

Equipe Matériel Végétal Innovant (MVI) de l'UMR IGEPP

Panorama des activités de l'équipe

B. Rolland, R. Perronne, N. Moutier

Organigramme équipe MVI (mars 2022)

INRAE Le Rheu :

Alain Bammé AT – INRAE

Alain Monnier TR – INRAE

Hélène Navier TR – INRAE

Gwenn Trotoux TR - INRAE

Nathalie Moutier IE – INRAE

Rémi Perronne IR – INRAE

Bernard Rolland IR – INRAE

INRAE Ploudaniel :

Marie Bousseau TR – INRAE

Plan de la présentation

Contexte

Problématique générale de l'équipe MVI

Résultats

Axes de recherche

Autres activités

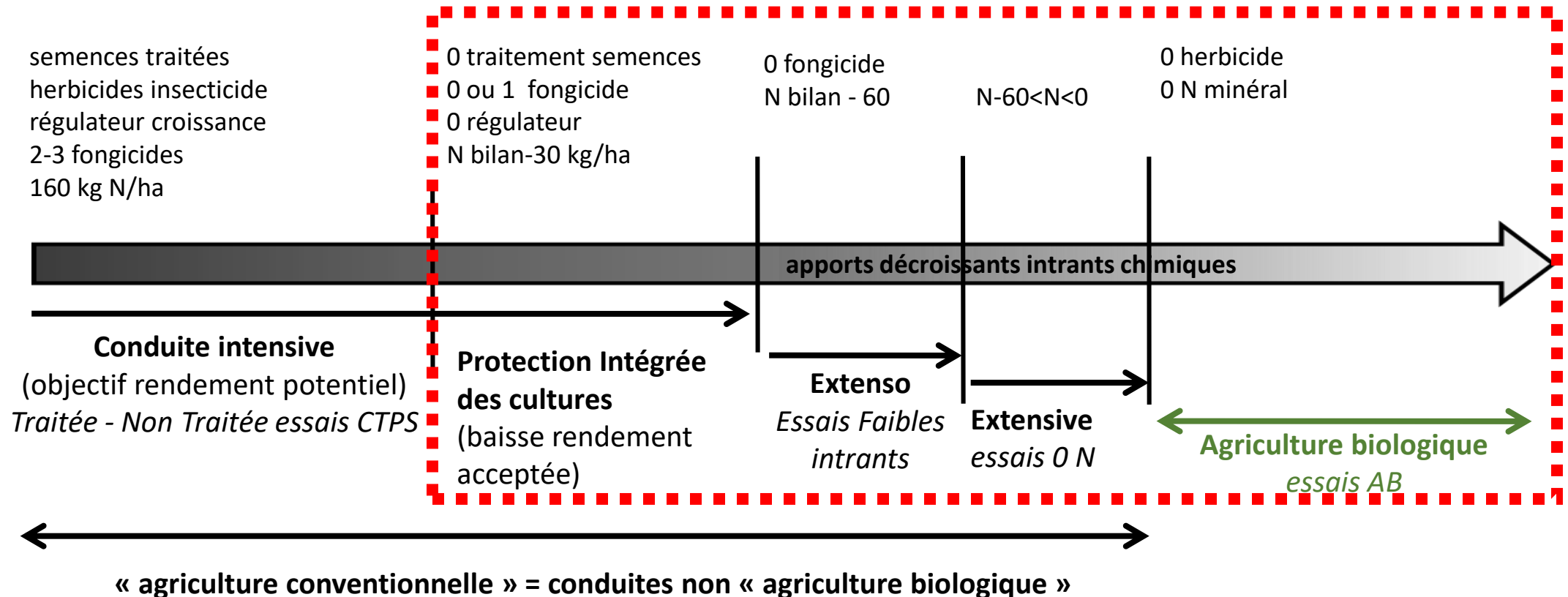
Contexte

Transition agroécologique, de l'intensif à l'AB, un gradient de réduction des intrants chimiques

Agronomie et génétique en création variétale : une approche combinée pour la sortie des intrants chimiques

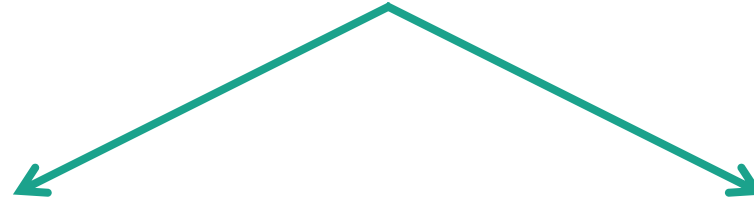
Rennes : un site majeur pour évaluer la résistance aux maladies des plantes de grandes cultures, dont le blé

Transition agroécologique ? Niveau de réduction des intrants chimiques très différent selon les plantes étudiées à l'IGEPP, fort sur blé tendre et associations



Une gradation dans la réduction des intrants chimiques

Sélection variétale de blé tendre d'hiver en culture pure et en association blé-pois et blé-fèverole pour des « *systemes de cultures économes en intrants chimiques où sont optimisés tous les processus naturels de régulation et de contrôle* » et où les intrants sont utilisés :



En dernier recours : protection et production intégrées ; agriculture extensive (périmètres de captage)

Pas du tout : agriculture biologique

Répondre aux contraintes variées des milieux, notamment en AB : adaptabilité des variétés donc évolution des critères de sélection

⇒ **une démarche d'agroécologie**

Une approche croisée sélection x ITK

Originalité de la sélection de variétés (lignées pures) de blé tendre par les groupes innovation variétale IVD du département BAP de l'INRAE : à l'interface entre agronomie et amélioration des plantes



Approche systémique d'agronomie intégrale (Chevassus-au-Louis et Griffon, 2008) :

**variété(s) + itinéraire(s) technique(s) + système(s) de culture +
contexte(s) économique(s) et sociaux**

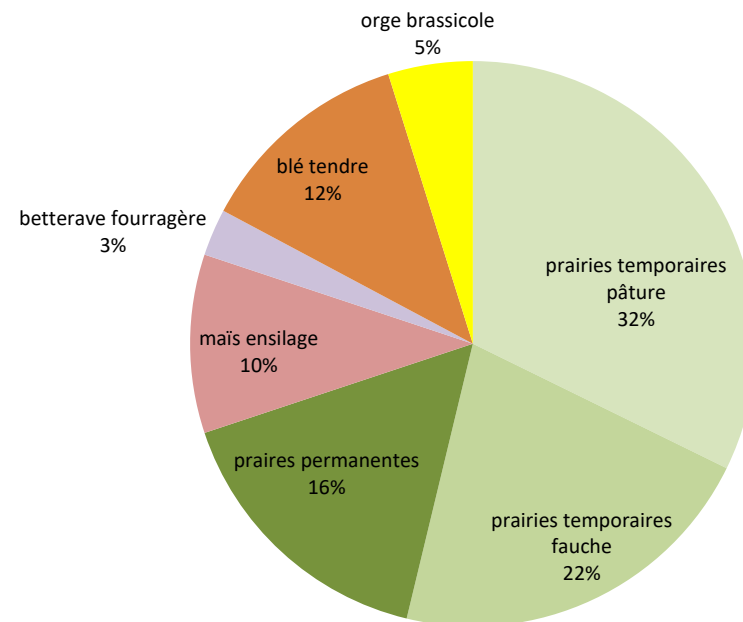
Volet AB en sélection « coopérative » : partenariat ouvert multi-acteurs
mais avec coordination INRAE et propriété INRAE-AO des inscriptions
(contrat avec Biocer et Cocebi)

L'agronomie : une des clés de la sortie des pesticides

**GAEC La Mandardière à Pacé (35) accueille les essais sélection en AB INRA depuis 2000 :
Polyculture élevage bovins lait rotations longues + prairies**



Assolement 2018 La Mandardière (93 ha)



Vue aérienne des terres du GAEC de la Mandardière

Une autre clé de la sortie des pesticides : la génétique

→ sélection INRAE multi-caractères :

□ **Résistance aux maladies** : rouilles, septoriose...

Gwenn (variété INRAE inscrite mention AB 2019) a la meilleure note de septoriose des 25 nouvelles variétés ; **Eost** mieux notée CTPS toutes maladies en 2021

□ **Rendement augmenté** en conduites faibles intrants et **surtout en agriculture biologique**

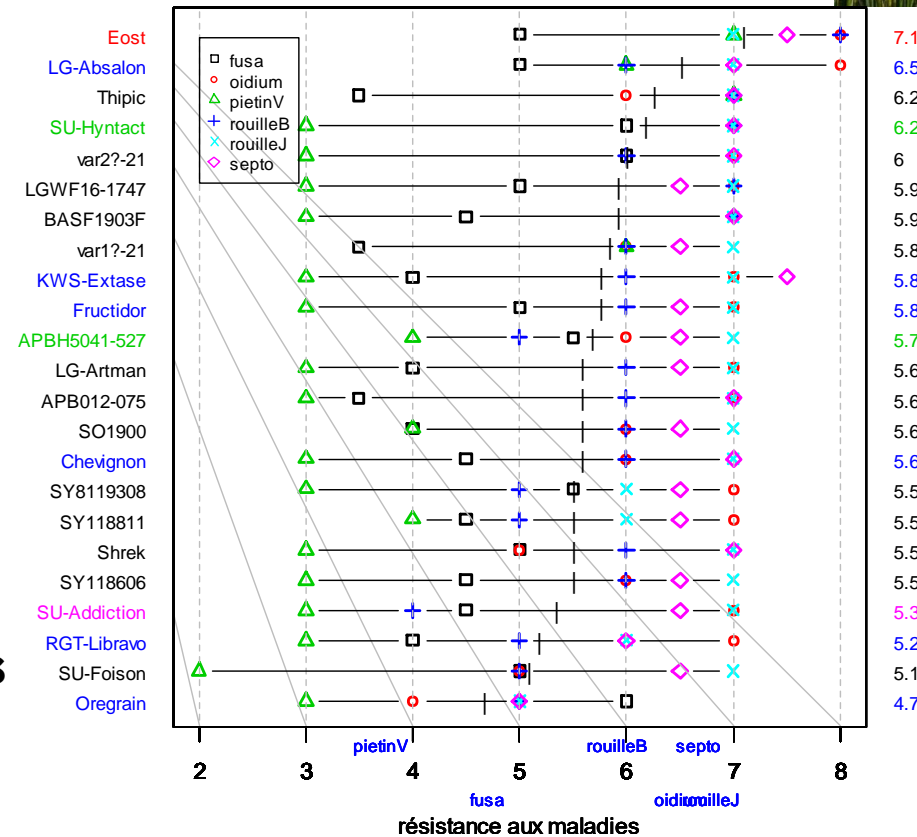
□ **Qualité** : boulangère et biscuitière

