



HAL
open science

Teneur en protéines des blés biologiques en Lorraine : de nouvelles perspectives pour la filière

Claire Thiery

► To cite this version:

Claire Thiery. Teneur en protéines des blés biologiques en Lorraine : de nouvelles perspectives pour la filière. 2007. hal-02814027

HAL Id: hal-02814027

<https://hal.inrae.fr/hal-02814027v1>

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Teneur en protéines des blés biologiques en Lorraine :

De nouvelles perspectives pour la filière.

THIERY Claire
Bourse d'expérimentation 2007
CGA Lorraine, INRA SAD Mirecourt

Remerciements

Je tiens en premier lieu à adresser tous mes remerciements à Nadine Piboule du CGA Lorraine et Damien Foissy de l'unité de recherche de l'INRA de Mirecourt, respectivement responsables du projet et encadrant du boursier.

Je remercie également toute l'équipe de l'unité de recherche de Mirecourt ainsi que les stagiaires présents pour leur agréable et chaleureux accueil et le soutien dans le travail réalisé, notamment lors des travaux de suivi d'expérimentation.

Il est essentiel de ne pas oublier les agriculteurs biologiques lorrains interrogés, sans lesquels, il aurait été impossible d'identifier les itinéraires techniques.

Enfin, encore un merci à toutes les autres personnes (coopérative, équipes de recherche...) que j'ai omis de citer et qui ont permis d'apporter maintes informations.

Sommaire

Introduction	6
I. Contexte	8
1. Production de blé biologique en France	8
2. Organisation de la filière en Lorraine	8
3. La teneur en protéines	10
II. Facteurs influençant le rendement et la teneur en protéines.	10
1. Facteurs climatiques	10
2. Facteurs agronomiques	11
2.1 L'azote	11
2.2 Les adventices	12
2.3 La structure	13
2.4 Les pressions parasitaires	13
III. Pratiques agricoles en Lorraine	14
1. Méthodologie.	14
2. Caractéristiques des exploitations	15
3. Conduite des blés	17
3.1 Analyse descriptive	17
3.2 Typologie	20
3.3 Typologie des itinéraires obtenus	22
IV. Systèmes de cultures et facteurs limitants	23
1. Caractéristiques des itinéraires techniques	23
2. Suivis réalisés	24
2.1 Densité	25
2.2 Reliquat sortie hiver	25
2.3 Biomasses à la floraison	25
2.4 Etat structural du sol	26
2.5 Rendement grain et teneur en protéines	27
V. Nouvelles conduites	28
1. Intérêts des associations de cultures	28
1.1 Echanges azotés	29
1.2 Lutte contre les adventices	29
1.3 Lutte contre les parasites	29
1.4 Rendement et qualité	29
2. Dispositif de suivi	30
3. Résultats	30
3.1 Densités	30

3.2	Adventices.....	31
3.3	Suivi azoté.....	32
3.4	Verse.....	32
3.5	Maladies et Insectes.....	33
3.6	Rendements :.....	33
3.7	Teneurs en azote des grains et pailles et teneurs en protéines	34
3.8	Test de panification	34
 Conclusion et perspectives		36
 Liste des annexes		39
 Bibliographie.....		43
 Résumé		44

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques climatiques pour les campagnes 2004, 2005 et 2006 (du 01/08 au 31/07)	16
Tableau 2: Nombre d'interventions de travail du sol par parcelle en systèmes labour et non labour.....	18
Tableau 3: Type et quantité de déjection animale épandue par parcelle.....	19
Tableau 4: Modalités pour chaque variable.	20
Tableau 5: Analyse des conduites de blé	22
Tableau 6: Itinéraire technique des parcelles étudiées	24
Tableau 7: Mesures réalisées sur les parcelles étudiées	27
Tableau 8 : Pertes de densité à la levée et durant l'hiver, exprimées en %	31
Tableau 9: Reliquat azote post récolte en kg/ ha.....	32
Tableau 10 : teneurs en azote des grains et pailles, en g par kg de MS.	34
Tableau 11 : valeurs de panification de la campagne 2006-2007	34

TABLE DES GRAPHIQUES

Graphique 1: Répartition des exploitations biologiques dans les départements lorrains, 2005. 8	
Graphique 2: Débouchés de Probiolor, en pourcentage du volume collecté, 2006.	9
Graphique 3: Petites régions agricoles et caractéristiques climatiques.....	15
Graphique 4: Pluviométries et température moyenne mensuelles pour les campagnes 2004, 2005 et 2006.....	16
Graphique 5: Rendement et reliquat sortie hiver	27
Graphique 6: Biomasse d'adventices, en t MS/ha à l'épiaison	31
Graphique 7: Rendement en grain.....	33

TABLE DES PHOTOS

Photo 1: Outils de désherbage mécanique.....	13
Photo 2: Densité de végétation à la floraison.....	26
Photo 3: Végétation au 15/05/07	32
Photo 4: Ravageur et auxiliaire	33

Introduction

Apparue au début des années soixante, l'agriculture biologique se développe d'avantage. Au cours de ces dernières années, le passage de différentes crises alimentaires et sanitaires (vache folle, fièvre catarrhale...) ont modifié le comportement alimentaire de certains consommateurs.

La demande de produit issu de l'agriculture biologique augmente régulièrement. Soit + 9.5%, soit 1,6 milliard d'euros a été enregistrée entre 1999 et 2005 (INRA 2007). La multiplication des points de ventes spécialisés ou non dans les produits biologiques a contribué à attirer plus de consommateurs pour qui « produit biologique » s'associe avec « produit de qualité ». Malgré cette demande, les surfaces agricoles ont diminuées de 1.4%, avec une production céréalière qui semble atteindre un palier, 83 861 ha en 2006 contre 91441 ha en 2005, ce qui se traduit par une diminution de la surface de production de blé tendre. Cependant, pour cette culture, la collecte a continué d'augmenter avec 81 555 tonnes de blé tendre en 2006. Ceci s'explique notamment par des conditions climatiques favorables à une augmentation des rendements.

Malgré le soutien du Conseil européen, qui reconnaît l'agriculture biologique comme un mode de production à développer, compte tenu de la combinaison d'effets écologiques, sociaux et environnementaux, le niveau de production reste encore assez faible par rapport à la demande des consommateurs. De plus, le Programme National Nutrition Santé recommande fortement la consommation de pain complet, la filière de blé biologique est de nouveau sollicitée. Valorisant 80% de la production de blé tendre, le secteur de la meunerie a transformé 49 169 tonnes de blé tendre pour la campagne 2005-2006. Les meuniers attendent donc des agriculteurs, un blé de haute qualité boulangère.

Quelles sont les limites au développement de la production de blé tendre dans ce contexte de forte demande? Différentes études, tel que le Programme Recherche INRA - CIAB/ACTA/ACTIA 2005-2007, s'intéressent à l'ensemble de la filière blé / farine / pain en vue d'améliorer les qualités nutritionnelles et organoleptiques des pains biologiques. Les objectifs généraux étaient dans un premier temps d'identifier, quantifier les sources de variabilité de la qualité d'utilisation des blés aux différentes étapes de production et de transformation, puis dans un second temps d'identifier les principaux critères pertinents permettant de répondre aux attentes des consommateurs et dans un troisième temps d'organiser de nouvelles priorités et développer des méthodes d'évaluation suite aux différentes observations et résultats obtenus. A chaque niveau de la filière, des objectifs de production en quantité et en qualité sont à atteindre. Le principal critère de transaction entre producteurs, collecteurs et transformateurs repose sur la mesure de la teneur en protéines. Dans les systèmes de production à bas intrant, comme c'est le cas en production biologique, il est le résultat de la combinaison de facteurs agronomique et pédo-climatique dont les principaux sont les suivants : l'azote, la pression parasitaire, la structure du sol, les conditions climatiques. Une étude réalisée par Christophe DAVID, 2005 a permis de mesurer l'importance des différents facteurs limitants en système céréalière. De forts déficits azotés au printemps sont la principale cause de l'obtention de faible teneur en protéines du à une absence ou à un recours limité à la fertilisation organique.

Actuellement, les organismes de développement agricole conventionnels et biologiques sont demandeurs d'outils et de techniques de productions adaptées aux systèmes avec peu ou pas d'intrants.

C'est dans ce contexte de forte demande de blé de qualité et de recherches de nouvelles techniques et d'outils à la production de blé de qualité que cette bourse d'expérimentation a été menée par le Centre des Groupements des Agrobiologistes (CGA) de Lorraine en partenariat avec l'unité de recherche INRA de Mirecourt. L'objectif était de réaliser un état des lieux des pratiques culturales mises en œuvre sur les blés, puis d'identifier et de hiérarchiser les facteurs limitants au rendement et à la qualité. Dans le but d'améliorer la teneur en protéines du blé, une étude visait à tester un nouvel itinéraire de conduite du blé.

Dans un premier temps, un travail de bibliographie a consisté à relever et hiérarchiser les principaux facteurs influençant le rendement et la teneur en protéines que sont l'azote, les adventices, la structure du sol et la pression parasitaire.

Dans un second temps, un état des lieux a été effectué sur la valorisation des blés biologique en Lorraine, par la réalisation d'une enquête auprès des différents acteurs de la filière. Les différentes techniques culturales mises en œuvre par les agriculteurs ont été identifiées afin de dégager les conduites types en système de polyculture - élevage.

Dans un troisième temps, certaines de ces conduites étaient testées sur le domaine expérimental de l'INRA de Mirecourt derrière des précédents prairies et céréales. Il s'agissait d'identifier, parmi la fertilisation, la structure du sol, les adventices, la pression parasitaire et le passé cultural, quels étaient les facteurs limitants qui s'exprimaient.

Enfin, l'étude exploratoire de la conduite d'un blé en association avec un pois protéagineux d'hivers devait permettre de dégager quels étaient les intérêts agronomiques, et étudier la faisabilité technique et économique.

I. Contexte

1. Production de blé biologique en France

Grâce à des efforts de développement et d'accompagnement des agriculteurs, l'agriculture biologique se développe progressivement en Europe. En 20 ans, les surfaces consacrées à l'agriculture biologique ont progressé de + 3.4% en 2004, alors que dans les années 80, elles étaient très proches de zéro (INRA 2007).

En France, seulement 2% de la surface agricole utile est concernée : la surface occupée par l'agriculture biologique en 2006 est de 552 824 ha. Le nombre d'exploitations a légèrement augmenté, +2%, par rapport à 2005, alors que les surfaces ont diminué de 1.4%. La surface en blé tendre a ainsi diminué de 5% entre 2005 et 2006 : 133 755 tonnes de céréales ont ainsi été produites : le blé tendre en représente un peu plus de la moitié. C'est une des espèces les mieux valorisées sur le marché au regard des autres cultures qui sont destinées à l'alimentation animale.

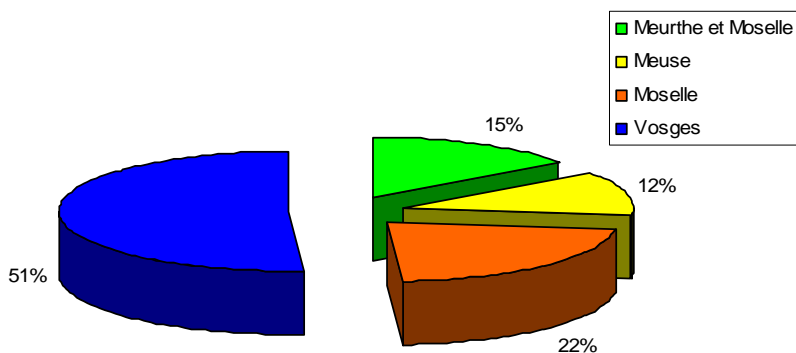
Le secteur de la meunerie a écrasé 49 169 tonnes de blé tendre en 2006. La complexité de la gestion de la structure liée au stockage séparé, à la traçabilité et à la double comptabilité fait que la meunerie biologique n'est représentée que dans 40% des moulins français qui sont surtout situés dans la quart Nord - Ouest de la France. Grâce à la signature de contrats de production entre agriculteurs, collecteurs et meuniers, le volume de transformation est ainsi garanti.

2. Organisation de la filière en Lorraine

La collecte :

En Lorraine, l'agriculture biologique représente 1,7% de la surface agricole utile régionale soit 20 036 ha pour 234 exploitations (www.bioenlorraine.fr, 2005). Cependant entre les 4 départements, on observe une répartition inégale au profit du département des Vosges où figurent plus de 50% des agrobiologistes lorrains (Graphique 1).

