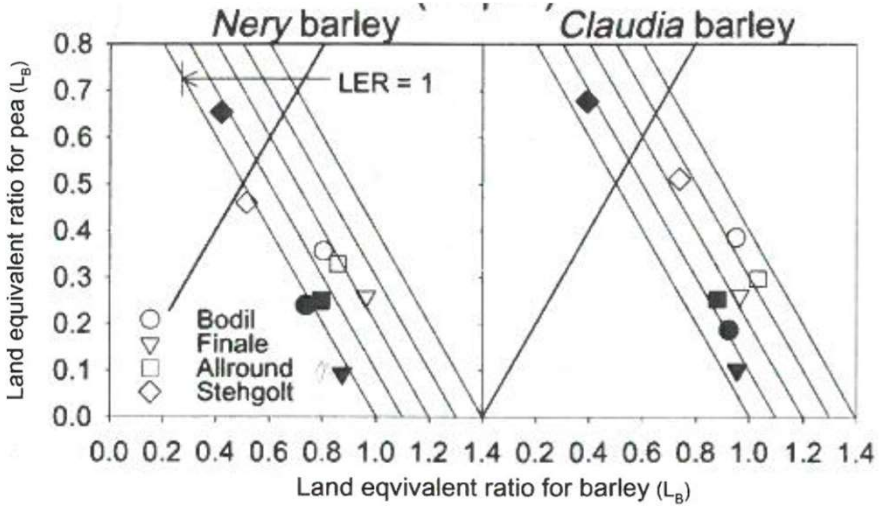


Fig. 3. Grain yields of barley and pea cultivars in sole and intercrops without (−N) and with (+N) application of 40 kg N ha^{-1}. Experiment I: all values are means of three replicates. Bars represent $LSD_{0.05}$. For further details on cultivars, see Table 1.



Aboveground biomass production without (o) or with (●) application of Nitrogen

Choix des cultivars influence les rendements individuels et cumulés

Interactions cultivar x mode de conduite (CP vs CA) -> les cv se comportent parfois différemment en CP et CA

