28 mai 2013
Montmeyran
(Drôme)

Journée Technique Grandes Cultures Biologiques
ITAB / ARVALIS-Institut du végétal

Produire du blé de qualité en agriculture biologique

Leviers agronomiques, génétiques et technologiques : des méthodes pour améliorer la qualité du blé biologique

Journée organisée par l'Institut Technique de l'Agriculture Biologique et ARVALIS – Institut du végétal

Avec le soutien de la région Rhône-Alpes et du PEP Grandes cultures

ITAB Institut Technique de l'Agriculture Biologique — *www.itab.asso.fr*

ARVALIS Institut du végétal — *www.arvalis-infos.fr*

AGTEC-Org

Conception : A. Coulombel (ITAB), Photos : L. Fontaine (ITAB)

CONTENU DU DOSSIER

Préambule

Les chiffres du blé tendre en AB (reproduction du poster présenté en salle)

Interventions en session plénière :

« Solutions agronomiques et technologiques pour améliorer la qualité du blé bio » : présentation et principaux résultats du projet AGTEC-Org

« Associer en relais céréales et légumineuses fourragères » (C. David, C. Amossé, F. Celette, Isara Lyon) *Cet article paraitra dans la revue Alter Agri cet été*

« Développer les associations de culture blé et protéagineux à graines : conséquences sur le fonctionnement des fermes » (D. Foissy, INRA Mirecourt, MN. Bodeving, PROBIOLOR, Y. Michaud, CGA de Lorraine) *Cet article paraitra dans la revue Alter Agri cet été*

« Pourquoi sélectionner de nouvelles variétés de blé tendre adaptées à l'AB ? » (B. Rolland, A. Le Campion, INRA Rennes, FX. Oury, INRA Clermont-Ferrand) *Reprise d'un article du Courrier de l'Environnement*

Référentiel blé AB : présentation et exemple de fiche variétale

Posters :

Liste des posters (en salle) et panneaux (en bordure de parcelle) présentés lors de la Journée Technique (possibilité de les télécharger sur le site de l'Itab).

Approfondissement du poster « Désherbage » : extrait de la brochure « Désherber mécaniquement les grandes cultures »

PREAMBULE

La Journée Technique GC bio 2013 est centrée sur la **production de blé de qualité en AB**. Pourquoi ce retour à une entrée « culturale », alors que depuis plusieurs années les JT GC ITAB-ARVALIS prônaient des thématiques privilégiant l'approche à l'échelle du système, plus en phase avec les principes de l'AB ?

Après avoir abordé le thème de la fertilité azotée des systèmes de GC et leur rentabilité (Paris, 2009), le bilan de 10 ans d'expérimentation en système céréalier sans élevage (Etoile-sur-Rhône, 2010), les rotations dans les systèmes de cultures spécialisés en GC (Toulouse et Paris, 2011), le caractère incontournable de la luzerne (et des prairies temporaires) dans les systèmes céréaliers en AB (Villarceaux, 2012), ITAB et ARVALIS ont en effet souhaité, pour la 5e édition de la JT co-organisée par les deux instituts, se centrer sur le blé tendre en AB.

2013 est en effet une année charnière qui justifie de s'intéresser, lors de cette journée de communication et d'échange, au blé tendre :

- Un **nouveau Plan Bio** va être publié le lendemain de la JT ; l'un de ses enjeux est de promouvoir le développement des GC biologiques, au niveau desquelles le blé occupe une place de premier ordre.
- Le projet européen « **Agtec-org** », piloté par l'Isara Lyon, portait sur les solutions pour développer du blé de qualité en AB ; cette JT est l'occasion de présenter à un large public, pour la première fois en France, les résultats acquis.
- Arvalis vient de rédiger et publie ce mois-ci une **nouvelle brochure** « Produire du blé tendre de qualité en AB » ; logiquement la JT 2013 accompagne la sortie de la brochure, distribuée aux participants en complément de ce dossier.
- Deux variétés de blé tendre ont été inscrites en 2012 au catalogue officiel, avec une **mention AB** (ce sont les premières !) ; 2013 est la première année de diffusion à large échelle de ces variétés.
- Le « Référentiel Blé Bio », qui présente le comportement agronomique et technologique des variétés de blé tendre meunier, prend son essor en 2013 : un catalogue de **26 fiches variétales** le compose désormais, au service des agriculteurs, de la collecte, des meuniers.

Laurence Fontaine (ITAB) et Michel Mangin (ARVALIS)
et les responsables professionnels GC bio des deux instituts

REMERCIEMENTS

Des remerciements tout particulièrement à Michel et Nicolas Thibaud qui nous accueillent sur leur exploitation, dans leur parcelle ou leur fournil.

Merci aux intervenants pour la qualité de leur communication et leur disponibilité.

Tous nos remerciements par ailleurs aux nombreux partenaires des projets (RotAB, Désherbage mécanique, SolAB, Carie, Solbam, Agtec-Org…) qui ont permis d'alimenter les communications de la JT et en partie la rédaction de la brochure ARVALIS « Produire du blé tendre de qualité en AB ».

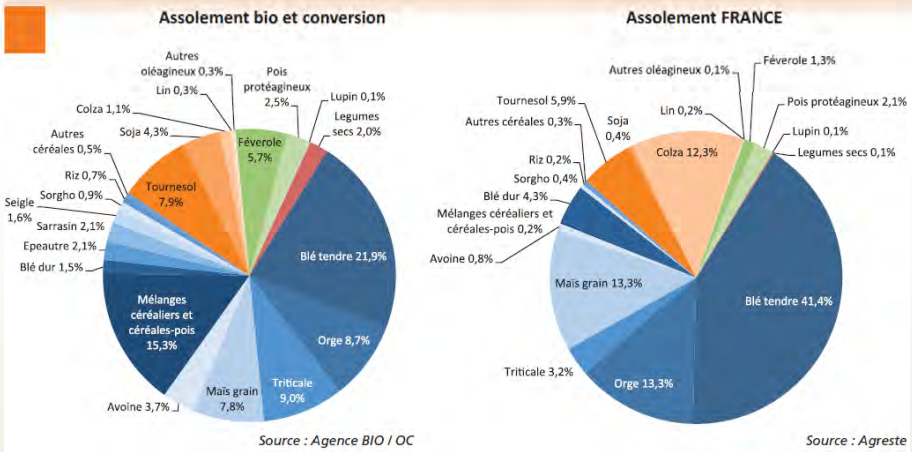
Ont participé à l'organisation de la manifestation :

Michel Mangin, Hélène Chatron, Jean-François Garnier, Philippe du Cheyron, Stéphane Jézequel (ARVALIS – Institut du végétal)

Laurence Fontaine, Wandrille Delaporte, Rodolphe Vidal, Laetitia Fourrié, Bruno Taupier-Létage, Aude Coulombel (ITAB)

Les chiffres du blé tendre bio

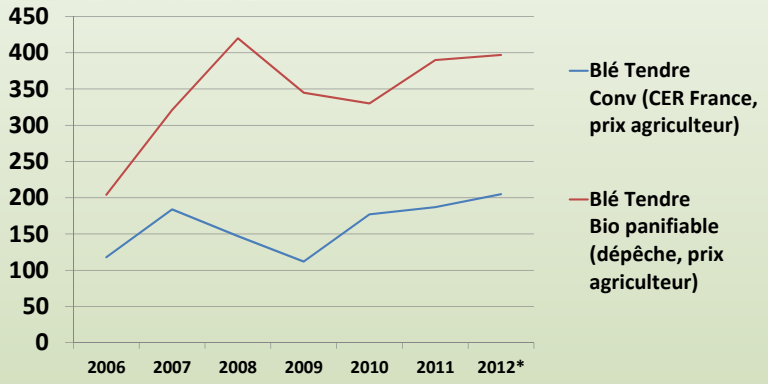
Une culture majeure parmi les GC bio



Les prix du marché

En AB les prix sont plus élevés qu'en conventionnel, mais suivent les mêmes tendances.

(* estimation)

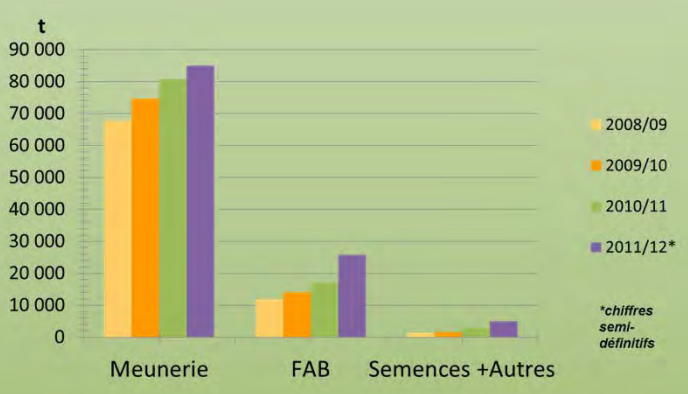


En AB, les rotations sont plus diversifiées qu'en conventionnel : 85% des surfaces de GC sont cultivées avec 10 espèces ou associations (en conventionnel, 5 espèces occupent le même % des surfaces). Les céréales à paille sont majoritaires (3/4 des surfaces). Le blé tendre est la céréale la plus cultivée.

En 2011, 42 000 ha étaient cultivés en blé tendre en AB (Source Agence Bio) (sur 145 000 ha de céréales et 216 000 ha de GC en AB)

Utilisations du blé tendre bio en France

En 2011/12, près de 85 000 tonnes de blé tendre ont été utilisées en meunerie (73% des utilisations). En 2012/13, les besoins en importation devraient passer en-dessous de 20%.



Source FranceAgriMer

Blé tendre			
en tonnes	2011/12(*)	2012/13(**)	Évol. (%)
Ressources pour le marché			
Stock de report au 1/7	15 938	18 959	19
Collecte (Bio + C2)	79 845	100 000	25
dont bio	*65 738*	*85 500*	*30*
dont C2	*14 107*	*14 500*	*3*
Importations Moulins + FAB	15 410	9 000	-42
Autres imports	23 894	15 500	-35
Total des ressources	**135 087**	**143 459**	**6**
Utilisations			
Meunerie	84 903	86 500	2
F.A.B.	25 638	20 000	-22
Semences	2 390	2 800	17
Petits déjeuners, biscuiteries, floconneries…	799	800	0
Vente directe aux éléveurs	900	1 000	11
Exports	300	2 000	567
Freintes (1,5% de la collecte)	1 198	1 500	25
Total des utilisations	**116 128**	**114 600**	**-1**
Stock final au 30/6	18 959	28 859	52

Source FranceAgriMer. Bilan prévisionnel au 1er janvier 2013, en ligne sur www.franceagrimer.fr

(*)Chiffres semi-définitifs
(**)Chiffres provisoires

60% des farines de céréales bio sont utilisées pour fabriquer du pain et des pâtisseries (plus de la moitié par les artisans-boulangers, un quart par les ateliers de GMS, près d'un quart par les boulangers dit industriels).

Source Agence Bio.

Mai 2013. Conception et rédaction, photos : ITAB et ARVALIS – Institut du végétal. Impression : ARVALIS

Journée Technique Grandes Cultures Biologiques
ITAB / ARVALIS-Institut du végétal
28 mai 2013 – Montmeyran (26)

Leviers agronomiques, génétiques et technologiques : des méthodes pour améliorer la qualité du blé biologique

Interventions en session plénière

AGTEC-Org – Solutions agronomiques et technologiques pour améliorer la qualité du blé bio

A project of ERANET network CORE organic

Résumé

Les solutions agronomiques pour une meilleure qualité et une meilleure sécurité sanitaire :

Le choix de la variété est un moyen efficace pour obtenir une qualité de grain supérieure L'insertion de légumineuses (grain ou fourrage) dans la culture de blé améliore la compétition avec les adventices et la nutrition azotée de la culture de blé et/ou de culture de printemps suivante. Les modes d'association (implantation simultanée à l'automne ou au printemps en cours de tallage) et le type de légumineuses (graines ou fourragères) influencent significativement sur les performances du blé et de la culture suivante. L'utilisation régulière d'engrais vert peut être une alternative pouvant compenser l'absence de fumiers sur l'exploitation (cas des exploitations sans élevage). La fertilisation organique améliore le rendement et la qualité des blés, la nutrition hydrique doit être alors assurée. La suppression du labour affecte généralement la fertilité du sol et le rendement du blé mais n'intervient pas sur la qualité du grain.

Les solutions technologiques pour améliorer la qualité panifiable:

Le mode de broyage (meule de pierre vs cylindre) influence fortement les caractéristiques technologiques et la valeur nutritionnelle de la farine. Le broyage sur pierre améliore la valeur nutritive et les caractéristiques restent très stables indépendamment du rendement de broyage. Les caractéristiques de la farine broyée par cylindre apparaissent très dépendent du rendement de broyage. Augmenter le rendement en farine dans l'objectif d'enrichir la qualité nutritionnelle réduit aussi bien la sécurité sanitaire (DON) que de la qualité boulangère (volume du pain). Le décorticage des grains avant broyage diminue les risques sanitaires en réduisant le taux de mycotoxines (DON) de 50%.

Contexte et enjeux du projet AGTEC-Org :

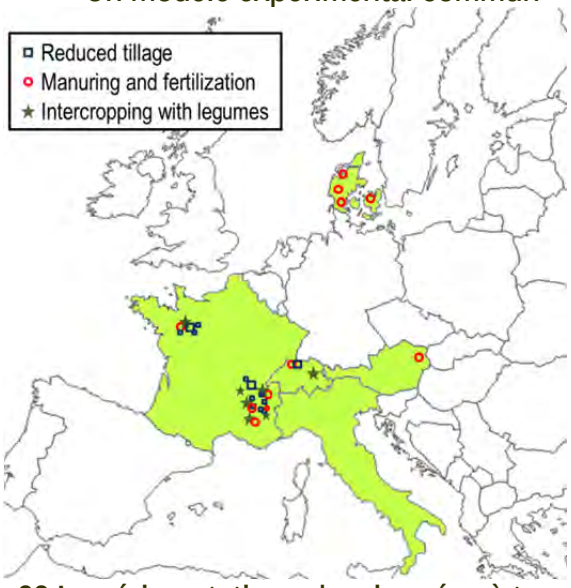
Depuis la fin des années 90, la demande en pain bio a fortement évoluée à travers l'Europe. Le marché du pain bio s'est diversifié à travers l'émergence des différents réseaux de ventes et à l'augmentation de l'offre. Les exigences issues des transformateurs et des consommateurs sur la qualité et la sécurité sanitaire se renforcent dans la filière blé-farine bio. Pour répondre à la demande interne, la production de blé bio en Europe doit augmenter. Ceci peut se faire au travers de nouvelles conversions mais aussi par une augmentation des performances agronomiques (rendement) et technologiques (qualité boulangère) du grain produit. Les déficits en azote et la compétition par les adventices sont les deux principaux facteurs limitant les performances du blé bio. Par ailleurs, la contamination des grains par les mycotoxines est fortement préjudiciable pour la qualité du grain. L'objectif du programme européen AGTEC-Org était d'identifier les solutions agronomiques et technologiques pour améliorer les performances du blé et de la farine biologique. Les résultats devraient contribuer à améliorer la qualité boulangère et la valeur nutritionnelle de la farine bio tout en prévenant la contamination par les mycotoxines. Le projet a impliqué 9 centres de recherches ou universités issus de 5 pays européens pour un budget total d'à peu près 1,5 millions d'€.

Contact: C. David, ISARA-Lyon, 23 rue Jean Baldassini, F 69364 Lyon Cedex 07, davidc@isara.fr;
F. Celette, J. Abecassis, M. Carcea, D. Dubois, J.K. Friedel, G Hellou, M.-H. Jeuffroy, P. Mäder, I.K. Thomsen

Un projet réunissant plusieurs équipes européennes :

Le consortium a réuni plusieurs partenaires reconnus par leur expertise agronomique et technologique. Le projet AGTEC-Org a pris en compte la diversité des contextes agricoles (conditions climatiques, systèmes de production) mais aussi alimentaires (différentes façons d'apprécier la qualité du pain) Le réseau de partenaires a facilité la diffusion des résultats et des avancées techniques dans les différents pays européens.

Un modèle experimental commun



23 'expérimentations developpées à travers l'Europe

Diverses solutions agronomiques ont été testées sur onze expérimentations 'long-terme' (essais mis en place depuis plus de 6 ans) et douze essais annuels ou bisannuels implantés chez des agriculteurs . Les expérimentations 'long-terme' prennent en compte les effets cumulatifs du travail du sol (comparaison de situations avec labour ou avec travail simplifié) et/ou des régimes de nutrition azotée sur les performances du blé mais aussi sur la fertilité des sols. L'utilisation de parcelles d'essais en situations réelles nous ont permis de tester des pratiques innovantes (e.g. travail du sol minimum ou insertion de couverts en association) sous différentes conditions pédoclimatiques afin d'en évaluer leur intérêt agronomique et économique.. Plus de 150 traitements ont été testés sur les 23 parcelles d'essais présentes dans le projet.

Le cultivar et les conditions pédo-climatiques influencent fortement le rendement et la qualité du grain :

En général, les conditions climatiques, le type de sol et le choix du cultivar de blé panifiables influencent fortement les rendements en grain et sa qualité. Ainsi, la grande diversité de cultivars et de conditions pédoclimatiques présents en Europe et testés dans le projet explique que la teneur en protéines, par exemple, varie fortement d'un traitement à l'autre (de 6,7 à 15,8g/100g de matière sèche).

La simplification du travail du sol intervient peu sur les performances du blé

Le travail simplifié sans labour peut conduire à des résultats similaires aux situations avec labour dès lors que la population des adventices est contrôlée. En sol argileux profond, l'absence de labour améliore la structure du sol des couches supérieures (au-dessus de 10cm) entrainant un meilleur taux de germination et un rendement en grain plus important. Au contraire, la compaction du sol sans labour peut apparaitre sur des sols fragiles, sableux et limoneux. L'amélioration de la fertilité du sol en travail simplifié peut intervenir favorablement sur la nutrition de la culture suite à un meilleur développement racinaire. Le semis direct et l'insertion d'un couvert végétal augmente significativement la densité et l'activité des vers-de-terre. A l'inverse, la compétition des adventices est le facteur limitant majeur de ces techniques de semis direct.

Les paramètres de qualité technologique du blé sont moins affectés par les techniques de travail du sol que le rendement en grain. La teneur en protéines et les indicateurs technologiques utilisés communément par les collecteurs tels que l'indice ZELENY ou le temps de chute d'Hagberg étaient similaires pour les traitements avec ou sans labour.

Le travail du sol simplifié n'induit généralement pas d'augmentation de la teneur en mycotoxines. Seuls deux situations ont mis en évidence une augmentation significative de la teneur en mycotoxines (DON) due à un travail du sol réduit. Cette augmentation s'explique a priori par précédents culturaux qui étaient du maïs et du lupin. Toutefois, le niveau de contamination moyen en DON n'a jamais excédé le seuil de tolérance européen. En général, la qualité du blé était satisfaisante quelles que soit les techniques de travail du sol.

Intérêts agronomiques et économiques des pratiques de fertilisation et d'engrais vert :

Les systèmes céréaliers biologiques font fréquemment face à des carences en azote qui pénalisent le rendement du blé et la teneur en protéine du grain. L'apport de fumiers compostés conduit à un effet modéré sur le rendement et sur la qualité boulangère. A l'inverse, l'utilisation de fertilisants organiques avec une minéralisation rapide peuvent améliorer le rendement et la qualité du grain si leur utilisation est optimale (calage des apports dans des périodes de précipitation régulières, bon contrôle des adventices).
Sur les sols fertiles, l'utilisation régulière d'engrais verts à base de légumineuses peut améliorer fortement la productivité du blé et sa qualité. Sur des sols moins fertiles, les apports de fertilisants organiques coûteux ne peuvent être utiles que si la culture de blé est propre et ne souffre pas de stress hydrique régulier (sols très superficiels, région à faibles précipitations au printemps). L'utilisation régulière d'engrais vert à base de trèfle peut augmenter les performances des cultures de vente présentes dans la rotation.

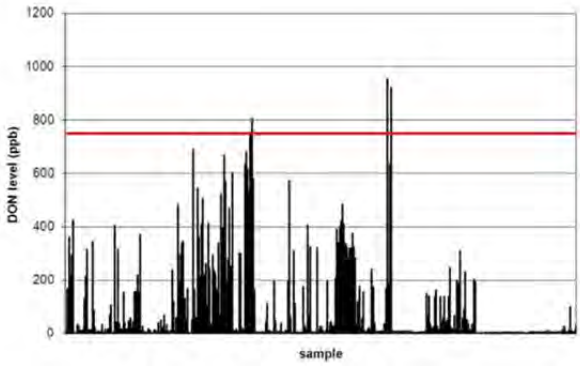
L'intérêt des cultures associées légumineuses-blé biologique:

Compte tenu de la faible valorisation des légumineuses en système céréalier bio, le projet AGTEC a souhaité comparer divers modes d'insertion des légumineuses au sein de la rotation : (i) Le mélange blé-pois implanté de façon simultanée, (ii) L'insertion du blé dans un couvert de légumineuse fourragère déjà mis en place , et (iii) la mise en place de légumineuse fourragère sous couvert de blé au printemps (association dite en relais).
Le système blé-pois conduit en moyenne à un rendement cumulé des deux cultures plus important comparé à des conditions de monoculture. Le rendement du blé est cependant diminué si la proportion de pois dans l'association est supérieure à 50%. En revanche, l'association avec le pois conduit à une amélioration de la qualité du grain de blé (teneur et composition en protéines, teneur en gluten). . L'association blé-pois permet ainsi de limiter les apports de fertilisants sur blé ce qui améliore la rentabilité de la culture.
Le semis d'une légumineuse fourragère sous couvert de blé peut induire un meilleur contrôle des adventices durant l'association et l'interculture suivante, d'autant plus efficace que la croissance du couvert est rapide et forte. Le rendement en grain du blé ne se trouvent pas affectés par la légumineuse sous couvert. A l'inverse, des espèces de couverts peu sensibles à l'ombrage (ex. trèfle violet et la minette), peuvent se développer fortement lors de la maturité des grains de blé, ce qui conduit parfois à une réduction de la teneur en protéines des grains. Ce type d'association a un avantage non négligeable sur la culture suivante. En effet, outre le contrôle efficace des adventices pendant l'interculture, l'enfouissement des légumineuses améliore fortement la nutrition azotée et donc le rendement de la culture de printemps suivante. La fertilisation organique apportée au printemps augmente la biomasse du blé et des adventices alors qu'elle pénalise le développement des légumineuses.

Le semis de blé dans un couvert vivant de trèfle peut nuire au rendement du blé, si le développement du couvert n'est pas contrôlé efficacement. La densité de semis du trèfle doit être adaptée au niveau de fertilité de la parcelle. L'impact de ce type d'association sur la qualité du grain est généralement positif mais est par contre souvent expliqué par une diminution des rendements du blé.

La qualité sanitaire des blés a été jugé satisfaisante dans la majorité des conditions expérimentales étudiées:

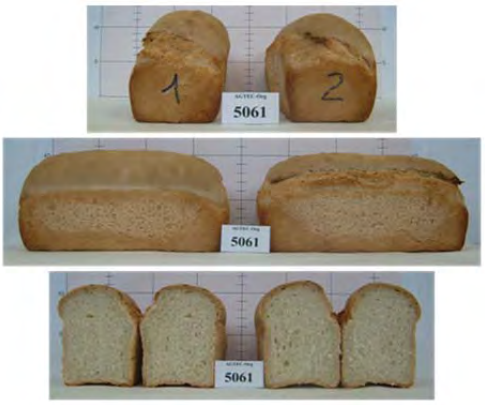
Le nombre important de traitements et de situations expérimentales testées (plus de 150 traitements testés au cours de 3 années culturales différentes) suggère que la contamination en mycotoxines des blés bio est limitée au le champ. On note en moyenne de faibles niveaux de contamination puisque 95% des échantillons de grains présentaient des niveaux de DON inférieurs à 500ppb, et plus de 75% des échantillons présentaient des niveaux de DON inférieurs à 200ppb. Les principales variations du niveau de contamination sont expliquées parles conditions climatiques, le choix de cultivar sensible et le type de précédent mais très peu par les autres pratiques agronomiques testées dans le projet.