Graphique 1: Répartition des exploitations biologiques dans les départements lorrains, 2005.



Source : www.bioenlorraine.fr

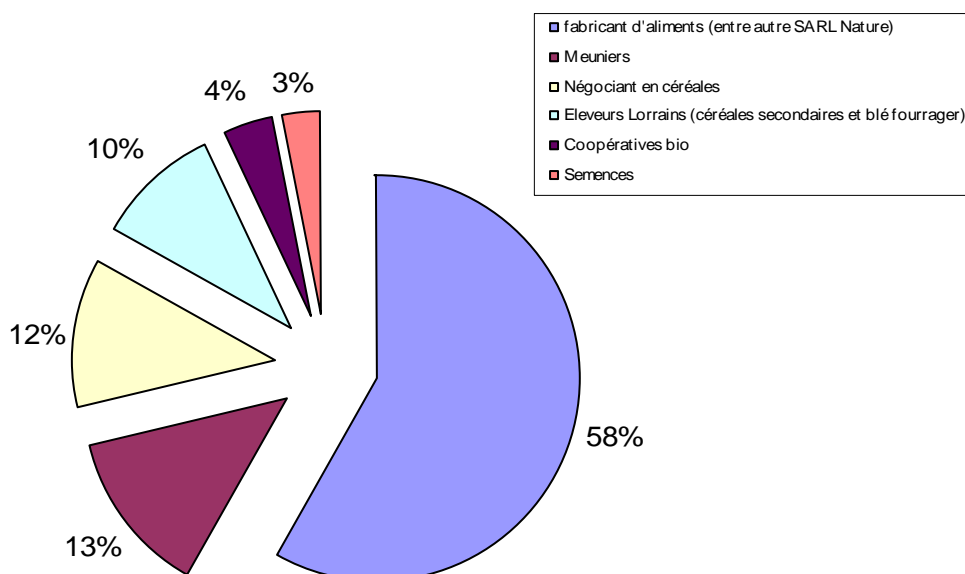
Les principales productions développées sont la viande, le lait, les céréales et d'autres filières de productions plus marginales tel que le maraîchage, les fruits et petits fruits.

En 1991, un groupe de producteurs lorrains s'est constitué afin de pouvoir mieux valoriser la production de céréales et de protéagineux et a créé une structure de collecte. Aujourd'hui, la coopérative Probiolor est constituée de 84 adhérents répartis sur toute la région et quelques départements limitrophes ; elle regroupe l'ensemble des producteurs et des acheteurs. Elle est une des seules structures de collecte spécialisées dans la collecte de céréales et oléo-protéagineux uniquement biologiques.

Une vingtaine d'espèces végétales telles que le blé, le seigle, l'épeautre, le sarrasin, les lentilles, le pois, la vesce, sont ainsi collectées auprès d'une quarantaine de producteurs. Cette collecte représente 80% de la production céréalière Lorraine soit 3 000 tonnes, et le blé représente 40% de la collecte, soit 1300 tonnes. Cette structure est de petite taille et seulement 1/3 de la collecte peut être stockée par la coopérative. Probiolor limite les intermédiaires afin de garantir le meilleur prix de vente à ses producteurs par la mise à disposition, par location, de cellules de stockage par une coopérative conventionnelle (CAL) et par une prime d'encouragement à l'investissement dans des cellules de stockage à la ferme.

Les principaux débouchés sont les fabricants d'aliments pour le bétails (58%), les meuniers (13%), les négociants en céréales (11.8%) et les éleveurs lorrains (10.2%) (Graphique 2). Ces derniers achètent des céréales secondaires et du blé fourrager pour la complémentation alimentaire de leur troupeau.

Graphique 2: Débouchés de Probiolor, en pourcentage du volume collecté, 2006.



Source : www.bioenlorraine.fr

La transformation :

La meunerie, deuxième débouché de la coopérative, est le secteur pour lequel la céréale est la mieux valorisée sur le marché. La teneur en protéines des blés est une donnée importante dans la transaction entre producteur et collecteur : c'est elle qui définit la valeur marchande d'un lot de blé. Au niveau de la filière de transformation, le produit transformé doit répondre à des

caractéristiques technologiques pour la fabrication du pain. Lors de l'achat de lots de blé, le meunier reste attentif aux résultats obtenus lors de tests de panification notamment pour l'indice de Zénély et le temps de chute de Hadgberg ainsi que la teneur en protéines.

Afin de s'assurer d'une bonne qualité des lots de blé proposés aux meuniers, la coopérative effectue des analyses physiques (humidité, poids spécifique) et chimiques (% protéines, Zénély, Hadgberg) sur les lots achetés.

L'objectif de la coopérative lorraine Probiolor est de pouvoir valoriser au mieux la production de blé en meunerie. Chaque année, 20% de la production sont ainsi valorisés auprès de meuniers lorrains préférentiellement – pour limitation des coûts de transport- le reste est vendu dans la région parisienne, le sud de la France ou bien encore la Belgique et l'Allemagne suivant la demande.

3. La teneur en protéines

Si la teneur en protéines est un des critères les plus importants pris en compte dans l'établissement de la valeur marchande du blé, les agriculteurs doivent souvent faire le choix entre un blé productif en quantité et un blé productif en qualité. Les blés riches en protéines sont bien souvent reconnus comme les moins productifs et les blés plus productifs sont les moins riches en protéines.

A l'heure actuelle, la qualité du blé, et l'aptitude à la panification sont des notions difficiles à aborder car il n'existe pas d'indicateur simple et rigoureux.

Nous retiendrons cependant que la teneur en protéines est un des critères les mieux corrélés à la désignation d'un blé de qualité, mesure simple à réaliser et utilisée lors de transactions marchandes. Cette teneur en protéines dépend de la rusticité de la variété, des conditions climatiques de l'année et de facteurs agronomiques. Cependant, pour certaines variétés, telles que Camp-Rémy, la corrélation teneur en protéines et aptitude à la panification n'est pas toujours significative : certains lots à 10% de protéines se panifient aussi bien que des lots à 12 ou 13%.

II. Facteurs influençant le rendement et la teneur en protéines.

La production de céréales biologiques se heurte à la difficulté d'obtenir une production régulière en terme de volume et de qualité. L'influence des conditions agronomiques et pédo-climatiques et des pratiques culturales sont très fortes. L'identification des facteurs explicatifs de la productivité et de la qualité permet ainsi d'envisager d'éventuelles améliorations dans les systèmes de productions. Ces facteurs peuvent être d'ordre climatique ou agronomique.

1. Facteurs climatiques

Certaines régions agricoles (ou régions naturelles) à travers leurs conditions climatiques particulières semblent être plus propices que d'autres à la production de blé de qualité. Les précipitations et la température sont les principaux éléments du climat qui peuvent influencer

les conditions de croissance et de développement des plantes. A certains stades de leur développement, les plantes sont plus ou moins exigeantes en température et en eau.

Même si les agriculteurs ont pris connaissance des cycles biologiques de leurs cultures, rien ou presque rien ne peut les aider à maîtriser les conditions climatiques de l'année. Le choix de variétés plus ou moins précoce pour limiter les impacts climatiques tels que le stress hydrique au remplissage des grains, et la date de semis pour une meilleure résistance au gel, permettent de limiter les accidents climatiques. Si les années se suivent, elles se caractérisent souvent par des événements climatiques marquants tels que sécheresse, inondation, forte température. La campagne 2002-2003, marquée dans tous les esprits agricoles par une sécheresse dès le printemps, s'est traduite par de très faibles rendements et une qualité des blés moindre.

La réserve hydrique d'un sol, renouvelée par les précipitations diminue lorsque l'évapotranspiration augmente. Le déficit hydrique est caractérisé par un phénomène d'évaporation élevé du sol et une transpiration élevée de la culture.

Ainsi, durant le stade de l'élongation de la tige le blé demandeur en énergie, devient très sensible à l'absence d'eau, principal moyen de transport des éléments minéraux du sol vers la plante. Par conséquence un affaiblissement de la plante et une diminution du nombre de grain par épis peuvent être observés.

Des températures supérieures à 25° peuvent également affecter le remplissage du grain. A ce stade, la remobilisation de l'azote contenue dans la plante vers le grain se fait par le biais de l'alimentation hydrique. Par l'action de fermeture des stomates, organe de régulation de la transpiration des plantes situé sur la partie inférieure des feuilles, le blé va réguler son alimentation hydrique et va limiter son activité de remobilisation.

La taille et la qualité du grain seront ainsi affectées par des températures élevées durant le mois de juin pour la région Lorraine.

La variabilité inter -annuelle de la qualité des lots de blé est très dépendante des conditions climatiques de l'année. Dès la reprise de végétation à la sortie de l'hiver, l'estimation de la qualité d'un blé ne peut être envisageable. Une fois le stade floraison du blé atteint, des prévisions peuvent être établies sous réserve des conditions climatiques adéquates au moment du remplissage du grain.

L'expression de facteurs limitants climatiques et agronomiques peut anéantir toute une récolte. Afin de limiter l'expression de ces facteurs limitants climatiques, les agriculteurs doivent composer avec la connaissance des impacts agronomiques de leurs techniques culturales sur le développement de la culture du blé et son impact sur la qualité.

2. Facteurs agronomiques

2.1 L'azote

La synthèse des protéines dans un grain de blé provient essentiellement de l'alimentation azotée du pied de blé. L'azote est un élément présent sous forme organique et minérale dans le sol : la fraction organique est rendue assimilable par la plante grâce au mécanisme de la minéralisation pour lequel température et humidité du sol doivent être réunies.

En agriculture biologique, les sources d'azote proviennent de la minéralisation de la matière organique du sol et/ou de reliquats laissés par le précédent. L'enrichissement du sol en azote peut également provenir du précédent cultural du blé. Un précédent de type légumineuse tel que la luzerne, le pois, ou le trèfle, en raison de la présence de nodosités sur son système racinaire, permettra d'enrichir le sol en azote et sera rendu disponible pour la culture suivante. En complément, une fumure organique, plus ou moins riche selon le type de produit – qu'il soit issu de l'exploitation ou du commerce - permet le maintien ou l'enrichissement du sol en éléments azotés organiques. Pour être valorisé au mieux la période de minéralisation de l'azote devrait correspondre à la période de besoin en azote de la plante. La difficulté d'ajuster des fertilisants organiques avec les besoins de la plante tient en premier lieu au manque d'appréciation de la cinétique de minéralisation de l'azote. Par ailleurs le décalage entre la minéralisation de l'azote et les besoins instantanés du blé conduit à la difficulté d'utiliser efficacement l'azote potentiellement disponible.

Les risques de carences azotées sont élevées lorsque le précédent laisse un reliquat faible (céréales, oléagineux), en l'absence de fumure organique ou encore lorsqu'il y a un défaut de minéralisation lié à un déficit hydrique.

2.2 Les adventices

Les éléments minéraux –azote, phosphore, potassium-, et l'eau peuvent faire l'objet d'une compétition entre la culture et les espèces non désirables. Pour lutter contre les adventices, le travail du sol et la rotation des cultures sont les 2 moyens de luttés dont dispose l'agriculteur. La succession culturale d'espèces différentes contribue à un meilleur contrôle des adventices notamment pour les vivaces. Dans les systèmes en présence d'élevage on préférera l'introduction de légumineuse fourragères et ou d'espèces fourragères à l'introduction d'espèces annuelles avec une faible couverture du sol en phase végétative.

La technique du faux semis avant l'implantation de la culture permet de diminuer de 67% le stock d'adventices annuelles à levée automnale (www.agrireseau.qc.ca). Cependant cette technique doit être réalisée dans de bonnes conditions de ressuyage afin de limiter tout tassement du sol par le passage des outils et ne doit pas altérer la structure du sol afin de favoriser la germination du blé.

Au cours du cycle végétatif de la culture il est possible de contrôler les adventices grâce à l'utilisation d'outils de désherbage mécanique tels que la herse étrille, la herse soleil, la bineuse (Photo 1). Les interventions de désherbage mécanique sont cependant très dépendantes des conditions climatiques et surtout des conditions de ressuyage des parcelles. En Lorraine, sur des sols très argileux le nombre de jours disponibles pour réaliser ce type d'intervention, que ce soit au printemps ou quelques jours après le semis en passage à l'aveugle, est très faible.