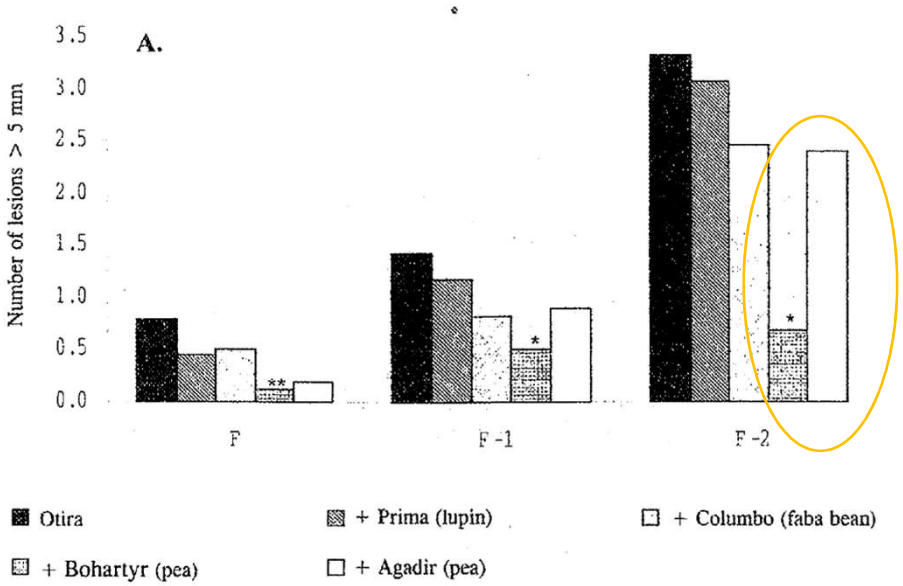
Hauggaard-Nielsen and Jensen, 2001

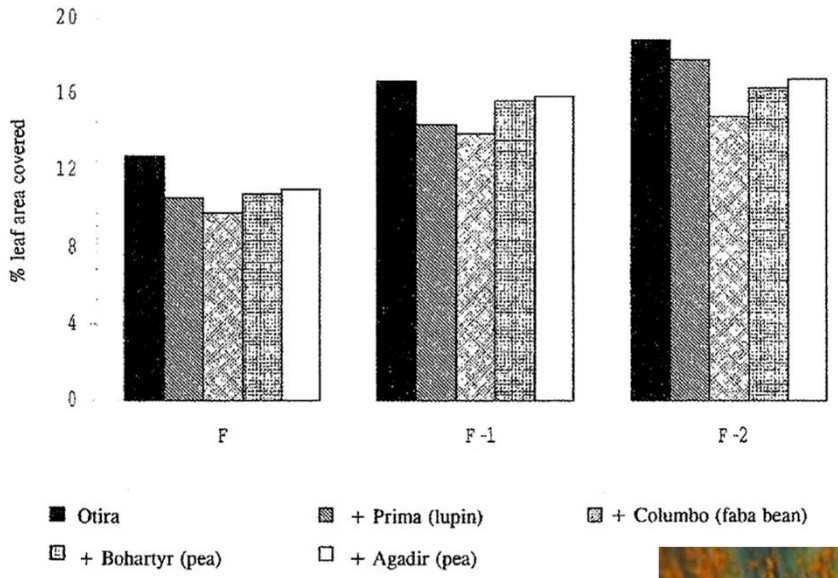
Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association
Contrôle des épidémies pathogènes

Quelles espèces/variétés associer pour un meilleur contrôle des épidémies ?

Un effet suppressif d'associations substitutives

- **significatif sur helminthosporiose de l'orge (maximal avec une variété de pois)**
- **non significatif sur rouille brune de l'orge**