□ **Aspects morphologiques pour l'AB** : idéotypes hauts et couvrants + compétitifs/adventices

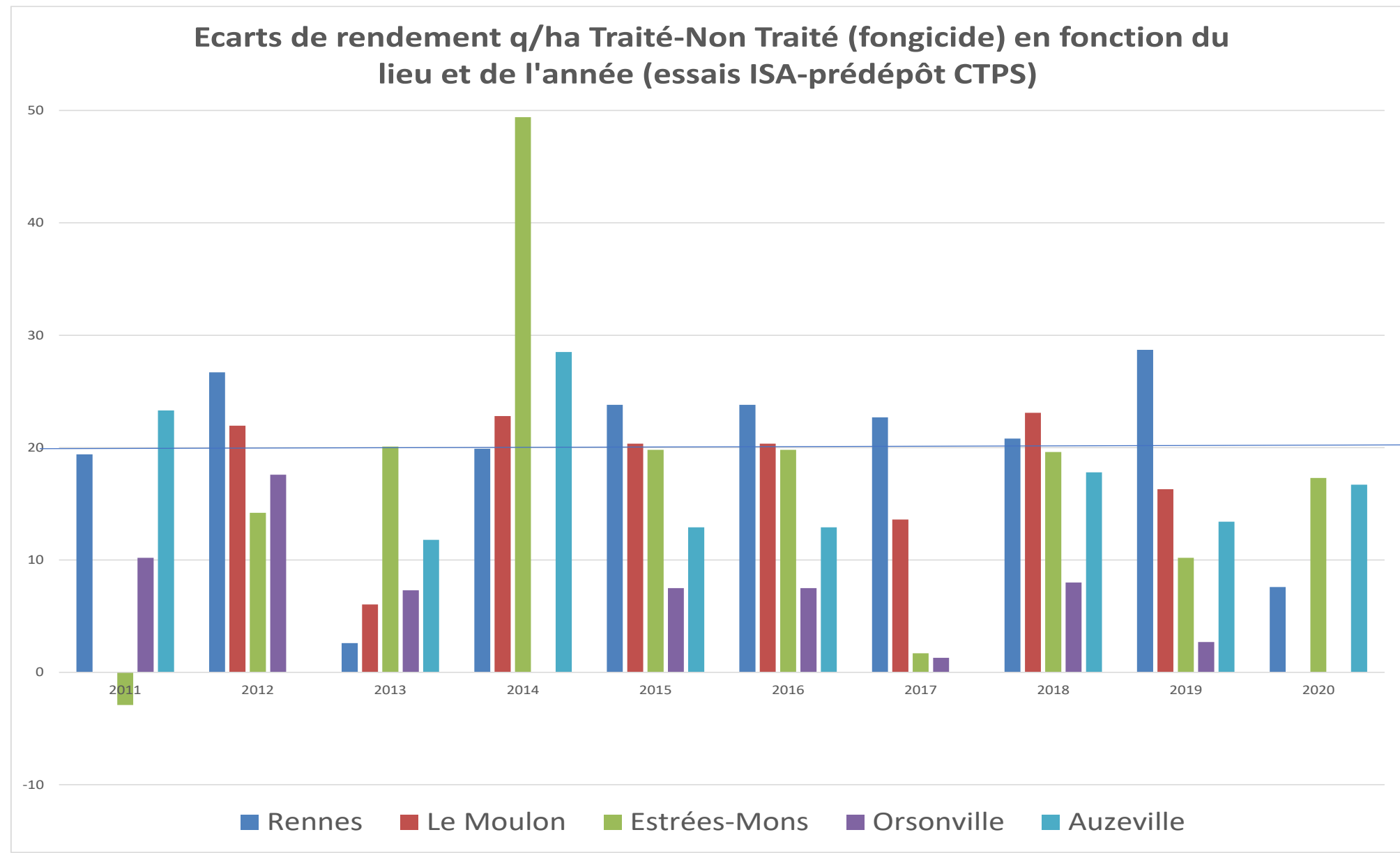
□ Fixité et stabilité



CTPS R1=tardif 2020+2021



Rennes : un site clef dans le réseau national pour évaluer la résistance aux maladies du blé



Problématique générale de l'équipe MVI

Un travail en réseau national

Spécificité rennaise : Faibles Intrants + agriculture
biologique

Sélection coopérative

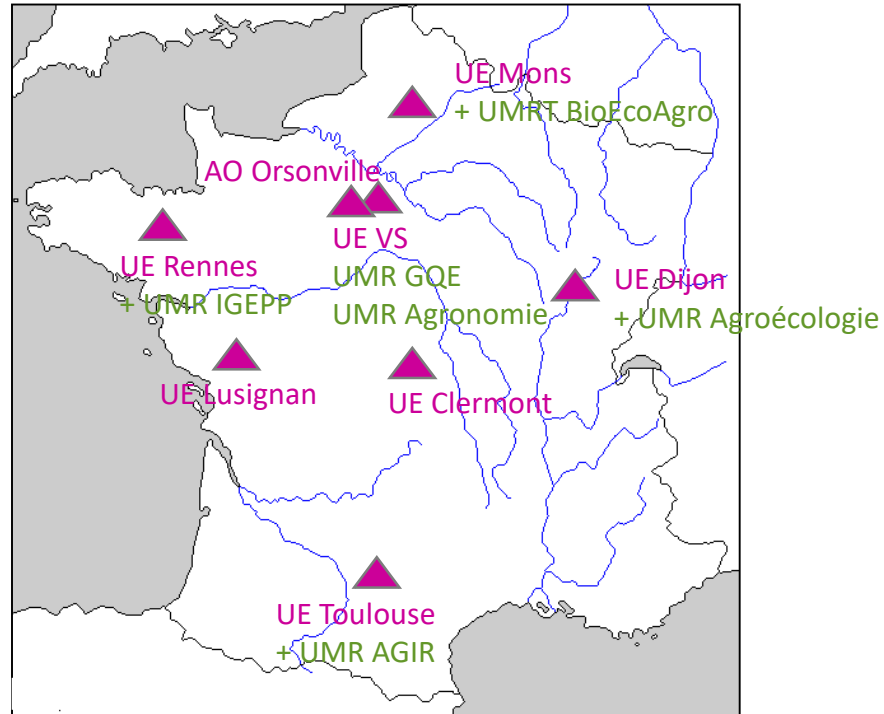
Problématique générale de l'équipe MVI

Sélectionner des génotypes de plantes de grandes cultures adaptés aux faibles intrants et à l'AB, en culture pure ou en associations (intra et) interspécifiques

- Identification de **caractéristiques variétales d'adaptation** aux conduites faibles intrants et à l'AB, en culture pure (blé tendre, pomme terre) ou en associations interspécifiques (blé - légumineuses à graines)
- **Création variétale de génotypes de blé « rustiques complets »** multi-résistants aux maladies, compétitifs, productifs en conditions de faibles intrants et en AB et de bonne qualité boulangère
- Développement de **méthodologies pour une sélection et une évaluation plus efficaces sans pesticides** (acteurs privés sollicitent expertise INRAE) pour :
 - conduire l'ensemble du schéma de sélection du **blé tendre** en « zéro pesticide » ou/et en AB
 - développer des schémas de sélection adaptés à la culture en **association blé - pois ou féverole**
 - construire un index pour l'inscription de variétés de **pomme de terre** adaptées à l'AB
- Conception et évaluation de nouvelles **combinaisons génotypes x itinéraires techniques** économes en intrants
- Contribution à la conception et la gestion de **systèmes de culture** économes en intrants chimiques en **s'appuyant notamment sur le levier variétal**

Implication MVI dans 2 réseaux expérimentaux nationaux des programmes de sélection IVD 2021-2025 (associations et blé tendre)