Photo 1: Outils de désherbage mécanique



Herse soleil ou houe rotative
(Source : www.cetiom.fr)



Herse Etrille



Bineuse

2.3 La structure

« La structure du sol résulte de la façon dont sont associés les constituants élémentaires de la terre. » (Cedra, 1993). La structure est ainsi caractérisée par : la forme et la taille des éléments structuraux, l'importance de la porosité du sol et l'intensité des liaisons au sein des éléments structuraux et entre eux. La structure d'un sol peut être altérée par différents phénomènes climatiques et mécaniques.

Ainsi, dans des sols à texture très fine comme c'est le cas en sols limoneux, une forte pluie peut provoquer une rupture dans les liaisons du sol favorisant la formation de particules sédimentaires qui en séchant formeront une croûte de battance.

De même, la réalisation d'interventions de travail du sol dans des conditions trop humides peut altérer la structure du sol par une forte réduction de sa porosité, ce qui tend à le compacter. La faible porosité d'un sol peut entraîner l'asphyxie du système racinaire et engendrer un fort ralentissement dans son développement. Dans ces conditions, l'alimentation hydrique et minérale se trouve pénalisée.

2.4 Les pressions parasitaires

Le développement parasitaire notamment des maladies est favorisé par une densité de peuplement élevée. Pour se disséminer, des champignons, tels que celui responsable de la septoriose, profitent de l'action d'une pluie éclaboussante pour gravir le feuillage supérieur et ou contaminer un pied voisin. En agriculture biologique, la densité du peuplement végétal est souvent plus faible qu'en agriculture conventionnelle; les plantes sont plus distantes entre elles, et sont donc moins exposées à la pression parasitaire. Cependant la population de certains ravageurs est surveillée de plus près car certains d'entre eux sont reconnus pour être vecteurs de maladies. C'est le cas du puceron vert qui peut être vecteur de la jaunisse nanisante du blé.

Le choix de variétés rustiques tel que Camp Rémy, et l'allongement des rotations contribuent à la maîtrise des maladies. Certaines maladies du grain, tel que l'ergot qui avait disparu du répertoire chez les agriculteurs conventionnels restent toujours présentes chez les agriculteurs biologiques. En cause, une sélection avant tout pour l'agriculture conventionnelle et qui répond peu aux exigences de l'agriculture biologique (Lubac.S, Fontaine L, 2005)

On retiendra ainsi dans cette partie consacrée aux facteurs limitants à la production de blé de qualité, que le climat a une forte influence à la fois sur le cycle du blé mais également sur l'ensemble des interventions culturales qui sont réalisées.

Les facteurs limitants agronomiques peuvent quant à eux être raisonnés sur le long terme en faisant le choix de travailler sur de longues rotations avec une grande diversité d'espèces, d'optimiser son travail du sol et participer à l'enrichissement en matières organiques des sols.

III. Pratiques agricoles en Lorraine

Une enquête agriculteur a été réalisée auprès des agriculteurs afin de relever les pratiques culturales mises en œuvres. L'objectif était d'identifier des itinéraires techniques types dont certains feraient l'objet d'une étude expérimentale.

1. Méthodologie.

Le choix des exploitations à enquêter a été réalisé à partir des fichiers des adhérents du CGA de Lorraine et de Probiolor. L'enquête a été réalisée en 2007 rétrospectivement sur les campagnes 2004, 2005 et 2006. Le premier fichier nous donnait les caractéristiques des exploitations agricoles – système de production, zone géographique - et le second fichier permettait de choisir des agriculteurs ayant commercialisé au moins un lot de blé chaque année étudiée. Les critères de choix des exploitations à enquêter concernaient la situation géographique de l'exploitation afin d'avoir une bonne représentativité de toutes les situations pédo - climatiques de Lorraine. Enfin, les exploitations devaient être en agriculture biologiques depuis plus de 4 ans et produire du blé.

Ainsi, 21 exploitations agricoles ont été retenues, les itinéraires techniques étaient recueillis à l'échelle de la parcelle afin d'étudier la diversité des pratiques. La conduite du blé a pu être reconstituée sur 139 parcelles.

Le questionnaire d'enquête (annexe n°1) se composait de deux parties : l'une permettant de renseigner les caractéristiques de l'exploitation (type d'exploitation, rotations, surface cultivée, STH ...) et l'autre permettait de renseigner les pratiques culturales. Le questionnaire d'enquête a été construit de manière à renseigner les facteurs agronomiques identifiés dans la partie précédente. La nutrition azotée était renseignée par, la gestion de la fumure organique, le précédent cultural, la présence d'adventice. La maîtrise des adventices était renseignée par une rotation plus ou moins longue avec des espèces différentes, un travail du sol (faux semis) permettant de détruire les repousses d'adventices réalisé avant et après le semis. La structure du sol pouvait être appréciée par le type et le nombre de passages de travail du sol et la texture du sol (argileux, limoneux...). Enfin les pressions parasitaires étaient évaluées par les agriculteurs.

La validation du questionnaire a été réalisée par Christophe DAVID, de l'ISARA de Lyon, qui a réalisé le même type de travail en Rhone-Alpes, région de grandes cultures.

2. Caractéristiques des exploitations

Les exploitations enquêtées sont de type polyculture élevage, en système laitier ou allaitant, cependant deux exploitations ne produisent que des céréales.

Parmi ces exploitations, 38% sont converties en agriculture biologique depuis plus de 10 ans et 42% depuis moins de 6 ans. Pour 52 % d'entre elles, le blé représente plus de 20% de la surface de terre labourable et les rotations sont d'une durée comprise entre 4 et 12 ans. Les principaux précédents du blé sont les légumineuses fourragères de type luzerne, prairie temporaire avec légumineuse, les associations de cultures de type triticale / pois ou plus rarement des céréales.

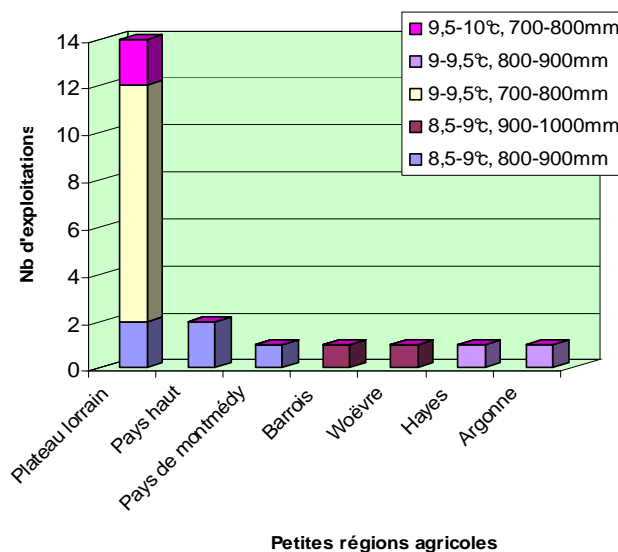
Les exploitations biologiques sont peu nombreuses, et leur répartition est inégale sur le territoire lorrain. Notre enquête s'est déroulée dans 7 des 13 régions agricoles identifiées par Jacquin et Florentin (1988). Ils identifient également 5 régions climatiques caractérisées par des variations de température.

Régions naturelles :

Le plateau lorrain, caractérisé par son immensité de territoire et son hétérogénéité de sol, est la région agricole où se situent 67 % des exploitations enquêtées. L'autre moitié des enquêtes a été réalisée dans 6 autres régions agricoles : l'Argonne, le Barrois, la Hayes, le Pays Haut, le Pays de Montmédy et la Woëvre.

La température et la pluviométrie moyenne annuelle en Lorraine sont très variables (Graphique 3). La température moyenne de la région la plus chaude est de 10°C contre une température moyenne de 8.5°C pour la région la plus froide. La pluviométrie annuelle moyenne varie de 600 mm à plus de 1000 mm. Plus de 45 % des exploitations sont situées dans la région climatique caractérisée par une température moyenne annuelle de 9° à 9,5°C et d'une pluviométrie moyenne annuelle de 700-800mm.

Graphique 3: Petites régions agricoles et caractéristiques climatiques



Climat des 3 campagnes étudiées

Le climat, à travers la pluviométrie et la température peut parfois être la clef de décision notamment dans le choix d'interventions culturales à réaliser dans les parcelles.

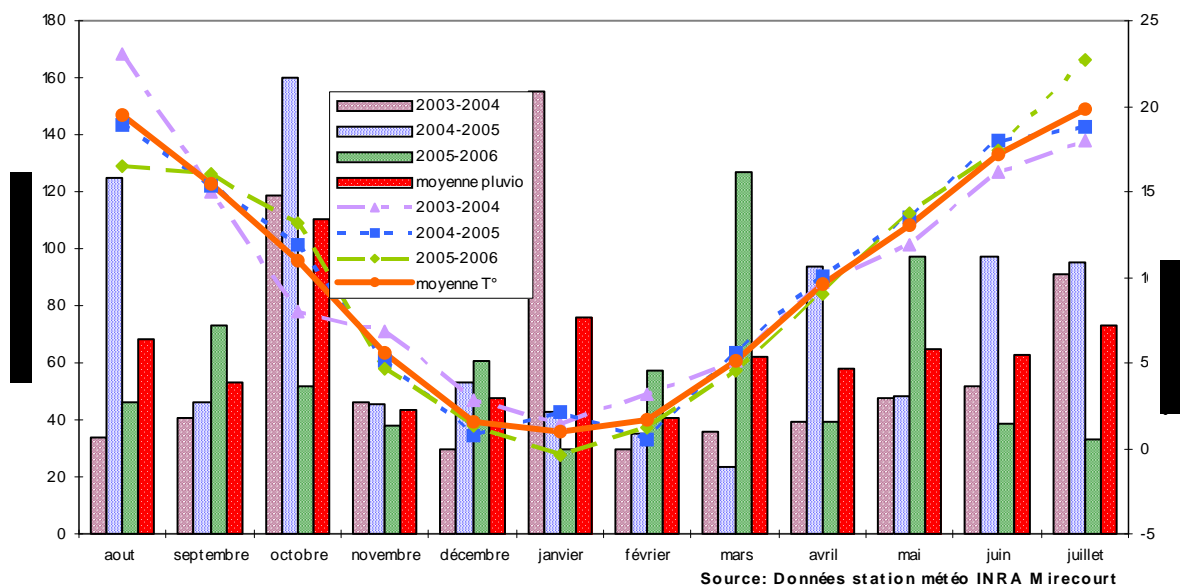
Les données climatiques contenu dans le Tableau 1 sont issues des données de la station INRA de Mirecourt. Elles sont présentées pour la campagne culturale du blé, c'est-à-dire du mois d'août, préparation du sol, au mois de juillet, récolte de la culture.

Tableau 1: Caractéristiques climatiques pour les campagnes 2004, 2005 et 2006 (du 01/08 au 31/07)

	Pluviométrie totale (mm)	T° cumulée (T°c)	T° moyenne (T°c)
2003-2004	720	3697	10.1
2004-2005	867	3685	10.1
2005-2006	693	3663	10.0

Sur les 3 dernières campagnes, on observe très peu de variation au niveau des températures alors que la pluviométrie enregistre une variation de 174 mm entre l'année la plus humide et l'année la plus sèche. Cependant, les données moyennes cachent des disparités mensuelles tel que le montre le Graphique 4.

Graphique 4: Pluviométries et température moyenne mensuelles pour les campagnes 2004, 2005 et 2006



La pluviométrie est inégalement répartie quel que soit la campagne. On observe des précipitations plus importantes certains mois comme par exemple en janvier 2004 et en mars 2006. La campagne 2004-2005 a été cependant la plus humide des 3 dernières années notamment durant les mois d'août, octobre et avril.

La campagne la plus sèche (2005-2006) a été marquée par de très fortes disparités mensuelles en pluviométrie. Les mois d'octobre, novembre, juin et juillet ont été les mois les plus secs.

3. Conduite des blés

3.1 Analyse descriptive

Le dépouillement de l'enquête nous a permis de mettre au jour un certain nombre de critères pouvant décrire les itinéraires techniques réalisés sur chacune des parcelles de blé et d'identifier ceux qui les structurent le plus.

Rotation :

La plupart des conversions sont récentes et ont moins de 10 ans, il était difficile de travailler sur le descriptif de la rotation car toutes les parcelles n'avaient pas connu un cycle complet. Cependant, la connaissance des cultures qui se sont succédées sur les parcelles de blé nous a permis de dégager les différents précédents du blé : prairie temporaire, céréales secondaires et légumineuses annuelles ou en association.