Helminthosporiose

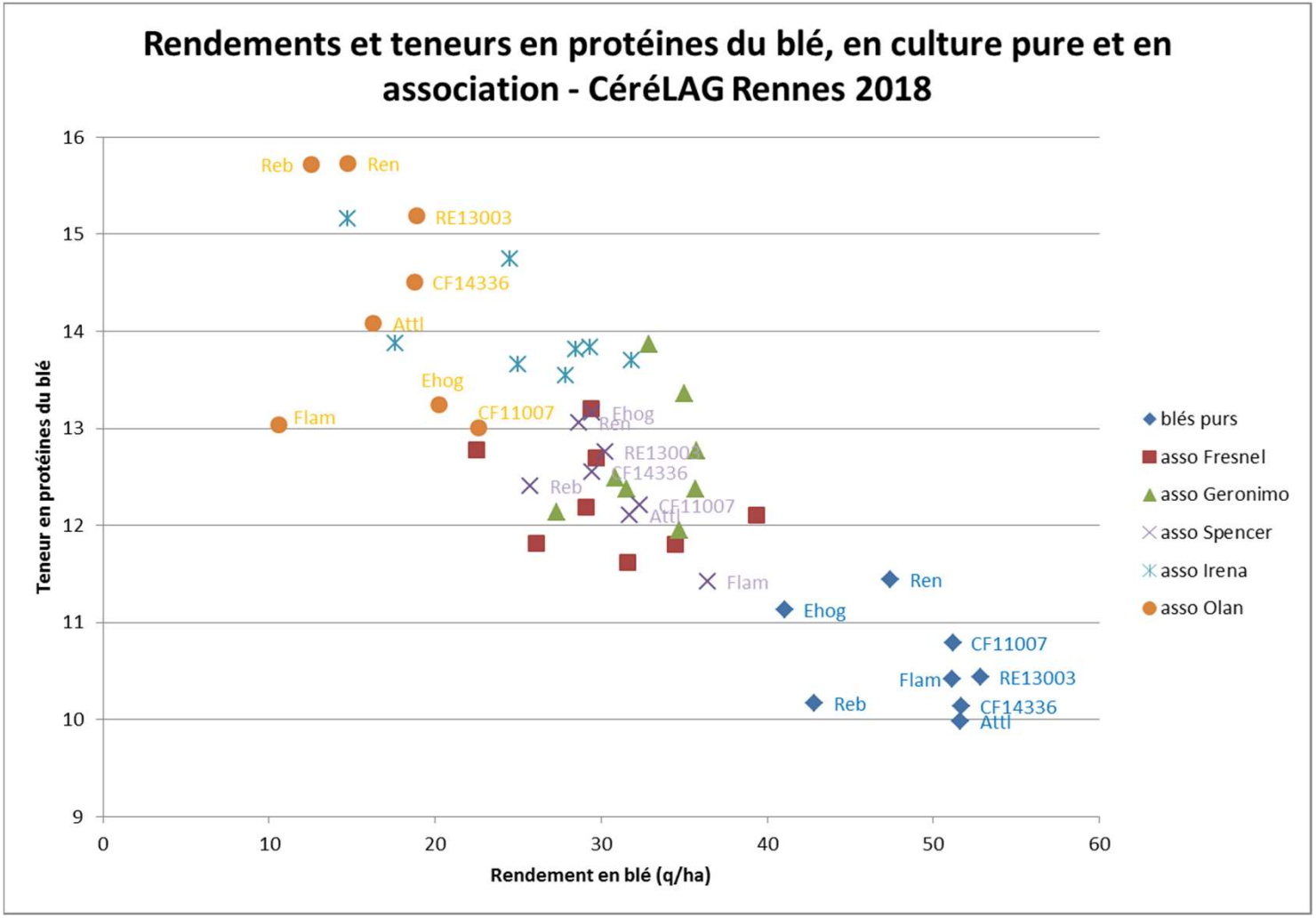
Rouille brune

Kinane and Lyngkjaer, 2002

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association

Rendement et teneur en protéines du blé

↳ L'espèce associée (pois/féverole) et la variété de cette espèce ont une influence sur le rendement et la teneur en protéines des variétés de blé (et sur le lien entre ces deux variables)