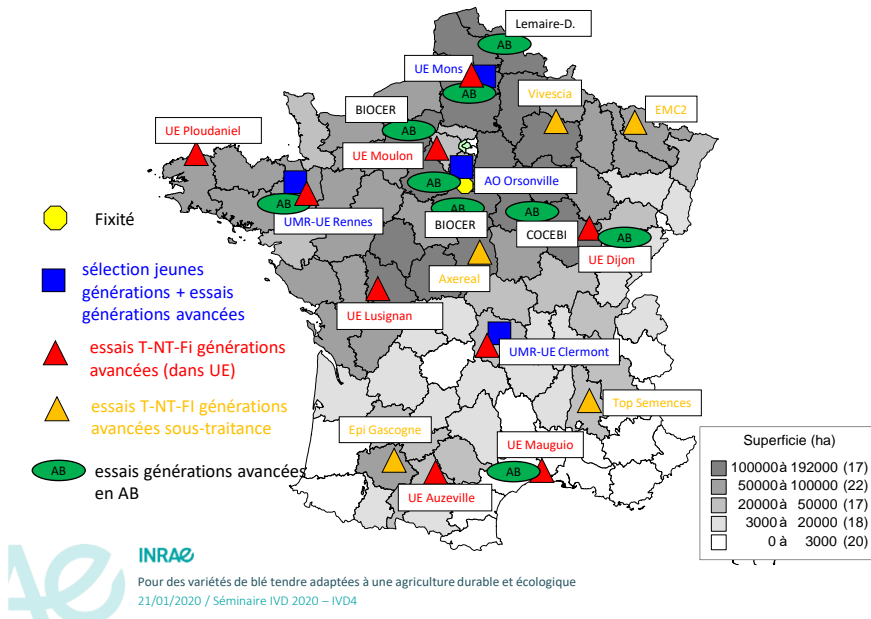
Réseau d'expérimentation INRAE-Agri-Obtentions pour les essais IVD associations



7 UEs INRAE + Agri-Obtentions
6 UMRs INRAE
Coordination IGEPP MVI-MIR

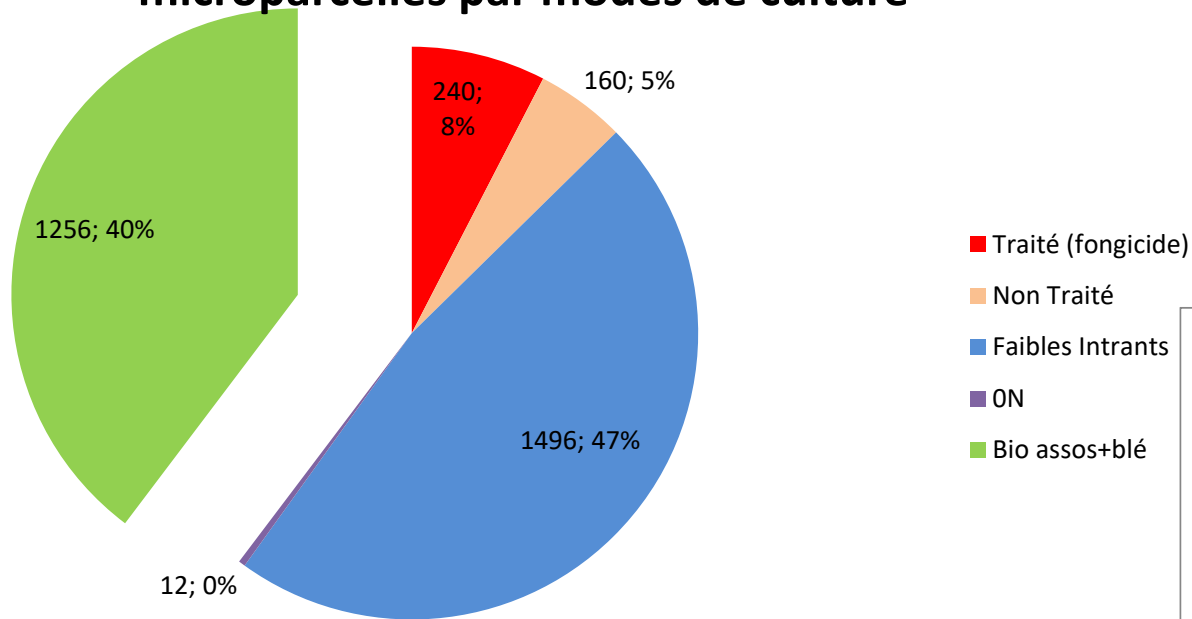
Réseau d'expérimentation INRAE-Agri-Obtentions pour les essais IVD blé tendre

Réseau expérimental : conduites Traitée, Non Traitée, Faibles Intrants / agriculture biologique

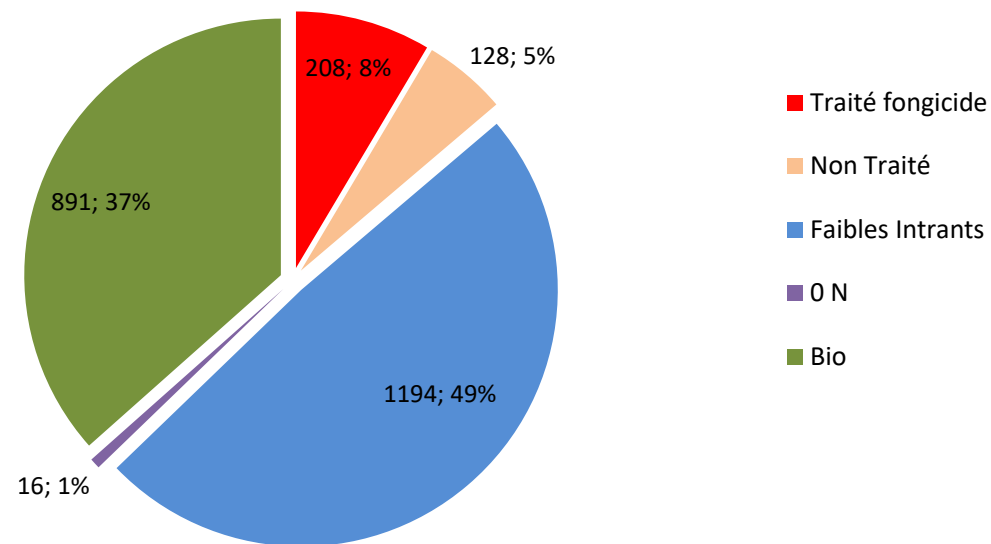


8 UEs INRAE + Agri-Obtentions
2 UMRs INRAE
6 sites prestataires expérimentation
2 coopératives AB partenaires
Coordination IGEPP-MVI et GDEC Clermont (5 ans 2,6 M€)

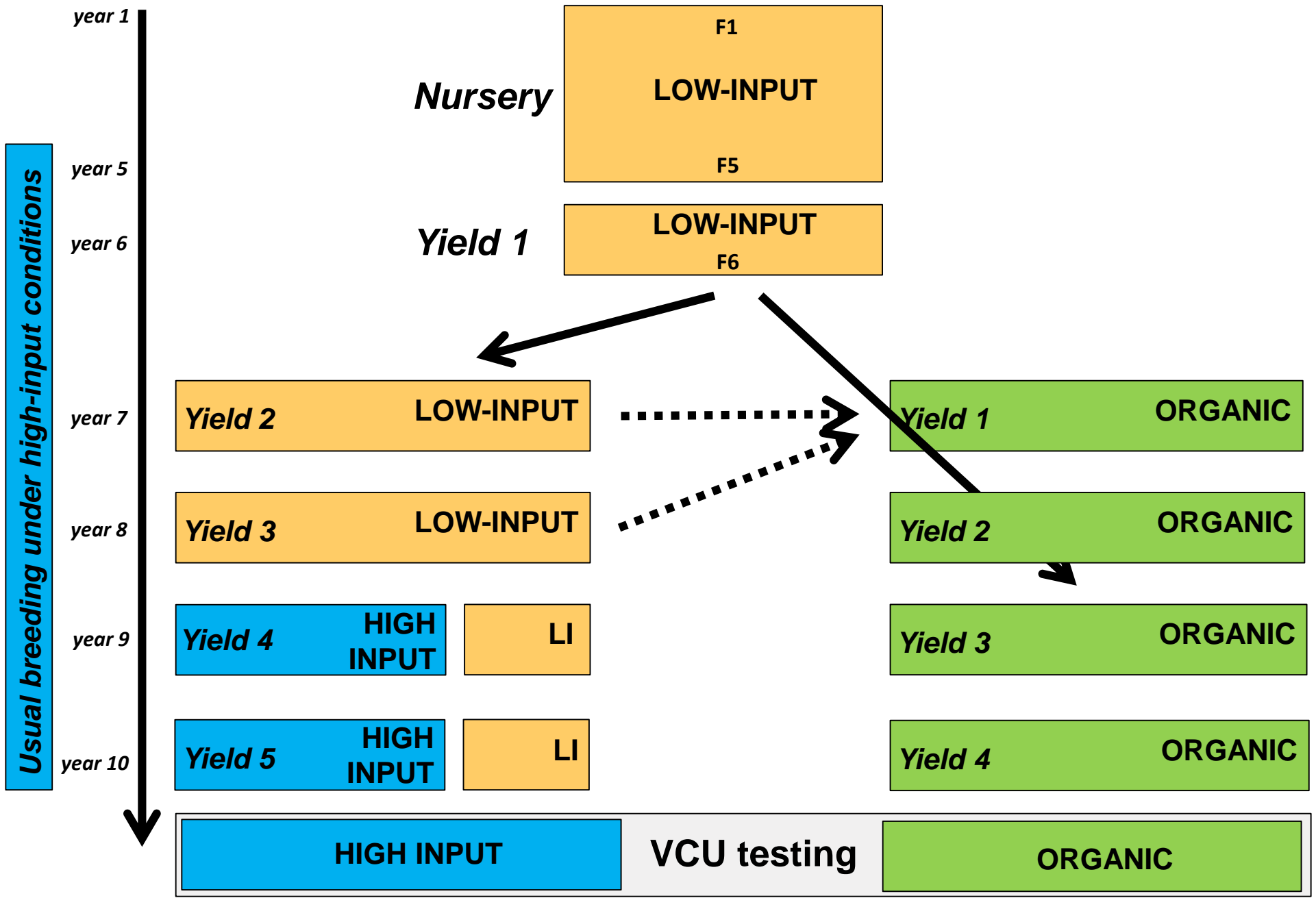
essais rendement MVI 2019-20 : nombre de microparcelles par modes de culture