La prairie temporaire, qui représente 58% des précédents du blé, comprend les cultures suivantes : la luzerne (22 cas), le trèfle en culture pure (9 cas), et les mélanges fourragers composés à la fois de légumineuses de type luzerne et/ou trèfle associé à différentes graminées (51 cas).

Les légumineuses annuelles ou en association représentent 23% des précédents d'une culture de blé. Elles sont caractérisées par des cultures en association de type triticale+pois (13 cas), avoine+féverole (8 cas), avoine+pois (4 cas), orge lupin (1 cas) ou par des cultures pures de type pois (4 cas) ou lupin (1 cas).

Le précédent céréale ne représente quant à lui que 19% des situations rencontrées. Il est défini par des céréales de printemps ou d'hiver : orge (3 cas), avoine (3 cas), épeautre (1 cas), seigle (2 cas), blé (8 cas), triticale (2 cas).

D'autres cultures tels que la pomme de terre (5 cas), le colza (1 cas) sont des précédents marginaux et n'appartiennent pas à l'une des classifications ci-dessus.

Travail du sol :

Sur 139 parcelles, 18 parcelles sont en non labour et 121 sont labourées dont 74 ont un précédent prairie temporaire, les autres ont un précédent céréales ou une association céréale / légumineuse.

La plupart des labours (88%) sont réalisés entre août et septembre et dans 3 parcelles sur 4 au moins un travail du sol est réalisé avant labour. (Tableau 2). Le nombre de passage de travail du sol varie de 1 à 4 passages mais la majorité des parcelles reçoivent 1 à 2 passages d'outils de déchaumage, avec des outils à dent. Quant au labour sur chaumes, il représente le quart des parcelles labourées.

Tableau 2: Nombre d'interventions de travail du sol par parcelle en systèmes labour et non labour.

		Nombre de passages							Total parcelles
		0	1	2	3	4	5	>6	
LABOUR	Avant labour	25	56	25	9	6			121
	Après labour (passage outils à dent uniquement)	21	47	25	21	4	2	1	121
	Total (passage avant et après labour+labour+semis combiné)			10	14	34	31	32	121
NON LABOUR	Total (passage avant semis+semis en combiné)				2	9	1	6	18

Pour les 3 campagnes étudiées les méthodes de travail restent les mêmes. La fréquence des passages avant et après labour est très peu variable, on peut cependant noter une légère diminution du nombre de passage d'outils entre les campagnes 2004 et 2006.

Après labour, le nombre de passages varie de 1 à 6, notons cependant qu'une seule parcelle a reçu 6 passages d'outils. Dans 60% des situations, de 1 à 2 passages d'outils sont réalisés après labour. La majorité des parcelles labourées reçoivent entre 4 et 5 passages d'outils tout confondus avec 1 à 2 passage avant labour, puis 1 à 2 passage de reprise de labour et le semis en combiné.

Les agriculteurs mentionnent ne pas déterminer le nombre de passage avant et après labour en fonction du précédent. On constate cependant que pour un précédent prairie temporaire, le nombre de passage semble un peu plus élevé avant labour. Cette observation s'appuie sur les difficultés rencontrées par les agriculteurs à détruire une prairie temporaire même après avoir réalisé un labour. Pour un précédent prairie temporaire ou céréales, 4 à 5 passages sont effectués sur la parcelle. Pour une précédent association céréales - protéagineux, 6 passages sont effectués.

Le non labour concerne 18 parcelles réparties sur 8 exploitations. Parmi ces 8 exploitations, 2 d'entre elles, se sont lancées en 2005 et 2006 vers une démarche de travail du sol en non labour sur l'ensemble de leur parcellaire. Le nombre de passages d'outils sur ces parcelles varie de 3 à 7 (Tableau 2), la quasi-totalité des parcelles reçoivent plus de 4 passages d'outils, semis compris.

Puisqu'elles ne représentent que 13% des situations, les parcelles en non labour ne seront pas prises en compte dans la suite du travail.

Suivant le type de précédent et l'année climatique, certaines parcelles peuvent être libérées plus ou moins tôt pour y réaliser une préparation du sol avant le semis du blé. Pour les années touchées par un déficit hydrique provoquant des pertes de rendements de fourrage pour les animaux, la destruction de prairies temporaires est parfois réalisée plus tardivement afin de faire une récolte de fourrage supplémentaire.

Ce qui n'apparaît pas dans ces données est la tendance des agriculteurs enquêtés à vouloir réduire le nombre d'intervention sur leurs parcelles, soit parce qu'ils considèrent que certains passages semblent inutiles, soit pour des raisons économiques (augmentation du prix du fuel).

Semis :

Le choix de la variété est fait selon le type de débouché visé ainsi que la résistance aux maladies. Sur l'ensemble des enquêtes réalisées, 10 variétés de blés ont été citées, les plus utilisées sont, Camp Rémy (40%), Renan (25%), Capo (17%), Hardi (6%) et Moldau (4%).

Le nombre moyen de variétés utilisées par exploitation est passé de 1 variété en 2004 à 2 en 2006. Ceci peut s'expliquer par l'incitation de la coopérative et par un soutien du conseil régional en équipement de matériel de stockage performant mais également par l'augmentation de la capacité de stockage de la coopérative.

La majorité des semis sont réalisés de fin septembre à mi octobre, cependant on note que la région naturelle peut influencer la période de semis. Ainsi, sur le plateau lorrain, dans le Pays Haut et en Argonne, les semis ont lieu plutôt début octobre, contrairement à la Wœvre, le Pays de Montmédy, et le Barrois, où les semis sont un plus tardifs (fin octobre). Dans 71% des cas le blé semé provient de semence fermière et un achat de semence nouvelle est réalisé en moyenne tout les 2 à 3 ans.

Fumure :

Sur 139 parcelles, 72 ont reçu un engrais organique provenant de l'élevage présent sur l'exploitation, sans distinction du précédent : 51% des parcelles de blé avec un précédent prairie temporaire reçoivent des déjections animales contre 27% pour les précédents céréales et 19% pour les associations céréales protéagineux (Tableau 3).

Quelque soit le type de produit ou le précédent, les doses de déjections animales épandues sont assez faibles : plus de 53% des parcelles reçoivent 10t par ha ou 10m³ par ha. Les 3 types de déjections animales utilisées sont le lisier, le fumier composté et le fumier de bovin.

Tableau 3: Type et quantité de déjection animale épandue par parcelle.

	5 t/ha	10 t/ha ou m ³	15 t/ha ou m ³	>20 t/ha	Total
Fumier Bovin		8		1	9
Fumier composté	7	29	2	17	55
Lisier de bovin		3	5		8

Le fumier composté est le type de produit le plus utilisé – 55 parcelles – épandu majoritairement à 10t/ha sur la moitié des parcelles concernées et supérieure à 20t/ha pour 1/3 des parcelles. Le fumier et le lisier de bovin ne sont épandus que sur 12% des parcelles respectivement à 10t et à 10 ou 15m³ par hectares.

Seules 2 parcelles reçoivent 40t/ha de fumier composté, elles appartiennent à la même exploitation ; il est à noter que le précédent était un blé.

Le fumier composté est épandu de préférence entre juillet et août, le fumier en septembre et le lisier en mars.

Désherbage :

La présence d'adventices dans les cultures de blé ne semble pas être la majeure préoccupation des agriculteurs. Ceci s'explique notamment par le fait que 59% des précédents blés sont des prairies temporaires qui permettent d'assainir les parcelles en mauvaises herbes.

Le désherbage mécanique est présent dans 2 exploitations sur 3 : la moitié des parcelles en blé est désherbée. Ce type d'intervention est réalisé principalement à la sortie de l'hiver, de fin mars à mi avril, l'outil le plus utilisé étant la herse étrille. Des outils de type bineuse, herse soleil sont également utilisés.

Les parcelles reçoivent de 1 à 3 désherbages et 18% d'entre elles n'en ont qu'un seul. Pour 24 parcelles, un passage est réalisé « à l'aveugle », juste après le semis entre octobre et novembre. Les blés dont le précédent est une culture annuelle sont ceux qui reçoivent le plus d'intervention de désherbage.

3.2 Typologie

Les pratiques culturales recueillies à la parcelle montraient une grande diversité. Cependant, nous avons cherché à les rapprocher entre elles à partir des postes de l'itinéraire technique qui les caractérisent le plus. Nous avons retenu pour la rotation : sa durée, le précédent cultural, le nombre de légumineuse. Pour caractériser le travail du sol nous avons retenu, le nombre total d'interventions entre la récolte du précédent et le semis, l'époque de labour. Les autres postes retenus étaient la fumure organique, le désherbage, la date de semis et la teneur en protéines.

Méthode

Une Analyse Factorielle en Composantes Multiples (AFCM) a été réalisée à l'aide du logiciel SAS. Elle permettait de regrouper les itinéraires techniques selon leur ressemblance. Pour chaque parcelle et par modalité les données ont été codées selon les classes présentées dans le Tableau 4. Ce travail a été réalisé uniquement sur les itinéraires techniques des parcelles en labour.

Tableau 4: Modalités pour chaque variable.

Durée rotation	Précédent	Nb leg	Travail sol	Date labour	Fum org	Semis	Desh	% protéines		
4-6 ans	Association	<=3	<=2	Fin juillet	0	Fin sept	0	<=10,5		
7 ans	Céréales secondaires	4	3	Début août	10 aut	Début oct	1 print	11-11,5		
8-12 ans	Prairie	>=5	4	Fin août	10 print	Mi oct	2 print	>=12		
	Légumineuse annuelle				>=5	Début sept	15 aut		Fin oct	1 aut et 1 print
					Fin sept	15 print			1 aut et 2 print	
				Début oct						

La variable « **Rotation** » renseigne sur la longueur de la rotation. La rotation la plus courte est de 4 ans et la plus longue est de 12 ans. On connaît ainsi le type de gestion de la parcelle et son passé historique. Plus la rotation sera longue plus le risque de carence azotée sera élevé et l'état de salissement de la parcelle sera important.

La variable « **Précédent** », renseigne quant à elle sur le type de précédent. Ils sont au nombre de 4 : Association, Céréales, Prairie, Légumineuse annuelle. Afin de limiter le nombre de modalités par critère, un regroupement par type d'espèces a été effectué.

Ainsi, dans la modalité association, on retrouve les associations de culture de type blé/pois, avoine/féveroles, Avoine/pois, orge/lupin. La modalité Céréales comprend l'avoine, l'orge, le triticale, l'épeautre ou le seigle. La modalité prairie est définie par des luzernes, des mélanges de graminées fourragères, du trèfle. Et enfin, la légumineuse annuelle comprend les espèces de type pois, féveroles, lentilles, lupin.

La variable « **Nombre de légumineuse** » est définie par 3 classes : inférieures ou égal à 3, 4 et supérieur à 5 légumineuses.

La variable « **Travail du sol** » est le nombre de passages d'outils de travail du sol, labour et semis non compris. Quatre classes ont été identifiées : inférieure ou égale à 2, 3, 4 ou supérieur à 5 passages.

La variable « **Labour** » reprend l'ensemble des dates auxquelles a été réalisés le labour. Afin de limiter le nombre de paramètres, nous avons réalisés des regroupements :

- les labours « précoces » réalisés en juillet -août
- les labours de la première quinzaine de septembre, qui sont assez nombreux
- les labours « tardifs » réalisés après le 15 septembre

La variable « **Fumure organique** » synthétise plusieurs informations : le chiffre indique la dose apportée exprimée en classes – 0, 10 ou 15 tonnes ou m³- et les libellés « aut » - automne – et « print » - printemps - précisent l'époque d'apport. Ceci nous indique également le type de produit utilisé car les lisiers sont épandus au printemps et les fumiers et compost en automne.

La variable « **Semis** » reprend l'ensemble des dates auxquelles a été réalisée cette opération. Elle est exprimée en données décadaires et est constituée des 4 modalités suivantes: fin septembre, début octobre, mi-octobre et fin octobre.

La variable « **Désherbage** » synthétise également plusieurs informations : le chiffre indique le nombre de passages réalisés, 1 ou 2 passages ; et les données « aut » et « print » nous renseignent sur la période à laquelle est réalisé le désherbage respectivement à l'automne et ou au printemps.

La variable « **% protéines** » correspond à la teneur en protéines des lots ou groupe de lots de blé des parcelles étudiés. Il est constitué de 3 classes : <=10,5 ; 11-11,5 et >=12-13,5.