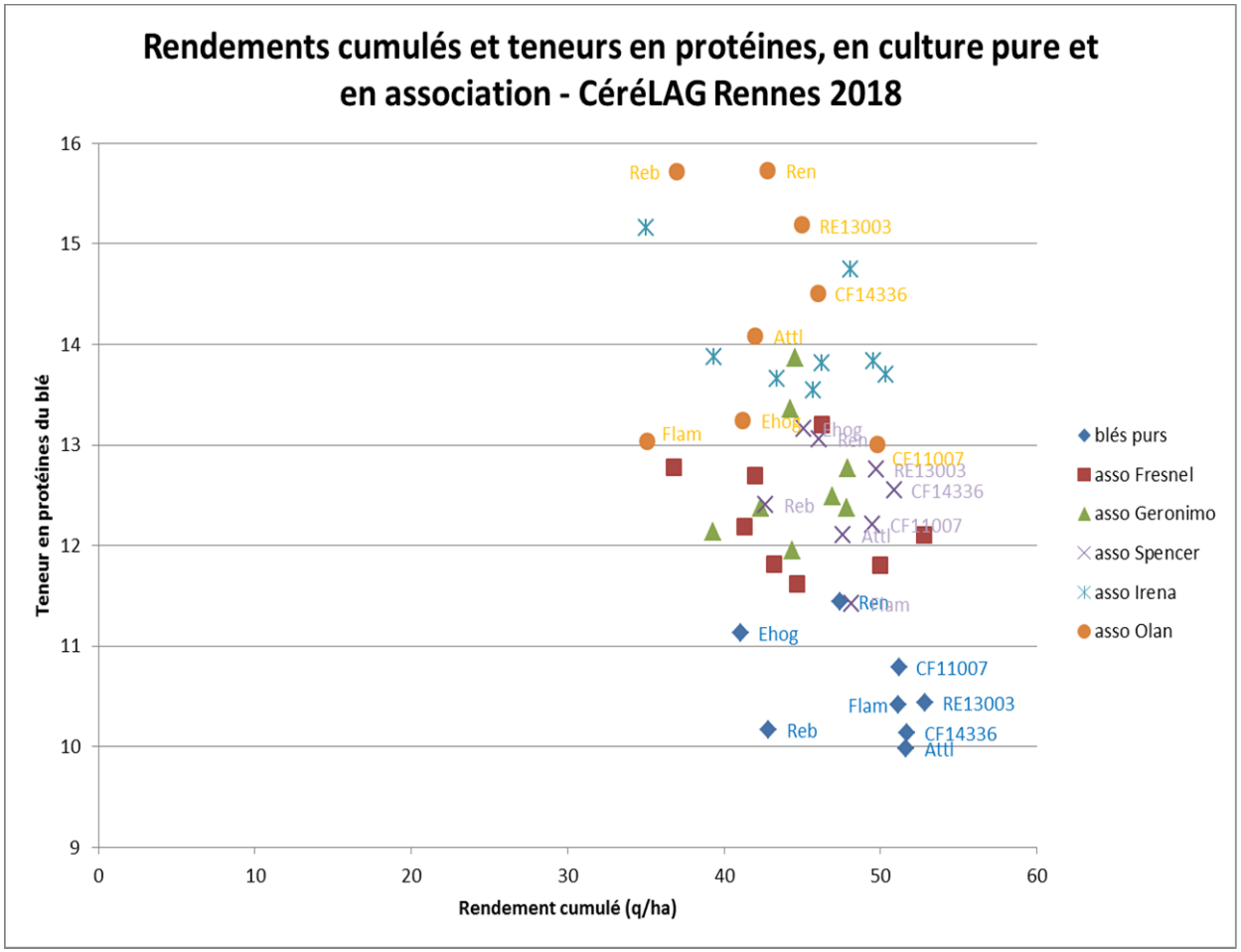


Résultats projet IVD CéréLAG 2016-2020

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association

Rendement cumulé et teneur en protéines du blé

- Les rendement cumulés (blé + légumineuse) sont équivalents au rendement du blé en CP
- Les teneurs en protéines sont supérieures de 1,6 points en moyenne en association par rapport aux cultures pures



IVD CéréLAG 2016-2020

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association

Des modèles linéaires mixtes spécifiques pour gérer/analyser cette complexité

Modèle 1- Analyse des données environnement par environnement :

$$Y = \mu + G + C + GxC + B + \varepsilon$$

Effet variété ? Effet conduite ? Pur prédictif asso ?
Quelles sont les IGC significatives dans chaque environnement ?
Ces interactions sont-elles toujours liées aux mêmes variétés ?

Modèle 2- Analyse des données sur les 9 environnements :

$$A = \mu + G + T + E + GxT + GxE + TxE + GxTxE + BxE + \varepsilon$$

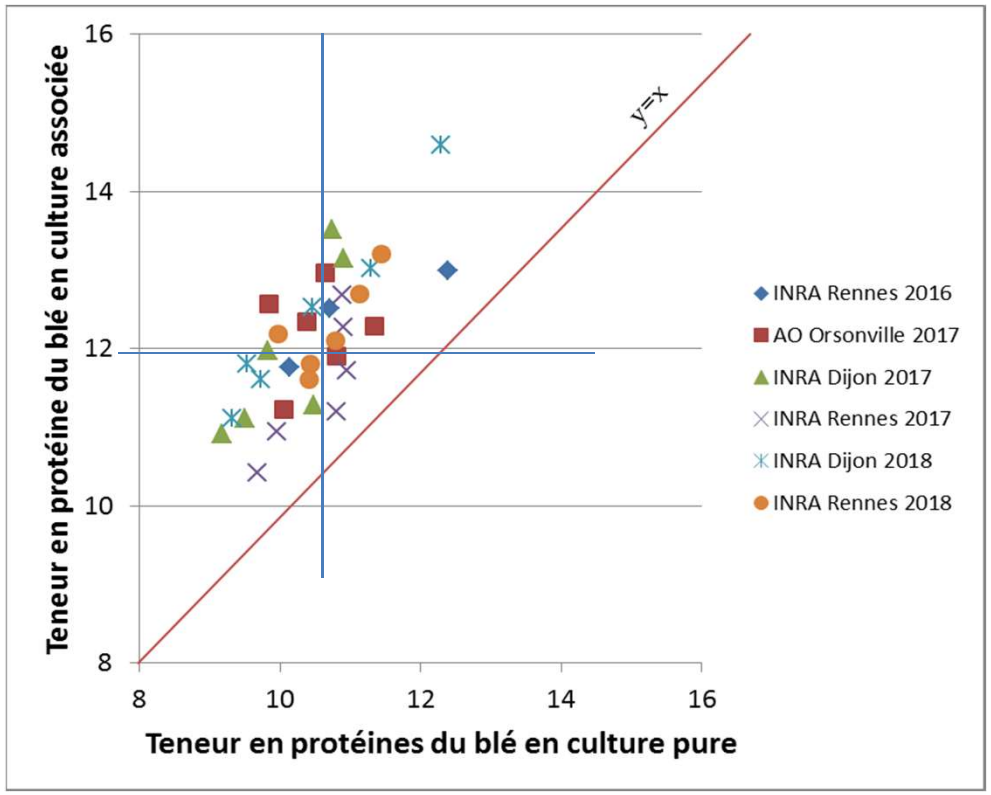
Quelle est la stabilité de l'aptitude à l'association des différentes variétés, entre environnements et testeurs légumineuses ?