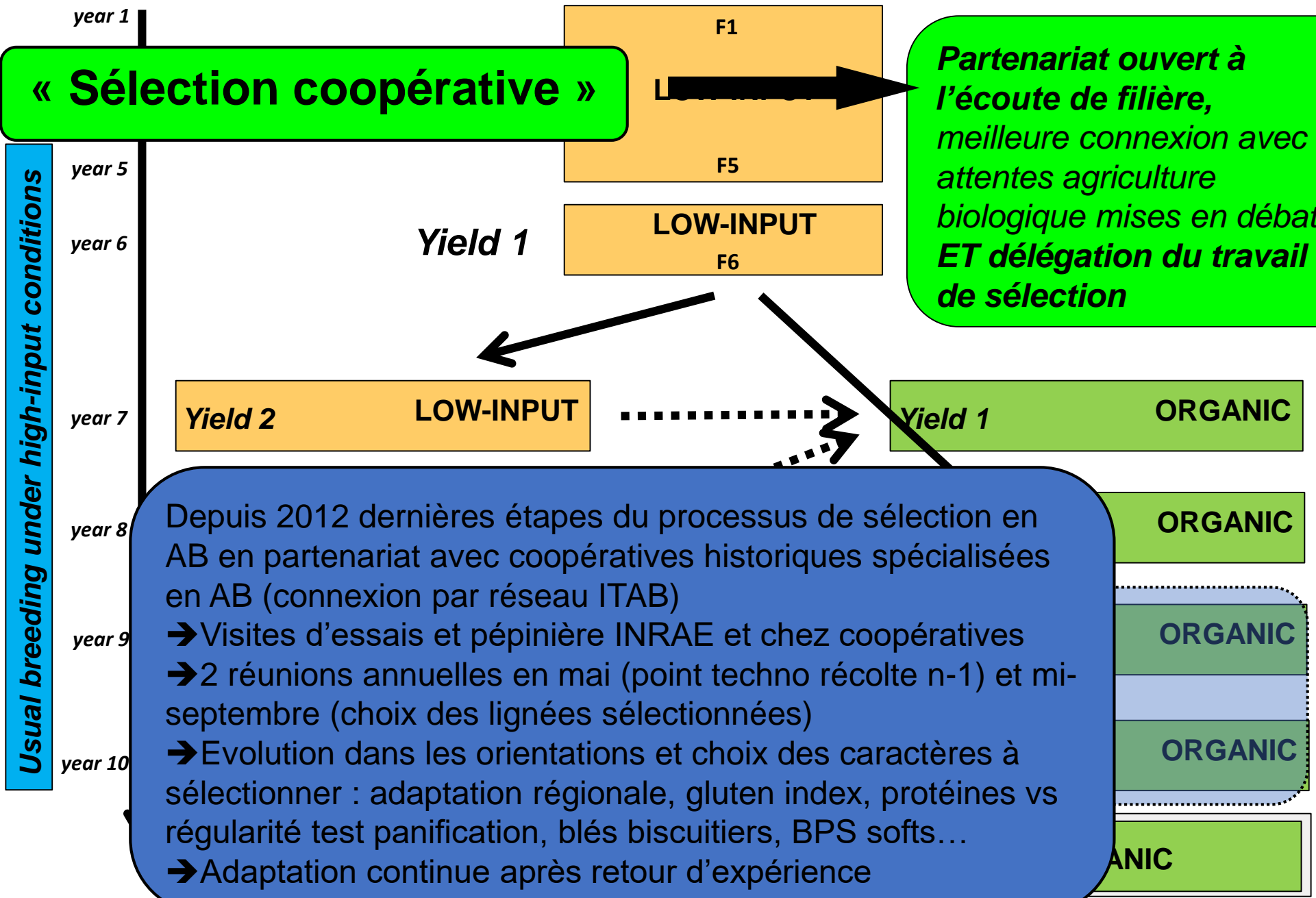


essais rendement MVI 2021-22 : nombre de microparcelles par modes de culture

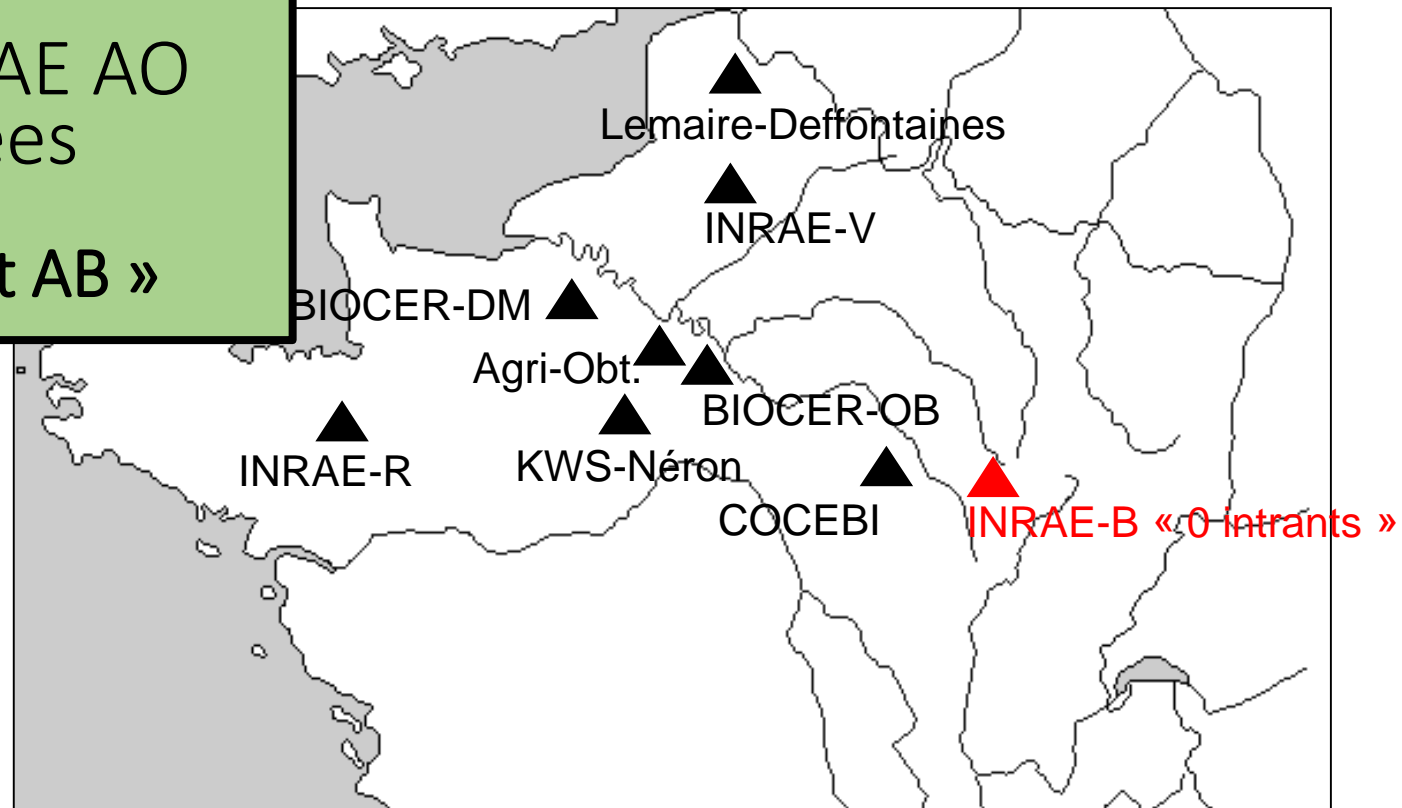


MVI Rennes : essais Faibles intrants + agriculture biologique >85% des microparcelles





Réseau
coopératives INRAE AO
sélection de lignées
avancées en AB
2021-22 « pré-dépôt AB »



De 2012 à 2021 : 80 lignées testées pour 5 variétés inscrites et 4 en CTPS1&2
Causes éliminations : sensibilité maladies (surtout rouille jaune), rendement faible ou instable, mauvaise valeur boulangère, irrégularité panification, refus fixé...