Cependant cette donnée n'était disponible à la parcelle que dans 1/3 des cas. En effet, les agriculteurs regroupent souvent la récolte de plusieurs parcelles dans une même cellule de stockage. Nous avons choisi de garder malgré tout cette variable pour le rapprochement des itinéraires techniques.

3.3 Typologie des itinéraires obtenus

A partir de ces données, nous avons réalisé la typologie sur les 116 parcelles en système labour uniquement et le détail des 5 itinéraires techniques obtenus est donné au Tableau 5.

Les données étant agrégées selon leur ressemblance, pour un même itinéraire technique, il peut y avoir plusieurs modalités pour une même variable. Par exemple dans l'itinéraire technique 1, les précédents prairies, céréales et associations sont représentés. Nous avons choisi de faire figurer dans ce tableau la modalité la plus importante et d'indiquer entre parenthèse le pourcentage de cas qu'elle représente.

Tableau 5: Analyse des conduites de blé

ITK	Nb de parcelles	Durée rotation	Précédent	Nb leg	Travail sol	Date labour	Fum org	Semis	Desh	% protéines
1	37	4/6 (65%)	Prairie (76%)	4 (70%)	3 (74%)	Juill-aout (86%)	0 (43%) 15 aut (46%)	Fin sept (70%)	0 (86%)	<=10,5% (40,5%)
2	44	8/12 (63%)	Prairie (50%)	5-7 (45%)	>=5 (75%)	Déb sept (57%)	0 (66%)	Deb oct (50%)	1 print (48%)	<=10,5% (43%)
3	7	4/6 (43%) 7 (43%)	Prairie (86%)	4 (57%)	>=5 (50%)	Sept-oct (100%)	10 aut (43%)	Fin oct (100%)	0 (57%)	11-11,5% (57%)
4	18	8/12 (67%)	Prairie (67%)	4 (67%)	<=2 (64%)	Deb sept (83%)	0 (39%) 10 print (39%)	mi oct (67%)	0 (67%)	11-11,5% (67%)
5	10	7 (90%)	Associations (50%) Prairie (40%)	5-7 (70%)	3-4 (95%)	Sep- oct (100%)	0 (80%)	Deb oct (90%)	1 print (60%)	<=10,5% (50%)

L'**itinéraire technique 2** comprend à lui seul plus du tiers des parcelles étudiées. La durée de la rotation est assez longue et comprend peu de légumineuse. Dans seulement 50% des situations, le blé vient après une prairie. Le nombre de passage de travail du sol est important comparé à l'itinéraire technique 4 qui semble s'en rapprocher. Les opérations de labour et de semis s'effectuent à environ un mois d'intervalle, sans apport de fumure. Une opération de désherbage mécanique est réalisée au printemps.

L'**itinéraire technique 1** est caractérisé par une rotation beaucoup plus courte que l'itinéraire technique 2, mais avec un nombre assez important de légumineuses dans la rotation. Le blé est souvent précédé d'une prairie. Les opérations de labour et semis sont plus précoces que dans les autres itinéraires. L'intervalle de temps entre le labour et le semis est assez long (2 mois minimum), ce qui pourrait permettre d'intervenir plus fréquemment pour travailler le sol. Hors, le nombre de passage de travail du sol reste faible avec 3 passages dont un qui sert à l'enfouissement de la fumure organique.

La rotation de l'**itinéraire technique 3** a une durée moyenne de 6 ans avec pour principal précédent une prairie. Plus d'une culture sur deux est une légumineuse. Le nombre de passages de travail du sol est relativement élevé : il y en a plus de 5. Ce qui structure fortement cet itinéraire technique, ce sont les dates de labour et des semis : le premier est réalisé de septembre à octobre et le second fin octobre. Un apport de 10 tonnes de fumure organique sous forme de fumier ou de compost est réalisé à l'automne.

L'**itinéraire 4** est caractérisé par un labour début septembre et un semis mi octobre. L'intervalle de temps entre le labour et le semis est de 1 mois et demi et les interventions de travail du sol sont peu importantes : 2 passages maximum. Au printemps, un apport de 10 m³ de lisier est réalisé. La durée de la rotation est assez longue (8-12 ans), une culture sur deux est une légumineuse et la prairie précède souvent le blé.

Pour les itinéraires techniques 1, 3 et 4, malgré la présence d'outils nécessaire à ce type d'intervention dans 2/3 des exploitations en sont équipées, aucun désherbage mécanique n'est réalisé ; selon certains agriculteurs, les conditions d'humidité sont souvent limitantes aux périodes d'interventions.

Et enfin l'**itinéraire technique 5**, n'est représenté que dans 10 parcelles. Pour quatre de ces variables : rotation, travail du sol, date de labour, semis, la modalité majoritaire représente plus de 90% des cas. La durée moyenne de la rotation est de 7 ans avec 3 à 4 passages de travail du sol et un désherbage mécanique au printemps. Le labour est réalisé de septembre à octobre et le semis début octobre ; aucun apport de matière organique n'est réalisé. C'est le seul itinéraire technique pour lequel on identifie une culture en association comme précédent blé, le nombre de légumineuse dans la rotation est important.

Plus le pourcentage de parcelle par modalité est important, plus elle est structurante pour l'itinéraire technique. Ainsi, pour les itinéraires techniques 1 et 4 on retiendra l'importance de la date de labour avec en plus pour l'itinéraire technique 1 l'absence de désherbage. Le travail du sol caractérise l'itinéraire technique 2 alors que les dates de labour et de semis sont les modalités les plus structurante des itinéraires techniques 3 et 5. Puis le précédent structure l'itinéraire technique 3 et la durée de rotation structure l'itinéraire technique 5.

L'enquête nous a permis d'appréhender la diversité des conduites de blé et de construire ensuite une typologie. Ce travail réalisé a posteriori ne permettait pas de faire le lien avec les teneurs en protéines pour les raisons évoquées précédemment.

Cependant, sur 47 parcelles nous avons pu identifier une teneur en protéines pour un lot correspondant à une parcelle et nous avons réalisés une seconde AFCM sur ces parcelles uniquement.

Il en ressort que les itinéraires techniques mis en évidence sont identiques à ceux décrit précédemment nous avons choisis de ne pas présenter ici.

IV. Systèmes de cultures et facteurs limitants

A l'issue du travail d'enquête, nous avons choisi de suivre quatre itinéraires techniques de blé très contrastés dont 2 sont issus de la typologie des itinéraires techniques établie précédemment. Ce suivi a été réalisé au sein du Domaine Expérimental de l'INRA de Mirecourt en 2007. Le diagnostic agronomique réalisé avait pour but de comprendre l'influence des caractéristiques du milieu et des pratiques culturales sur les variations de rendement et teneurs en protéines. Ce travail était réalisé en partenariat avec les équipes de recherche INRA Grignon et ISARA Lyon dans le cadre de la thèse de M. Casagrande sur les facteurs limitants des blés biologiques.

1. Caractéristiques des itinéraires techniques

L'analyse descriptive et la typologie des itinéraires techniques présentés dans la partie précédente ont orienté notre choix sur les parcelles qui nous semblaient les plus intéressantes

à suivre. Les critères de choix qui nous semblaient les plus pertinents dans la caractérisation des itinéraires techniques sont le précédent et le travail du sol.

Dans 58% des situations rencontrées, le précédent d'une culture de blé est une prairie. Nous avons ainsi choisi de travailler sur 2 parcelles (C et D) à précédent prairie de longue date (Tableau 6). Pour contraster avec ces 2 situations nous avons choisi de travailler également sur 2 autres parcelles assolées (A et B) depuis longtemps. Pour ces 2 parcelles, le précédent du blé est une céréale (triticale de printemps). De plus la gestion du travail du sol est très différente avec une parcelle en non labour (parcelle A) et l'autre parcelle en labour agronomique (parcelle B).

Tableau 6: Itinéraire technique des parcelles étudiées

	Parcelle	Type de sol	Précédent	Nb passages avt labour	Labour	Nb passages après labour	Semis	Autres interventions
Parcelles assolées	A	Limono-argileux	Triticale printemps	7	-	-	11/10/06	-
	B	Limono-argileux	Triticale printemps	2	01/09/06	2	11/10/06	-
Prairies de longue date	C	Argilo-limoneuse	Prairie temporaire	2	28/08/06	2	17/10/06	-
	D	Argilo-limoneuse	Prairie temporaire	2	30/08/06	2	11/10/06	Désherbage

Parcelles assolées :

Les parcelles A et B sont de type limono –argileuses, elles n'ont pas reçu de fumier depuis 3 ans. La parcelle A est en système non labour depuis 2 ans, 3 passages de déchaumeur, un décompactage à 25 cm et un passage en faux semis ont été réalisés sur cette parcelle.

La parcelle B quant à elle est en système labour, celui-ci est précédé par 2 passages de déchaumeur puis de 2 faux semis.

L'itinéraire technique suivant s'identifie à l'itinéraire technique n°2: son travail du sol est important, et la période de semis est correspondante, seul le précédent est différent.

Prairies de longue date

Les parcelles C et D sont de type argilo –limoneuses, elles sont en prairie depuis plus de 10 ans et n'ont pas reçu de fumier en 2006. La destruction de la prairie a été réalisée par 2 ou 3 passages de cover-crop suivi d'un labour et de 2 ou 3 préparations de sol avant le semis.

2. Suivis réalisés

Des mesures de suivi ont été réalisées tout au long du cycle de la culture afin de pouvoir mettre en évidence les effets des systèmes de cultures, leurs caractéristiques et certaines

pratiques culturales sur les facteurs limitants, sur le rendement et la teneur en protéines. L'ensemble des données présenté ci-dessous est présenté dans le Tableau 7.

2.1 Densité

Pour cela, des notations de densité ont été réalisées en entrée et en sortie d'hiver. Des biomasses d'adventices et de blé ont été réalisées à l'épiaison, elles permettaient de connaître la biomasse totale produite et l'importance des adventices ainsi que la concurrence exercée vis-à-vis du blé. Le rendement et la teneur en protéines étaient mesurés à la récolte. La mesure du reliquat azote en sortie d'hiver et en post récolte permettait de repérer des situations de stress azoté.

L'évaluation du peuplement à la sortie de l'hiver permet de faire un premier état des lieux sur le comportement de la culture au sein de la parcelle. Pour les parcelles C et D, précédent prairie, on a enregistré des pertes importantes avec seulement 40% des pieds présents à la sortie de l'hiver. Nous attribuons ces pertes aux conditions climatiques exceptionnelles - hiver doux et pluvieux - qui ont asphyxié les sols par moment. Il est possible que le blé ait également subi des attaques de taupins, en raison du précédent prairie. Cependant, la mise en place du suivi s'est faite au printemps et les éventuels dégâts n'étaient plus visibles.

Les parcelles A et B, qui ont reçu un travail du sol différent ont quant à elles une densité en sortie hiver différente l'une de l'autre. Dans la parcelle A, en système non labour, le blé semble avoir été moins marqué par l'hiver. Seulement 20% de perte a été enregistré contre 51% pour la parcelle B en système labour. Le travail du sol en profondeur (25 cm) réalisé sur la parcelle A, afin d'améliorer sa porosité, semblait avoir eu un effet positif sur la circulation de l'eau cet hiver. La parcelle B quant à elle a du souffrir de la présence d'une semelle de labour, ce qui a provoqué un mauvais enracinement, ou une mauvaise infiltration de l'eau dans le sol.

2.2 Reliquat sortie hiver

En sortie d'hiver, les reliquats varient de 17 kg/ha - parcelle A - à 64 kg pour la parcelle C. Les reliquats les plus faibles sont notés derrière précédent céréales, alors que le plus élevés sont après un précédent prairie. En ce qui concerne la parcelle D, il est 2 fois plus élevé que la parcelle B ; la parcelle D présente un reliquat 3 fois plus élevé que les parcelles A et B .