avec
G : effet génotype, fixe
C : effet conduite (culture associée vs culture pure), fixe
E : effet environnement, aléatoire
B : effet bloc, aléatoire

Sélection pour l'aptitude à la culture en association
Caractère prédictif de l'appréciation / sélection des traits en CP

Quelles conséquences de la culture en association blé - pois sur la teneur en protéines du blé ?

(exemple blé associé à Fresnel)

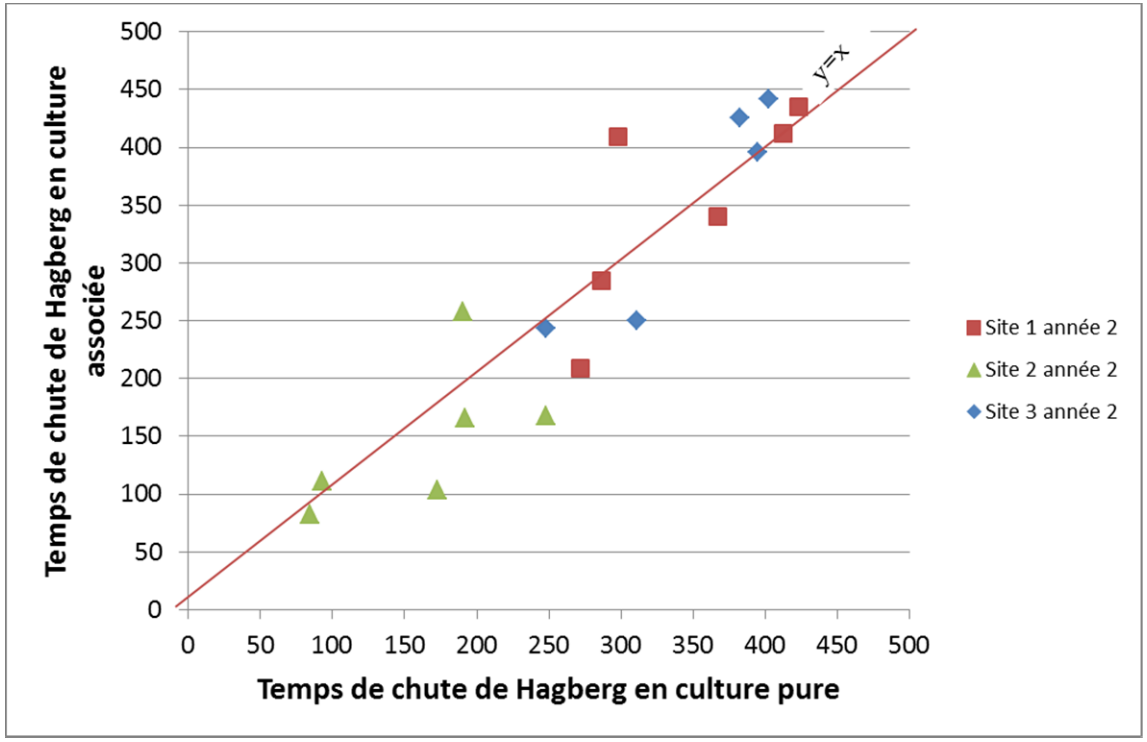


- La teneur en protéines du blé en association est systématiquement supérieure à celle du blé en culture pure (1,6 points de plus en moyenne sur nos essais)
- Cette augmentation est cohérente avec la baisse du rendement observée en association

- A nouveau, on observe des différences de comportement selon les variétés étudiées