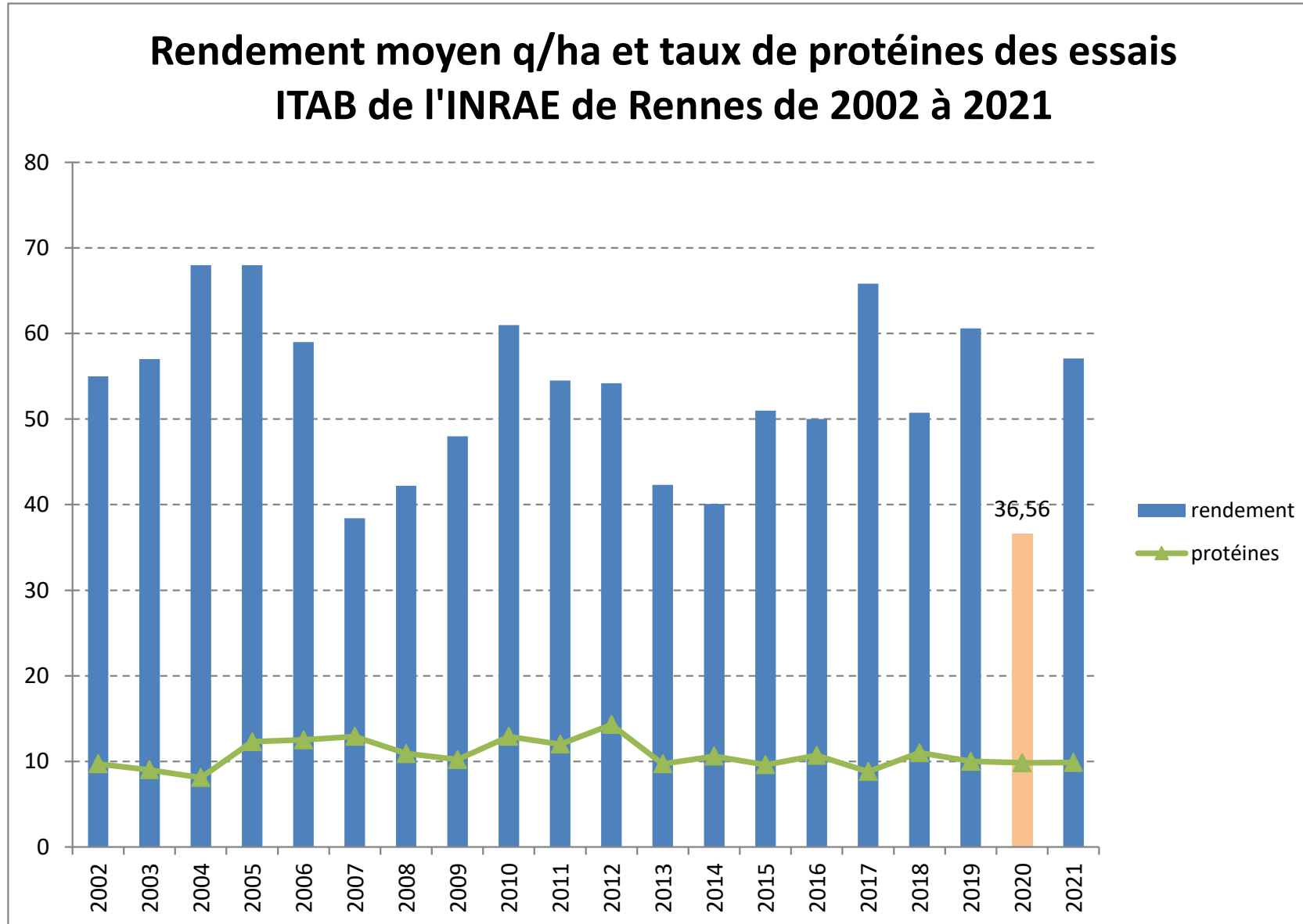
Résultats

Des rendements et des teneurs en protéines plus variables en AB

7 variétés inscrites en AB depuis 2011 par INRAE

Des dégâts de fusariose surestimés en AB

Pas d'intrants chimiques en AB = plus de variabilité des rendements en lien avec fertilité des milieux (contextes pédoclimatiques + systèmes de production)



20 ans de sélection de variétés lignées pures de blé tendre pour l'agriculture biologique : **INRAE fait bouger les lignes**

2001

*Premiers essais INRA en AB UMR APBV au GAEC de la Mandardière Pacé (35)
Partenariat avec l'ITAB*

2010

1^{ère} expérimentation spéciale CTPS en AB en France

2011

Skerzzo et Hendrix : premières variétés avec mention « AB » inscrites en France par l'INRA

2012

Partenariat expé lignées avancées AB : INRA, Agri-Obtentions (Moulon puis Orsonville), Biocer, Cocebi, Corab + UBIOS

2018

Deux variétés BPS, Geny (CF11007) et Grafik (RE12037), et une biscuitière Gwastell (RE13093) inscrites au catalogue avec mention « AB »

2019

Gwenn (RE14060) : BPS et meilleure note de septoriose des 25 nouvelles variétés

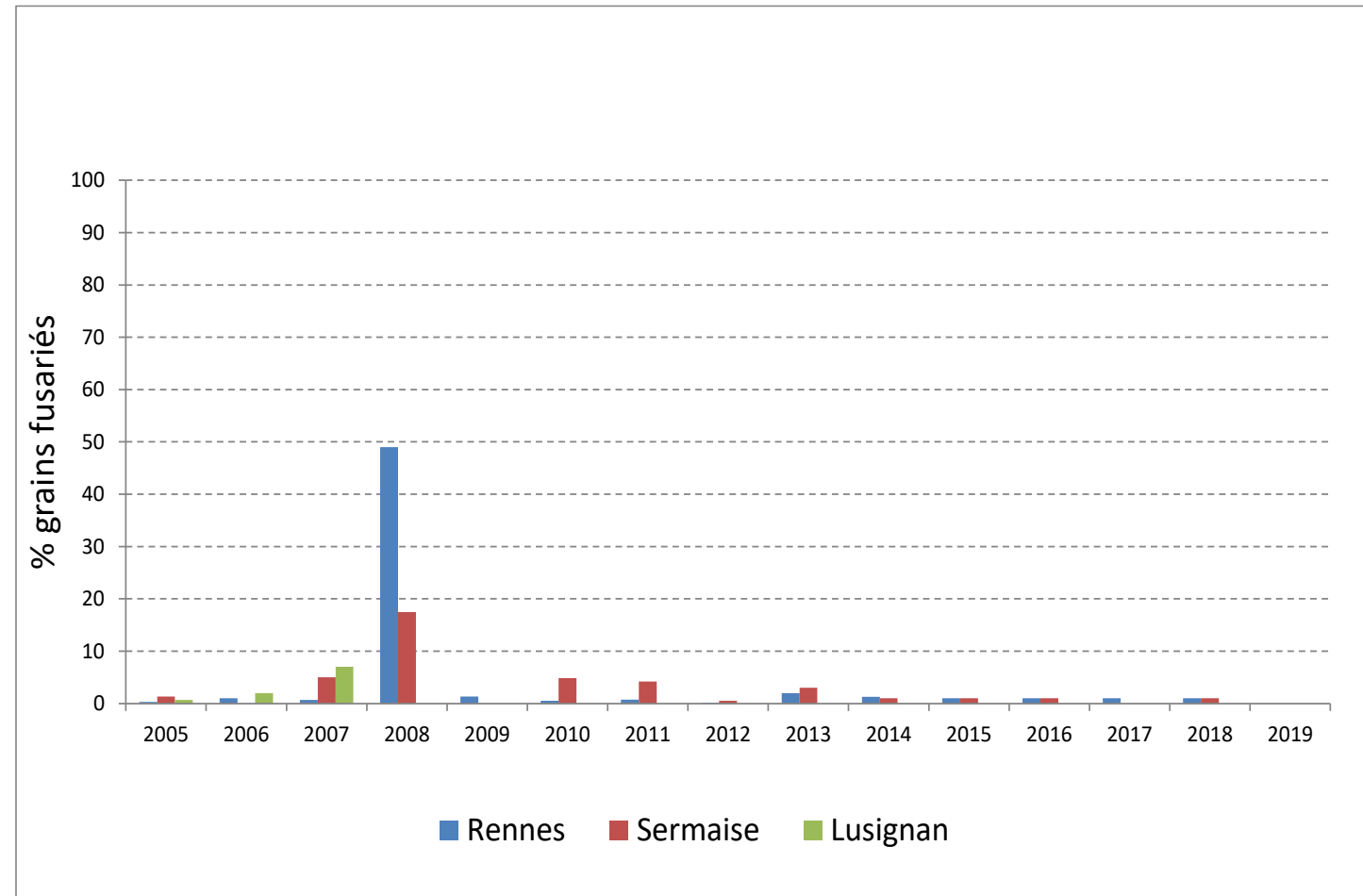
2021

Eost (RE15046) 7^{ème} variété inscrite par l'INRAE avec mention AB

2022

Deux lignées INRAE en 2^{ème} année essais CTPS en AB, une en 1^{ère} année

Qualité sanitaire des récoltes : des dégâts de fusariose surestimés en AB



Analyse sanitaire **essais agriculture biologique** sur 2-3 sites x 15 années x 3-8 variétés
→ détection de *Fusarium* en quantité élevée une seule fois dans un seul lieu (Rennes 2008)

article en préparation

Axes de recherche

Compétitivité vis-à-vis des adventices

Adaptation à la culture en association céréales-légumineuses

Variétés de pomme de terre adaptées aux Faibles Intrants et à l'AB

Perspectives axe 1 : Améliorer la compétitivité des variétés de blé tendre vis-à-vis des adventices par la génétique et l'agronomie: une piste de réduction des herbicides à explorer

Contexte : la compétition des adventices représente l'un des principaux facteurs limitants de la culture en blé en AB, et **le poste herbicide apparait le plus difficile à réduire en « conventionnel » pour les céréales à paille, AB prototype de l'agroécologie**

Objectifs généraux en amélioration des plantes :

- Identifier des caractères d'intérêts pour la sélection en combinant simulations, ateliers d'idéotypages, et essais incluant semis d'adventices
- Evaluer la variabilité inter-variétale, la stabilité intra- et inter-sites, et le degré de corrélations entre caractères
- Définir des designs expérimentaux et des protocoles d'acquisition et de traitement des données adaptés et répétables pour généraliser l'évaluation
- Concevoir des idéotypes adaptés à différents ITK sur la base des attentes des acteurs de la filière (« sélection coopérative »)

Projets antérieurs, en cours, et prévus pour conduire ces travaux : FSOV adventices I (2007-2009), FSOV adventices II (2013-2015), Evaluation Pheno3C (2021), FSOV Blé-Adventices-III (2021-2024), AIS équipement (en construction pour mai 2022).