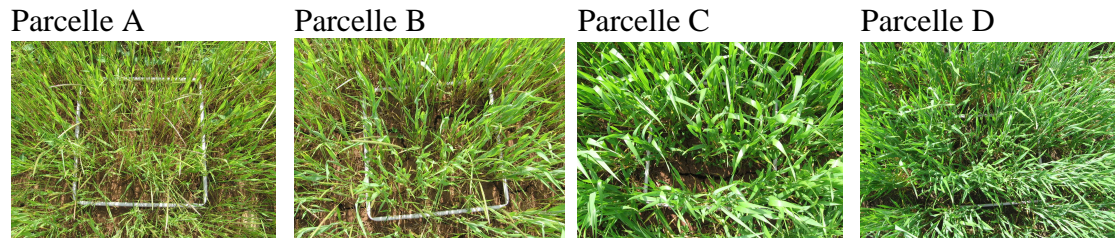
Lorsque les reliquats azotés sont réalisés fin février, la forme nitrique représente entre 15 et 20% du stock d'azote soit 3 à 10 kg d'azote nitrique. Les températures étaient plus faibles que la normale saisonnière jusqu'en début avril, et la pluviométrie fut supérieure aux normales saisonnières jusqu'en mars. Il est probable que des carences azotées aient eu lieu au printemps.

2.3 Biomasses à la floraison

Les biomasses du blé réalisées au stade floraison montrent que la production est 2 à 3 fois plus élevées pour les parcelles C et D – précédent prairie – que pour les parcelles A et B (Photo 2). Les différences de biomasses s'expliquent par le reliquat azote plus faible sur A et B en sortie d'hiver. Nous notons également un forte concurrence des adventices sur A et B -

1.5 et 2.5 T ms/ha contre 0.16 et 0.45 t MS/ha sur C et D- ayant créé un stress azoté sur le blé. La production totale de MS est respectivement de 6.5t, 6t, 12t et 9 t sur les parcelles A, B, C et D.

Photo 2: Densité de végétation à la floraison



2.4 Etat structural du sol

La réalisation d'un profil cultural dans chacune des parcelles nous a permis d'observer l'état interne du sol prospecté par les racines. Le sol a été observé depuis la surface et par horizon homogène jusqu'au niveau de la roche mère : 1 à 2 mètres de profondeur selon les parcelles. La taille des mottes, leur mode d'assemblage, la structure du profil et la profondeur d'enracinement étaient relevés à chaque fois. Un comptage du nombre de galeries de vers de terre (Fayolle et Gautronneau, 1998) étaient réalisés sur 0.2 m² ; ils donnaient une idée de l'activité des vers de terre.

Les profils réalisés sur les parcelles C et D nous ont permis d'observer le bon fonctionnement du système racinaire en profondeur et la présence en nombre de galerie de vert de terre. Après analyse des mottes de terre situées dans les 30 premiers centimètres du sol, il en ressort que le sol a une forte porosité avec 50% de mottes Γ et 50% de mottes Δ_0 et est non compacté. Très peu d'interventions ont été réalisées, l'état structural du sol montrait un sol suffisamment aéré.

Pour la parcelle A, l'analyse des mottes de terre situées dans les 30 premiers centimètres, n'a fait que confirmer la très faible porosité de la structure avec 70% de mottes Δ_0 et 30% de mottes Γ pour la parcelle A et 90% de mottes Δ_0 et 20% de mottes Γ . Le système racinaire atteignait une profondeur de 160 cm. Quelques galeries de vers de terre ont pu être observées. Des zones de sol plus meubles étaient repérables jusqu'à 25 cm de profondeur et correspondaient au passage de décompacteur réalisé à l'automne 2006.

La parcelle B en système labour, est quant à elle très affectée par une très faible porosité de la structure. Peu de galeries de vers de terre fonctionnelles ont pu être observées. Le système racinaire atteignait une profondeur de 128 cm. La présence de matières organiques non décomposées dans l'horizon de reprise du labour indique que la parcelle souffre d'asphyxie.

Les parcelles A et B nous montrent bien qu'une rotation de longue durée peut devenir un handicap à la production de blé de qualité. En effet, le blé, du semis à la récolte est en stress permanent (stress hydrique, stress azoté...) et ne peut se concentrer sur la qualité de sa production. Les nombreuses interventions culturales cumulées au cours de ces dernières années ont altéré la structure du sol et accentué l'expression des différents facteurs limitants.

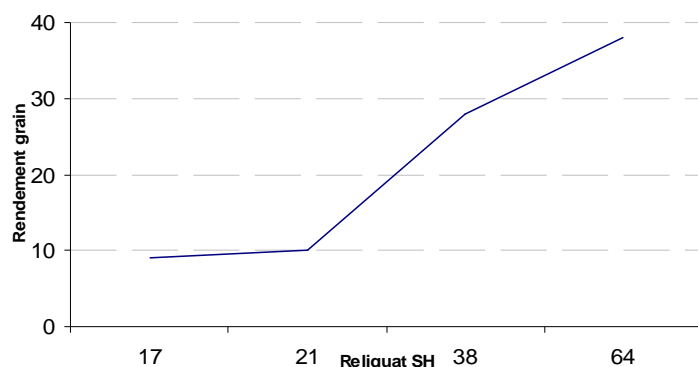
Tableau 7: Mesures réalisées sur les parcelles étudiées

	A	B	C	D
Densité Entrée Hiver (pied/m ²)	396	330	216	215
Densité Sortie Hiver (pied/m ²)	340	209	173	157
Biomasse blé (t MS/ha)	4 t MS/ha	4.5 t MS/ha	12 t MS/ha	8.5 t MS/ha
Biomasse adventice (t MS/ha)	2.5 t MS/ha	1.5 t MS/ha	0.16 t MS/ha	0.45 t MS/ha
Reliquat Azoté sortie hiver (kg / ha)	21	17	64	38
Etat structural (30 premiers cm)	70% Δ_0 30% Γ cR	90% Δ_0 20% Γ cR	50% Δ_0 50% Γ SF	50% Δ_0 50% Γ c2R
Rendement grain (q MS/ha)	10	9	38	28
% protéines	11.6	11.1	11.9	12.6
Reliquat Azoté post récolte (kg / ha)	22	13	47	35

2.5 Rendement grain et teneur en protéines

Les rendements des parcelles A et B ne sont pas différents – 9 et 10 q MS/ha – et ils sont cohérents avec les faibles biomasses relevées à la floraison. Les rendements des parcelles C et D sont respectivement de 38 et 28 q MS/ha. Les rendements sont corrélés avec le reliquat azote sortie hiver, sur les parcelles A et B (Graphique 5).

Graphique 5: Rendement et reliquat sortie hiver



Les reliquats post récolte sont 2 à 3 fois plus faibles sur les parcelles A et B que sur les parcelles C et D, en lien avec le précédent blé. Le blé a souffert d'une carence azotée et d'une compétition avec les adventices comme le montrent les biomasses d'adventices. La teneur en

protéines des blés obtenues sur chacune des parcelles est peu variable d'une parcelle à une autre. Seule la parcelle D se démarque des autres parcelles avec une teneur en protéines de 12.6%.

Il semble bien y avoir un effet reliquat azote sortie hiver et teneur en protéines car les parcelles C et D obtiennent des teneurs en protéines supérieure à A et B. Cependant les écarts sont faibles entre les parcelles A et C.

En résumé, nous pouvons retenir que l'historique de la parcelle et le travail du sol semblent avoir de forte incidence sur le développement de la plante. Les précédents à fort reliquat en sortie d'hiver sont ceux qui permettent les meilleurs rendements et teneurs en protéines. Bien entendu, il ne doit pas y avoir de concurrence avec les adventices ni de compaction du sol.

Les facteurs limitants qui se sont exprimés ici, concernent les parcelles A et B. Nous avons identifiés des carences azotées et une concurrence d'adventices en lien avec les pratiques culturales. En effet, ces parcelles en cultures depuis plusieurs décennies n'ont reçues aucun apport de matière organique les 4 dernières années et il n'y a pas eu encore de légumineuse dans la rotation. Malgré de faibles rendements observés sur ces parcelles, la teneur en protéines de ces blés reste correcte pour la commercialisation puisqu'elle est supérieure à 11%.

Des investigations complémentaires seront menées par M. Casagrande dans le cadre de sa thèse pour déterminer le poids de chacun des facteurs limitants sur le rendement et la qualité du blé.

V. Nouvelles conduites

Quasiment disparue en agriculture conventionnelle depuis le milieu des années 50, les associations céréales/protéagineux ont conservées leur intérêt incontournable dans la gestion de la rotation dans les systèmes biologiques. L'utilisation de ces associations permet de nouvelles perspectives face aux principaux facteurs limitants d'une culture de céréale.

Partenaire d'un appel à projet ADAR sur le thème « Cultiver des associations céréales – protéagineux : des intérêts agronomique, économique et environnementaux à découvrir », l'unité de recherche INRA de Mirecourt s'est engagée dans la mise en place et le suivi de cultures en associations. Cette étude visait à déterminer si les facteurs limitants identifiés sur blé dans la partie précédente pouvaient être levés. Il s'agissait également d'apporter de nouvelles données techniques concernant un système de culture très peu développé dans les systèmes agricoles conventionnels.

1. Intérêts des associations de cultures.

Cette « nouvelle » culture est une réponse à de nombreux problèmes que rencontre l'agriculture d'aujourd'hui, à savoir, la diminution de l'utilisation des engrais et pesticides tout en conservant la qualité du grain produit (Yvergniaux M. et al, 2007 et UNIP, 2005). Les principaux avantages évoqués concernent la nutrition azotée, la lutte contre les bio -agresseurs ainsi que la productivité.

1.1 Echanges azotés.

Culture fixatrice de l'azote de l'air, le protéagineux subvient lui-même à ces propres besoins en azote grâce à la présence, sur ses racines, de nodosités permettant cette fixation. Le protéagineux peut subvenir également aux besoins des plantes voisines. Dans le cas d'une culture de blé associée à du pois, l'alimentation azotée du blé est assurée en grande partie par le pois et ce, quand le blé le désire. Afin d'optimiser la fonction des nodosités, l'apport d'engrais azotés minéraux est à proscrire. En effet, il peut entrer en concurrence avec les nodosités et provoquer leur régression.

1.2 Lutte contre les adventices

La plus grande compétitivité entre l'association et les adventices serait surtout due à une amélioration de l'utilisation des ressources du sol au profit de l'association. L'optimisation de la ressource azotée permet à l'association de culture d'être plus compétitive face aux adventices. Les cultures de l'association utilisent de manière optimale la ressource azotée et deviennent plus compétitives face aux adventices. Le pouvoir de couverture du sol est bien meilleur, ce qui permet de limiter la pression des adventices ; celles-ci sont fortement affaiblies.

1.3 Lutte contre les parasites

La diversité des espèces joue un rôle important d'effet « barrière » limitant ainsi la propagation des maladies aériennes et celle des insectes. L'alternance du feuillage protéagineux /céréale permet de limiter l'action de développement des ravageurs. Les populations de ravageurs sont ainsi concentrées sur moins de plantes qu'en culture pure. Pour se nourrir l'insecte ravageur, par exemple le thrips, doit ainsi franchir la barrière de la céréale avant de pouvoir s'attaquer au protéagineux. Le mélange devient naturellement moins vulnérable aux bio-agresseurs.

1.4 Rendement et qualité

Le fonctionnement complémentaire des deux espèces présentes permet d'optimiser la production de chacune d'elles. Un enracinement plus rapide de la céréale oblige la légumineuse à accroître sa part de fixation symbiotique de l'azote de l'air. Ainsi la céréale peut bénéficier d'un transfert d'azote provenant du protéagineux et lui permettre d'obtenir une teneur en protéine plus élevée que dans un système en monoculture. Quelles soient les conditions de l'année, le rendement de l'association reste stable voire plus élevé que pour une culture pure. Le rapport - rendement de l'association/somme des rendements des cultures en pures - entre les deux est en moyenne de 1,25 d'après une série d'essais réalisés en France et au Danemark (ADAR, 2005). Le rendement est ainsi sécurisé par la complémentarité des espèces.

2. Dispositif de suivi

Les modalités étudiées sont les suivantes : blé pur (B), pois protéagineux pur (P) résistant au froid, association blé et pois (BP). Les modalités ont été semées, sur un sol limono -argileux, par bandes de 6 m de large et 50 m de long que l'on a subdivisée en 4 pour faciliter le suivis et les notations. Aucun intrant d'origine extérieure n'est appliqué sur les cultures.