Les contamination par DON étaient généralement basses sur les échantillons de grain bio.

La qualité technologique des grains et farines biologiques jugée satisfaisante

Malgré la forte variabilité des teneurs en protéines, quelques fois en dessous du seuil accepté par les meuniers Européens (10,5%), les échantillons de farine testés présentaient, le plus souvent, une qualité boulangère acceptable à bonne dans tous les cas.



Dans de nombreux cas, la faible teneur en protéines était en effet, contrebalancée par une proportion de gluten (ratio gluten/protéines) supérieure et par une meilleure agrégation des protéines conduisant à de bonnes valeurs boulangères.

Impact des techniques de broyage et les traitements post-récolte sur la composition de la farine et la qualité du pain :

La qualité des farines biologiques ne dépend pas uniquement de la qualité des blés, mais aussi des techniques de mouture utilisées pour préparer la farine. La comparaison de deux modes de broyage - broyage sur meule pierre et dans des appareils à cylindre - a permis d'étudier leur effet sur les propriétés nutritionnelles, sanitaires et organoleptiques de la farine. Cette comparaison a été opérée avec des farines ayant des taux d'extraction différents (75, 80 et 85%).

Meule de pierre

Les techniques de broyage sur meule de pierre conduisent à une teneur en produits issus de la couche à aleurone supérieure, ce qui apparait bénéfique pour la qualité nutritionnelle. A l'inverse, ce type de broyage augmente le risque de contamination par les mycotoxines présentes dans les couches périphériques.

AGTEC-Org

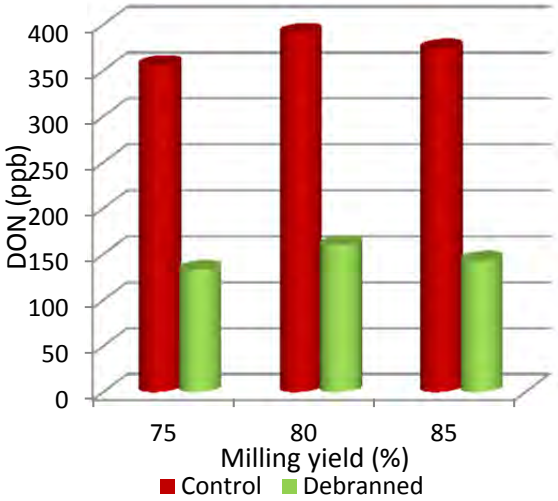
Les farines issues d'un broyage sur meule de pierre conduisent à des volumes de pain peu élevés ce qui dégrade les propriétés gustatives et ce quel que soit les taux d'extraction montrant ainsi une relative stabilité des propriétés de ces farines. Les qualités nutritionnelles et gustatives restent stables selon le taux de cendres des farines.

Contrairement au broyage sur meule de pierre, le taux d'extraction des farines exerce une grande influence sur les caractéristiques des farines obtenues par broyage sur cylindre. A faible taux d'extraction (75%), les farines présentent une bonne qualité sanitaire et permettent d'obtenir des pains bien levés.

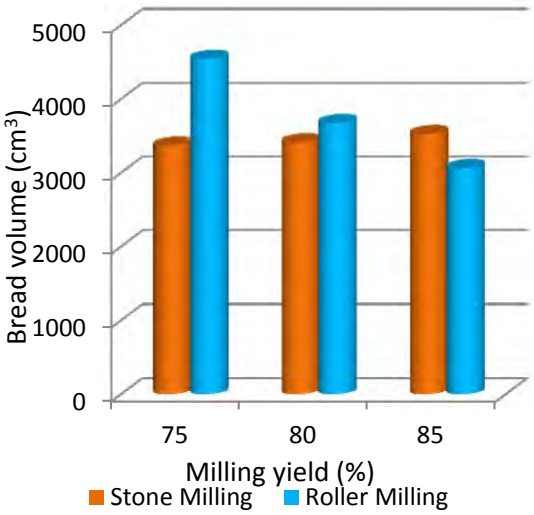
Broyeur à cylindre expérimental

Cependant, l'augmentation du rendement en farine en vue d'améliorer la qualité nutritionnelle entraine une dégradation rapide de la qualité sanitaire et boulangère (baisse du volume du pain).

Le projet AGTEC-Org a été financé dans le cadre du programme CORE Organic ERANET



Effet du décorticage mécanique (7%) avant broyage sur pierre sur le taux de DON de la farine.



Comparaison de methode et de rendement de broyage sur le volume du pain.

Les prétraitements du grain avant broyage (décorticage mécanique ou traitement par l'ozone suivant le procédé Oxygreen®) ne modifient pas le comportement des grains au cours de la mouture. On observe les mêmes différences entre les caractéristiques des farines suivant le système de mouture mis en oeuvre. Cependant, ces prétraitements apparaissent vraiment efficaces pour abaisser la teneur en DON, notamment avec le processus de mouture sur meule de pierre. Pour ce qui est des questions de sécurité sanitaire au sein de la chaîne biologique, la mise en place de prétraitements des céréales permettrait la production de farines biologiques sûres, même pour des taux d'extraction élevés.

Cet article figurera dans le n°113 d'Alter Agri (à paraitre été 2013)

Associer en relais céréales et légumineuses fourragères : des performances à évaluer à l'échelle de la succession culturale

Par Christophe DAVID, Camille AMOSSÉ et Florian CELETTE
ISARA Lyon, 23 rue J. Baldassini – 69364 Lyon cedex 07
Contact. davidc@isara.fr +0033(0)427858551

L'insertion de légumineuses fourragères au sein des rotations de grandes cultures biologiques a pour but principal d'enrichir le sol en azote et de contrôler la flore adventice. L'implantation en relais[1] sous couvert de blé est une technique innovante augmentant la part de légumineuses dans les rotations céréalières sans limiter la part des cultures de vente dans les rotations. Depuis 2008, l'ISARA Lyon a mené plusieurs expérimentations afin d'identifier les bénéfices mais aussi les contraintes liées à ces techniques d'associations en relais.

[1] Semis de légumineuse fourragère sous couvert de blé d'hiver, maintien du couvert après récolte de la céréale et enfouissement à l'entrée de l'hiver.

Améliorer l'autonomie et la rentabilité des exploitations de grandes cultures biologiques

La faiblesse et la variabilité des performances des grandes cultures biologiques s'expliquent principalement par une nutrition azotée des cultures souvent déficiente et une concurrence par les adventices. Les légumineuses fourragères fixent l'azote atmosphérique qu'elles pourront restituer aux cultures non fixatrices de la rotation. Elles garantissent la couverture des sols et limitent le développement des adventices. Pour éviter la substitution d'une culture céréalière par une culture fourragère moins bien valorisée économiquement dans ces systèmes spécialisés,

la culture simultanée d'une céréale et d'une légumineuse est une alternative intéressante mais qui pose encore plusieurs questions aux agriculteurs. L'utilisation de légumineuses fourragères sous couvert de céréales peut être un moyen de mieux valoriser les ressources du milieu (eau, lumière, nutriments) et d'augmenter les performances des cultures de vente. A l'inverse, l'implantation d'une plante de service (voir encadré) peut induire des risques de compétition sur la culture de vente.

Le projet européen AGTEC-Org a permis de tester diverses pratiques agronomiques et technologiques pour améliorer le rendement du blé et la qualité panifiable et sanitaire de la farine. Les travaux sur les associations grandes cultures-légumineuses visent non seulement les performances du blé mais aussi celles du maïs suivant.

Plante de service
Cette culture peut assurer plusieurs services agronomiques (protection du sol, entretien de la fertilité) ou écologiques (diversification des espèces cultivées, compétition avec les adventices, support pour la faune auxiliaire). Elle sera enfouie et non récoltée en fin de cycle.

Un programme mené avec les agriculteurs

Les résultats présentés sont issus de 4 essais, répartis dans la région Rhône-Alpes (Figure 1), suivis durant 24 mois, du semis du blé d'hiver à la récolte du maïs suivant. Un essai a été lancé en 2008, trois en 2009. Les conditions climatiques des expérimentations au champ étaient contrastées avec des pluviométries au cours du cycle du blé allant de 401 à 784 mm et des températures moyennes de 8.7 à 10. 9°C. Tous les essais ont été semés entre fin octobre et fin novembre avec la variété de blé Lona à une densité de 200 kg/ha. La culture de maïs suivante a été implantée fin Avril.

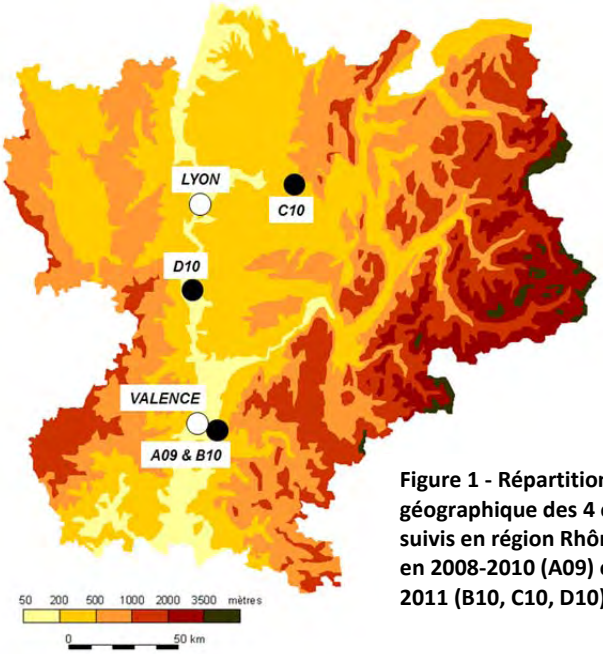


Figure 1 - Répartition géographique des 4 essais suivis en région Rhône-Alpes en 2008-2010 (A09) ou 2009-2011 (B10, C10, D10).

Quatre espèces de légumineuses testées

Quatre espèces de légumineuses ont été semées sous couvert de blé d'hiver : Trèfle blanc (cultivar cv. Aberdaï), trèfle violet (cv. Formica), luzerne (cv. Timbale) et minette (cv. Virgo Pajberg). Ces couverts ont été semés fin mars (stade plein tallage du blé) à une densité de 800 grains/m². L'enfouissement des graines s'est fait grâce au passage d'une herse étrille, un ou deux jours après le semis des légumineuses à la volée. Sur chaque essai un témoin de blé pur a été conservé. Sur l'ensemble des traitements, aucune fertilisation azotée n'a été ajoutée au cours des deux cultures de blé et de maïs pour juger de la quantité d'azote apportée par la légumineuse. L'entretien des traitements en culture pure a été variable après la récolte du blé. Un broyage des adventices des traitements témoins (sites B10 et D10) ou un déchaumage (site A09) ont été réalisé après récolte du blé, à la demande des agriculteurs pour éviter un enrichissement trop important du stock semencier. Les légumineuses ont été enfouies en fin d'hiver grâce à un labour de 25-30cm de profondeur selon les sites.

La croissance et la teneur en azote du blé et de la légumineuse ont été suivies jusqu'à la récolte du blé et l'enfouissement de la légumineuse. La densité et la biomasse des adventices ont été suivies durant la phase d'association. L'azote minéral du sol a été suivi durant la

période hivernale grâce à des prélèvements de sol sur les 90 premiers centimètres. Le modèle LIXIM (INRA Laon) a permis d'estimer des pertes par lessivage à partir des mesures d'azote minéral du sol, des données climatiques et pédologiques.

Des dynamiques de croissance différentes selon les espèces

Les légumineuses semées sous couvert se développent peu jusqu'à la floraison du blé (soit 10 semaines après leur semis) (Figure 2). Minette et trèfle violet ont une forte croissance au cours du remplissage des grains. Après floraison, le développement des légumineuses, notamment de la minette et du trèfle violet, est facilité par une meilleure interception de la lumière (en fin de maturité le taux de couverture du blé est moindre suite à l'assèchement des feuilles). Après récolte du blé, le trèfle blanc connait une très forte croissance bien supérieure aux trois autres espèces. Les trèfles présentent le plus fort niveau de biomasse (>3.5 t MS.ha^{-1}) et d'azote accumulée (>80 kg N.ha^{-1}) avant enfouissement (Fig. 2).

Durant l'association, le trèfle violet et la minette se développent facilement après floraison. Après récolte du blé, le trèfle blanc est l'espèce qui a le plus fort développement durant l'interculture. Plus de 80 kg N.ha^{-1} sont présents dans les parties aériennes des trèfles. La luzerne est l'espèce qui a le plus faible développement après l'association.

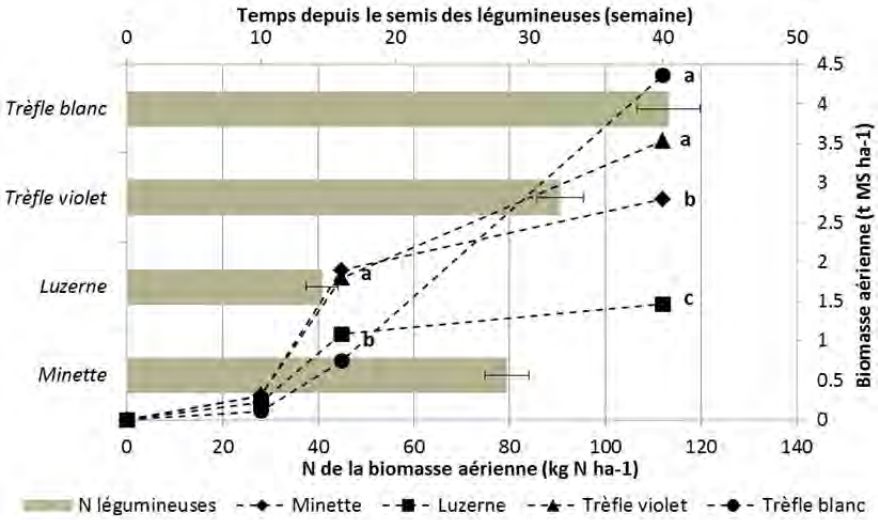


Figure 2- Croissance des couverts de légumineuses (t MS ha^{-1} ; semaine 5 = stade montaison du blé ; semaine 16 = récolte du blé ; semaine 40 = fin automne) et contenu en azote (N) de la partie aérienne des couverts (kg ha^{-1}) en fin d'automne.
Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de la moyenne. Des lettres différentes associées aux points à une date donnée indiquent une différence significative entre traitements (p = 0.10).

L'association en relais n'intervient pas sur les performances du blé … sauf dans des situations où la légumineuse croit fortement après floraison

En général, le rendement du blé associé n'est pas perturbé par la légumineuse semée au tallage du blé (Figure 3). Toutefois, le fort développement de la minette et du trèfle violet sous couvert de blé a limité les ressources minérales et hydriques disponibles au blé. La teneur en protéines du blé a alors été affectée de 0.4 points en moyenne avec des diminutions significatives pouvant dépasser plus d'un point.

L'insertion d'une légumineuse en relais ne modifie pas les performances du blé associé dans la majorité des cas. Il est crucial, d'une part, de limiter la compétition des légumineuses sur les ressources minérales et hydriques du blé et, d'autre part, de favoriser l'implantation de la légumineuse pour maximiser la fixation de l'azote et le contrôle des adventices durant et après l'association.

Sur les parcelles moins propices à l'implantation des légumineuses au printemps (sols caillouteux, climat sec), il faut garantir la qualité de l'implantation des

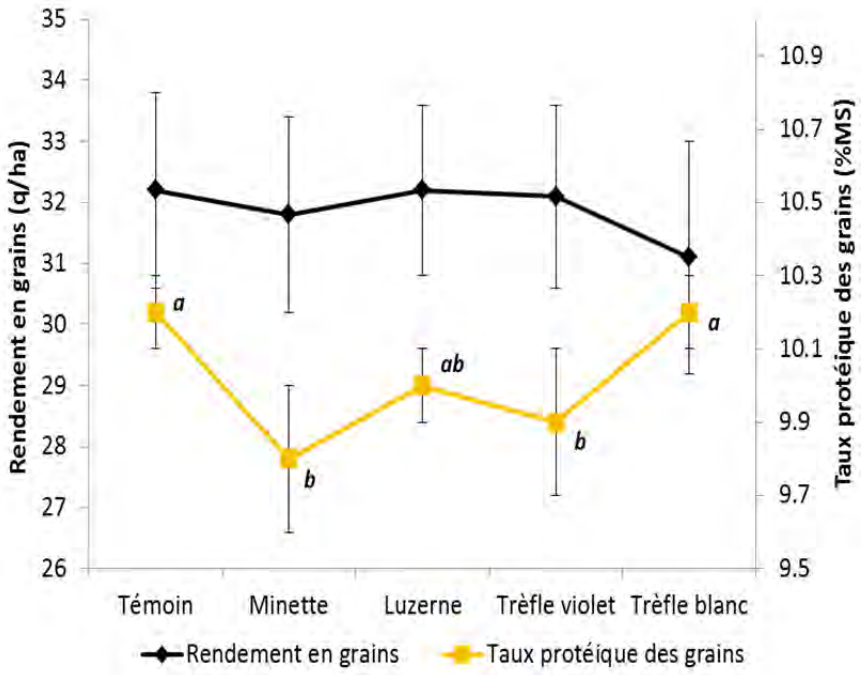


Figure 3 - Rendement en grain du blé associé (q ha^{-1}) et taux protéique des grains (%MS) à la récolte.
Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de la moyenne. Des lettres différentes associées aux valeurs de taux protéique indiquent une différence significative entre traitements (p = 0.10).

légumineuses et favoriser des semis en début de tallage pour éviter un phénomène d'ombrage trop fort causé par le blé. En situation plus propice à l'implantation des couverts, il convient de favoriser des espèces fourragères dont le développement aérien sous couvert est limité, tel que le trèfle blanc et la luzerne.

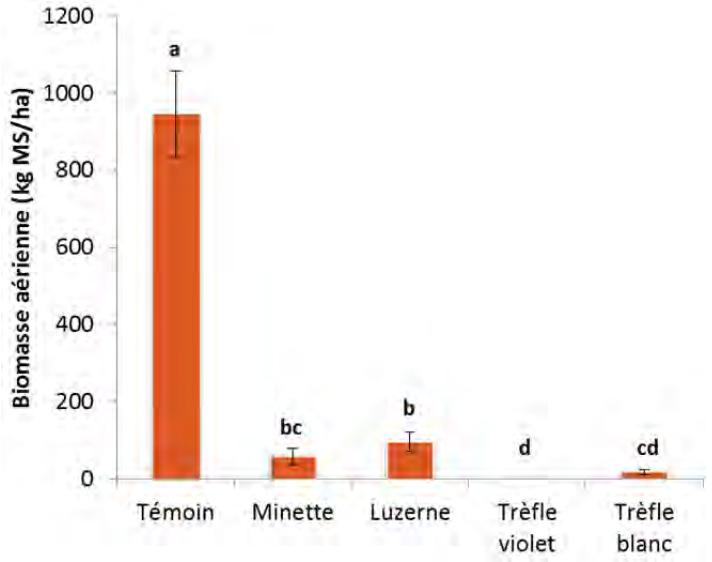


Figure 4- Biomasse aérienne des adventices (kg MS/ha) en fin d'automne, 40 semaines après le semis des couverts, sur les 3 sites suivis.
Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de la moyenne. Des lettres différentes indiquent une différence significative entre traitements (p = 0.10).

La présence des légumineuses permet un meilleur contrôle des adventices

Les légumineuses implantées en relais réduisent la densité des adventices apparues au cours de l'association (réduction de 40 à 60% du nombre d'adventices). La présence d'un couvert conduit principalement à limiter le nombre d'adventices printanières apparaissant de mars à mai.

Après la récolte du blé, sur les trois sites où la biomasse a été prélevée, la présence des légumineuses à limité très fortement le développement des adventices en fin d'automne. Par exemple, la biomasse des adventices en fin d'automne est au moins 9 fois supérieure quand le blé est semé en culture pure et qu'il n'est pas suivi d'intervention (déchaumage ou broyage) en interculture (Figure 4).

L'implantation de légumineuses en relais limite le salissement de la parcelle au cours de l'association puis durant l'interculture. Les trèfles sont les espèces les plus performantes pour contrôler le développement des adventices après la récolte du blé.

Absence d'effet des légumineuses sur le lessivage d'azote

Le maintien du couvert en interculture n'a pas eu d'effet sur le lessivage hivernal, et ce malgré la richesse en azote des légumineuses enfouies. Le fort développement des trèfles, qui immobilise de l'azote du sol pendant la période de drainage, conduit à ne pas aggraver le lessivage.

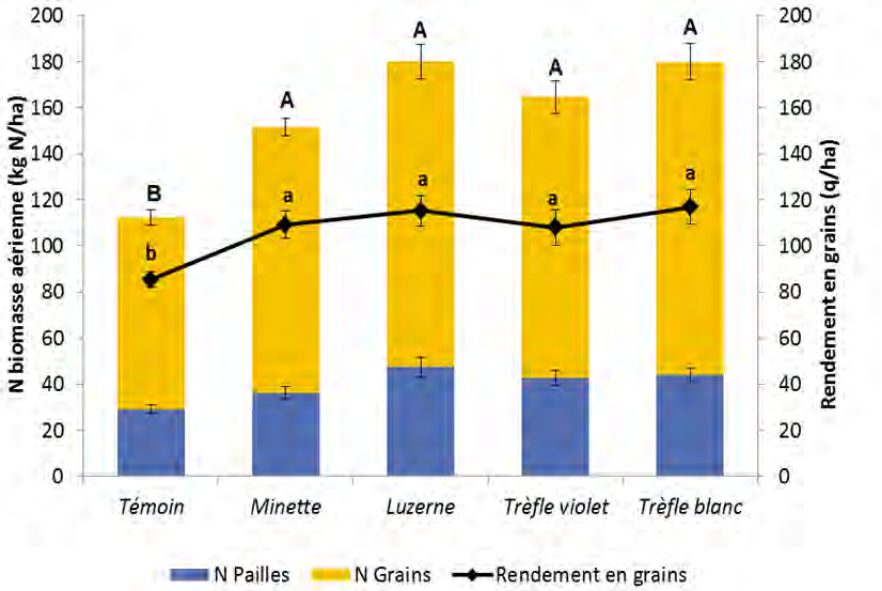


Figure 2- Rendement en grain du maïs suivant (q.ha^{-1}) et contenu en azote (N) de la biomasse aérienne du maïs (kg N.ha^{-1}) à sa récolte. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de la moyenne. Des lettres différentes indiquent une différence significative entre traitements pour le rendement en grains du maïs (minuscules) et le contenu en N de la biomasse aérienne (majuscules) (p = 0.10).

Un fort effet des légumineuses fourragères sur le rendement en maïs

L'association de légumineuses en relais conduit à une forte restitution d'azote à la culture suivante. Les rendements en maïs sont fortement augmentés (+2 à 3t de grains/ha en moyenne) grâce à l'apport d'azote par les légumineuses.

Les rendements en grains sont peu différents selon les types de légumineuses et ce malgré des niveaux d'absorption des parties aériennes variables (Figure 5).

Malgré de fortes quantités d'azote enfouies (de 40 à 110 kg N.ha^{-1}), la présence des légumineuses n'influence pas le niveau de lessivage entre la fin d'automne et l'émergence du maïs suivant, début mai. A l'inverse, l'azote disponible pour le maïs suivant permet d'augmenter fortement le rendement en grain.

Remerciements

Nous tenons à remercier les agriculteurs M Breyton, JM Brun, JM Chancel, P Robin, P Vacher et D Valentin qui ont participé à ce programme. Ce programme a fait l'objet d'un partenariat avec les entreprises Jouffray Drillaud et Frayssinet. Ce programme a reçu le soutien financier de l'Europe (projet AGTEC Org), de l'Agence National de la Recherche (projet PEPITES -ANR Systerra) et de la région Rhône-Alpes.