Thèse envisagée avec INRAE Agroécologie Dijon (Bruno Chauvel) et sélectionneurs privés

notation pouvoir couvrant (stade épiaison)



Caphorn (4)



Renan (8)

Guide ITAB-INRA de notation de couverture du sol FSOV adventices II (2013-2015)

Perspectives axe 2 : Optimiser l'utilisation des ressources et régulation biologique des bioagresseurs via les cultures associées blé-légumineuses à graines. Quelles variétés sélectionner/conseiller/cultiver ?

Contexte : culture en association céréales-légumineuses fortement encouragée dans la transition agroécologique mais variétés cultivées en association issues uniquement de programmes de sélection en culture pure -> **pas critères fiables disponibles pour sélectionneurs et agriculteurs**

Objectifs :

- Poursuivre **identification des principaux caractères variétaux** impliqués dans **aptitude à association** (nouveaux caractères ou/et nouvelles gammes de variation) - conception d'idéotypes
- Tester si ces « nouvelles » **caractéristiques variétales en culture pure** sont prédictives des **caractéristiques en association** (sélection indirecte)
- **Screenner lignées avancées** en cours de sélection en culture pure et variétés récentes, pour leur aptitude à la culture associée
- Identifier des **règles d'assemblage génériques** pour la conduite en association, en fonction des objectifs de production et des services attendus (réduction des intrants, contrôle des bioagresseurs)
- Etudier le **déterminisme génétique** des caractères impliqués dans l'aptitude à l'association (GWAS)
- Intégrer des **caractéristiques spécifiques** aux associations **dans les schémas de sélection** du blé tendre et des légumineuses, inscription et post-inscription



Travaux conduits en étroite collaboration entre les **équipes MVI et MIR** de l'UMR IGEPP

Projets antérieurs, en cours, et prévus pour conduire ces travaux : CASDAR EcoVAB (2015-2017), IVD INRAE-Agri-Obtentions CéréLAG (2016-2020) puis Innov'Asso (2021-2025), H2020 ReMIX (2017-2021), PPR MoBiDiv (2021-2026, **2 post-doc 2024 et 2025 + thèse GWAS blé GQE-IGEPP 2023-2026**).

2014-2020 : Recherche de caractères variétaux impliqués dans l'aptitude à l'association

Objectifs : trouver des caractères clefs, **impliqués dans les interactions plante-plante**, qui peuvent expliquer l'impact du choix variétal sur les performances des associations



Contexte : blé tendre d'hiver (alimentation humaine) / pois protéagineux ou féverole d'hiver (alimentation animale), **production équilibrée entre les 2 espèces**, en très faibles intrants ou AB

Approche : expérimentation au champ basée sur les **caractéristiques (évaluées en culture pure) des variétés des 2 espèces**

Blé : précocité épiaison, hauteur épiaison, aptitude tallage, pouvoir couvrant, potentiel de rdt

Pois : type (hr/Hr), pouvoir couvrant, date DF, durée floraison, hauteur FF/récolte, précocité maturité

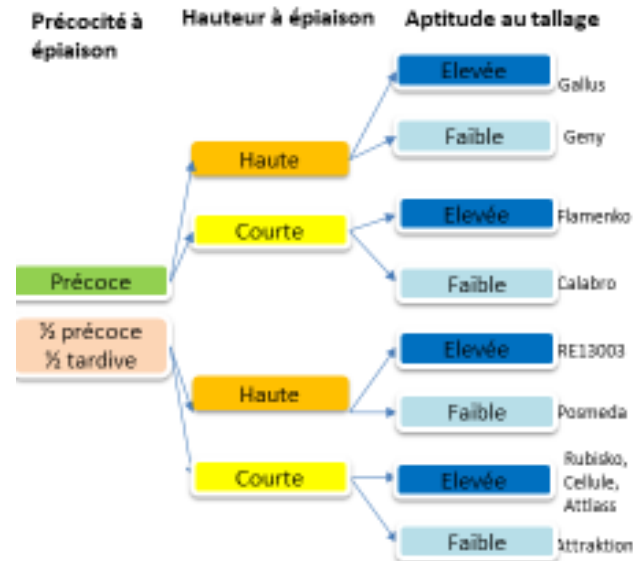
Féverole : pouvoir couvrant, date DF, hauteur FF

10 variétés de blé tendre meunier

Critères communs (en culture pure):

précoces à maturité (synchronisation récolte)
peu sensibles aux maladies (notamment rouille jaune)
résistantes à la verse (effet tuteur pour le pois)

Critères contrastés (culture pure):



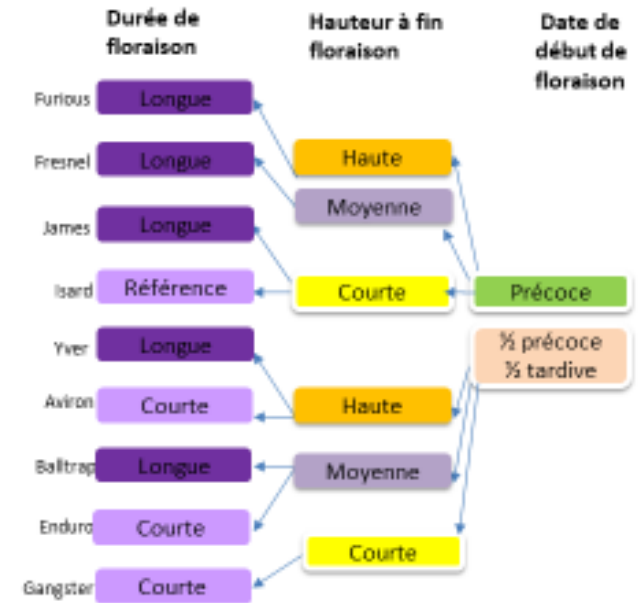
X

9 variétés de pois protéagineux

Critères communs (en culture pure):

tardifs à maturité (synchronisation récolte)
type Afla

Critères contrastés (culture pure):

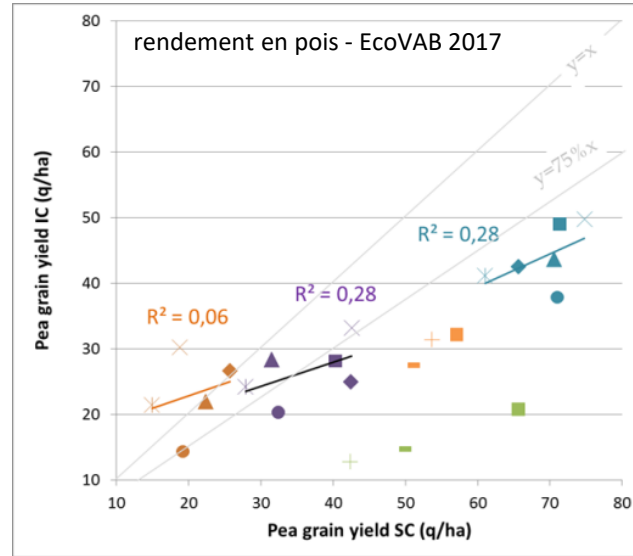


90 modalités associées + 19 modalités en culture pure = 109 modalités

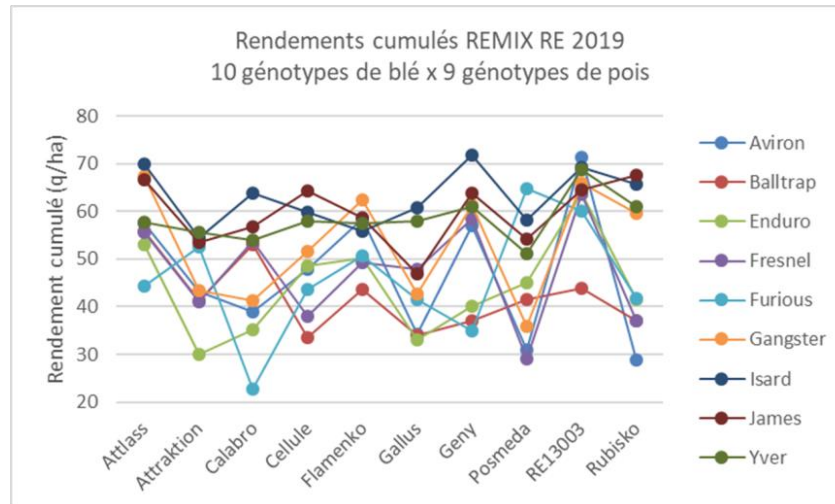
Exemple de dispositif (H2020 ReMIX)

2014-2020 : Premiers résultats sur la recherche de caractères variétaux impliqués dans l'aptitude à l'association blé tendre – légumineuses à graine (pois Hr/hr ou féverole)

Des caractéristiques en culture pure pas toujours prédictives des caractéristiques en association...