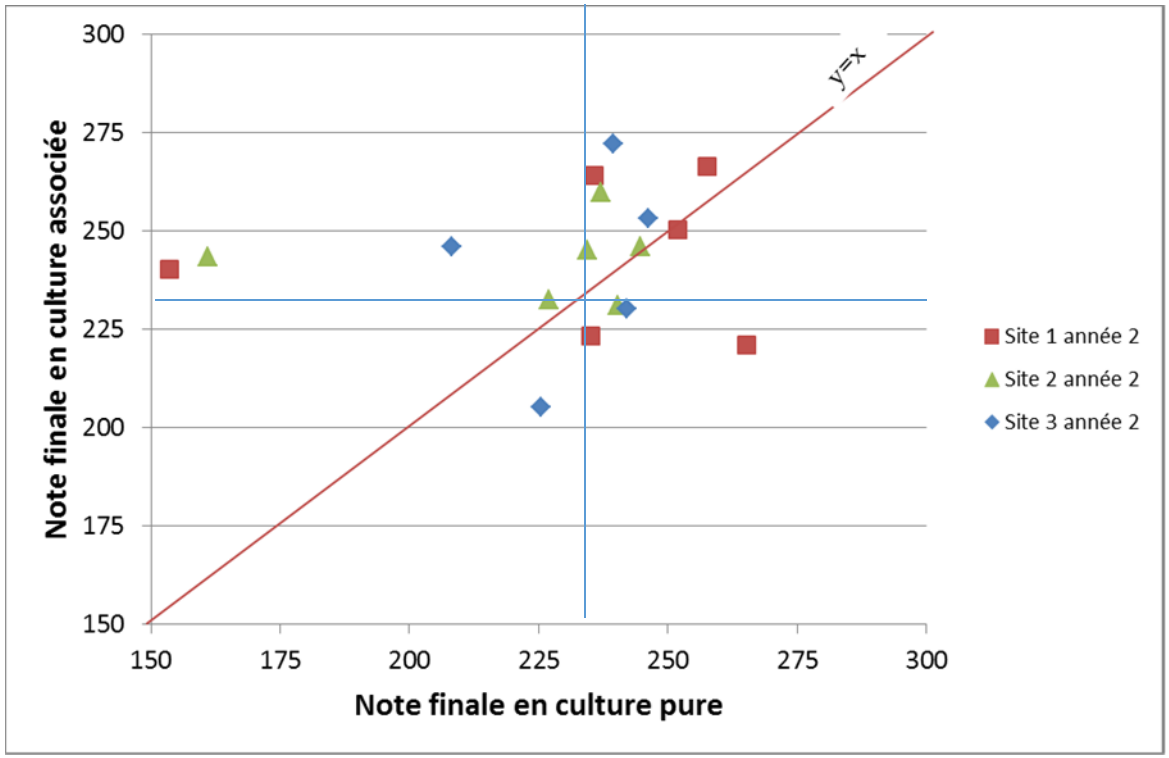
Résultat projet IVD CéréLAG 2016-2020

Quelles conséquences de la culture en association blé - pois sur la valeur en panification ?
(exemple blé associé à Fresnel, année 2)



↳ Le temps de chute de Hagberg est équivalent en culture pure et associée

Quelles conséquences de la culture en association blé - pois sur la valeur en panification ?
(exemple blé associé à Fresnel, année 2)