Cet article figurera dans le n°113 d'Alter Agri (à paraitre été 2013)

Développer les associations de culture blé et protéagineux à graines : conséquences sur le fonctionnement des fermes

Par Damien Foissy (INRA Mirecourt), Marie-Noëlle Bodeving (PROBIOLOR) et Yoan Michaud (CGA de Lorraine)

L'azote est un enjeu majeur pour l'agriculture biologique aussi bien pour la performance et la durabilité des productions que pour la valorisation de certains produits végétaux dans les filières. Bien que le volume de la production française de blé biologique équilibre quasiment la demande, le quart des blés meuniers présente une qualité inférieure aux seuils exigés (protéines, valeur technologique). Tandis que la filière animale en déficit de production française a recours aux importations pour satisfaire ses besoins en protéines végétales.

Les engrais organiques du commerce étant rares et chers, lorsque les ressources issues d'élevage sont limitées, la culture de légumineuses est une solution agronomique et économique intéressante.

La culture de blé en association avec un protéagineux présente des avantages tant sur le plan agronomique que pour la valorisation au sein des filières. Une étude menée en Lorraine s'est intéressée aux changements que ce mode de culture induisait sur le fonctionnement de l'exploitation agricole

Un projet de recherche sur les associations de céréales et légumineuses en agriculture biologique (AB) et en conventionnel (CAS DAR AP08 n°8058) associant organismes de recherche et développement, a été mené par l'ESA Angers entre 2009 et 2012. Les premiers résultats montrent que les associations avec du blé dur ou tendre permettent d'augmenter le rendement global des parcelles cultivées en comparaison au même blé cultivé en pur, et par effet induit, d'améliorer la marge brute économique (Justes *et al* 2009, Pelzer *et al* 2011). D'autres intérêts agronomiques des cultures associées ont été identifiés : elles exercent une forte compétitivité vis-à-vis des adventices et contrôlent en partie les maladies et ravageurs, levant ainsi un des freins principaux à la production de protéagineux en Agriculture Biologique (ITAB).

En Lorraine, région de polyculture élevage, il est fréquent qu'un quart des blés meuniers biologiques présente des teneurs en protéines inférieures aux exigences de la meunerie (référence: 10,5%). Le contexte pédoclimatique y favorise fortement les cultures céréalières (blé, orge, triticale, seigle, épeautre, avoine). Or, si la consommation de céréales biologiques transformées augmente sans cesse, seul le blé profite de ce débouché, le marché des autres céréales étant saturé. L'enjeu est donc de pouvoir proposer aux meuniers des blés de qualité, et de trouver en partie des cultures de substitution aux céréales secondaires. Il est nécessaire de séparer les graines des deux espèces qui sont valorisées dans des filières différentes, l'une en meunerie, l'autre en alimentation animale. Or, certains collecteurs comme la coopérative biologique de Lorraine ne dispose pas de points de collecte, ni de silos suffisants pour stocker le grain. Les agriculteurs doivent donc nettoyer le grain à la récolte et à le stocker temporairement jusqu'au rapatriement à la coopérative.

Si l'association blé-protéagineux apparait intéressante, on connait peu de choses sur les changements induits par l'introduction d'une telle association dans les fermes. Dans cette étude présentée ici, nous apportons de premiers éclairages sur les

conséquences de l'introduction d'une culture en mélange de blé et de pois, d'une part sur leur rotation, et d'autre part sur leur fonctionnement.

Outils et méthode

L'étude a été menée en Lorraine, région de polyculture élevage où les bovins (laitier et viande) constituent l'essentiel du cheptel. En AB, les ¾ de la SAU sont consacrés à la production fourragère (AGRESTE, 2009) et les cultures représentent 17 % de la SAU. La collecte de céréales est principalement assurée par la coopérative d'envergure régionale Probiolor (136 adhérents), dont la collecte de blé était de 1900 t en 2011. Afin d'optimiser la gestion de ses infrastructures (capacités et nombre de cellules limitées), la logistique nécessaire (transport, manutention, allotement,…) et de maîtriser les coûts économiques, la coopérative envisage de réaliser en partie le tri des espèces à la ferme dans le but de collecter séparément le blé et les protéagineux

Une quinzaine de variétés de blé sont cultivées. Toutefois Renan, Pireneo, Camp Rémy, Saturnus et Capo représentent l'essentiel des volumes collectés. Selon les années, une forte variabilité de la teneur en protéines est notée, et ce quelle que soient les variétés ; le volume de blé inférieur au seuil de 10.5 % de protéines peut osciller entre 20 et 50 % de la collecte.

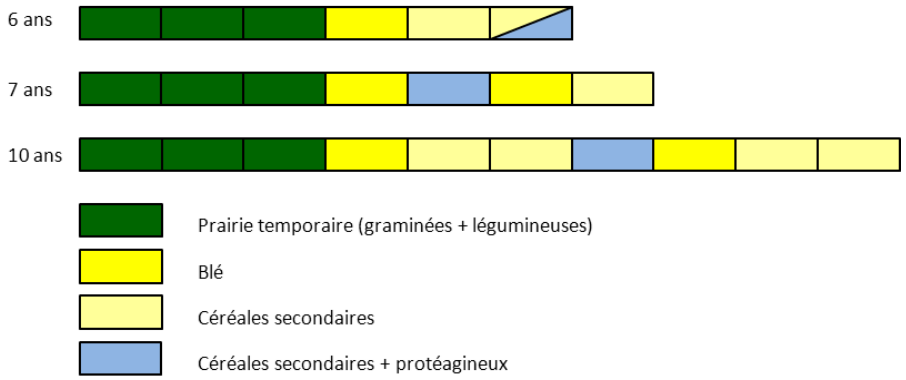
A l'automne 2009, nous avons identifié la place du blé dans les successions de culture chez 18 agriculteurs (de type céréalier, polyculture élevage et élevage). Puis nous avons réalisé des entretiens semi–directifs auprès de 3 agriculteurs qui ont cultivé une association de blé et de pois lors des campagnes 2009 et 2010. Ces 3 agriculteurs disposaient d'équipements à la ferme qui leur permettaient de séparer les espèces après la récolte.

Résultats

Systèmes de culture actuels

Chez les agriculteurs enquêtés, les systèmes de culture reposent tous sur une base fourragère. La rotation débute toujours par une prairie temporaire (2 à 3 ans), aussi bien en système d'élevage qu'en système plus céréalier. Les prairies temporaires sont constituées de mélanges de graminées et légumineuses. Selon les types de sols, les légumineuses de base sont les trèfles blanc et violet ou la luzerne. Les cultures annuelles sont essentiellement des céréales à paille destinées aux besoins du troupeau (paille, concentrés fermiers) et à la vente. La durée de la rotation est en général de 6 à 7 ans (3/4 des fermes) tandis que des rotations plus longues (8 à 12 ans) sont rencontrées dans des fermes à vocation plus céréalière. Les blés succèdent à un précédent légumineuse : en premier derrière une prairie, puis plus loin dans la rotation après une légumineuse à graine, elle même cultivée en association avec une céréale à paille. Le pois fourrager est la principale espèce cultivée dans les mélanges. Il représente plus de 80 % des mélanges, et est cultivé 3 fois sur 4 avec un triticale. En rotation courte (6–7 ans), les fermes d'élevage ne font qu'un blé tandis que les fermes céréalières ou en polyculture élevage en cultivent deux. En rotation plus longue, on retrouve jusqu'à 3 blés.

Synthèse des rotations rencontrées



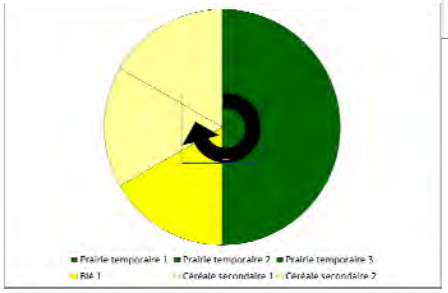
Céréales secondaires : triticale, épeautre, seigle, avoine, orge, elles peuvent être d'hiver ou de printemps.
Légumineuses à graines : pois fourrager, pois protéagineux, féverole.
Apports de fumiers : 10-15 t de fumiers / ha en priorité sur blés sauf blés derrière prairie, puis sur céréales secondaires en fin de rotation. En système d'élevage, ¼ des apports sur prairie permanente.
Pas d'achat d'engrais organiques

Insérer un blé / pois dans la rotation

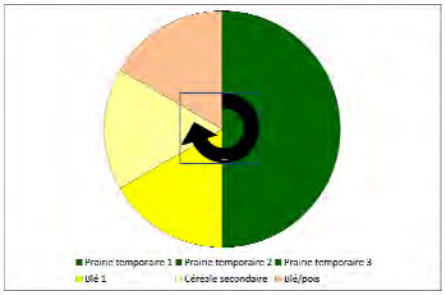
Deux scénarios sont envisageables.

<u>Le premier scénario</u> consiste à remplacer une culture de la rotation par une autre.

Actuel :

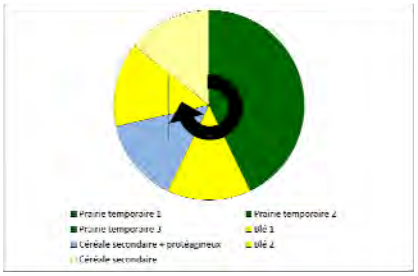


Futur :

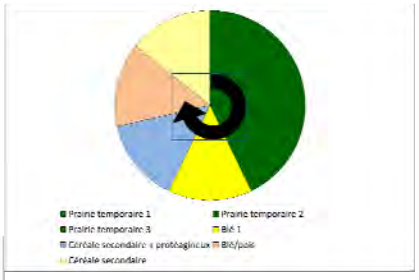


Le blé/pois remplace une partie des céréales secondaires, permettant ainsi de cultiver un blé supplémentaire.
Ce blé/pois peut également être cultivé en remplacement des blés purs situés en 2ème ou 3ème place de la rotation, en vue d'améliorer la qualité du blé, de sécuriser la production sur des terres où le contexte pédoclimatique est limitant en terme de rendement.

Actuel :



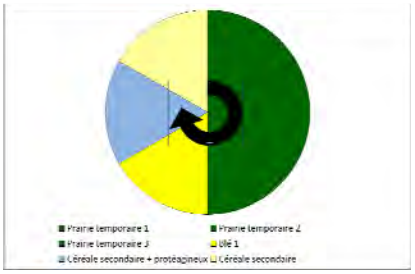
Futur :



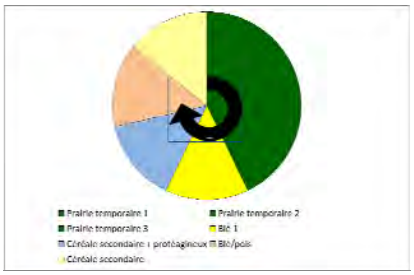
Dans les deux cas, une compétitivité est exercée vis-à-vis des adventices, la part d'azote fixée par les légumineuses dans la rotation est augmentée, contribuant ainsi aux performances du système de cultures.

<u>Le deuxième scénario</u> est un allongement de la durée de la rotation.

Allongement de la rotation :
Actuel :



Futur :



Le blé/pois vient s'intercaler entre deux cultures. Cette solution oblige à revoir la place de chaque culture dans l'assolement. Les conséquences sont plus importantes pour les systèmes d'élevage ou de polyculture élevage que pour les systèmes plus céréaliers.
Pour les premiers, l'allongement de la durée de la rotation entraîne une diminution de la surface en prairie temporaire ; cette surface serait de 21 ha pour une rotation de 8 ans au lieu de 24 ha pour une rotation de 7 ans. Ceci peut –dans certains cas– remettre en cause l'autonomie fourragère, un des principes d'élevage en AB.
Par contre, l'allongement de la rotation serait plus facilement envisageable dans les systèmes plus céréaliers qui manquent de légumineuses et où les prairies peuvent avoir un débouché plus limité.
Enfin la prise de risque liée à l'allongement de la durée de la rotation ne sera pas le même si la rotation est courte (ex. 6 ans) que si elle est longue (ex. 10 ans). Même si les avantages sont indéniables à l'introduction d'une association de céréales/légumineuses dans la rotation, la maîtrise des

adventices et des bio-agresseurs (maladies et ravageurs) risque d'être plus difficile sur 11 ans que sur 7 ans.

Séparer le blé et le pois après la récolte

Le tri à la ferme présente un intérêt aussi bien pour les agriculteurs-éleveurs que pour le collecteur. Les protéagineux et les graines non marchandes (grains brisés, petits grains) peuvent bien-sûr être incorporés directement dans l'alimentation du troupeau de la ferme. Ce débouché demande peu de travail et permet de réaliser des économies en aliment du bétail. Cependant la maîtrise de la qualité nutritive des graines non marchandes est difficile à connaître, ces concentrés fermiers sont à réserver en priorité aux animaux à besoins limités (génisses, vaches allaitantes). Le collecteur, quant à lui, ne pourra valoriser les graines qu'une fois qu'elles auront été séparées, soit en meunerie pour le blé, soit pour l'alimentation animale pour les deux espèces.

Dans la majorité des cas, il est donc nécessaire de séparer les espèces. Qu'il soit réalisé en ferme ou par la coopérative de collecte, le tri ajoute plusieurs critères à prendre en compte dans le choix des variétés. Intervient en effet la taille des graines : la qualité du tri sera d'autant meilleure que la taille des graines (diamètre) entre les 2 espèces sera différente. La facilité de battage de la variété de blé est également à prendre en compte. Un blé difficile à battre exigera une vitesse plus élevée du batteur et un écartement plus faible entre le batteur et le contre-batteur, ce qui occasionnera une casse plus importante du pois. Enfin, le réglage de la moissonneuse rendra plus ou moins facile l'opération de tri.

La moisson du blé/pois demande donc plus d'attention à l'agriculteur à une période où les conditions climatiques et les pointes de travaux (ramassage des pailles, récolte des foins, semis des cultures intermédiaires,…) sont des sources de stress importantes.

Stocker et collecter

Les agriculteurs biologiques lorrains disposent en majorité de stockage à la ferme, la collecte se faisant par camions au fur et à mesure des besoins de la coopérative. La plupart des agriculteurs sont équipés d'appareils de nettoyage qui éliminent les sources de mauvaise conservation du grain (déchets verts, graines étrangères…). Cette opération de premier nettoyage est réalisée au plus tard dans les 24 heures qui suivent la récolte. La séparation du blé et du pois pourrait se faire à ce moment-là. Mais les agriculteurs interrogés l'envisagent plutôt hors de période de pointe de travaux "*quand j'ai plus de temps… je peux faire un tri nickel*". Pour cela, des capacités de stockage supplémentaires sont nécessaires : une de plus pour le stockage du mélange blé/pois à la récolte et éventuellement 1 à 2 autres cellules pour le stockage du blé et du pois après tri.

La collecte en ferme peut être organisée par filière, meunerie ou alimentation animale, ce qui dans le cas de Probiolor permettrait de mieux optimiser la gestion des infrastructures du silo de stockage.

Etre rentable économiquement

Le prix payé à l'agriculteur prend notamment en compte la teneur en protéines : une plus ou moins value de 10€/t est ajoutée par point de protéines supérieur ou inférieur. ProBioLor, par exemple, paie 350€/t (prix acompte 2011) un blé meunier à 12% de protéines (Hagberg 310, PS >76)

Plusieurs cas sont possibles quand à la rentabilité d'une association blé/protéagineux :

- elle évite un déclassement du blé meunier en blé fourrager (prix vente du blé 320€/t au lieu de 280€/t),
- elle permet un gain de 2 points de protéines, la plus-value de 20€/t du prix de vente du blé compense le prix plus faible du protéagineux,
- à même teneur en protéines du blé, le rendement global produit par l'association est plus élevé que la culture de blé pur.

A cela, il reste à ajouter le coût difficilement chiffrable que représente le tri pour l'agriculteur que ce soit en

temps ou en équipement complémentaire du matériel de tri déjà présent dans les fermes

Perspectives

Pour se développer, la culture de blé associé à une légumineuse à graine et la séparation des espèces à la ferme, nécessiteraient quelques améliorations complémentaires. Cette étude nous permet d'en lister quelques-unes.

Pour faciliter la constitution de lots homogènes et la propreté de ces lots, il serait important de définir un cahier des charges relatif à ce qui est attendu par le collecteur.

Pour faciliter le choix variétal, il est essentiel que l'agriculteur puisse connaitre les potentialités d'amélioration de la teneur en protéine de son blé. Associés aux mêmes légumineuses, certains blés verront en effet une amélioration de leur qualité tandis que d'autres resteront stables (figure 2).

Or, ce paramètre n'est actuellement pas disponible.

L'extension des associations de protéagineux avec un blé est freinée aujourd'hui dans les systèmes de culture lorrains actuels par la forte présence de pois en association avec du triticale. Il est donc nécessaire de raisonner en complémentarité les deux types d'associations protéagineux / blé ou protéagineux / triticale. L'introduction d'une espèce comme la féverole pourrait, quant à elle, permettre de limiter les risques de bio-agresseurs.

La culture de blé que ce soit en association avec un pois, une féverole… apporte des pistes intéressantes aussi bien pour l'ajustement des systèmes de culture biologique en place que pour la définition des systèmes de culture dans le cas de la conversion à l'AB. A l'heure où les marchés en céréales secondaires biologiques stagnent, la demande de blé biologique continue de croître et les besoins en protéagineux pour l'alimentation animale ne baissent pas.

Remerciements :

Cette étude a bénéficié de soutien financier du Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural (n°8058).

Les auteurs remercient Claude Choux, Jacques Delatte, Philippe Henri et Thierry Lecler (agriculteurs expérimentateurs) ainsi que les 18 agriculteurs enquêtés en 2009.

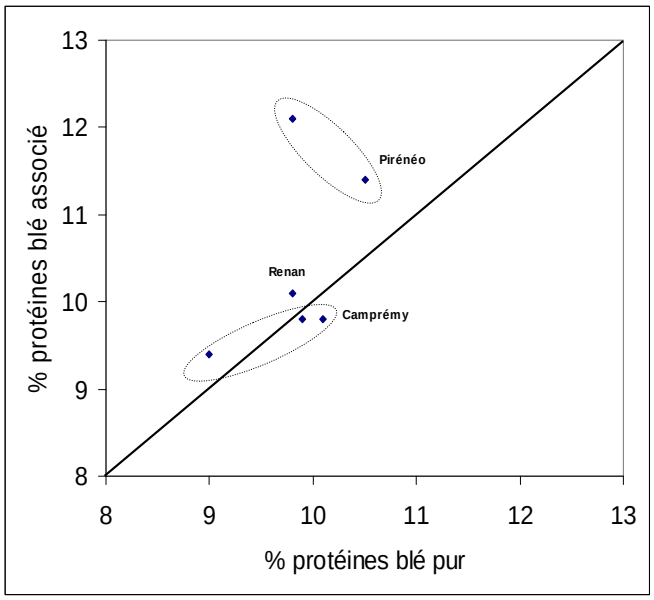


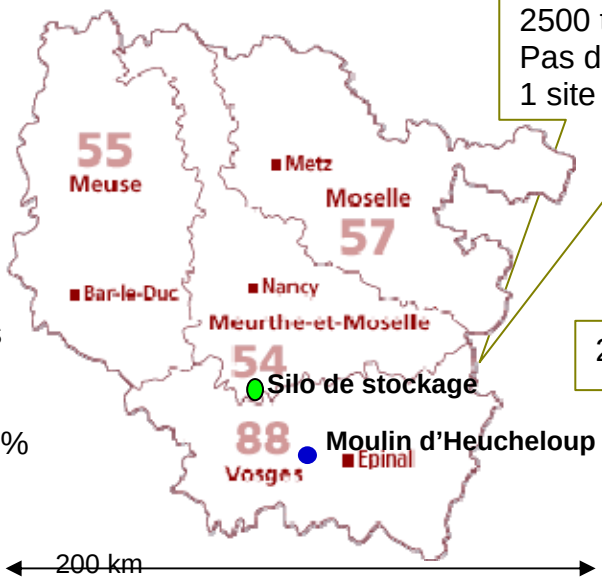
Tableau 1- Part de graines de pois restant dans les lots de blé après tri

Ferme	Année	variété	% de pois
1	2009	Camp-Rémy	1
1	2010	Pireneo	6
2	2010	Camp-Rémy	2
3	2009	Renan	1
3	2010	Pireneo	1.5

Lors des 2 campagnes test, les 3 agriculteurs volontaires ont utilisé leurs nettoyeurs à plan horizontal. Après le tri, il restait entre 1 et 6% de pois dans les lots de blé, plusieurs facteurs expliquent cela : des tailles de graines proches entre les deux espèces, absence de tamis adaptés, une part importante de graines de pois cassées à la récolte. Un temps d'adaptation est également nécessaire à l'agriculteur pour qu'il maîtrise cette nouvelle opération (choix des tamis, réglage du matériel). Lorsque la propreté des lots sera insuffisante, un second tri –à la ferme ou en coopérative– devra être réalisé avec d'autres types d'appareils.

352 bios sur 467 en Grandes Cultures (GC) ou polyculture élevage bovin

- 5 % GC, 55 % lait, 40 % viande



PROBIOLOR :
130 Adhérents
Collecte :
2000 t de blé
2500 t autres céréales
Pas de silo de collecte
1 site de stockage (800 t)

250 t/an blé bio

Pourquoi sélectionner de nouvelles variétés de blé tendre adaptées à l'agriculture biologique ?

Bernard Rolland[1], Antonin Le Campion[1], François-Xavier Oury[2]

[1]INRA, UMR Institut de génétique, environnement et protection des plantes (IGEPP), domaine de la Motte, 35653 Le Rheu
[2]INRA, UMR Génétique, diversité et écophysiologie de céréales (GDEC), 234 avenue du Brézet, 63000 Clermont-Ferrand

bernard.rolland@rennes.inra.fr

Longtemps marginale en France, l'agriculture biologique est un secteur émergent à fort potentiel : les objectifs fixés par la loi Grenelle I ambitionnaient de faire passer les surfaces cultivées en agriculture biologique de 2% de la SAU française à 6% en 2012 puis de franchir un nouveau palier avec une couverture de 20% de la SAU en 2020. Même si en réalité c'est seulement 3% de la SAU qui est actuellement cultivée en agriculture biologique, les recherches consacrées à ce domaine, dont le cahier des charges interdit le recours aux produits de la chimie de synthèse, permettent d'anticiper le probable fort renchérissement du coût de l'énergie fossile (pic pétrolier). Ce travail pionnier de réduction des engrais et des pesticides sera alors utile à l'ensemble de l'agriculture. Tous les systèmes de culture ont bénéficié des progrès de la sélection végétale excepté l'agriculture biologique, parent pauvre de l'amélioration génétique. En effet la sélection s'est faite depuis 50 ans pour des itinéraires techniques artificialisés pour lesquels la fertilisation azotée minérale est abondante et où les herbicides sont utilisés pour lutter contre les adventices des cultures. Elle a conduit à l'obtention de variétés à paille courte donc peu concurrentielles vis-à-vis des mauvaises herbes et qui peinent en conditions de disponibilités réduites en azote, conditions rencontrées en agriculture biologique. La sélection variétale sur des critères adaptés à ces milieux aux contraintes fortes se justifie. Nous présenterons pourquoi elle peut être porteuse d'enseignements et discuterons de sa possible évolution au regard des premiers résultats obtenus.

L'utilité des variétés de blé tendre sélectionnées pour l'agriculture biologique

Plusieurs explications sont avancées concernant le retard accumulé pour la sélection en agriculture biologique. Ce mode de production, s'il offre des perspectives de développement à moyen terme, ne représentait en France en 2010, pour le blé tendre, que 43 000 hectares, dont 15 000 en conversion (Agence Bio, 2011), sur des emblavements qui couvrent près de 5 millions d'hectares (FranceAgriMer, 2012b). La modestie de ce marché n'a pas incité les sélectionneurs professionnels à investir sur des programmes spécifiques à l'agriculture biologique, sachant que de 10 à 12 campagnes, soit 10 à 12 années (un cycle du blé d'hiver dure environ 9 mois), sont nécessaires à la création d'une variété.