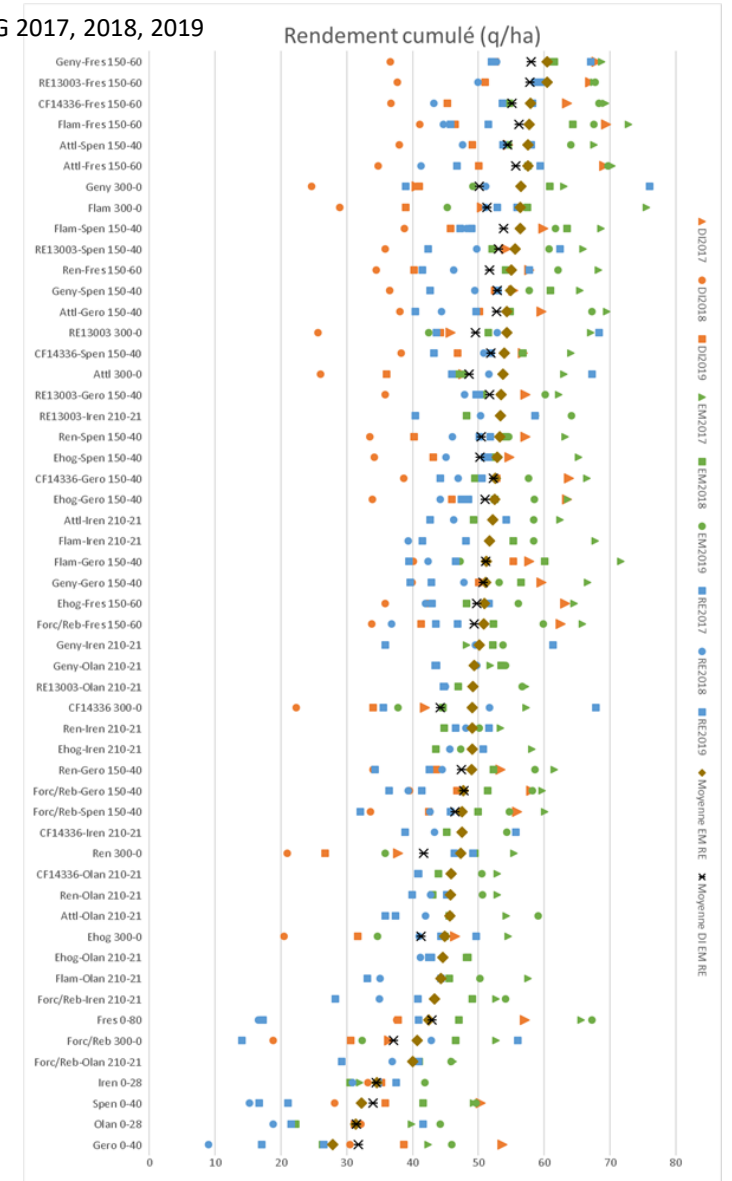


une grande complexité des interactions GxG ...



... et GxGxE

CéréLAG 2017, 2018, 2019



2014-2020 : Premiers résultats sur la recherche de caractères variétaux impliqués dans l'aptitude à l'association blé tendre pois protéagineux hr

Impact significatif des caractéristiques variétales sur 4 indicateurs de performance

Impact choix variété légumineuse > impact choix variété céréale

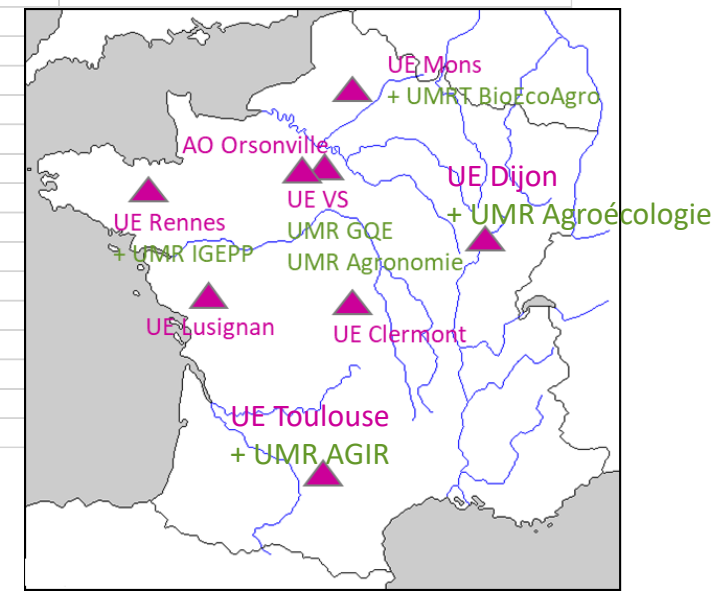
Caractéristiques à choisir/sélectionner opposées / optimisation [rendement cumulé et rendement en blé] vs [rendement en pois et teneur en protéines blé]

	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 précocce 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 précocce ½ tardive	*** réf > longue > courte	*** courte > haute ~ moyenne
Teneur en protéines blé	** précoce > ½ précocce ½ tardive	*** haute > courte	*** faible > élevée	*** ½ précocce ½ tardive > précocce	*** courte > longue > réf	*** moyenne ~ haute > courte

2022-2025 : Evaluation au champ de lignées avancées en cours de sélection en culture pure et de variétés récentes, pour leur aptitude à la culture associée (25 géotypes de blé tendre, 26 géotypes de LAG) => 61 associations céréale-légumineuse évaluées ...

Témoins		Matériel en cours d'inscription					
Variétés récemment inscrites		Matériel en fin de sélection					
BLE associé à du pois Hr (hr)		POIS hr associé à de l'orge		POIS Hr associé à du blé (triticale)		FEVEROLE associée à du triticale (blé)	
26 couples x 3 rép = 78 microparcelles		12 couples x 3 rép = 36 microparcelles		16 couples x 3 rép = 48 microparcelles		10 couples x 3 rép = 30 microparcelles	
1	Geny-Fresnel	1	Fresnel-Amandine	1	Joker - Geny	1	Nebraska - Ramdam
2	Geny-Flambo (M18002)	2	Furious-Amandine	2	Spencer - Geny	2	Irena - Ramdam
3	Atlass-Flambo	3	Aviron-Amandine	3	Flambo (M18002)-Geny	3	Diva - Ramdam
4	Orloge-Flambo	4	Flokon-Amandine	4	Fresnel (hr)-Geny	4	Axel - Ramdam
5	Gimmick-Flambo	5	Faquir-Amandine	5	M19009 - Geny	5	Niagara (AOFH16C13) - Ramdam
6	Gwenn-Flambo	6	Foudre (AOPH1901)-Amandine	6	M19011 - Geny	6	Noumea (AOFH16C18) - Ramdam
7	Gerry-Flambo	7	Furtif (AOPH1701)-Amandine	7	M20004 - Geny	7	Nairobi (AOFH16C28) - Ramdam
8	Gravure-Flambo	8	Fauve (AOPH1905)-Amandine	8	M20006 - Geny	8	Nairobi - CAB1739
9	Greka-Flambo	9	Facette (AOPH1906)-Amandine			9	Irena - Ehogold
10	RE16024-Flambo	10	AOPH2001-Amandine	9	Joker - Gwenn	10	les 7 féveroles en mélange - Ramdam
11	RE15109-2-Flambo	11	AOPH2101-Amandine	10	Spencer - Gwenn		
12	AO20004-Flambo	12	AOPH2102-Amandine	11	Flambo (M18002)-Gwenn		
13	AO18005-Flambo			12	Fresnel (hr)-Gwenn		
14	DI19024-Flambo			13	M19009 - Gwenn		
15	LU19001-Flambo			14	M19011 - Gwenn		
16	LU19002-Flambo			15	M20004 - Ramdam		
17	DI21016-Flambo			16	M20006 - Gwenn		
18	EM18270-Flambo						
19	AO19003-Flambo						
20	LU20001-Flambo						
21	CF18054-Flambo						
22	AO20015-Flambo						
23	RE19106-Flambo						
24	CF19177-Flambo						
25	EM19135-Flambo						
26	RE18010-Flambo						

... sur 3 à 5 sites
(sur les 7/8 sites que compte le réseau)



Perspectives axe 3 : pomme de terre économe en intrants ou en agriculture biologique

Quelles variétés sélectionner/conseiller/cultiver ?

Contexte :

Pomme de terre : 3ème production agricole mondiale à destination de l'alimentation humaine derrière le riz et le blé
Nombreux bioagresseurs aériens et telluriques qui peuvent avoir des conséquences désastreuses sur les rendements et la qualité des récoltes (exemple mildiou)
IFT moyen pour la pomme de terre (=16) est le plus élevé parmi ceux des grandes cultures en France

Quelles variétés de pomme de terre sélectionner pour des systèmes de culture économes en intrants, dont l'agriculture biologique ? Quels besoins des filières ? Quel dispositif/réseau mettre en place pour les évaluer ? Création d'un index pour l'inscription de variétés adaptées ?