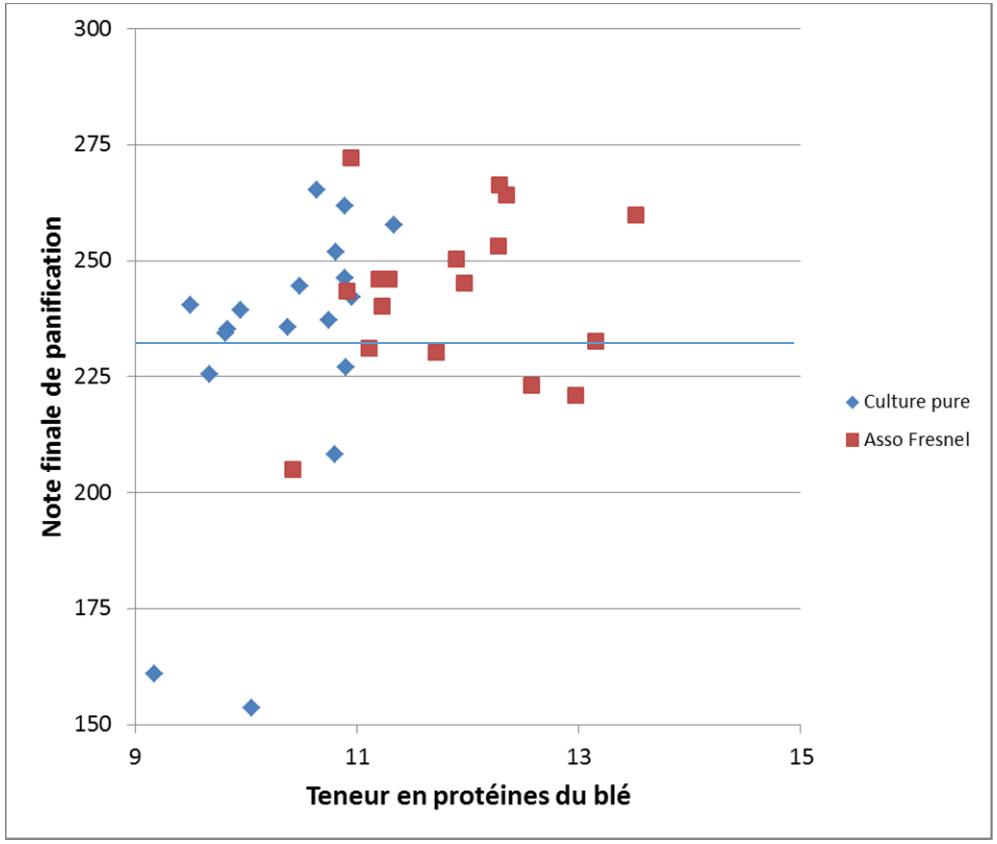


- Des notes finales supérieures en culture associée par rapport aux cultures pures, lorsque celles-ci sont particulièrement basses (Attlass sites 1 et 2)

- Des résultats variables en année 2 selon les variétés

- Tendances à comparer entre années 2 et 3 (résultats en janvier 2019)

… une autre façon de représenter les données (3 sites, année 2)



↳ Globalement, des teneurs en protéines plus élevées mais des notes finales de panification équivalentes, sauf pour les valeurs basses

Sélection pour l'aptitude à la culture en association

Bien définir les **cibles** visées

↓

Quels sont les **traits** (espèce, variété, couvert) importants
pour la réussite (compromis performances/services) de cette association ?

↓

Peut-on **prédire** les performances des cultivars, obtenues en association,
à partir des performances de ces cultivars en culture pure ?

Si oui,

sélection indirecte,
en culture pure,
possible

Si non,

méthodologies, dispositifs ?
schémas de sélection ?
méthodes d'appréciation des traits ?

Conclusion

Impact variétal sur l’aptitude à l’association (Producteur et Associé)

Pour l’instant, lien entre aptitude et traits

Sommes en train d’explorer davantage de traits qui ont été mesurés
- Hauteurs (relatives) en dynamique
- Pouvoirs couvrants en dynamique

Idées de traits en + ?