L'INRA, fondé en 1946 pour « nourrir la France » au lendemain de la seconde guerre mondiale, a activement participé aux évolutions de l'agriculture française et notamment au progrès génétique. Jusqu'au milieu des années 1980, ceci s'est traduit par la mise au point de variétés (d'Etoile de Choisy à Pernel), adaptées à des modes d'agricultures considérés comme intensifs du fait du recours aux intrants chimiques. L'institut a ensuite accompagné la diversification de l'agriculture en développant des variétés « rustiques » à la fois productives et plus résistantes aux maladies. L'arrivée au premier plan du concept de protection intégrée des cultures a vu ce champ de l'amélioration des plantes s'intensifier avec les inscriptions successives à la fin des années 1990 des variétés Virtuose (1998), Farandole (1999), et plus récemment de Koreli (2006), Barok (2009), Flamenko, Folklor (2010) et Lyrik (2011), variétés possédant des résistances intéressantes aux maladies d'importance économiques.

Pour répondre à une demande de plus en plus insistante de la filière, le groupe « Innovation variétale » du département de Génétique et d'amélioration des plantes de l'INRA (DGAP) a entrepris depuis 2000 d'évaluer dans les conditions de l'agriculture biologique les lignées rustiques de blé tendre sélectionnées pour des conduites à intrants réduits. Depuis 2004, des équipes INRA ont rejoint le réseau de criblage variétal de l'ITAB pour former un dispositif

d'essais multisites et pluriannuel. C'est également à partir de cette date que des croisements spécifiques pour l'agriculture biologique, dont les premiers résultats prometteurs apparaissent, ont été réalisés à Rennes.

Après douze années de travaux d'expérimentation et de sélection en station et en réseau, les sélectionneurs du groupe « Innovation variétale » de l'INRA identifient quatre raisons justifiant l'amélioration génétique par sélection généalogique du blé tendre pour créer de nouvelles variétés lignées pures pour l'agriculture biologique. Nous les donnons ci-après.

Une demande croissante

La demande en farines issues de l'agriculture biologique pour l'alimentation humaine est croissante et l'augmentation de la production française ne suffit pas. Pour la campagne 2010-2011, les importations de blé tendre couvraient près de 32% (chiffre proche des années précédentes) des utilisations en France et 27% des ressources totales (utilisations + stocks) (FranceAgrimer, 2012a). Ce chiffre apparaît stable sur les prévisions de 2011/2012. En outre, des importations lointaines de grains productibles en Europe de l'ouest contredisent l'éthique de l'agriculture biologique qui vise une production, autant que faire se peut, locale.

La nécessaire augmentation des rendements

Les rendements des céréales d'hiver (la situation est très différente en cultures d'été) cultivées en agriculture biologique sont divisés par deux par rapport à la moyenne française (fig. 1), d'autant qu'elles sont très peu cultivées en agriculture biologique dans le grand Bassin parisien (Agence Bio, 2011).

Ces rendements avoisinaient les 32 q/ha en 2009/2010 (FranceAgriMer, 2011a) et sont instables d'une année et d'un lieu à l'autre (fig. 2). Si certains agriculteurs travaillant en circuit court (et dont l'essentiel des revenus provient de la commercialisation de leurs produits transformés) se contentent des rendements actuels, pour les autres, qui constituent une large majorité, le revenu est conditionné par la quantité de grains récoltée à l'hectare. L'attente est de plus en plus forte de la part de la profession agricole pour de plus hauts rendements en agriculture biologique (Lammerts Van Bueren *et al.*, 2011).

Les limites des progrès par la voie agronomique et par la fertilisation

Les rotations en grandes cultures biologiques ont été étudiées dans leur diversité et sont mieux comprises. Les choix liés à la rotation, participant à la durabilité d'un système de cultures biologiques sont mieux cernés notamment sur le plan agronomique, mais également économique et environnemental. Cela a été étudié par le programme RotAB (ITAB, 2011) dont il ressort que le contexte de production conditionnerait fortement les résultats économiques de l'exploitation (Garnier, 2011). L'optimisation des rotations en grandes cultures biologiques semble donc atteindre un palier et ne se profile désormais plus comme une voie majeure d'augmentation durable du rendement, donc du revenu.

Pour les cultures de céréales d'hiver, les gains de production par fertilisation organique, seule autorisée par le cahier des charges de l'agriculture biologique, sont faibles.

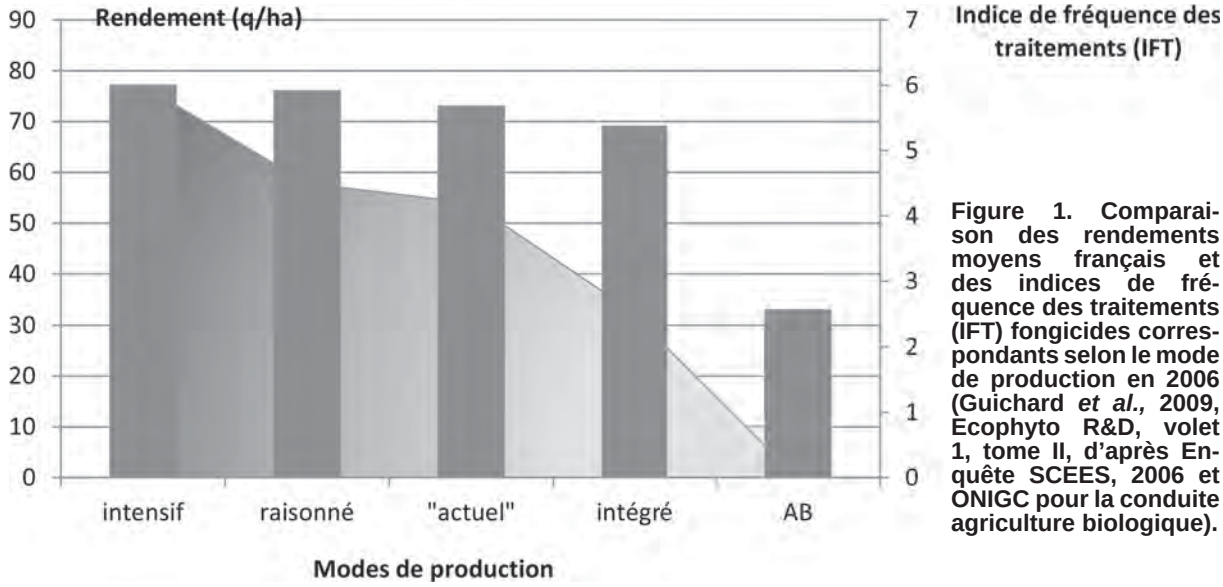


Figure 1. Comparaison des rendements moyens français et des indices de fréquence des traitements (IFT) fongicides correspondants selon le mode de production en 2006 (Guichard *et al.*, 2009, Ecophyto R&D, volet 1, tome II, d'après Enquête SCEES, 2006 et ONIGC pour la conduite agriculture biologique).

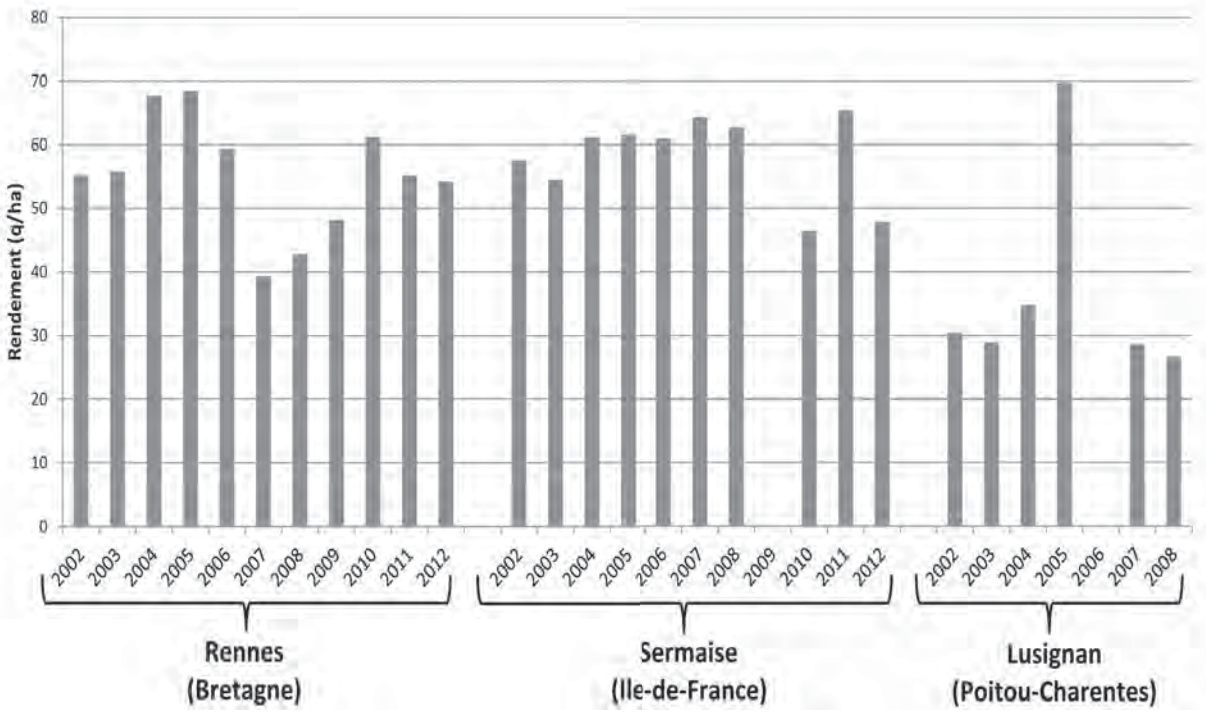


Figure 2. Rendements moyens obtenus dans les essais INRA en agriculture biologique toutes variétés confondues de 2002 à 2010 sur les sites de Rennes (35), Sermaise (91) et Lusignan (86).

Ils sont également aléatoires, chers et très variables selon les produits utilisés (Raynal et Nicolardot, 2006 ; Prieur et Justes, 2006). Ceci s'explique par les besoins importants des céréales d'hiver lors de la flambée de croissance à la montaison alors que les températures des sols en début de printemps limitent la minéralisation de l'azote organique.
En effet, bien que la biomasse soit rarement limitante au stade épi 1 cm (GS31), les composantes du rendement mises en place par la suite dans le cycle du blé (nombre d'épis par plante et nombre de grains par épi) sont généralement inférieures au potentiel initialement envisageable (InterBio Bretagne, 2010).

Les limites de l'offre variétale actuelle

En ce qui concerne les variétés anciennes et exotiques, les variétés d'Europe centrale ou d'Amérique du Nord, sélectionnées pour des situations pédoclimatiques différentes, voire très différentes de la France, et les variétés anciennes, populations ou lignées pures, donnent des résultats bien inférieurs aux variétés modernes, excepté dans les situations pédoclimatiques où le potentiel de rendement est faible (essais réseau INRA de création variétale).

Quant aux variétés sélectionnées pour les systèmes de culture intensifs, elles se montrent le plus souvent inadaptées aux conditions de l'agriculture biologique en termes de rendement mais aussi et surtout de qualité boulangère.

En conséquence, et à court terme, il semble que seule la mobilisation de nouvelles variétés puisse accroître le rendement par hectare, avec comme contrainte de maintenir la valeur boulangère, c'est-à-dire la capacité de la farine de blé tendre à être panifiée.

Sélection végétale et évolution du patrimoine génétique du blé

Un rappel historique

Pour les céréales à paille, la sélection végétale moderne a débuté en France dans les années 1880. Après une période d'isolement de lignées pures à partir des populations existantes, les premières variétés de blé tendre d'hiver sélectionnées après hybridation manuelle ont été obtenues (Dattel, Hâtif inversable, *etc.*).

Les blés poulards *(Triticum turgidum turgidum)* aux farines filantes ont été abandonnés au début du XXe siècle. Les agriculteurs, après avoir constaté les meilleures performances des « blés de sélection », ont progressivement remplacé les variétés populations par de nouvelles variétés obtenues par des agriculteurs sélectionneurs (Benoist, Desprez, de Vilmorin…) qui évoluèrent ensuite pour devenir des entreprises spécialisées en sélection végétale. L'utilisation des populations de blés a quasiment disparu entre les deux guerres mondiales (Rolland et Nolot, 1989). Donc, avant toute intervention étatique réglementant le commerce des semences, le progrès génétique s'était répandu dans les campagnes et les agriculteurs avaient choisi de cultiver les nouvelles variétés car elles étaient plus productives.

Puis la sélection s'est professionnalisée, avec une augmentation du nombre de croisements suivis, grâce à la mécanisation du travail d'expérimentation et aux capacités accrues de travail en réseau permises par le développement des outils statistiques et informatiques. Les variétés sont alors développées à l'échelle des grandes régions de production, correspondant en France à au moins quatre vastes zones d'adaptation : nord Seine, centre ouest, centre est et sud.

La productivité a augmenté de façon spectaculaire à partir des années 1960 et la moitié du gain annuel a été attribué au progrès génétique (Brancourt *et al.*, 2003). Par ailleurs, la force boulangère des variétés de blé tendre a été multipliée par deux en 50 ans. Ceci a accompagné l'évolution des techniques de boulangerie (utilisation de levure, pétrissage intensif, fermentation rapide, ajout d'adjuvants), associée à l'amélioration des conditions de travail dans les fournils.

Depuis le milieu des années 1990 une stagnation des rendements en blé tendre a été constatée, questionnant sur un possible ralentissement du progrès génétique. Une étude récente reconnaît néanmoins les bénéfices apportés par la sélection. S'appuyant sur des données de rendement sur les 35 dernières années, la stagnation observée a pu être attribuée à une dégradation des conditions agro-environnementales, avec un effet prépondérant du changement climatique. En effet, en s'affranchissant de l'effet « année », il a été montré que les rendements corrigés ont marqué une augmentation régulière de 1970 à nos jours (Brisson *et al.*, 2010 ; Oury *et al.*, 2012). La stagnation n'est donc pas liée à un ralentissement du progrès dû à la sélection, et ne remet donc pas en cause l'utilité de cette dernière.

Aujourd'hui, l'amélioration des céréales à paille reste essentiellement basée sur le schéma classique de la sélection généalogique multicaractères, pour l'obtention de variétés « lignées pures ». Ce processus dynamique intègre des géniteurs d'origines très diverses : essentiellement les meilleures variétés du moment, mais aussi des blés synthétiques issus de croisements interspécifiques, des lignées exotiques (dont celles du CIMMYT, Centre international d'amélioration du maïs et du blé dont le siège est basé à Mexico), plus rarement des variétés anciennes.

L'offre variétale potentielle est importante : une vingtaine de nouvelles variétés de blé tendre sont inscrites chaque année au catalogue, et les 80 000 hectares annuels de multiplication de semences concernent plus de 200 cultivars. Cependant, cette diversité de l'offre est incomplètement valorisée : pour 2012, et bien que ce chiffre soit en baisse régulière depuis 2006, les 10 variétés les plus cultivées couvrent 45% des 5 millions d'hectares de blé tendre (FranceAgriMer, 2012c). Notons qu'en agriculture biologique ce ratio monte à 67% pour l'assolement 2010, traduisant bien le besoin en variétés nouvelles mieux adaptées à ce mode de production. Le peu de renouvellement de l'offre variétale en agriculture biologique est confirmé par la prédominance continue de la variété Renan, inscrite en 1989, qui représentait encore environ 23% de l'assolement des blés français cultivés en agriculture biologique en 2010 (FranceAgriMer, 2011b).

Pratiquement tous les systèmes de culture ont bénéficié des progrès de la génétique et notamment la production intégrée (Rolland *et al.*, 2003 ; Bouchard *et al.*, 2008). Mais l'agriculture biologique a été la laissée pour compte des programmes d'amélioration génétique, et plusieurs voies sont maintenant à explorer pour fournir à ce mode de production des variétés qui lui soient adaptées.

Aujourd'hui la sélection végétale est surtout au service du mode de production très majoritaire correspondant à l'agriculture intensive, grande consommatrice d'intrants chimiques. L'agriculture biologique se contente des « sous-produits » de cette sélection, selon le principe de « qui peut le plus peut le moins ». Pourtant, si on souhaite des variétés spécifiques, il faut bien les créer. Certains pays européens bénéficient d'une longueur d'avance sur la France. L'Autriche par exemple, a mis en œuvre depuis 2001 un test dit *« value for cultivation and use »* (VCU), équivalent de la valeur agronomique et technologique ou VAT en France, d'inscription au catalogue des variétés spécifiques à l'agriculture biologique. Cette possibilité d'évaluation de la valeur agronomique et technologique des blés autrichiens a favorisé le développement d'une sélection pro-

fessionnelle destinée à l'agriculture biologique, soutenue par des fonds publics, à l'image des travaux de la société Saatzucht Donau (Löschenberger *et al.*, 2008). En développant des méthodes de sélection adaptées à l'agriculture biologique, ces sélectionneurs amplifient leur stratégie de sélection basée, au départ, sur une évaluation en conditions de faibles intrants. Cette stratégie fait actuellement l'objet d'un questionnement important au sein de la communauté des sélectionneurs et des chercheurs : est-il nécessaire d'établir une sélection directe en agriculture biologique dès la première génération, ou vaut-il mieux instaurer une sélection indirecte, intégrant une première phase de sélection en conduite à intrants réduits ? En Suisse P. Kuntz sélectionne depuis 25 ans des descendances de croisements spécifiques entre variétés anciennes et modernes pour l'agriculture biologique (Löschenberger *et al.*, 2008).

La question de la diversité génétique

La question de l'appauvrissement du patrimoine génétique cultivé est fréquemment discutée. De fait, des rapports internationaux basés sur des données chiffrées et des études récentes de la biodiversité à l'échelle mondiale, s'inquiètent du maintien de la diversité génétique dans les paysages (Secrétariat de la Convention de la diversité biologique, 2006 et 2010). Plus récemment, un rapport d'expertise de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (Goffeaux *et al.*, 2011) soulignait, en s'appuyant sur divers indicateurs et sur l'exemple du blé tendre, l'homogénéisation génétique du blé cultivé en France, qui serait, selon les auteurs, essentiellement liée à la disparition des variétés de pays. L'augmentation de la diversité génétique au niveau de la parcelle cultivée est une stratégie envisagée pour freiner le développement des maladies et réduire l'effet de facteurs limitants. Des travaux de sélection mettent en œuvre des populations à base génétique large, soumises à de faibles pressions de sélection, dans le but d'obtenir des types variétaux génétiquement riches et adaptés aux conditions locales (Goldringer *et al.*, 2006 ; Wolfe *et al.*, 2008 ; Desclaux *et al.*, 2008).

Dans le cas de la culture de variétés lignées pures, la diversité envisagée à l'échelle d'une petite région dépend du nombre de variétés cultivées et de leur apparentement. La sélection de lignées pures de blé, adaptées à l'agriculture biologique favorise la réintroduction de diversité génétique en faisant appel, par des croisements spécifiquement dédiés à l'agriculture biologique, à des géniteurs jusqu'alors mis à l'écart, ces derniers ne répondant pas aux critères requis pour une agriculture intensive, centrée sur le rendement en conditions rendues non limitantes par le recours aux intrants.

L'agriculture biologique : un prototype pour anticiper sur les exigences de demain

Dans la perspective d'un fort renchérissement de l'énergie fossile et des intrants chimiques, le contexte à venir plaide pour la réorientation vers des systèmes productifs plus économes en intrants et donc plus autonomes. Dans le continuum des systèmes de culture, l'agriculture biologique, dont le cahier des charges interdit tout recours à la chimie de synthèse, est un bon prototype de réduction des intrants.

Ainsi la sélection pour l'agriculture biologique agira comme un catalyseur de l'innovation pour des modes d'agricultures « durables » plus économes en intrants. En agissant à la base, sur des espaces cultivés aux contraintes fortes et multiples, les solutions apportées s'étendront sur les conduites de culture en conditions moins extrêmes mais néanmoins exigeantes.

Dans ce contexte, la variété est l'une des clés des systèmes agricoles innovants, économes et productifs.

Trois axes de progrès peuvent être envisagés :
– l'adaptation à des systèmes robustes peu dépendants ou indépendants des intrants chimiques (azote et pesticides);
– une approche globale de la qualité, dans ses trois dimensions (technologique, nutritionnelle et organoleptique) ;
– une réflexion sur la faisabilité d'une déclinaison territoriale plus fine de la sélection, pour des débouchés régionaux, avec une délégation de l'expérimentation en fin de cycle à des structures locales (coopératives, GAB, Chambres d'agriculture, autres réseaux d'agriculteurs…), quand elles existent. L'intérêt d'une sélection régionalisée sur des unités territoriales homogènes est parfois évoqué (Annicchiaricho *et al.*, 2010) comme une solution d'optimisation de la sélection.

Quelle sélection pour l'agriculture biologique ?

Moins d'intrants, plus de facteurs limitants (?)

En réduisant les intrants, l'expression des facteurs limitants liés au milieu est exacerbée : ils vont se répercuter sur les composantes du rendement et sur la qualité du blé avec une grande variabilité selon les lieux et entre les années. Les résultats obtenus dans les essais INRA (voir fig. 2) illustrent la forte variabilité des rendements entre les années et selon les sites.

La conduite de culture en agriculture biologique fait ressortir la fertilité initiale des milieux, généralement « lissée » par les intrants en agricultures raisonnée et intégrée.

En effet, la conduite du blé tendre se retrouve confrontée en agriculture biologique à une contrainte récurrente : la faible disponibilité de l'azote pendant la montaison lors de la flambée de croissance des céréales d'hiver. Cette carence en nutriments, lors de cette étape clé du cycle végétatif du blé, est souvent préjudiciable au rendement mais surtout à la qualité boulangère. Ce manque d'azote a pour résultat des teneurs en protéines basses pouvant provoquer le déclassement de variétés normalement classées BPS (Blé Panifiable Supérieur) en conduites intensives, où l'apport d'azote optimal correspond à leur environnement de sélection. Cette observation a été confirmée par les résultats de l'épreuve spéciale VAT en agriculture biologique du CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection) en 2010 et 2011.

La gestion des adventices constitue la seconde contrainte marquante dans ces systèmes de culture sans herbicide. La sélection orientée vers l'agriculture biologique favorisera les variétés à fort pouvoir couvrant, généralement dotées d'une hauteur plus élevée et d'un port plus étalé.

Les dégâts des maladies sont généralement moins fréquents en agriculture biologique, plus aléatoires mais parfois importants, comme l'analyse des résultats issus de 12 années d'expérimentation dans le réseau de création variétale du DGAP INRA a permis de le constater (septoriose sur feuilles en 2009 et 2012, rouille jaune en 2011 et 2012, carie). Par ailleurs, les insectes peuvent parfois occasionner de gros dégâts (taupins sur jeunes plantes en 2010 et 2012, pucerons sur épis en 2011). À l'inverse, d'autres facteurs limitants sont parfois surestimés. Ainsi les dommages liés à la fusariose n'ont pas été plus importants en agriculture biologique, du fait de l'absence de fongicide, que sur les autres conduites de culture (« faibles intrants », « non traité » et « traité ») sur les douze années d'expérimentation.

Les interactions génotype × milieu

L'interaction génotype × environnement a été largement observée dans le milieu animal comme végétal (Ceccarelli, 1996). Parmi une multitude d'exemples, on pourra retenir les résultats de Lafitte et Edmeades (1994) sur l'interaction génotype × fertilisation azotée chez le maïs.

Ces problématiques sont omniprésentes dans les travaux effectués dans le cadre du programme de création variétale de l'INRA et peuvent être discutées au regard des résultats les plus récents. Dans les systèmes de culture à faibles niveaux d'intrants, les différences entre milieux ne sont pas atténuées par la conduite précise de l'alimentation azotée et la maîtrise optimale des maladies, des ravageurs et des adventices. Les interactions génotype × milieu sont alors plus fréquentes et l'interprétation des résultats des essais comparatifs de rendement plus délicates lorsque le ou les facteurs limitants ne sont pas identifiés. L'efficacité de la sélection s'en trouve diminuée. Pour y pallier, il faudrait donc trouver des critères de sélection liés au rendement, mais moins affectés par le milieu de sélection.

Quels critères de sélection pour l'agriculture biologique ?