Afin de vérifier l'ensemble des intérêts agronomiques des associations de cultures, une série de mesure a été réalisée tout au long de la campagne de culture (peuplement, ravageurs, composantes de rendement). Les mesures réalisées sont :

- Comptage du peuplement en entrée d'hiver (16/11/2006) et en sortie d'hiver (12/04/2007),
- Reliquat azote minéral au semis, en entrée d'hiver, en sortie d'hiver et après la récolte,
- Repérage des stades suivants : épiaison et floraison des céréales, floraison des protéagineux, tallage,
- Notation des maladies selon un protocole spécifique à chaque espèce,
- Suivis d'adventices à l'automne, au printemps et à la récolte,
- Notation des hauteurs de végétation à différents stades, et de la verse à la récolte,
- Récolte grain de chaque modalité à la moissonneuse batteuse à maturité, prélèvements d'échantillons de plantes entières pour calcul du rapport grain sur paille. Tri manuel des grains de céréales et de protéagineux pour connaître les proportions de chacun dans le mélange récolté.
- Récolte de 4 placettes de 1m², à maturité du grain, tri manuel des espèces et des mauvaises herbes.
- Tri manuel de 10 kg de blé et de blé + pois, pour réaliser des tests de panification sur la farine de blé.

3. Résultats

3.1 Densités.

Les pertes à la levée sont importantes pour le blé, elles sont de 18% dans la modalité associée (BP) et de 34 % dans la modalité blé pur (B). En ce qui concerne le pois, elles varient de 19 à 50 % par rapport à la densité de semis ; ces pertes sont liées aux conditions très humides d'octobre.

Les pertes de peuplement entre entrée d'hiver et sortie d'hiver ne concernent que le blé, elles sont nulles pour le pois. Quelques levées de pois ont eu lieu entre les dates d'entrée et de sortie d'hiver (Tableau 8). Les pertes hivernales en blés varient de 1 % (B) à 21% (BP).

Les pertes totales – densité sortie hiver comparée à la densité de semis - varient de 13 % à 50 %. En région lorraine, d'une manière générale, les densités de semis sont majorées de 20 % pour tenir compte des pertes liées aux conditions climatiques. Les pertes observées dans le cadre de cet essai sont plus importantes que la moyenne régionale, cependant la parcelle est

cultivée en non -labour depuis 2005. Hors des observations réalisées par la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine font état de pertes supérieures de 20 % dans un système en non -labour en comparaison à un système avec labour.

Tableau 8 : Pertes de densité à la levée et durant l'hiver, exprimées en %

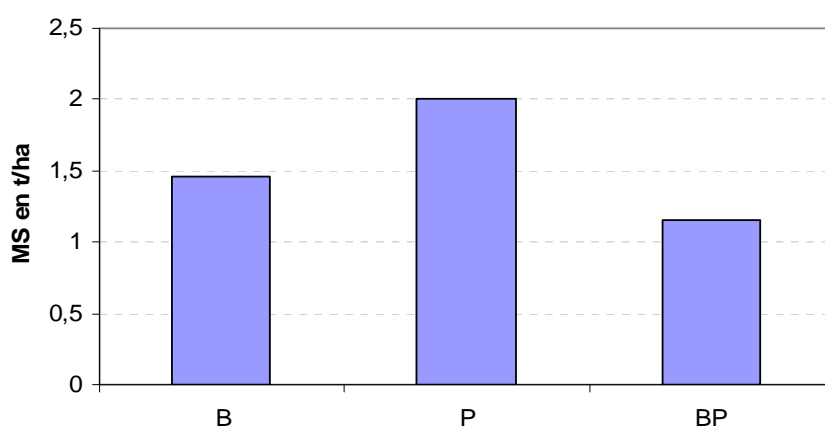
Modalité	Espèce	Levée	Hiver	Totales
B	blé	34%	1%	35%
P	pois	19%	-6%	13%
BP	blé	18%	21%	39%
BP	pois	50%	0%	50%

3.2 Adventices.

Les levées d'adventices ont eu lieu en même temps que les premières levées de céréales, début novembre, la principale adventice étant le vulpin. Il est favorisé par la conduite de la parcelle en non – labour des 4 dernières campagnes agricoles ; des densités de plus 100 pieds par m² ont été notées dans le précédent blé en 2006. La première notation d'adventice a été réalisée au stade cotylédon des céréales, la note moyenne était de 5 : densité inférieure à 500 pieds par m². Quelques dicotylédones étaient présentes à la floraison, mais peu abondantes : gaillet, véronique de perse, mouron.

Fin juin, les modalités blé pur, pois pur et blé + pois ont respectivement 1.50, 2.00 et 1.20 t de MS par ha (Graphique 6) La modalité blé + pois montre une meilleure compétitivité en comparaison avec ces mêmes cultures en pur.

Graphique 6: Biomasse d'adventices, en t MS/ha à l'épiaison



3.3 Suivi azoté.

Au semis, le reliquat azote est de 74 kg par ha, réparti en parts égales entre les formes nitriques et ammoniacales. L'apport de fumier, non enfoui, en août explique certainement en partie ce reliquat élevé.

En sortie d'hiver (Tableau 9), les stocks d'azote varient de 17 à 23 kg et la moyenne est de 20 kg. L'azote est présent uniquement sous forme ammoniacale, sauf pour la modalité pois où la forme nitrique représente 1/3 de la quantité.

Fin juin, les stocks varient de 19 à 26 kg et la moyenne est de 22 kg ; la forme nitrique représente moins de 10 % de la quantité mesurée pour toutes les modalités. A la récolte, le stock moyen est de 38 kg, le reliquat le plus élevé est enregistré sur la modalité Pois avec 57 kg. Pour le blé pur, le reliquat est de 22 kg ; l'azote est surtout sous forme ammoniacale.

Jusqu'à l'épiaison en juin, les stocks d'azote sont peu différents entre les différentes modalités. A la récolte, les reliquats azote sont corrélés à l'importance du pois dans le couvert : 0, 50, 100 % de la densité de végétation. D'après la Photo 3, le blé cultivé en association semble moins souffrir d'un éventuel stress azoté que le blé cultivé en pur.

Photo 3: Végétation au 15/05/07



Blé



Blé + Pois



Pois

Tableau 9: Reliquat azote post récolte en kg/ ha

Modalités	Sortie hiver	Fin juin	Récolte grains
B	20	19	22
P	23	26	57
BP	17	21	36

3.4 Verse.

A la récolte grain, aucune verse n'est notée pour le blé, alors que la modalité pois Hr est versée complètement, sa hauteur est inférieure à 15 cm, la récolte se fait avec une moissonneuse équipée de doigts releveurs de végétation. Pour la modalité BP, il y a de la verse mais la hauteur de végétation est d'environ 30 cm, et la verse ne touche pas l'ensemble de la modalité : 25 % de la surface est couchée.

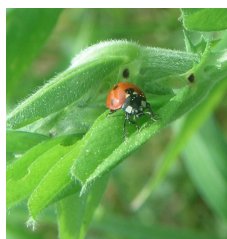
3.5 Maladies et Insectes.

Aucune maladie n'a été observée sur l'essai. Quelques morsures de sitones ont été notées sur vesce et plus rarement sur le pois ASSAS – moins de 4 pour 20 plantes le 11 avril – à un stade non préjudiciable pour les cultures. Une forte présence d'auxiliaires, principalement des coccinelles a pu être observée (Photo 4) ce qui peut expliquer la faible présence de ravageurs observée.

Photo 4: Ravageur et auxiliaire



Sitone sur pois

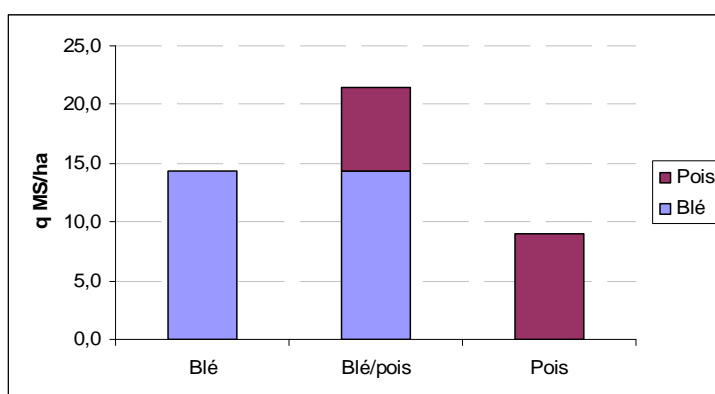


Coccinelle sur pois

3.6 Rendements :

Les rendements en grain des modalités cultivées en pur sont respectivement de 9 et 14,3 q de MS pour les modalités pois et blé (Graphique 7). En association, le rendement de la modalité blé/pois est quasi équivalent à la somme de ces deux modalités cultivées en pur. L'effet pourrait être dû aux conditions climatiques particulières de cette campagne. Dans l'association blé/pois, la proportion de blé et pois est respectivement de 2/3 -1/3 soit 14,3 q MS/ha pour le blé et 7q MS/ha pour le pois.

Graphique 7: Rendement en grain



L'année 2007 a été moins favorable que l'année 2006 au pois protéagineux cultivé en pur : à la récolte, cette modalité était versé à 100 %. Quelques soient les conditions climatiques de l'années, l'association de culture permet de garantir un rendement correct pour l'ensemble de l'association, mais les proportions de céréales et de protéagineux peuvent varier.

3.7 Teneurs en azote des grains et pailles et teneurs en protéines

Les teneurs en azote ont été mesurées pour chaque modalité, sur les grains et les pailles de chaque espèce, les résultats sont présentés au Tableau 10. Les teneurs en azote des grains et des pailles sont plus élevées dans les céréales associées en comparaison aux mêmes céréales cultivées en pur : le blé a une teneur de 17,3 g / kg de MS dans le grain et 2,6 g / kg de MS dans la paille, alors qu'en association avec le pois, les teneurs respectives dans le grain et la paille sont de 18,9 et 2,9 g / kg de MS.

La teneur en protéines du blé associé au pois est de 10,9 % alors que celle du blé cultivé en pur est de 9,9 % (Tableau 10). Le même essai réalisé en 2006 montrait un écart plus marqué entre ces deux modalités : le blé associé permettait un gain de +2,5 %.

Tableau 10 : teneurs en azote des grains et pailles, en g par kg de MS.

Modalité	espèce	N grain g/kg	N paille g/kg	Protéines en %
Blé	Blé	17.3	2.6	9.9
Pois Hr	Pois	33.3	14	
Blé + Pois	Blé	18.9	2.9	10.9
Blé + Pois	Pois	30.6	11.1	

3.8 Test de panification

Des tests de panification ont été réalisés sur les blés, les données sont présentées au Tableau 11. Les différences sont surtout marquées pour les paramètres W, P/L et G. Le W indique quelle déformation la pâte tolère ; le blé issu de l'association est meilleur que le blé cultivé en pur. La pâte issue du blé associé est également plus extensible ; en ce qui concerne les autres paramètres, il n'y a pas de différence notable.

Tableau 11 : valeurs de panification de la campagne 2006-2007

Détermination	Unité	Référence meunier	Blé	Blé associé au pois
Humidité grain	%		15.5	15
Indice de chute Hagberg	Secondes	>200	337	317
Hydratation de la pâte	%	>58	59	60
Tolérance	/30		30	30
Note de la pâte	/100		76	76
Note du pain	/100		46	43
Note de la mie	/100		97	97
Note totale	/300	>230	219	216
Volume	cm ³		1518	1476
W (force boulangère)		>220	181	233
P/L (ténacité / gonflement)		0.8<-<1	1.76	1.14
G (extensibilité)		17<-<25	15.7	19.2
P (ténacité)	mm	50<-<100	87	84
% protéines		-	9.9	10.9

L'essai association, mené en 2007, confirme les intérêts agronomiques que peuvent présenter ce type de culture. En effet, les populations d'adventices étaient moins importantes, le pois a fourni de l'azote au blé – la production totale de cette modalité était supérieure à la moyenne des deux modalités en pur – et la verse était moins importante qu'en pois pur. La qualité du blé était améliorée comme le montrait les teneurs en protéines et les tests de panification. Cependant en l'absence de maladies et de ravageurs, un effet quelconque n'a pas pu être démontré.

Conclusion et Perspectives.

Afin de pouvoir répondre à une demande en évolution de produit biologique à base de blé, il était nécessaire de voir le positionnement de la filière blé biologique lorraine notamment chez le producteur « responsable » de la qualité du produit.

Les enquêtes réalisées nous ont ainsi permis d'établir une typologie des itinéraires techniques au regard des différentes pratiques culturales relevées et du passé cultural. Cinq pratiques ont ainsi été identifiées et étaient caractérisées notamment par les dates de labour et de semis pour quatre d'entre elles, et par le nombre de passage de travail du sol pour la cinquième.