Objectifs :

- ✓ Identifier **principaux caractères variétaux** impliqués dans **aptitude à la conduite faibles intrants ou AB** (nouveaux caractères ou/et nouvelles gammes de variation) - conception d'idéotypes
- ✓ Tester si les **caractéristiques variétales évaluées en culture conventionnelle** sont prédictives des **caractéristiques en conduite faible intrants ou AB** (sélection indirecte)
- ✓ **Screenner** variétés pour leur aptitude à la conduite faibles intrants ou AB
- ✓ Intégrer des **caractéristiques spécifiques dans les schémas de sélection** de la pomme de terre, inscription (index) et post-inscription

Travaux conduits en étroite collaboration entre les **équipes MVI et RD** de l'UMR IGEPP

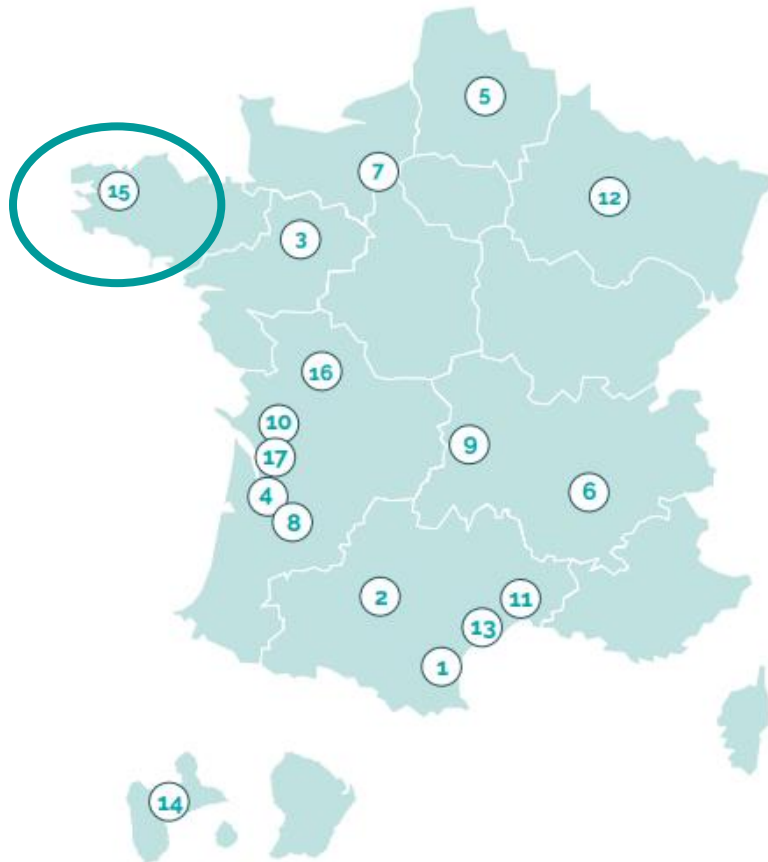
5 projets CASDAR déposés entre 2015 et 2020, tous refusés



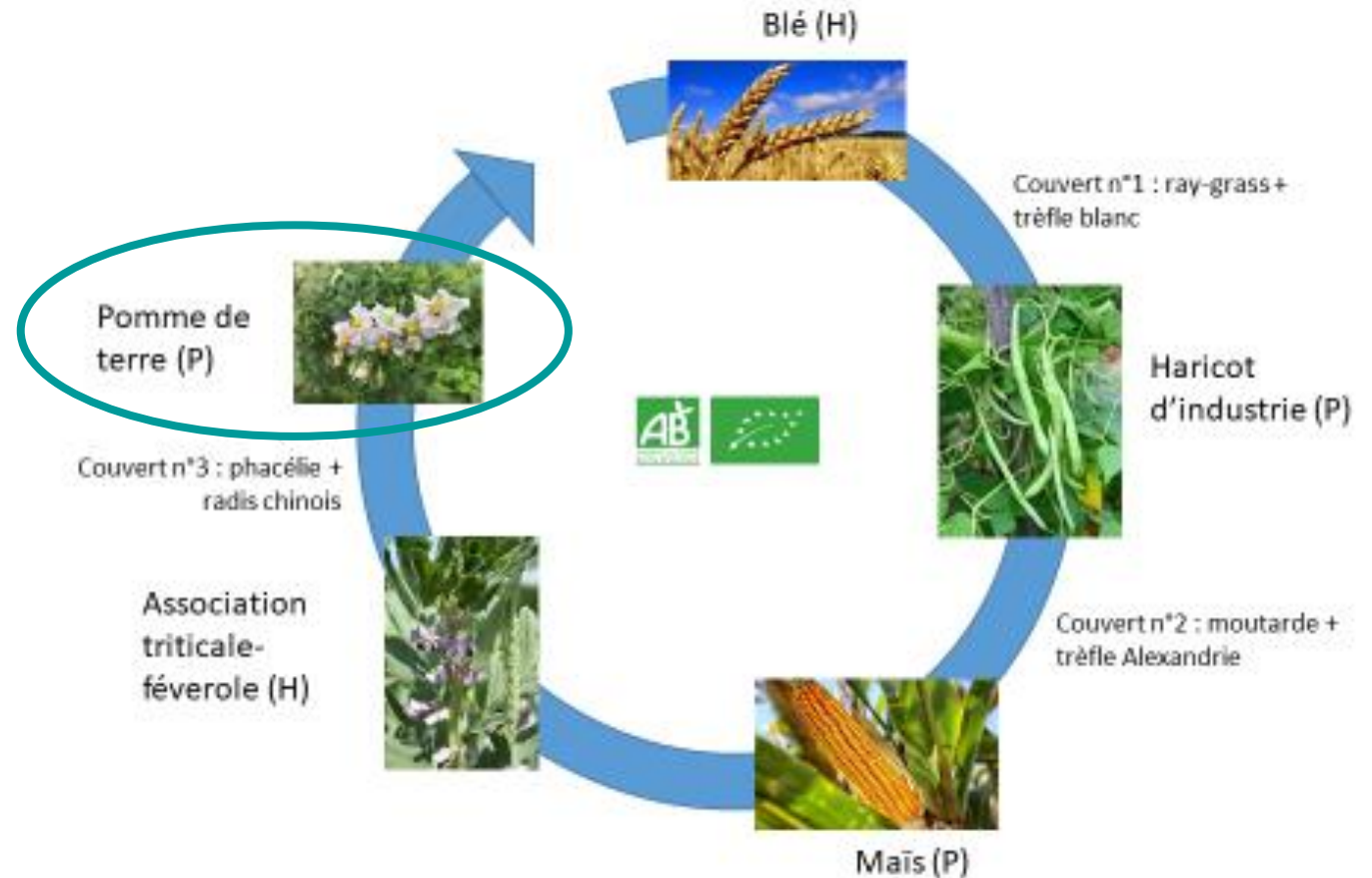
2019 : conversion en AB de 2,4 ha du Domaine expérimental INRAE de Ploudaniel

Co-construction d'une rotation sur 5 ans intégrant la pomme de terre

Dispositifs expérimentaux
INRAE en **agriculture biologique**



BioDiverSystem – Ploudaniel (2020-2025)
1 système de culture en AB - 5 parcelles de 0,4 ha



Parcelles en conversion AB en 2020 et 2021

officiellement certifiées AB - Ecocert - 08/ 03/ 22 !!!

2022 : 1^{ère} expérimentation pomme de terre en AB GEVES-INRAE à Ploudaniel

Objectifs :

- Comparaison en AB de plusieurs variétés de pomme de terre
- Tester l'évaluation de critères d'intérêt pour des conduites en conditions agroécologiques (AB en l'occurrence) → des critères non évalués par ailleurs = vigueur et couverture du sol, pouvoir couvrant
- Évaluation du temps à passer en désherbage manuel, difficultés rencontrées, besoins en matériel ou formation/apprentissage

5 variétés (3 répétitions) : variétés à bon niveau de résistance mildiou, architectures du couvert contrastées (port, morphologie, vigueur au démarrage, pouvoir couvrant), plants bio disponibles

Variété	Catégorie	Précocité	Taille de la plante	Port de la plante	Structure du feuillage	Repos végétatif	Résistance au mildiou du feuillage
Allians	Consommation à Chair Ferme	Demi-Précoce	Moyenne à haute	Demi-Dressé	Feuillue	Assez long	Peu sensible (7)
Coquine	Consommation	Précoce à Demi-Précoce	Courte à Moyenne	Demi-Dressé	Feuillue	Moyen	Peu sensible à très peu sensible (8)
Kelly	Consommation (Frite)	Demi-Tardive à Tardive	Moyenne à haute	Demi-Dressé à étalé	Intermédiaire	Moyen	Peu sensible à très peu sensible (8)
Maïwen	Consommation	Demi-Précoce	Moyenne	Demi-Dressé	Rameuse	Assez long	Peu sensible (7)
Zen	Consommation	Demi-Précoce	Moyenne	Demi-Dressé à étalé	Feuillue	Moyen	Peu sensible (7)

Soutien projet CASDAR RESO² « Incidence de la transition agroécologique sur les modalités d'évaluation des variétés et la conception des réseaux d'essais » 2021-22, pilotage J. Gombert, L. Fontaine, M-H. Bernicot (GEVES)

Autres activités

Maintien des ressources génétiques sarrasin

Expertise (CTPS, groupe filière, région, Ecophyto...),
politiques publiques (audition publique OPECST)

Rappels historiques sur modalités d'obtention des variétés
La Harpe et Renan

Depuis 1999 l'équipe MVI gère une collection de ressources génétiques sarrasin :
14 populations françaises de *Fagopyrum esculentum*



Réponse à la controverse Renan en juillet 2020

Renan, une variété de blé tendre créée par Gérard Dousinault à l'INRA à Rennes dans les années 1980, est largement utilisée en agriculture biologique pour sa régularité du rendement, sa résistance aux maladies et sa valeur boulangère. Elle est l'objet d'attaques répétées dans certains réseaux (AB et pro-OGM), dans des médias et courriers des lecteurs. A chaque nouvel article dans la presse affirmant que Renan « peut être considéré comme un OGM » et « relève du génie génétique au sens large » les chercheurs de l'INRAE et obtenteurs historiques, impliqués malgré eux, se sont posés la question de savoir s'ils devaient répliquer. Après 7 ans de réflexion, ils ont décidé d'expliquer le travail accompli par leur prédécesseurs.

La variété Renan est issue d'un croisement et les étapes de la sélection sont décrites.

A l'origine du blé tendre « Renan » : une obtention sans mystère

J. Jahier et B. Rolland
Sésame juillet 2020