La sélection pour l'agriculture biologique nécessite de hiérarchiser et pondérer des critères de sélection nouveaux et plus nombreux qu'en sélection classique. Elle nécessite de gérer des contradictions, comme par exemple le choix d'augmenter la hauteur des plantes pour contenir les adventices en mesurant bien le risque lié à un couvert haut et dense potentiellement plus sensible à la verse et aux maladies du feuillage. Le travail du sélectionneur repose alors sur sa capacité à bien peser le « pour » et le « contre » en conservant des objectifs d'amélioration des rendements et de la valeur en panification, les plus stables possibles au cours des années. Ces arbitrages se réalisent en partie lors d'échanges réguliers avec les agriculteurs.

Après douze campagnes d'essais en agriculture biologique, la réflexion actuelle porte sur le choix de l'environnement de sélection le plus approprié pour la prise en compte de ses contraintes spécifiques. Entre la première option, celle d'une sélection dédiée, et la seconde, qui, dans un objectif de réduction des intrants, intègre constamment les critères spécifiques aux besoins de l'agriculture biologique, quel est le choix le plus rationnel et efficace ?

Les enseignements du programme « blé tendre » pour l'agriculture biologique

Le programme de création variétale blé tendre de l'INRA vise l'obtention de variétés rustiques pour les modes de production économes en intrants. Aux mesures de rendement en conduites intensives en mode « traité fongicides » et « non traité fongicides », nécessaires pour l'inscription au catalogue, s'ajoute une évaluation généralisée

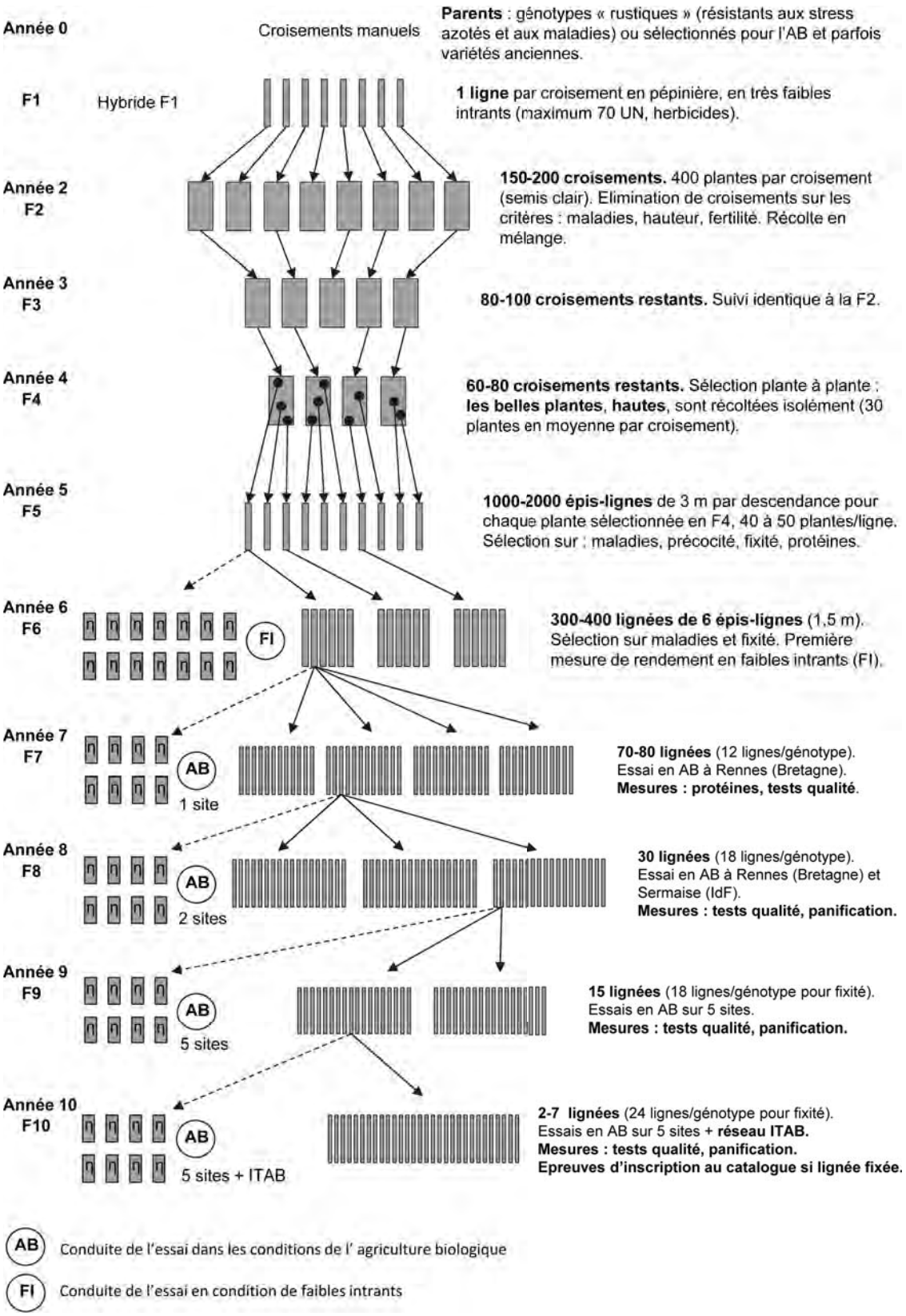


Figure 3. Stratégie de sélection généalogique, pour un blé tendre d'hiver destiné à l'agriculture biologique développée à l'INRA de Rennes - Le Rheu.

et préalable du rendement en conduite « faibles intrants » (fertilisation azotée réduite de 60 unités, ni fongicide ni régulateur) dès les générations F6 et F7. Ce type de sélection vise la productivité (produire mieux avec moins d'intrants) et non le productivisme (plus avec plus), avec l'ambition de maintenir des rendements élevés grâce à la recherche d'une valeur ajoutée biologique maximale.

Dans cette perspective, les objectifs du programme « blé tendre » de l'INRA pour l'agriculture biologique sont de produire plus et mieux, avec des blés panifiables même lorsque les teneurs en protéines sont faibles et plus couvrants pour concurrencer les adventices (Goyer *et al.*, 2005).

À la fin des années 1990 les interpellations des agriculteurs cultivant selon le cahier des charges de l'agriculture biologique étaient de plus en plus pressantes vis-à-vis de la recherche publique et notamment de son secteur « génétique et amélioration des plantes ». Pour tenter de répondre à ces demandes, l'équipe d'innovation variétale de l'INRA de Rennes a choisi d'adapter aux contraintes de l'agriculture biologique un schéma de sélection généalogique éprouvé. La sélection généalogique est caractérisée par la concomitance entre sélection créatrice et sélection fixatrice qui coexistent tout au long du processus (Bonjean et Picard, 1990). Elle conduit à l'obtention de variétés lignées pures. Dans le schéma utilisé à Rennes (fig. 3, page précédente) les plantes sont semées en mélange (bulk) pendant les premières générations puis en familles à partir de la cinquième. Le croisement initial est constitué de deux parents (parfois 3 ou 4), choisis parmi des lignées « rustiques », c'est-à-dire résistantes à la fois aux maladies, à la verse et aux stress azotés. Pendant les 5 années de sélection généalogique en pépinière, l'originalité porte sur le choix de plantes hautes, à fort pouvoir couvrant et multirésistantes aux maladies, qui ne seraient certainement pas conservées en sélection standard. La parcelle n'est pas conduite en agriculture biologique. La fertilisation azotée est limitée à 70 unités par hectare et les adventices, facteur de grande hétérogénéité en semis clair, sont contrôlées par un herbicide. A partir de la F7, les lignées sont évaluées en essais rendement et qualité en parcelles certifiées en agriculture biologique. Ce mode opératoire est voisin de celui adopté en Autriche par Saatzucht Donau (Löschenberger *et al.*, 2008).

Il est important d'indiquer que la sélection telle que pratiquée à l'INRA de Rennes s'inscrit dans une démarche volontariste, où la pression de sélection est forte sur les lignées expérimentées. En effet, sur l'ensemble du processus de création variétale (au moins 10 ans) il y aura beaucoup plus de lignées écartées (entre 95 et 100%) que conservées. Cette démarche qui oriente très fortement la sélection apparaît donc sensiblement différente de celle qui repose sur la gestion de populations soumises à la sélection naturelle ou à une faible pression de sélection et dont le but est de produire sur le long terme des variétés populations adaptées aux conditions locales (Goldringer *et al.*, 1998 ; Witcombe et Virck, 2001 ; Desclaux, 2005).

Du tri des lignées rustiques aux croisements spécifiques

Initialement, pour repérer des lignées intéressantes pour l'agriculture biologique, un tri multilocal dans le pool des lignées « rustiques » sélectionnées pour les conduites économes en intrants a été réalisé par quatre équipes INRA (unités expérimentales de Lusignan, Le Moulon et Toulouse et unité de recherche de Rennes) en parcelles expérimentales chez des agriculteurs aux exploitations certifiées agriculture biologique, à partir de 2001 à Rennes puis 2002 dans les autres lieux (Rolland *et al.*, 2006 ; Rolland *et al.*, 2008). Dans trois régions il s'agit de systèmes de grandes cultures sans élevage tandis qu'en Bretagne les céréales sont produites dans une ferme laitière. Dans tous les sites les conduites des essais sont celles choisies par les agriculteurs et représentatives des conduites de culture régionales en agriculture biologique. À partir de 2005, les meilleures lignées pures ont été évaluées dans le réseau de criblage variétal coordonné par l'ITAB (Fontaine *et al.*, 2008).

Dans une deuxième phase, depuis 2004 sont réalisés chaque année entre 150 et 200 croisements dont 20 à 40 font appel à des géniteurs particuliers choisis pour l'agriculture biologique. Ces géniteurs sont les meilleures variétés du réseau ITAB ou issues d'échanges internationaux (projet COST860 et autres collaborations) et des génotypes de la sélection INRA.

Ainsi en 12 ans, d'un tri dans des descendances de croisements visant à l'obtention de lignées rustiques économes en intrants, la sélection a évolué vers le suivi en agriculture biologique de croisements spécifiques à celle-ci.

Importance renouvelée de l'efficacité de la concurrence vis-à-vis des adventices

Par ailleurs, la réflexion a intégré des aspects nouveaux, indissociables des contraintes rencontrées en agriculture biologique. Ainsi un programme retenu en 2006, cofinancé par le

Tableau 1. Classement des variétés selon leur effet sur la biomasse d'adventices (en g/m²) sur la moyenne de 5 essais en agriculture biologique (Bernicot *et al.*, 2010).

Variétés	Biomasse moyenne d'adventices (en g/m2)	Groupes homogènes NK à 5%	
Caphorn	148	A	
Pegassos	115	A	B
Cézanne	110	A	B
Renan	106	A	B
Grandval	63		B

Fonds de Soutien à l'Obtention Végétale (FSOV) et commun à plusieurs partenaires de la filière, a eu pour finalité la hiérarchisation des critères importants vis-à-vis des adventices. Les nouvelles méthodes de gestion des adventices s'appuyant sur le désherbage mécanique et sur des méthodes plus agronomiques, comme la mise en place de rotations « nettoyantes », n'étant pas pleinement efficaces seules, ce programme avait pour objectif d'évaluer les capacités des variétés à lutter contre les adventices par elles-mêmes.

Cet aspect « variétal » de la gestion des adventices n'a pas été pris en compte dans la sélection végétale au cours des 50 dernières années, la maîtrise des adventices se faisant par l'utilisation d'herbicides. Or, il existe une variabilité génétique du comportement concurrentiel des variétés de blé vis-à-vis des adventices comme le montrent les résultats de l'étude FSOV (tabl.1). La diminution de la biomasse d'adventices sous la variété Renan est de l'ordre de 30% par rapport à la variété Caphorn (variété à faible pouvoir couvrant) dans les conditions de l'agriculture biologique. Ici la variété de triticale Grandval est ici prise comme témoin à fort pouvoir couvrant.

Malgré l'existence d'une interaction forte variété × milieu d'essai, liée à l'importance du peuplement de plantes levées et à la nature différente des adventices, il ressort que la hauteur des variétés et leur pouvoir couvrant sont des caractéristiques prédictives de leur pouvoir concurrentiel (Fontaine *et al.*, 2008). Ces aspects restent toutefois dépendants des conditions de la levée et donc de la qualité de la semence. En outre, plusieurs autres facteurs interviennent dans la compétition face aux adventices tels que le port, la précocité de la montaison et sa vitesse (Bernicot *et al.*, 2010).

De nouvelles méthodes sont en cours d'élaboration afin de quantifier le pouvoir couvrant des variétés par des prises de vues suivies d'analyse d'images. Ce procédé, répété à différents stades du cycle du blé, permet de quantifier le pourcentage de « vert » ou de feuillage par rapport à la surface de sol visible et aidera à terme à mieux comprendre la dynamique d'installation du couvert propre à chaque génotype. Ces informations permettront de mettre ainsi en place des méthodes de lutte adaptées aux variétés et aux adventices. En effet, au-delà de la seule agriculture biologique, pour une gestion durable de ces plantes indésirables, les solutions ne seront pas uniques, mais elles s'intègreront dans une démarche d'agronomie intégrale : coupler des rotations nettoyantes, des variétés compétitives, des semis plus tardifs et des opérations de désherbage chimique et/ou mécanique (Chevassus et Griffon, 2008).

Inscription au catalogue de deux variétés en agriculture biologique

Une autre étape a été franchie dernièrement pour que le travail de sélection arrive jusqu'aux agriculteurs. Il s'agit de l'adaptation des épreuves d'inscription VAT du CTPS en les ouvrant à une évaluation spécifique par des essais menés dans les conditions de l'agriculture biologique, pour pouvoir inscrire de nouveaux idéotypes au catalogue français.

Deux lignées créées par l'INRA, RE04073 et CF99102 ont été identifiées dans le réseau de criblage variétal coordonné par l'ITAB. Leurs résultats prometteurs lors des essais d'évaluation variétale ont permis d'entreprendre une démarche d'inscription au catalogue en les soumettant aux épreuves spécifiques VAT du CTPS, mises en œuvre par le GEVES. Elles ont été inscrites au catalogue sous les noms de Skerzzo et Hendrix. Lors de deux campagnes en 2010 et 2011, ces deux lignées ont été expérimentées et confrontées aux résultats de plusieurs témoins, sur 16 sites quadrillant le quart nord-ouest de la France dans les départements de l'Aisne (02), de l'Eure (27), d'Ille-et-Vilaine (35), l'Indre (36), du Loir-et-Cher (41), du Maine-et-Loire (49), du Pas-de-Calais (62), des Yvelines (78), de la Somme (80) et de l'Essonne (91).

Nous discuterons ici les principaux résultats obtenus lors de ces essais.

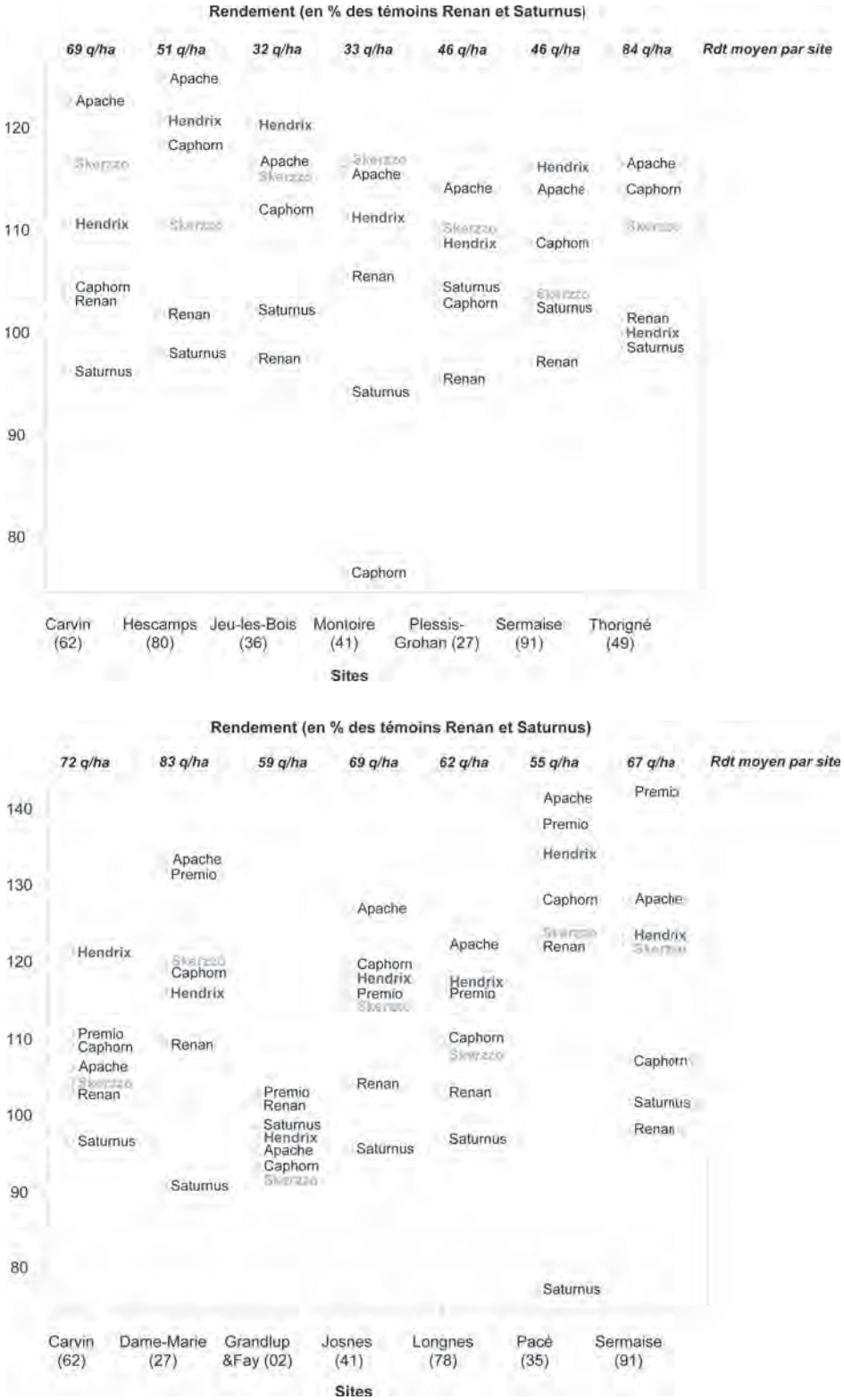


Figure 4. Classements des variétés en pourcentage du rendement moyen des 2 variétés témoins, selon les 7 sites accueillant les épreuves VAT du CTPS en 2010 (en haut) et 2011 (en bas).

Des rendements variables mais améliorés

La plupart des essais étaient situés dans des régions céréalières et dans le quart nord-ouest de la France, les rendements obtenus y étant en moyenne relativement élevés. Dans un premier temps de fortes différences de rendement entre sites sont relevées (fig. 4). Il existe des écarts importants entre Thorigné d'Anjou et Carvin (de 75 à 80 q/ha), et entre Jeu-les-Bois et Montoire (35 q/ha) pour 2010 ; de même entre Dame-Marie et Carvin (75 q/ha) et Grandlup-et-Fay dans l'Aisne (55 q/ha) en 2011. Ces résultats confirment que le mode de production en agriculture biologique fait ressortir la fertilité des milieux et exacerbe l'effet du site sur le potentiel de rendement.

La figure 4 permet d'apprécier les classements des variétés dans les différents sites. Les classements sont établis sur les valeurs de rendement rapportées aux performances des deux témoins Renan et Saturnus qui étaient les variétés les plus multipliées en agriculture biologique en 2009 (GNIS). Toutefois remarquons que la sensibilité à la rouille jaune d'un des deux témoins a pour effet de faire baisser leur moyenne. La variété Apache est en tête pour les rendements dans 8 essais sur 14. Cependant cette variété n'a pas réalisé les performances de panification qui lui ont valu son classement en blé panifiable supérieur (BPS) en conduite intensive standard. Elle a donc été très mal classée en panification en agriculture biologique et ne répond pas aux exigences de ce mode de culture (fig. 5).

En 2010, les lignées INRA ont obtenu, en moyenne sur sept lieux, des rendements de l'ordre de 112% des témoins. En 2011 et sur sept lieux toujours, ces valeurs élevées ont été confortées par des rendements respectivement équivalents à 118% (Hendrix) et 112% (Skerzzo) des témoins. Ce sont ces performances ainsi que leurs résultats en panification qui ont permis l'inscription au catalogue de ces deux variétés INRA, avec la mention « agriculture biologique ». Cette procédure originale d'inscription de deux variétés dans les conditions de l'agriculture biologique constitue une première en France et ouvre la porte à des inscriptions futures en blé et pour d'autres espèces.

Des performances stables ?

L'une des questions posées est la stabilité des performances des génotypes selon les lieux, d'où la comparaison des classements sur le rendement des variétés selon les sites.

En 2010, les deux lignées INRA se situent le plus souvent entre Apache, qui obtient pratiquement partout le meilleur rendement, et les témoins Saturnus et Renan qui sont les moins productifs (exception faite de Caphorn qui décroche dans l'essai de Montoire). Elles ont des performances globalement similaires à celles de Caphorn. Il est toutefois possible de noter le recul de Hendrix à Thorigné (49) alors que ce dernier dépassait Apache à Sermaise (91). Les altérations des dernières feuilles d'Hendrix à Thorigné ont pu expliquer son comportement décevant.

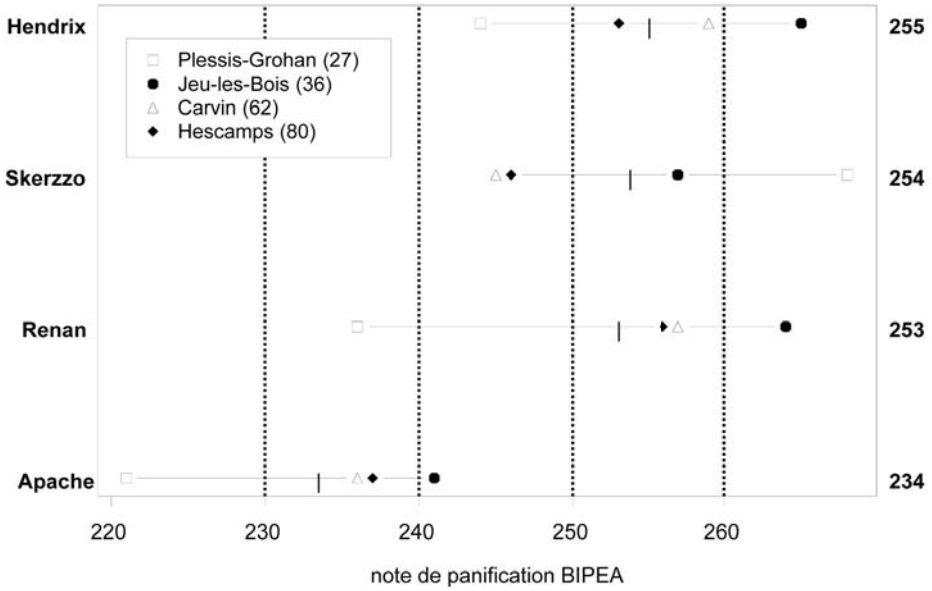


Figure 5. Notes de panification (test normé BIPEA) des variétés lors des analyses technologiques du CTPS sur la récolte 2010.

En 2011, ces classements sur le rendement apparaissent globalement stables à travers les différents sites, les variétés donnant des réponses pratiquement similaires à 2010 dans tous les lieux. En effet, hormis sur le site de Grandlup-et-Fay, Saturnus et Renan sont toujours derniers et Apache premier avec Premio très proche. Skerzzo et Hendrix sont toujours bien positionnées, devant Renan et Saturnus mais derrière Apache.

Dans cette expérimentation l'effet lieu × année semble jouer un rôle mineur dans la réponse des variétés à leur milieu. En effet, les classements des variétés sont stables entre 2010 et 2011. Hormis pour quelques rares cas, les lignées INRA présentent un gain de rendement par rapport aux deux témoins Renan et Saturnus, dans tous les sites et au cours des deux années d'expérimentation. Au-delà de la variabilité inhérente à ce type d'expérimentation, il semble que les variétés répondent globalement de la même façon entre les différents sites au cours de ces deux années. En conséquence cette expérience ne révèle pas d'interactions Génotype × Environnement fortes pour ces deux campagnes marquées par des printemps très secs.