Sélectionner pour des associations céréales-légumineuses performantes

Services et performances attendus des associations végétales

Impact du choix variétal sur les services/performances de l'association

Eléments bibliographiques et résultats d'expérimentation

Sélection pour l'aptitude à la culture en association

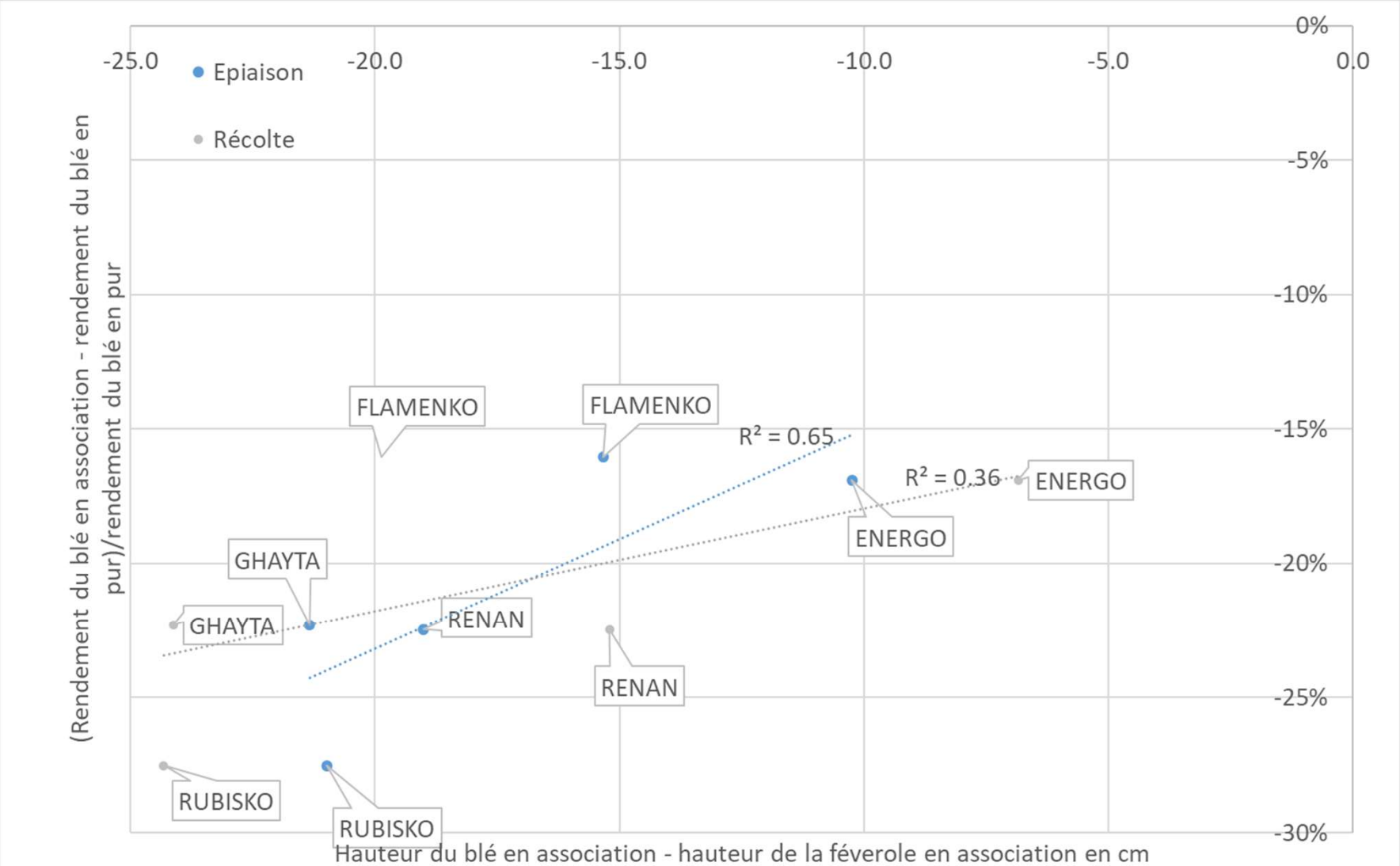
Conséquences pour l'inscription

Nouveaux outils/indices pour la caractérisation des couverts et cultures associées.

Phénotypage : exemples et défis

Nouveaux outils/indices pour la caractérisation des couverts et cultures associées

Exemple : perte relative de rendement en association par rapport à la différence de hauteur entre le blé et la féverole à la récolte et à l'épiaison



Résultat projet EcoVAB 2014-2017

Outils pour la caractérisation des couverts et cultures associées

Nouvelles méthodes de phénotypage haut débit, appréciation des traits du couvert (imagerie, NDVI, multiplex etc.) et des conditions environnementales (capteurs microclimat dans couverts), analyse des compétitions entre espèces ; méthodologies simplifiées ?

Outil de diagnostic agronomique : « DiagVar Asso » pour connaître les facteurs limitants principaux qui jouent sur les associations. Prise en compte de l'interaction plante-plante dans l'outil.

Modalités d'accès à une **variabilité génétique plus large,** parfois contre-sélectionnée jusqu'à présent (exemple variétés de pois versantes peuvent être adaptées en CA // blés hauts OK en AB)

Outils pour la caractérisation des couverts et cultures associées

Développement d'outils de phénotypage haut débit

exemple : couverture du sol blé/pois/adventices/sol nu
Passage du couvert mono au couvert bispécifique + absence herbicide : questions particulières

blé pur **pois pur** **association blé pois**