Le suivi des 4 parcelles avec 2 assolements différents, nous a permis d'identifier quels étaient les facteurs limitants de la qualité des blés qui s'étaient exprimés le plus sur ces parcelles à savoir : la carence en azote, par la présence d'un faible reliquat azoté en sortie d'hiver, la concurrence des adventices avec la mesure de la biomasse au stade épiaison et l'état structural du sol par l'analyse des mottes lors de la réalisation du profil cultural. Les blés présents sur les parcelles assolées de longue date sont ceux qui ont le plus souffert –notamment par rapport à la structure- comparé au blé avec un précédent prairie de longue date. Au vu d'améliorer la qualité des blés, le suivi d'une culture de blé associé à du pois et des cultures pures de blé et pois, nous a permis de les comparer et d'observer que l'association permettaient un gain de rendement face aux cultures pures et d'augmenter la teneur en protéine du blé. A cela s'ajoute également les bienfaits sur les facteurs influençant la qualité par une meilleure maîtrise de la concurrence des adventices, une meilleure valorisation de l'azote. Au-delà des nombreux avantages que l'association de culture peut présenter, elle suscite quelques interrogations de la part des professionnels sur les plans agronomiques, techniques et économiques (Mothes et Vinson, 2005).

Sur le plan agronomique, une des principales difficultés dans le choix des espèces à associer est de pouvoir synchroniser le stade la maturité physiologique de chacune des espèces. En effet, suivant les espèces et les variétés, la maturité peut être décalées, ce qui crée un risque de grenaison ou de germination sur pieds de l'espèce mûre en premier. En culture d'hiver, le pois, la féverole et la vesce sont toutes 3 récoltables à un stade acceptable de maturité avec un blé (Métivier, 2005). Par le décalage de maturité entre les gousses inférieures et supérieures, la vesce peut éventuellement causer un problème de conservation de la récolte dans le cas où le séchage de la récolte n'est pas optimum.

A cela s'ajoute le développement plus ou moins agressif du protéagineux choisit. Un triticale s'associera très bien à une vesce, plante à développement rapide et à port étalé, grâce à la robustesse de sa tige. En revanche, le blé s'associera plus facilement à une culture de pois dont le port est de type dressée. De par sa hauteur, la féverole a une bonne capacité à concurrencer le blé.

Bien que les stades de semis et de récolte puissent être synchronisés, entre blé, pois, vesce ou féverole, se pose le problème de la densité et la forme de la graine lors de l'implantation du couvert et de sa récolte. Certes, lors du semis, différents passages peuvent être réalisés, mais suivant les conditions de structures du sol et l'optimisation du travail du sol, la différence de forme et de densité de la graine peut devenir un frein à la réalisation de ce type de culture.

A la récolte se pose également le problème de réglage de la moissonneuse batteuse, notamment la vitesse du batteur, le choix des cribles et l'avancement de la machine (culture dense) et l'état de propreté de la récolte (résidus de paille, grains cassés...).

En culture pure, il est conseillé d'attendre au moins 5 ans avant de réintroduire le même protéagineux sur une même parcelle. Ceci permet de réduire fortement les pressions parasitaires d'insectes ravageurs et de maladies. En association de culture, les connaissances actuelles sont insuffisantes sur ces intervalles entre deux associations. De nouvelles expérimentations sont à envisager, d'une part pour déterminer les espèces et variétés de blé et protéagineux à associer et d'autres parts pour étudier les temps de retour entre deux cultures associées sur une même parcelle.

Sur le plan technique, si la production est réalisée à petite échelle, la collecte de ces mélanges peut poser des soucis de stockage. En premier, chez les agriculteurs qui peuvent être exposés à des problèmes de conservation si une des deux espèces est récoltée trop humide ou si une des deux cultures est à un stade de maturité différent de l'autre. En second chez le collecteur qui devra stocker à part ces mélanges tant qu'ils ne sont pas triés, ce qui nécessite des volumes de stockage supplémentaires. Il est plus pertinent que ce soit le collecteur qui réalise le tri, d'une part parce que l'investissement au niveau d'une exploitation serait trop élevé pour les volumes gérés et d'autre part parce que le protéagineux - à destination de l'alimentation animale - n'intéresse pas le meunier sur le plan économique.

L'opération de triage peut être plus ou moins délicate selon la taille des grains des deux espèces : si les grains d'une espèce sont de petites taille, et ceux de l'autre sont de grosse taille, le triage devrait être facile. Si les grains sont tous de même taille, le tri sera très long et la pureté de chaque espèce sera difficile à obtenir. Si la pureté n'est pas un obstacle pour le protéagineux destiné à l'alimentation animale, en meunerie, 1 à 2% de graines de protéagineux pourraient être tolérées à conditions qu'elles soient sans conséquence sur le déroulé de la panification. Autrefois, la fève (protéagineux) était utilisée comme améliorant à la formation de la pâte.

Sur le plan économique, une association de culture de type blé -pois nécessite un coût de triage élevé facturé à l'agriculteur - 30€ / t pour la coopérative Probiolor, main d'œuvre et matériel compris - et un faible débit de travail, 500 kg/h, malgré une taille de graine différente entre les deux espèces. En 2007, la coopérative achète un blé à 11% de protéines 340 €/t en acompte avec une valorisation de 10€ la tonne par point de protéines gagné. Le prix d'achat du blé fourrager - <10% de protéines - est de 300 €/t et celui du pois est de 320 €/t. D'après les résultats obtenus sur l'essai association réalisé sur l'unité de recherche de l'INRA de Mirecourt (Graphique 7), le produit brut de l'association blé -pois est de 710€/ha avec un coût de triage de 64€/ha. A première vue, la production de culture associée semble être rentable même après l'opération de triage. Cependant, les frais de transport et d'infrastructures - augmentation de la capacité de stockage - pourraient ne pas être négligeables.

Pour la campagne 2007, Probiolor incite, les producteurs à s'orienter vers la production de protéagineux, notamment du pois, par l'installation d'une chaîne de triage, car il y a une forte demande de la part des fabricants d'aliments du bétail. La protéine du blé est quant à elle moins bien valorisée que les années précédentes. On peut supposer que la coopérative

privilège d'abord la demande en protéagineux, par rapport à la teneur en protéines, qui selon le moulin d'Heucheloup est avant tout un critère commerciale et non qualitatif.

Sur les points agronomiques et qualitatifs, l'association est très intéressante. Cependant le coût du triage risque d'être un facteur limitant important et la logistique nécessaire au transport /stockage/ triage risque de pénaliser le développement de cette technique.

D'autres expérimentations mériteraient d'être menées avec des légumineuses à petites graines, certainement plus faciles à trier comme le trèfle ou d'autres légumineuses fourragères qui permettraient d'éviter la phase de triage des graines.

Liste des annexes

Annexe 1 : Questionnaire d'enquête agriculteur

Date :

Nom :

Commune :

Date de conversion :

Type de structure :

Polycultures élevage

Polycultures

Place de la culture de blé dans l'exploitation

- Assolement

Espèces (proportions)	Surface (ha)

Espèces	Surface (ha)

- Rotation(s)

- Engrais organiques

Raisonnement :

Cultures réceptrices	Quantité épandue	Type de produit

- Destination de la production du blé

Autoconsommation

Vente

Autre, préciser

--

- Variétés présentes sur l'exploitation :

Variétés	Critères de choix

Observation(s)

Conduite culturale pour une culture de blé.

Campagne 200 -200

- **Nom parcelle :** _____ **Distance/exploitation :** _____

o Type de sol :

	Argileux
	Limoneux
	Argilo-Limoneux

	Argilo-Calcaire
	Limono-Argileux
	Autre

o Sensibilité compaction : Indifférent Très sensible

- **Place du blé dans la rotation**

o Précédent et anté- précédent : _____

o Inter- culture

Espèce(s)	Date d'implantation	Date de destruction	Devenir des résidus

- **Interventions culturales avant implantation**

	Type de travail	Profondeur	Date/ période
Automne			
Printemps			

- **Fumure organique**

Produit épandu	Dose	Date d'application	Enfouissement ?	Analyse N, P, K

- **Semis**

Variété(s)	Densité de semis	Date de semis	Profondeur	Conditions

Pression parasitaire observée sur la culture de blé.

	Espèces	Pression
Adventices		
Insectes		
Maladies		

Récolte

- Récolte.

Individuelle
préciser

Entreprise

Autre, à

- Destination :

Destination	Destinataire	% production de blé

- Critères qualité à la vente :

Critères	Valeurs
% protéines	
Valeur boulangère	

Commentaires :

Bibliographie

Métivier T., 2005 – *Mise au point de mélanges céréales et protéagineux en agriculture biologique* – Chambre d'Agriculture du Calvados.

Mothes S., Vinson C, 2005, *Les associations blé/pois : quelle faisabilité technique et quels débouchés ?*, Rapport de projet d'ingénieur, INRA INA P-G.

Yvergniaux M. (INRA Grignon), Biarnès V (UNIP)., Jeuffroy MH. (INRA Grignon), Guichard L. (INRA Grignon), 2007, *Expérimentation : Association blé -pois : résultats encourageants*, Cultivar élevage n°611.

Programme Recherche INRA -CIAB /ACTA /ACTIA 2005-2007- Novembre 2007 – *Forum pain bio. Du blé au pain, le bio, une filière d'avenir.*

Lubac S., Fontaine L (ITAB)., 2005, *De la parcelle au fournil, faire du pain bio de qualité*, Alter Agri n° 71.

David C., Jeuffroy MH., Henning J., Meynard JM., Janvier 2005, *Yield variation in organic winter wheat : a diagnostic study in the southeast of France*, INRA, EDP Sciences.

UNIP, Appel à projets ADAR 2005, « *Cultiver des associations céréales – protéagineux : des intérêts agronomiques, économiques et environnementaux à découvrir* »

CEDRA Camille, CEMAGREF, ITCF, *Les matériels de travail du sol, semis et plantation*, 1993, ed Tec & doc

Fayolle., Gautronneau, 1998, *Détermination des peuplements et de l'activité lombricienne en grandes cultures, à l'aide du profil cultural*, Actes du Congrès Actes du Congrès Mondial de la Science du Sol, Montpellier.

Jacquin F., Florentin L., 1988 – *Atlas des sols de Lorraine*, ed Presse Universitaire de Nancy.

Liens électroniques :

<http://www.bioenlorraine.fr>

<http://www.agrireseau.qc.ca>

Résumé

La qualité insuffisante de certains lots de blé biologiques entraîne un déclassement de la récolte vers le circuit des blés fourragers biologiques ou conventionnels. Ce qui entraîne un manque à gagner pour les agriculteurs et favorise une augmentation des importations de blés alors que la demande en produits issus de l'agriculture biologique augmente.

Dans ce contexte, une étude a été menée par le CGA Lorraine en partenariat avec l'unité de recherche INRA de Mirecourt. Les objectifs étaient (i) de dresser un état de la qualité protéique des blés lorrains et d'identifier les pratiques culturales mises en œuvre, (ii) de déterminer quels étaient les facteurs agronomiques limitants la qualité. Puis un nouveau mode de conduite était testé dans le but d'améliorer la teneur protéique du blé.

Pour cela, une enquête auprès d'agriculteurs nous a permis de recenser les différentes pratiques culturales réalisées sur leurs parcelles de blé entre 2004 et 2006. Ensuite une typologie en 5 classes a été établie à partir des données recueillies : rotation, passé cultural, et les pratiques telles que le travail du sol, la fumure, le désherbage.

Puis quatre de ces conduites – blés à précédent prairie ou à précédent céréale – ont été étudiées en situation expérimentale afin d'identifier et de hiérarchiser les facteurs limitants du rendement et de la qualité. Les facteurs limitants se sont exprimés sur les blés à précédent céréale, et concernaient les adventices, l'azote et la structure du sol. Cependant, si le rendement était deux à trois fois plus élevé derrière un précédent prairie, l'effet sur la teneur en protéine était constaté mais peu significatif.

Enfin, la conduite du blé en association avec un pois protéagineux a été comparée à la conduite de blé et de pois purs. La production globale de la parcelle ainsi que la teneur en protéines étaient meilleures en comparaison aux cultures pures. La pression en adventices était moins importante et le reliquat azoté post récolte était plus faible que sur pois pur, ce qui diminue fortement le risque environnemental. Cette association de culture ouvre de nombreuses perspectives sur le plan agronomique. Cependant sur les plans techniques et économiques, les résidus de protéagineux et le coût du triage des espèces pourraient limiter le développement de cette conduite.