Ces résultats donnent des indications sur les critères de sélection qu'il faudra développer en agriculture biologique. Sans permettre de trancher, ils ne vont pas dans le sens d'une nécessaire mise en place d'une sélection à l'échelle de petites régions, dont le coût serait par ailleurs considérable. Ce dernier point, qui s'inscrit dans

la thématique plus globale du choix de l'environnement de sélection, fait l'objet de nombreux débats qui conduisent à des avis partagés (Mason *et al.*, 2007 ; Murphy et al, 2007 ; Przystalski *et al.*, 2008 ; Wolfe *et al.*, 2008 ; Löschenberger *et al.*, 2008 ; Annicchiaricho *et al.*, 2010 ; Lammerts van Bueren *et al.*, 2011).

Pour essayer de répondre à ces questionnements, le groupe « innovation variétale » du département Génétique et amélioration des plantes de l'INRA entreprend actuellement des analyses sur une période plus longue et sur un nombre de variétés plus grand, afin de gagner en précision.

Conclusion

La sélection et l'inscription au catalogue d'Hendrix et Skerzzo sont une avancée pour l'agriculture biologique. Elles ouvrent la voie à de nouvelles variétés qui concrétiseront un idéotype complet associant valorisation de l'azote, résistance aux maladies et à la verse, concurrence vis-à-vis des adventices, rendement et qualité boulangère – variétés que l'on cultivera seules ou en association (de Vallavieille-Pope *et al.*, 2006).

La question est posée de savoir si la sélection professionnelle peut relever le défi de l'agriculture biologique ou s'il faut changer complètement de paradigme.

Notre démarche s'appuie sur l'aspect intégratif du caractère « rendement » (Weiner et Freckleton, 2010). En effet en agriculture biologique, encore plus que dans les autres systèmes de culture, il synthétise et exprime l'aptitude d'un génotype à réagir face à l'ensemble des contraintes environnementales. Le sélectionneur éliminera à chaque génération les lignées défaillantes.

La sélection pour l'agriculture biologique était un domaine de recherche orphelin, en France encore plus qu'ailleurs. En conséquence elle bénéficie à court terme d'un grand potentiel d'innovation. Le progrès dans cette voie peut être d'autant plus rapide que ce domaine de recherche dispose de méthodes connues et éprouvées qu'il convient d'adapter. Il n'est en effet pas nécessaire de faire table rase du passé, une sélection avec des méthodes « classiques » peut être développée efficacement pour l'agriculture biologique, en partenariat avec les agriculteurs et les transformateurs.

Devant les défis qui se posent à une agriculture qui devra assurer la compatibilité entre le respect de l'environnement et les volumes produits, pourquoi ne pas parier sur le progrès génétique obtenu par la sélection végétale ? Celui-ci, mis au service de l'agriculture durable par un « contrat » global et pragmatique entre sélectionneurs privés et publics d'une part et agriculteurs d'autre part, ne pourrait-il pas être orienté dans l'intérêt du plus grand nombre ? C'est ainsi que procèdent les pays européens bien plus avancés que la France dans le domaine des agricultures alternatives, avec des opérateurs de sélection publics (RAC Changins en Suisse) ou privés (Saatzucht Donau en Autriche et P. Kuntz en Suisse).

Pour accompagner cette mécanique, il est souhaitable qu'en parallèle un important effort de recherche sur l'agroécologie soit mis en œuvre (Vanloqueren et Baret, 2009). En effet, les solutions ne seront pas uniques mais intégrées à une dynamique globale de recherche constante de l'innovation dans laquelle l'agriculture biologique sera le catalyseur ■

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des expérimentateurs de l'INRA (équipes des unités expérimentales d'Auzeville, de Lusignan, du Moulon et de Rennes ainsi que celles de l'UMR de Rennes), ceux d'Agri-Obtentions et des chambres d'agriculture (Maine-et-Loire, Pas-de-Calais, Ile-de-France et Picardie), ainsi que les collègues d'Arvalis-Institut du Végétal (Jeu-les-Bois et Ouzouer-le-Marché) et du GRAB de Haute-Normandie. L'étude VAT du CTPS en agriculture biologique a été coordonnée par le GEVES et l'ITAB.

Nos travaux, qui avaient été initiés avec l'appui de Bertil Sylvander du CIAB INRA, sont soutenus depuis plus de dix ans par l'ITAB et InterBio Bretagne.

Nous remercions également les agriculteurs qui, en Bretagne, dans le Poitou et en Île-de-France, accueillent ces expérimentations de l'INRA depuis douze ans dans leurs fermes certifiées en agriculture biologique, et, enfin, les relecteurs exigeants que furent Violette le Féon, Eflamm an Intanv, Philippe Viaux, Jean-Luc Pujol, Anne Judas et Laurent Saur.

Références bibliographiques

Agence Bio, 2011. L'agriculture biologique, chiffres clés. Édition 2011.

Annicchiaricho P., Chiapparino E., Perenzin M., 2010. Response of common wheat varieties to organic and conventional production systems across Italian locations, and implications for selection. *Field Crops Research*, 116, 230-238.

Bernicot M.-H., Rolland B., Fontaine L., Lécuyer J., 2010. Wheat varieties in competition with weeds for sustainable agriculture, in particular organic farming. *In :* Breeding for resilience : a strategy for organic and low-input farming systems ? *EUCARPIA IInd Conference of the "Organic and Low-Input Agriculture" Section*, December 1-3, Paris, France, 77-80.

Bonjean A., Picard E., 1990. Les céréales à pailles : origines, histoire, économie, sélection, Softword, 205 p.

Bouchard C., Bernicot M.H., Félix I., Guérin O., Omon B., Loyce C., Rolland B., 2008. Associer des itinéraires techniques de niveau d'intrants variés à des variétés rustiques de blé tendre : évaluation économique, environnementale et énergétique. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 55, 49-77.

Brancourt-Hulmel M., Doussinault G., Lecomte C., Bérard P., Le Buanec B., Trottet M., 2003. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Science*, 43, 37-45.

Brisson N., Gate P., Gouache D., Charmet G., Oury F.X., Huard F., 2010. Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research*, 119, 201-212.

Ceccarelli S., 1996. Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica*, 92, 203-214.

Chevassus-au-Louis B., Griffon M., 2007. La nouvelle modernité : une agriculture productive à haute valeur écologique. *In : Économie et stratégies agricoles*, Demeter 2008, Club Déméter, Paris, 7-48.

Desclaux D., 2005. Participatory plant breeding methods for organic cereals: review and perspectives. *In :* Lammerts van Bueren E.T., Goldringer I., Østergård H. (Eds.), Proceedings of the COST SUSVAR/ECO-PB Workshop on organic plant breeding strategies and the use of molecular markers, 17-19 January 2005, Driebergen, The Netherlands. Louis Bolk Institute, Driebergen.

Desclaux D., Nolot J.M., Chiffoleau Y., Gozé E., Leclerc C., 2008. Changes in the concept of genotype x environment interactions to fit agriculture diversification and decentralized participatory plant breeding: pluridisclipinary point of view. *Euphytica*, 163, 533-546.

Fontaine L., Rolland B., Bernicot M.H., 2008. Contribution to organic breeding programmes of wheat variety testing in organic farming in France. Proceedings XVIth IFOAM Organic World Congress, IInd ISOFAR scientific Conference, 18-20 June 2008, Modena, Italy. vol. 1, 692-695.

FranceAgrimer, 2011a. *Flash info Bio, mars 2011, 2 p.*

FranceAgrimer, 2011b. Variétés et rendement des céréales biologiques. Récolte 2010, 7 p.

FranceAgrimer, 2012a. *Flash info Bio,* février 2012, 2 p.

FranceAgrimer, 2012b. *Bilans prévisionnels Blé dur, Blé tendre, Orges et Maïs pour la campagne 2011-2012*, 10 juillet 2012, 4 p.

FranceAgrimer, 2012c. *Variétés de blés tendres. Enquête 2012*, 8 p.

Garnier J.F., 2011. Grandes cultures biologiques sans élevages. Analyse technico-économique de rotations. *AlterAgri*, 108.

Goffaux R., Goldringer I., Bonneuil C., Montalent P., Bonnin I., 2011. *Quels indicateurs pour suivre la diversité génétique des plantes cultivées ? Le cas du blé tendre cultivé en France depuis un siècle*. Rapport FRB, Série expertise et synthèse, 2011, 44 p.

Goldringer I., Paillard S., Enjalbert J., David J.L., Brabant P., 1998. Divergent evolution of wheat populations conducted under recurrent selection and dynamic management. *Agronomie*, 18, 413-425.

Goldringer I., Prouin C., Rousset M., Galic N., Bonnin I., 2006. Rapid differentiation of experimental populations of wheat for heading-time in response to local climatic conditions. *Annals of Botany*, 98, 805–817.

Goyer S., Al Rifaï M., Bataillon P., Gardet O., Oury F.X., Rolland B., 2005. Selection index for bread wheat cultivars suitable for organic farming. *In :* Lammerts van Bueren E.T., Goldringer I., Ostergard H. (Eds), 2005. Proceedings of the COST SUSVAR/ECO-PB Workshop on Organic Breeding Strategies and the Use of Molecular Markers. Driebergen, The Netherlands, 17-19 January 2005, Louis Bolk Institute, Driebergen, p. 84.

Guichard L., Munier-Jolain N., Omon B., Mischler P., Viaux P., Guindé L., Guérin O., Villard A., Delos M., Debaeke P., Brunet N., Rolland B., 2009. *Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires : analyse comparative et conception d'un réseau d'acquisition de références.* Étude multi-partenariale pilotée par L'INRA, t. II : Grandes cultures. Ministère de l'Agriculture et de la pêche (Programme 215, sous-action 22), MEEDDAT, 166 p.

ITAB, 2011. *Rotations en grandes cultures biologiques sans élevage. 8 fermes-types, 11 rotations.* Repères agronomiques, économiques, techniques et environnementaux. Rapport d'étude du programme CASDAR n°70 55 RotAB (L. Fontaine coord.), 132 p.

INTERBIO Bretagne, 2010. *Résultats d'expérimentations et de suivis techniques « Grandes cultures » en agrobiologie en Bretagne*, 23 p.

Lafitte H.R., Edmeades G.O., 1994. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize: selection criteria. *Field Crops Research*, 39, 1-14.

Lammerts van Bueren E.T., Jones S.S., Tamm L., Murphy K., Myers J.R., Leifert C., Messmer M.M., 2011. The need to breed crop varieties suitable for organic farming using wheat, tomato and broccoli as examples: A review. *NJAS Wageningen Journal of Life Sciences*, 58, 193-205.

Löschenberger F., Fleck A., Grausgruber H., Hetzendorfer H., Hof G., Lafferty J., Marn M., Neumayer A., Pfaffinger G., Birschitzky J., 2008. Breeding for organic agriculture: example for winter wheat in Austria. *Euphytica*, 163, 469-480.

Mason H., Navabi A., Frick B., O'Donovan J., Niziol D., Spaner D., 2007. Does growing Canadian Western Hard Red Spring wheat under organic management alter its breadmaking quality ? *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22, 157-167.

Murphy K.M., Campbell K.G., Lyon S.R., Jones S.S., 2007. Evidence of varietal adaptation to organic farming systems. *Field Crops Research*, 102, 172-177.

ONIC, 2008. *La répartition variétale des blés tendre d'hiver. Enquête ONIC-ARVALIS-Institut du végétal.*

Oury F.X., Godin C., Mailliard A., Chassin A., Gardet O., Giraud A., Heumez E., Morlais J.-Y., Rolland B., Rousset M., Trottet M., Charmet G., 2012. A study of genetic progress due to selection reveals a negative effect of climate change on bread wheat yield in France. *European Journal of Agronomy*, 40, 28-38.

Prieur L., Justes E., 2006. Disponibilité en azote issue de l'effet du précédent légumineuse, de culture intermédiaire et d'engrais organique. *AlterAgri*, 80. 13-17

Raynal C., Nicolardot B., 2006. Une meilleure connaissance des engrais et amendements organiques utilisés en bio. *AlterAgri*, 79, 14-17

Rolland B., Nolot J.M., 1989. *Deux cents ans de culture du blé en région toulousaine.* Note rédigée à l'occasion du centenaire du lycée agricole d'Ondes (juin 1989).

Rolland B., Bouchard C., Loyce C., Meynard J.M., Guyomard H., Lonnet P., Doussinault G., 2003. Des itinéraires techniques à bas niveaux d'intrants pour des variétés rustiques de blé tendre : une alternative pour concilier économie et environnement. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 49, 47-62.

Rolland B., Oury F.X., Bouchard C., Loyce C., 2006. Vers une évolution de la création variétale pour répondre aux besoins de l'agriculture durable ? L'exemple du blé tendre. *Les Dossiers de l'Environnement de l'INRA, Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes durables ?*, 30, 79-90.

Rolland B., Al Rifaï M., Bataillon P., Fontaine L., Gardet O., Oury F.X., 2008. Wheat trials networks for determining characters for organic breeding. Proceedings XVIth IFOAM Organic World Congress, IInd ISOFAR scientific Conference, 18-20 June 2008, Modena, Italy, 692-695

Secrétariat de la Convention de la diversité biologique, 2006. *Global Biodiversity Outlook II.* Perspectives mondiales de la diversité biologique, 2e éd., Montréal, 91 p.

Secrétariat de la Convention de la diversité biologique, 2010. *Global Biodiversity Outlook III*, 2010. Perspectives mondiales de la diversité biologique, 3e éd., Montréal, 94 p.

de Vallavieille-Pope C., Belhaj Fraj M., Mille B., Meynard J.M., 2006. Les associations de variétés : accroître la biodiversité pour mieux maîtriser les maladies. *Dossier de l'Environnement de l'INRA n° 30, Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes durables ?*, 101-109.

Vanloqueren G., Baret P.V., 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy*, 38, 971-983.

Weiner J., Freckleton R. P., 2010. Constant final yield. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 41,173-192

Witcombe J.R., Virck D.S., 2001. Number of crosses and population size for participatory and classical plant breeding. *Euphytica*, 122, 451-462

Wolfe M.S., Baresel J.P., Desclaux D., Goldringer I., Hoad S., Kovacs G., Löschenberger F., Miedaner T., Østergård H., Lammerts van Bueren E.T., 2008. Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica*, 163, 323-346.

ITAB Institut Technique de l'Agriculture Biologique

ARVALIS Institut du végétal

EDITION 2013

" RÉFÉRENTIEL BLÉ AB "

CONNAÎTRE LE COMPORTEMENT DES VARIÉTÉS DE BLÉ TENDRE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Le Référentiel Blé AB consiste à rassembler et diffuser l'information disponible sur le comportement des variétés de blé tendre panifiable en AB. Il se base sur la synthèse d'essais variétaux menés par de multiples acteurs techniques : Chambres d'Agriculture, Groupements professionnels AB, INRA, Coopératives, Instituts Techniques…

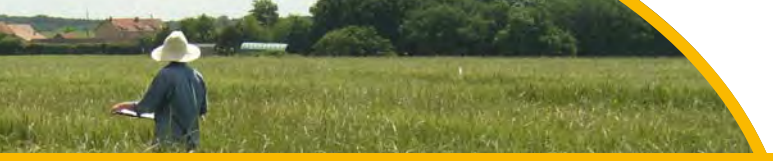
Via la création des fiches variétés et leur mise en ligne, l'objectif est de mettre l'information sur les variétés à disposition des agriculteurs, des conseillers qui les accompagnent, des coopératives et de la collecte, des meuniers.

L'enjeu à plus large échelle est de fournir les leviers pour améliorer l'offre variétale en blé tendre en AB.

> > > 26 FICHES VARIÉTÉS EN LIGNE SUR WWW.ITAB.ASSO.FR

COMPORTEMENT AGRONOMIQUE

COMPORTEMENT TECHNOLOGIQUE



HENDRIX

" Référentiel blé AB " ➧➧➧ les résultats du réseau ITAB

COMPORTEMENT AGRONOMIQUE

Caractéristiques agronomiques

	Données catalogue
Aristation	barbu
Alternativité	2 - hiver
Précocité à épiaison	6 - demi tardif à demi précoce
Résistance au froid	8 - assez résistant à résistant
Résistance à la verse	6 - peu sensible

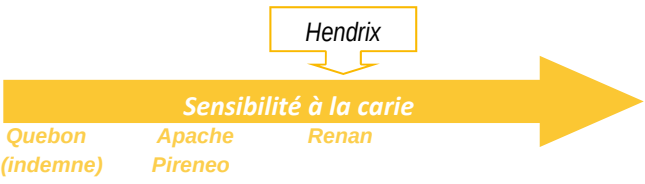
Capacité à concurrencer les adventices

Variété de hauteur moyenne, comparable à Renan, peu couvrante et peu compétitive.

	Réseau ITAB	
Hauteur	4 - moyen	- 2 cm / Renan

Sensibilité aux maladies

	Données catalogue
Septoriose (tritici)	7 - assez résistant
Fusarioses	5 - assez peu sensible
Risques mycotoxines (DON)	-
Rouille jaune	8 - assez résistant à résistant
Rouille brune	7 - assez résistant
Oïdium	7 - assez résistant
Piétin-verse	5 - assez peu sensible



Attention, le niveau de résistance indiqué n'est valable que pour les souches de carie (T. caries) présentes sur les sites d'expérimentations du réseau.
Données à confirmer, car issues de 3 essais seulement.

IDENTITÉ

- Obtenteur : INRA - Agri Obtentions
- Code obtenteur et croisement : RE04073
  Pegassos x Virtuose
- Représentant : Agri Obtentions
- Année d'inscription : 2012 (**mention AB**)
- Classe technologique : BPS (CTPS)

Référencée dans le réseau ITAB depuis 2006

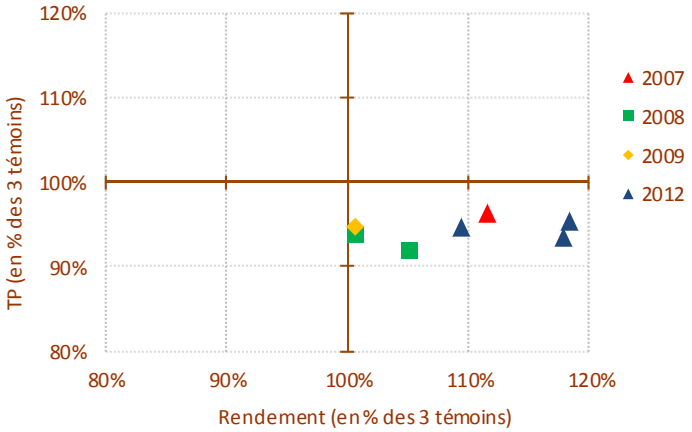
Potentiel de rendement

Rendements en pourcentage des trois témoins Attlass, Renan, Saturnus (réseau ITAB)

N'apparaissent que les regroupements constitués de 3 essais et plus.
Entre parenthèses : nombre de données

	BP-CENTRE		NORD-EST		OUEST		SUD	
2007	112%	(4)		(1)		(2)		(1)
2008	101%	(3)		(1)	105%	(3)		(2)
2009		(2)	101%	(3)		(2)		(1)
2010		(1)		(1)		(1)		
2011		(1)						
2012	110%	(12)	118%	(8)	118%	(5)		
Moyenne	108,0%		112,5%		108,2%		95,4%	

Teneur en protéines en fonction du rendement (réseau ITAB)



HENDRIX

Variété assez productive, un peu faible en protéines mais avec un bon comportement en panification. Son comportement face aux maladies est satisfaisant.
Hendrix est une des premières variétés inscrites au catalogue spécifiquement pour l'agriculture biologique.

Ces résultats sont issus des essais variétaux menés en AB par de multiples partenaires, Chambres d'Agriculture, ARVALIS – Institut du végétal, INRA, Groupements professionnels biologiques, structures privées... Tous nos remerciements pour la transmission de leurs données.

Mise à jour : mars 2013

COMPORTEMENT TECHNOLOGIQUE

Profil technologique

Caractéristiques technologiques

	Réseau ITAB	*Données catalogue*
Dureté	-	medium - hard
PS	8 - bon	
	+ 1,0 kg/hl / Renan	
Germination sur pied	-	-
Indice de Zélény	14 ml (10 % TP)	
	29 ml (12 % TP)	

Critères alvéographiques

Classes de W et P/L en fonction du taux de protéines (réseau ITAB)

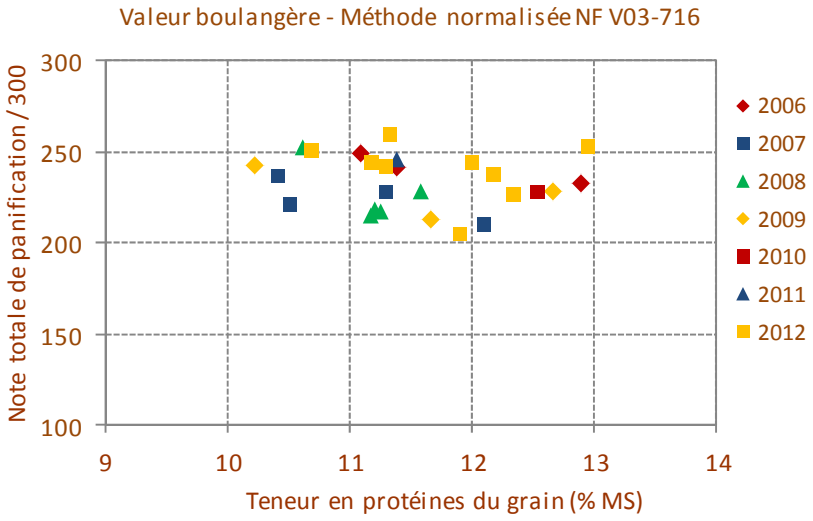
Hendrix présente une force boulangère élevée. La pâte est tenace à l'alvéographe et assez courte (G=18 en moyenne) ce qui conduit dans la majorité des cas à des valeurs de P/L élevées à très élevées. L'indice d'élasticité *Ie* toujours inférieur à 50 témoigne d'une pâte à tendance extensible en panification.

Taux de protéines	9 %	10 %	11 %	12 %	13 %
W	93 - 149	130 - 186	167 - 223	204 - 261	241 - 298
P/L	1,6 - 2,9	1,3 - 2,7	1, - 2,4	0,7 - 2,1	0,5 - 1,9

.

Comportement en panification

La capacité d'hydratation de la pâte au pétrissage est assez bonne. La pâte manque de lissage mais ne présente pas de problème de collant. Elle se caractérise par un manque d'élasticité et d'extensibilité au pétrissage. Au façonnage, elle est à tendance extensible et peu élastique. La tenue à la mise au four est bonne. L'aspect des pains est pénalisé par un manque de développement des coups de lame et des volumes très moyens.



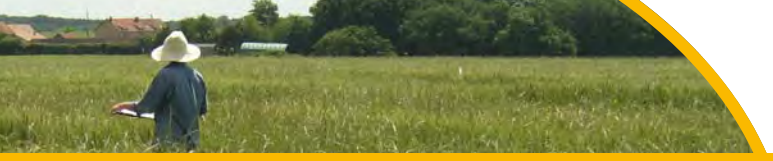
HENDRIX

Bon W, des valeurs de P/L parfois élevées. La valeur boulangère est correcte, sans gros défauts : elle se caractérise par une assez bonne hydratation au pétrissage, des pâtes à tendance extensible au façonnage et des volumes plutôt moyens.

Ces résultats sont issus d'analyses technologiques réalisées sur des échantillons de blé du réseau d'essais variétaux en AB (Concours financier de FranceAgriMer et du CAS DAR + analyses INRA). Nos remerciements aux expérimentateurs ayant fourni les échantillons.

Mise à jour : mars 2013

Légendes et définitions : *référez-vous à la notice*
Coordination et mise en page : *ITAB* - ***Synthèses : ITAB et ARVALIS-Institut du végétal,*** *avec le concours financier du Casdar, avec l'appui de CA37, CA60, CRAB, CREAB MP, CRAPL*



NOGAL

" Référentiel blé AB " ➧➧➧ les résultats du réseau ITAB

COMPORTEMENT AGRONOMIQUE

Caractéristiques agronomiques

	Données catalogue
Aristation	barbu
Alternativité	(8) - alternatif à printemps
Précocité à épiaison	8 - très précoce
Résistance au froid	-
Résistance à la verse	(6) - peu sensible

Capacité à concurrencer les adventices

Variété assez courte et peu couvrante, peu compétitives vis à vis des adventices.

	Réseau ITAB	
Hauteur	3,5 - assez court	- 6 cm / Renan

Sensibilité aux maladies

	Données catalogue
Septoriose (tritici)	(7) - assez résistant
Fusarioses	-
Risques mycotoxines (DON)	6 - peu sensible
Rouille jaune	(5) - assez à peu sensible
Rouille brune	9 - résistant
Oïdium	7 - assez résistant
Piétin-verse	-

Attention, le niveau de résistance indiqué n'est valable que pour les souches de carie (T. caries) présentes sur les sites d'expérimentations du réseau.
Données issues de 4 essais.

IDENTITÉ

- Obtenteur : Florimond Desprez
- Représentant : Florimond Desprez
- Issu du croisement : lignée FD x Frelon
- Année d'inscription : 2006 (Espagne)
- Classe technologique : VRM AB en 2012 (ANMF)

Référencée dans le réseau ITAB depuis 2009

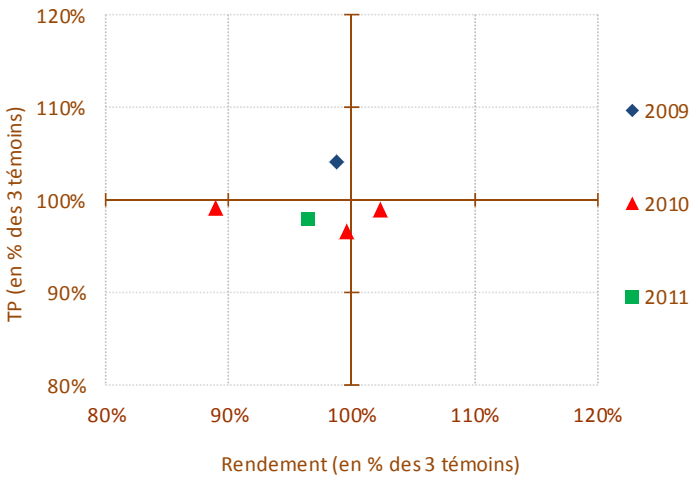
Potentiel de rendement

Rendements en pourcentage des trois témoins Attlass, Renan, Saturnus (réseau ITAB)

N'apparaissent que les regroupements constitués de 3 essais et plus.
Entre parenthèses : nombre de données

	BP-CENTRE		NORD-EST		OUEST		SUD	
2009						(2)	99%	(3)
2010	89%	(6)			100%	(3)	103%	(4)
2011						(1)	97%	(4)
2012								(2)
Moyenne	89,0%				90,3%		101,0%	

Teneur en protéines en fonction du rendement (réseau ITAB)



NOGAL

Variété très précoce, alternative, bien adaptée aux semis tardifs et déconseillée en zone Ouest. Nogal présente un compromis intéressant entre quantité et qualité, mais les rendements sont un peu irréguliers. Le taux de protéines peut être très élevé dans des conditions d'alimentation azotée favorables. Son comportement face aux maladies est bon, y compris sur fusariose-DON. On note parfois des macules sur feuilles et épis (Blackshaft) sans conséquence sur le rendement.

Ces résultats sont issus des essais variétaux menés en AB par de multiples partenaires, Chambres d'Agriculture, ARVALIS – Institut du végétal, INRA, Groupements professionnels biologiques, structures privées… Tous nos remerciements pour la transmission de leurs données.

Mise à jour : mars 2013

COMPORTEMENT TECHNOLOGIQUE

Profil technologique

Caractéristiques technologiques

	Réseau ITAB	*Données catalogue*
Dureté		(hard)
PS	7 - bon	7 - bon
	0,6 kg/hl / Renan	
Germination sur pied		
Indice de Zélény	20 ml (10 % TP)	(35 ml) (10 % TP)
	35 ml (12 % TP)	(45 ml) (13 % TP)

Critères alvéographiques

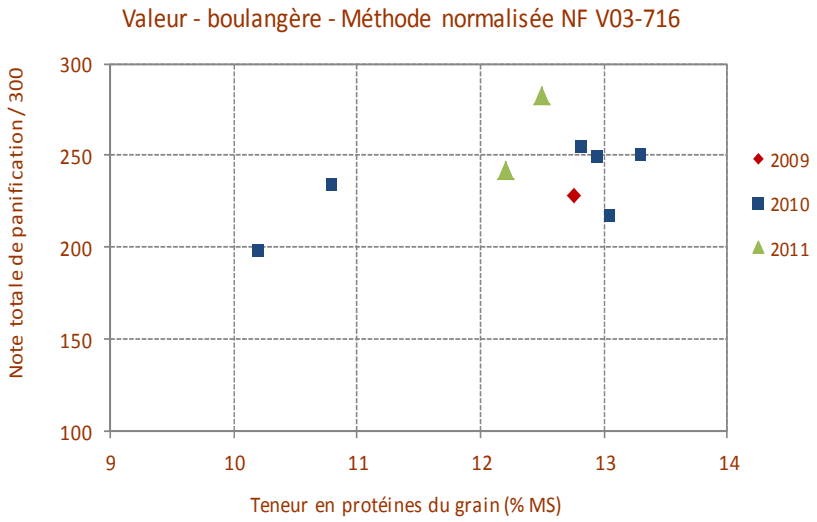
Classes de W et P/L en fonction du taux de protéines (réseau ITAB)

La force boulangère W est d'un bon niveau, en moyenne 165 à 11% de protéines mais elle est très variable. Les pâtes sont bien extensibles avec des G moyens autour de 20 ce qui amène à des valeurs de P/L régulièrement contenues en dessous de 1,0.

Taux de protéines	9 %	10 %	11 %	12 %	13 %
W	45 - 165	75 - 195	105 - 225	135 - 255	165 - 285
P/L	0,5 - 1,2	0,5 - 1,2	0,5 - 1,2	0,5 - 1,2	0,5 - 1,2

Comportement en panification

A l'essai de panification, NOGAL se caractérise par une assez bonne capacité d'hydratation. Le lissage est rapide et la pâte ne colle pas au pétrissage. Celle-ci est légèrement trop extensible et manque un peu d'élasticité. Elle présente une bonne tenue à la mise au four. Les pains après cuisson montrent parfois un manque de développement du coup de lame mais les volumes sont d'un très bon niveau.



Légendes et définitions : *référez-vous à la notice*
Coordination et mise en page : *ITAB* - ***Synthèses : ITAB et ARVALIS-Institut du végétal****, avec le concours financier du Casdar, avec l'appui de CA37, CA60, CRAB, CREAB MP, CRAPL*

NOGAL

NOGAL présente un assez bonne valeur d'utilisation avec un profil alvéographique relativement équilibré et de bons résultats en panification. On note en particulier l'hydratation d'un assez bon niveau et les bons volumes des pains.

Ces résultats sont issus d'analyses technologiques réalisées sur des échantillons de blé du réseau d'essais variétaux en AB (Concours financier du CAS DAR + analyses INRA). Nos remerciements aux expérimentateurs ayant fourni les échantillons.

Mise à jour : mars 2013

Journée Technique Grandes Cultures Biologiques
ITAB / ARVALIS-Institut du végétal
28 mai 2013 – Montmeyran (26)

Leviers agronomiques, génétiques et technologiques : des méthodes pour améliorer la qualité du blé biologique

Panneaux et Posters

Tous les panneaux et posters présentés lors de la Journée Technique sont téléchargeables sur : **www.itab.asso.fr** sur la page « journées techniques/colloques »

Liste des panneaux présentés en bordure de parcelle :

-Panneau 1 : « Essais de variétés de blé tendre à Montmeyran : synthèse pluriannuelle »

-Panneau 2 : « Les chiffres du blé tendre bio »

(Ce panneau est reproduit en introduction de ce dossier)

-Panneau 3 : « Blé tendre bio : les variétés cultivées »

-Panneau 4 : « Analyse de la compétitivité du blé dur en AB »

-Panneau 5 : « Essai variétés de blé dur et céréales secondaires à Montmeyran : synthèse pluriannuelle »

-Panneau 6 : -1 : « Connaitre la carie pour mieux la maitriser »

-2 : « Méthodes de contrôle de la carie commune, quelques résultats de recherche »

Liste des posters présentés en salle :

-Poster 1 : « La fertilisation N-P-K du blé tendre en AB »

-Poster 2 : « Contrôler les adventices dans le blé tendre en AB »

Les éléments de ce poster sont issus de la brochure « Désherber mécaniquement les GC », dont le chapitre « Blé tendre » est reproduit dans les pages qui suivent.

-Poster 3 : « Cas-type : 2 rotations d'une ferme en AB en région Poitou-Charentes »

-Poster 4 : « Cas-type : 2 rotations d'une ferme en AB en région Rhône-Alpes »

-Poster 5 : « Etude des qualités sensorielles de pains paysans issus de populations anciennes »

-Poster 6 (au fournil) : « N. Thibaud – Agriculteur Boulanger – Le Pain A'Doré »

Pour en savoir plus :

www.itab.asso.fr

Pages programmes de recherche : « carie du blé », « RotAB-rotations », « Désherbage mécanique », « Qualité blés & pain bio », « SolAB – fertilité des sols »…

Pages Variétés (fiches variétés et synthèses annuelles)

Portail collaboratif des « Qui Fait Quoi » : http://qfq.itab.asso.fr/

http://www.arvalis-infos.fr

Pages : Fiches variétés, Agriculture biologique, Enjeux environnementaux, Maitriser les adventices sans recourir aux herbicides, Introduire la luzerne dans la rotation.

CA 77

Extrait des pages
« Fiche blé tendre »
de la brochure complète

en ligne sur http://www.itab.asso.fr/programmes/desherbage.php

DÉSHERBER MÉCANIQUEMENT LES GRANDES CULTURES

ITAB
Institut Technique de l'Agriculture Biologique

PROJET « OPTIMISER ET PROMOUVOIR LE DÉSHERBAGE MÉCANIQUE »

CASDAR 2009/2011. EDITION MARS 2012.

FICHE 1

DÉSHERBAGE MÉCANIQUE DU BLÉ TENDRE D'HIVER (ET DES CÉRÉALES D'HIVER)

■ CONTEXTE - ENJEUX

Si en agriculture conventionnelle le vulpin, le ray-grass et le brome sont les adventices les plus présentes et les plus difficiles à gérer dans la culture de blé pour la plupart des régions, en agriculture biologique les adventices difficiles à maîtriser sont plus variées. On relève notamment des problèmes de graminées (folle avoine, ray-grass et vulpin), mais aussi de vivaces (chardon, rumex, liseron des haies) et de dicotylédones annuelles (vesce, sanve, ravenelle, rapistre, helminthie, gaillet).

La mise en œuvre de solutions agronomiques et mécaniques pour contrôler les adventices sans herbicide dans la culture de blé se raisonne en fonction de plusieurs critères, notamment le type d'adventices et le niveau d'infestation.

■ MÉTHODES DE LUTTE PRÉVENTIVE AVANT LA CULTURE

Les **leviers agronomiques** de maîtrise des adventices peuvent être hiérarchisés comme suit, en commençant par le plus efficace.

Le choix des parcelles et des successions culturales

Le précédent prairie temporaire ou luzerne permet de réduire fortement la pression de la majorité des adventices, à l'exception du rumex et de la folle avoine. L'alternance du blé avec des cultures de printemps/été permet aussi de réduire la pression des adventices à germination préférentielle automnale (vulpins, bromes, ray-grass, phalaris, coquelicots, gaillets, géraniums, véroniques, pensées…).

Travail du sol

Par enfouissement des graines, le labour est surtout un outil de lutte contre les graminées du fait de leur taux annuel de décroissance plutôt élevé (folle avoine, bromes, vulpins, ray-grass, phalaris, pâturin annuel). On peut aussi s'appuyer sur le labour pour gérer certaines dicotylédones comme le gaillet. L'alternance du labour et de techniques simplifiées de travail du sol peut permettre d'éviter de remonter des graines enfouies et/ou de mettre en germination certaines graines.

Le labour et la folle avoine

D'après H.A. Roberts, les folles avoines qui lèvent en hiver sont issues des graines présentes en profondeur (> 25 cm) de l'espèce *Avena ludiviciae*, alors que les folles avoines qui lèvent au printemps correspondent à l'espèce *Avena fatua*, dont les graines sont situées à environ 10 cm de profondeur. Le labour permettrait donc de limiter les levées de printemps de graines *d'Avena fatua* plus superficielles.

Le faux-semis

Sur céréales d'hiver, le faux-semis (tout comme le déchaumage) s'avère pertinent, surtout dans la gestion des vulpins, ray-grass, bromes ou autres dicotylédones automnales (ravenelles, moutardes, géraniums...). Pour une meilleure efficacité, cette technique peut être associée au décalage de la date de semis du blé, en veillant toutefois à ne pas pénaliser le vitesse de levée de de la culture. En effet, il est préférable de semer tôt en bonne conditions plutôt que tard en mauvaises conditions.

L'utilisation de variétés compétitives vis-à-vis des adventices

Les variétés à port relativement couvrant de type Renan, Togano, Pireneo, etc. permettent de concurrencer les adventices. Ce levier agronomique est utilisé par 40 % des agriculteurs « bio » enquêtés dans le cadre du projet Casdar « Désherbage Mécanique ».
Depuis 50 ans la sélection a dirigé l'offre variétale vers des variétés de plus en plus courtes et peu couvrantes. Des efforts de sélection nouveaux recherchent actuellement ces critères, pour l'agriculture biologique en particulier, pour une agriculture durable en général. Si des progrès sont en cours, il faudra encore attendre plusieurs années avant d'avoir une offre variétale variée en matière de variétés concurrentes des adventices.
Attention également à considérer les cycles de développement de la variété en fonction de la fore adventice présente : certaines sont couvrantes rapidement en début de cycle puis se redressent et perdent en pouvoir de compétition, alors que d'autres seront très couvrantes plus tard dans le cycle.

Variétés aux pouvoirs couvrants contrastés

■ Méthodes de lutte curative en culture

Le désherbage mécanique dans le blé a l'intérêt de pouvoir être utilisé à de nombreux stades de la culture : de la prélevée jusqu'au stade 2 nœuds, en excluant toutefois la période levée - 1 feuille. En prélevée, l'efficacité de la herse étrille ou de la houe rotative est avérée sur les adventices au stade filament voire 1 feuille pour la herse étrille (elle peut ainsi remplacer avec succès un désherbage chimique à l'automne si les conditions météorologiques le permettent). A 2 nœuds - épiaison, la bineuse est bien sûre efficace, mais aussi la herse étrille relevée à hauteur de végétation qui permet d'arracher très efficacement les gaillets et de les traîner en bout de champ.

Herse étrille associée à une bineuse à l'avant

Le blé a également l'avantage de pouvoir être désherbé mécaniquement par tous les outils de désherbage mécanique disponibles. Si le passage de herse étrille ou de houe rotative en plein est adapté au semis classique du blé, le binage est également une technique possible à condition d'adapter les écartements des socs de la bineuse à ceux du semoir. Cependant, il faut noter que des pertes de rendements ont été identifiées dans certains cas avec le binage, indépendamment de l'écartement de semis, pertes certainement liées à un stade avancé du développement du blé et à une perturbation racinaire (rupture des racines liées à un passage trop brutal sur sol sec, passage trop proche d'une pluie bloquant l'activité des racines).

Conditions d'utilisation des outils mécaniques

L'efficacité des outils de désherbage mécanique dépend du réglage des outils, du type et du stade des adventices, du type de sol et des conditions de sol au moment du passage mais aussi des conditions météo suivant l'intervention.

Les 3 pages suivantes présentent les conditions d'utilisation de la herse étrille, de la houe rotative et de la bineuse dans le blé tendre d'hiver et les céréales d'hiver.

La herse étrille

En prélevée, le passage de la herse étrille doit avoir lieu en conditions de sol et de climat favorables dans les 4 à 6 jours suivant le semis avant que le coléoptile ne dépasse 0,5-1 cm (risque de casse). La profondeur de travail, plus superficielle qu'en post-levée, doit permettre d'éviter de trop perturber l'enterrage des semences de blé. A partir du stade 3 feuilles, c'est la bonne conjugaison entre agressivité et sélectivité qu'il faut déterminer par le réglage de l'inclinaison des dents et par la vitesse d'avancement.

Stade céréale d'hiver	Post-semis / Prélevée	Levée/ 1 feuille	2-3 feuilles	Tallage	Début montaison Epi 1 cm	2 nœuds Epiaison
Stades des adventices	En germination Stade filament	Non conseillé	Stade jeune – 2-3 feuilles maxi			Gaillets et vesces développés
Vitesse avancement	8-12 km/h		4 km/h	6-8 km/h		8-10 km/h
Agressivité Inclinaison dents	Faible à moyenne		Faible	Moyenne à forte		Moyenne
Perte pour la culture	Nulle	Forte	Faible	Nulle		Nulle

Source : Casdar Désherbage mécanique, expertise collective, brochure CDA89

Conseils

- Augmenter légèrement la densité de semis du blé (+ 10 à 15 %) pour faire face aux éventuelles pertes de pieds
- Tester différents réglages de la herse étrille sur quelques dizaines de mètres en réglant différemment l'inclinaison de chaque élément (ou panneau) et en augmentant la vitesse. Choisissez ensuite le réglage le plus efficace sur les adventices et le plus sélectif vis-à-vis de la culture.
- Au stade tallage, si la pénétration de la herse est difficile, envisager un 2ème passage perpendiculaire ou en biais par rapport au 1ier, ou mieux réaliser au préalable un ou deux passages de houe rotative dès le stade 2-3 feuilles du blé
- Au stade tallage, si la densité d'adventices est élevée, réaliser un 1ier passage, suivi le lendemain, après effet du vent et du soleil, d'un 2ième passage en sens inverse -à rebrousse poils- qui permet à la fois de finir d'extirper les adventices restantes, mais aussi de « redresser » la culture.

La houe rotative

Sur blé, les conditions d'utilisation de la houe rotative sont assez similaires à celle de la herse étrille. La profondeur de travail, la pression au sol et la vitesse peuvent être adaptées. En prélevée, on préférera un travail plus superficiel afin de ne pas sortir les grains de blé, notamment en sol soufflé ou très souple. Le risque de perte de pieds pour la culture est encore plus limité qu'avec la herse étrille : il est préconisé d'augmenter la densité de semis de 5 %.

Stade céréale d'hiver	Post-semis / Prélevée	Levée/ 1 feuille	2-3 feuilles	Tallage	Début montaison Epi 1 cm	2 nœuds Epiaison
Stades des adventices	En germination Stade filament	Non conseillé	Stade jeune – 2-3 feuilles maxi			Non adapté
Vitesse avancement	12-15 km/h		15-20 km/h			
Terrage	Faible		Faible	Moyen à fort		
Perte pour la culture	Nulle	Forte	Faible	Nulle		

Source : Casdar Désherbage mécanique, expertise collective, brochure CDA89

Conseils

- La houe rotative, également appelée écrouteuse, peut être utilisée en sol battant pour détruire la croute de battance, arracher les jeunes adventices et améliorer la levée de la céréale, puis faciliter la pénétration et l'action de la herse étrille à venir.

La bineuse

Par rapport aux passages de herse étrille et de houe rotative, le binage présente l'avantage d'intervenir plus tardivement dans le cycle de la culture mais aussi de s'attaquer à des adventices plus développées.

Des écartements de semis de 30 cm (ou 20) avec un doublement de 2 rangs contigus à 10 cm (ou 8) sont des techniques mises en œuvre par des agriculteurs binant leurs céréales. La baisse de rendement due à l'augmentation de l'écartement a pu être évaluée à 6 à 15 % par rapport à un écartement normal en agriculture biologique (essais Arvalis, récolte 2009 et 2010). Ces pertes n'ont pas été observées dans ces mêmes essais en 2011. Certains guidages de précision (reconnaissance vidéo, RTK) peuvent théoriquement permettre un binage jusqu'à un écartement des rangs de 15 cm, mais méritent encore d'être évalués. Pour des semis à écartement plus large, les guidages manuels, à palpeur de rang ou à reconnaissance optique (système Précizo) s'avèrent suffisants.

Stade céréale d'hiver	Post-semis / Prélevée	Levée/ 1 feuille	2-3 feuilles	Tallage	Début montaison Epi 1 cm	2 nœuds Epiaison
Vitesse avancement	Non conseillé			2-5 km/h		
+ guidage caméra				Jusqu'à 14 km/h		
Ecartement culture				> 20 cm		
+ guidage caméra				< 20 cm		
Perte pour la culture	Forte			Faible		

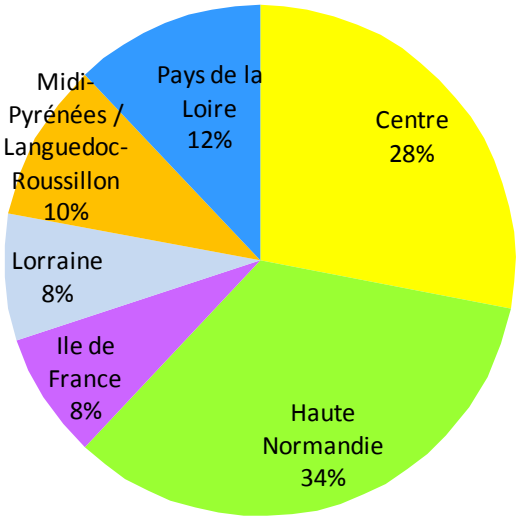
Source : Casdar Désherbage mécanique, expertise collective, brochure CDA89

Conseils

- Prévoir le binage dès le semis en adaptant les écartements du semoir à ceux de la bineuse
- Le binage peut être suivi dans les 1 à 2 jours suivants par un passage de herse étrille pour éviter le repiquage des adventices et aussi pour casser les mottes et redresser la culture.
- Selon les équipements, adapter la profondeur de travail du binage pour ne pas déchausser la culture

■ STRATÉGIES DE DÉSHERBAGE MÉCANIQUE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE : DES PRATIQUES VARIEES

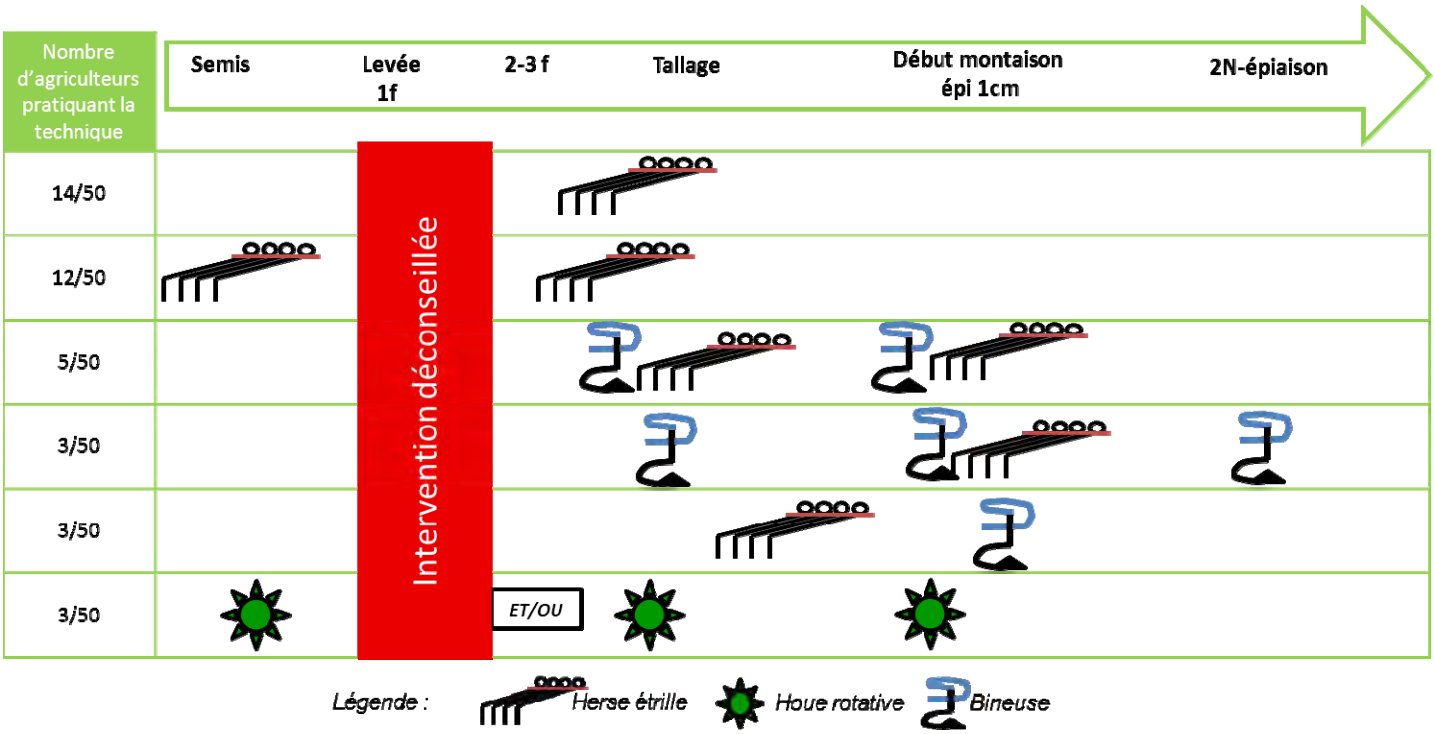
Dans le cadre du programme Casdar « Désherbage mécanique », 50 agriculteurs de toute la France ont été enquêtés sur leurs pratiques pour la campagne 2009. Leurs provenances sont illustrées dans le diagramme ci-dessous.



La diversité des itinéraires techniques est fortement liée au matériel présent sur l'exploitation et aux possibilités d'intervention au moment opportun. En agriculture biologique, sont principalement utilisées la herse étrille seule (un ou plusieurs passages) ou en association avec la bineuse comme on peut le voir sur les itinéraires techniques présentés ci-dessous. La houe rotative est aussi parfois mise à contribution.

Mise en garde :

Les itinéraires présentés dans le schéma suivant, ainsi que ceux présentés dans les études de cas pages suivantes, sont ceux observés pour la campagne 2009 chez les agriculteurs enquêtés (19). Ils ne doivent pas être lus comme des préconisations, mais bien comme la description d'une réalité, dans des conditions pédoclimatiques données. Ils reflètent la diversité des conduites en fonction de contextes différents (sols, climats, matériel, disponibilité...).



Etude de cas... d'un blé tendre d'hiver chez un céréalier en AB d'Ile de France

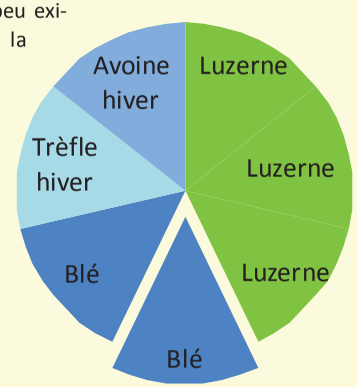
La ferme en bref

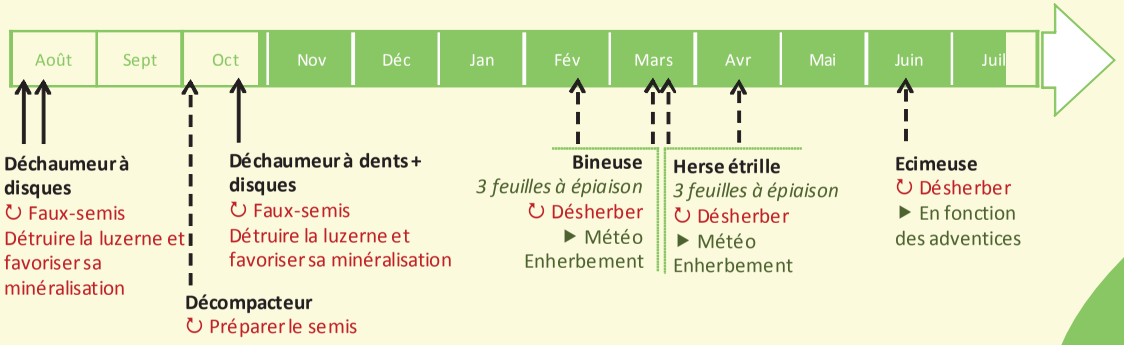
- > ***Céréalier***
- > ***SAU : 162 ha***
- > ***Principaux types de sols : limons battants, limons argileux***
- > ***En AB depuis 8 ans***
- > ***Mécanisation : 3,7 cv/ha Herse étrille 12 m (250 ha/an) - Bineuse à céréales 16 rangs de 6 m avec guidage caméra (150 ha/an)***

Le schéma ci-dessous présente la stratégie de gestion des mauvaises herbes dans une parcelle de blé non **labouré en sol froid**. La parcelle est considérée comme **plutôt sale** (vulpin, ray-grass, agrostis, folle avoine, gaillet, chardon), mais stable.

Pourquoi cette rotation ?

La rotation doit permettre de mieux contrôler les adventices tout en fournissant assez d'azote pour assurer un rendement acceptable. La **luzerne** en particulier assure la propreté vis-à-vis des chardons ainsi que l'apport d'azote complété par la culture de trèfle (ou de féverole). Le **blé sur blé** est possible ici parce qu'il a pour anté-précédent une luzerne. Cela permet une restitution de l'azote significative sur le 2ème blé et une faible pression maladie sur blé. **L'avoine -ou le sarrasin**- qui sont des cultures concurrentielles vis-à-vis des adventices et peu exigeantes en azote, complètent la sécurité de cette rotation en fin de cycle. Côté économique, le foin est valorisé en circuits d'affouragement et les deux blés assurent également une bonne rémunération.





Pourquoi cet itinéraire ?

Dans cette parcelle, le labour n'est réalisé que ponctuellement. C'est le **décompactage** qui permet de bien détruire la luzerne. Les **deux déchaumages** (disques et dents) complètent sa destruction et assurent, d'une part, une bonne implantation du premier blé de la rotation et, d'autre part, une meilleure minéralisation de la luzerne.

Le désherbage mécanique est basé sur la **complémentarité entre la bineuse et herse étrille**, qui sont passés deux fois en alternance. L'écimeuse termine de nettoyer en particulier les chardons, voire les folles avoines bien que cela soit souvent trop tard.

Indicateurs économiques et environnementaux pour cet itinéraire

	Consommation de carburant (l/ha)	Charges de mécanisation (€/ha)	Temps de travail (h/ha)
Résultats de cet itinéraire technique	25	70	1,1
Résultats médians pour les itinéraires techniques céréales d'hiver (19 cas)	45	150	2,5

Ces indicateurs ont été calculés en fonction des parcs matériels et des structures des exploitations enquêtées. Ils ne sont communiqués qu'à titre d'exemples non représentatifs. Les calculs incluent le travail du sol en interculture et le désherbage mécanique en culture.

Conclusion

+

- > ***Gain de temps***
- > ***Organisation (passages systématiques prévus)***
- > ***Matériel adapté en conséquence***
- > ***Charges de mécanisation faibles***
- > ***Bonne réflexion sur l'alternance des labour/non-labour selon les cultures, leurs itinéraires techniques et les types d'adventices***

-

- > ***L'absence de labour est une pratique à risque.***
- > ***Le matériel utilisé travaille trop profondément (5-10 cm avec disques et dents) et diminue l'efficacité des passages.***
- > ***La piste de couverts végétaux est également à préciser par rapport aux nombreux passages d'outils.***

Etude de cas... d'un blé tendre d'hiver chez un céréalier en AB de la région Centre

La ferme en bref

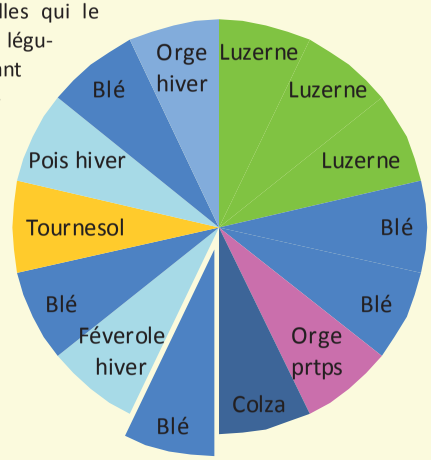
- > ***Céréalier***
- > ***SAU : 153 ha***
- > ***Principaux types de sols : limons, sables et graviers***
- > ***Conversion à l'AB en cours depuis 1999. Conversion totale prévue en 2012***
- > ***Mécanisation : 2,3 cv/ha Herse étrille 9 m – 2 bineuses à céréales 4 m – Houe rotative 6 m – Eci-***

La parcelle pour cet exemple est considérée comme **plutôt propre.**

Pourquoi cette rotation ?

Sur cette exploitation céréalière les sols sont hétérogènes. Cette rotation est pratiquée sur les sols superficiels, d'où la faible proportion de cultures de printemps. La rotation présentée débute par une luzerne, culture indispensable pour l'agriculteur afin de gérer les adventices vivaces, de structurer le sol et d'apporter de l'azote. Elle a une durée très longue (14 ans) mais peut être raccourcie si les sols sont trop sales avec un retour anticipé de la luzerne le **désherbage étant la priorité n°1 de l'agriculteur**.

La **fertilité** des sols est maintenue en alternant au maximum les cultures exigeantes et celles qui le sont moins avec des relais légumineuses et en apportant régulièrement des matières organiques (compost de déchets verts et équin et fientes de volailles).



Légende

Matériel
Stade
↻ Objectif
▶ Règle de décision

↑ Intervention systématique
↑ Intervention non systématique

Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil

Déchaumeur dents + disques
↻ Supprimer adventices levées
Faire germer graines adventices

Charrue

Herse étrille
En aveugle
↻ Nettoyer en plein
Créer un décalage entre levée adventice et culture
▶ Portance du sol et météo

Herse étrille en combiné avec bineuse
Tallage puis 1 nœud
↻ Nettoyer inter-rang puis s'il reste un peu de ray-grass, passage de sécurité
▶ Portance du sol et météo
Stade adventice

Ecimeuse
↻ Etêter adventices
▶ Selon pression adventices notamment chardon et folle avoine

Pourquoi cet itinéraire ?

Le **labour** est systématique pour assurer une bonne gestion du salissement bien que la question du non labour se pose actuellement. Sur cette parcelle, le blé est semé en double rang à 8,5 avec un inter-rang de 28 cm. Le **ray-grass et le vulpin** sont les adventices majoritaires sur le blé, gérés grâce aux travaux du sol et au désherbage mécanique dans la culture : la herse étrille est passée à l'aveugle dans la semaine qui suit le semis si les conditions le permettent puis au printemps ; 2 passages de bineuses puis herse étrille se succèdent. Dans ce cas précis, le dernier passage est dit de **sécurité**. Le niveau de salissement, la portance du sol et les conditions météo déclenchent les interventions.

Indicateurs économiques et environnementaux pour cet itinéraire

	Consommation de carburant (l/ha)	Charges de mécanisation (€/ha)	Temps de travail (h/ha)
Résultats de cet itinéraire technique	70	160	4,6
Résultats médians pour les itinéraires techniques céréales d'hiver (19 cas)	45	150	2,5

Ces indicateurs ont été calculés en fonction des parcs matériels et des structures des exploitations enquêtées. Ils ne sont communiqués qu'à titre d'exemples non représentatifs. Les calculs incluent le travail du sol en inter-culture et le désherbage mécanique en culture.

Conclusion

+

- > ***Maîtrise et sécurité du système vis-à-vis des adventices : propreté des parcelles sur le long terme***
- > ***Parc matériel complet qui permet d'adapter les programmes en fonction du climat et de la pression des adventices***
- > ***Effet luzerne prépondérant***
- > ***La lentille de printemps peut être cultivée à la place de la féverole d'hiver.***

-

- > ***Nombre de passages importants : consommation de carburant et temps de travail élevés***
- > ***Piste des inter-cultures à creuser***
- > ***Besoin de cultures de printemps pour gérer le ray-grass et le vulpin, mais difficultés à mettre en place en raison des conditions***

Etude de cas... d'un blé tendre d'hiver chez un éleveur ovins en AB de Midi-Pyrénées

La ferme en bref

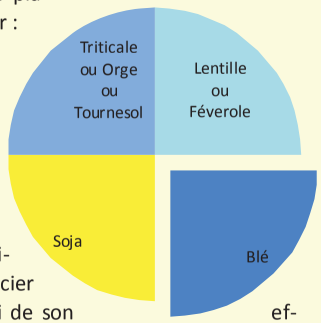
- > ***Polyculture-élevage ovins (2 UTH)***
- > ***SAU : 180 ha (irrigués sur 120 ha)***
- > ***Principaux types de sols : argilo-calcaires***
- > ***En AB depuis 7 ans***
- > ***Mécanisation : 3,4 cv/ha - Herse étrille 12 m***

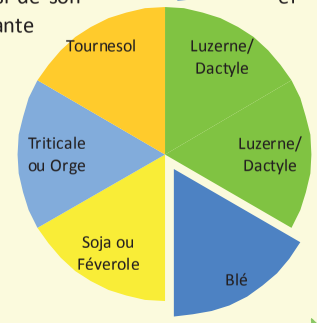
Le schéma ci-dessous présente la stratégie de gestion des mauvaises herbes dans une parcelle de blé en non labour irriguée. La parcelle est considérée comme peu sale (présence de folle avoine, chardon, véronique, gaillet, ray-grass, moutarde).

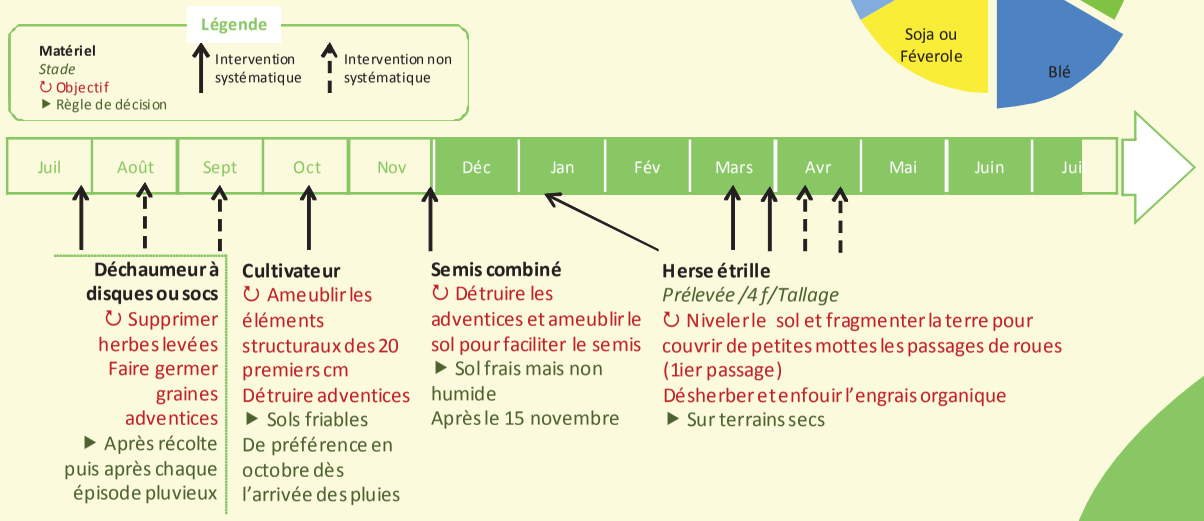
Pourquoi cette rotation ?

Sur cette ferme irriguée de coteaux et de plateaux, la **fertilité** du sol est entretenue par : l'apport de matières organiques issues du troupeau ovin (arrivé en 2006) ; les 30 ha de prairies composées en majorité de légumineuses ; les cultures de légumineuses ; l'apport de 800 T de fumier composté avant tournesol ; la fertilisation des céréales avec 1 à 1,5 T de poudre d'os. Les céréales suivent ou précèdent systématiquement une **légumineuse** afin de bénéficier de l'effet fertilité du précédent, mais aussi de son effet nettoyant (cycle cultural inversé ou plante sarclée).

Lorsque des annuelles comme la folle avoine, les ray-grass, moutardes, gaillet et véroniques peuvent gêner les céréales, le **triticale** est cultivé.







Pourquoi cet itinéraire ?

Sur cette ferme le labour est remplacé par le **travail profond avec dents** avant cultures d'été, depuis plus de 15 ans. Le premier but recherché est de conserver la matière organique et la vie microbienne en surface ce qui assure le maintien de la fertilité du sol tout en limitant l'érosion dans ces grands coteaux très pentus. Malgré les décompactages (effectués sans socs à ailettes), les vivaces (chardons) demeurent dans les parcelles ne recevant pas de luzerne. La **succession des interventions mécaniques est préétablie**. Les facteurs déclenchant les passages sont : l'humidité du sol, la météo à venir, le stade du blé, le stade et la densité des adventices. La **herse étrille** permet de contrôler les adventices hivernales non levées pendant l'inter-culture (moutardes, renouées diverses, graminées). Cependant, comme elle n'est passée qu'à partir du stade 4 feuilles sur des plantules parfois bien enracinées, le résultat est perfectible.

Indicateurs économiques et environnementaux pour cet itinéraire

	Consommation de carburant (l/ha)	Charges de mécanisation (€/ha)	Temps de travail (h/ha)
Résultats de cet itinéraire technique	50	150	1,7
Résultats médians pour les itinéraires techniques céréales d'hiver (19 cas)	45	150	2,5

Ces indicateurs ont été calculés en fonction des parcs matériels et des structures des exploitations enquêtées. Ils ne sont communiqués qu'à titre d'exemples non représentatifs. Les calculs incluent le travail du sol en inter-culture et le désherbage mécanique en culture.

Conclusion

+

- > ***Alternance de cultures à cycles biologiques différents***
- > ***Le non labour se poursuit malgré la présence de cultures irriguées favorables aux salissements estivaux.***
- > ***Parcelles assez propres malgré l'absence d'intervention manuelle***
- > ***Charge de mécanisation dans la moyenne du groupe enquêté***

-

- > ***Présence de chardons et de folles avoines de façon récurrente sur les parcelles ne recevant pas de luzerne***
- > ***Absence de houe rotative utilisable dès le stade 2 feuilles***
- > ***Parfois, manque de disponibilité des éleveurs lorsque les conditions de sols sont favorables***

Etude de cas... d'un blé tendre d'hiver chez un éleveur en AB de Lorraine

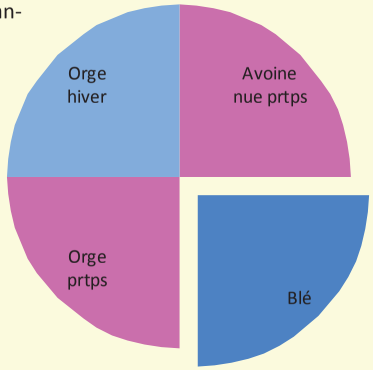
La ferme en bref

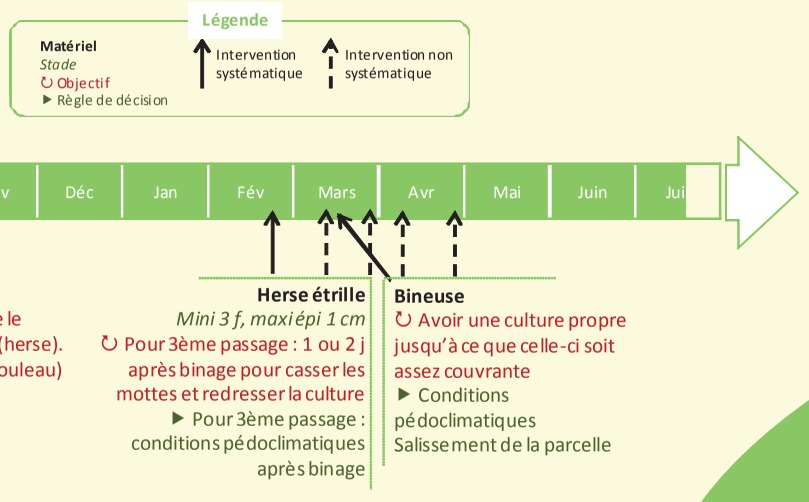
- > ***Polyculture élevage volailles***
- > ***SAU : 75 ha***
- > ***Principaux types de sols : argilo-calcaires peu profond et caillouteux***
- > ***En AB depuis 5 ans***
- > ***Mécanisation : 2,1 cv/ha Herse étrille 12 m (100 ha/an) - Bineuse à céréales 16 rangs (6 m écartement 30 cm) avec guidage camera (275 ha/an) en CUMA***

Le schéma ci-dessous présente la stratégie de gestion des mauvaises herbes dans une parcelle de blé en **rotation courte**. La parcelle est considérée comme **plutôt sale**.

Pourquoi cette rotation ?

Ces agriculteurs suivent une règle de base : **alterner** systématiquement une culture d'hiver et une culture de printemps avec l'implantation d'un **couvert durant une inter-culture longue**. De plus, la rotation doit **répondre aux besoins de l'élevage**.





Pourquoi cet itinéraire ?

La combinaison de différentes pratiques de travail du sol est nécessaire et fortement raisonnée en fonction **des conditions climatiques** : en année humide, les faux-semis sont multipliés et le semis retardé ; en année sèche, les faux-semis sont limités et le semis du blé est précoce afin qu'il se développe au mieux avant l'hiver. Dans ces situations sèches, le désherbage mécanique a plutôt lieu au printemps.

Le binage est pratiqué essentiellement au printemps, à l'exception des parcelles les plus sales. Quand les conditions climatiques le permettent, un passage de herse étrille est réalisé systématiquement dans les 2 jours suivants le binage.

Indicateurs économiques et environnementaux pour cet itinéraire

	Consommation de carburant (l/ha)	Charges de mécanisation (€/ha)	Temps de travail (h/ha)
Résultats de cet itinéraire technique	30	190	2,5
Résultats médians pour les itinéraires techniques céréales d'hiver (19 cas)	45	150	2,5

Ces indicateurs ont été calculés en fonction des parcs matériels et des structures des exploitations enquêtées. Ils ne sont communiqués qu'à titre d'exemples non représentatifs. Les calculs incluent le travail du sol en inter-culture et le désherbage mécanique en culture.

Conclusion

+

- > ***Rotation adaptée aux besoins de l'élevage***
- > ***Alternance de cultures d'hiver et de printemps***
- > ***L'avoine nue de printemps est un bon précédent par rapport à la gestion des adventices.***
- > ***Le guidage de précision permet un bon débit de chantier du binage (2 ha/h)***

-

- > ***Rotation courte***
- > ***Nombreuses interventions en inter-culture et en culture, mais temps de travail optimisé***

«Qui Fait Quoi»

ITAB
Institut Technique de l'Agriculture Biologique

Connaître et faire connaître la recherche-expérimentation en AB

1600 actions resencées

Depuis plus de 10 ans, l'ITAB anime et pilote le recensement des actions menées par les partenaires de la recherche-expérimentation en AB, connu sous le nom du « Qui Fait Quoi ».

PROJETS QUI FAIT QUOI RÉSEAU RECENSEMENT IDENTIFIER BIOLOGIQUE RÉSEAU VALORISER TRAVAUX PARTICIPER BIOLOGIQUE RECHERCHE CONSULTER ACTEURS PROJETS TRAVAUX EXPÉRIMENTATION CONSULTER QUI FAIT QUOI PARTICIPER ACTEURS RECENSEMENT IDENTIFIER VALORISER BIOLOGIQUE PROJETS IDENTIFIER PARTENARIAT RECHERCHE CONSULTER PARTICIPER ACTEURS EXPÉRIMENTATION QUI FAIT QUOI RÉSEAU PROJETS RECENCEMENT

Un outil collaboratif pour faire connaître, mettre en lien et capitaliser

Consultez les actions par production, thématique, année....

Enrichissez la base par vos travaux

Sur http://qfq.itab.asso.fr/