

## SOMMAIRE

### « Quelle contribution de la recherche et du développement à l'émergence de filières ? » Page 3

#### **L'exemple d'une filière jeune : la pomme de terre biologique en Nord-Pas-de-Calais.** **Page 5**

- Recherche et expérimentation. La lutte contre le mildiou de la pomme de terre en région Nord-Pas-de-Calais et en Belgique. *Alain Lecat, Chambre d'Agriculture du Nord* Page 5
- Pomme de terre bio en Nord-Pas-de-Calais : le mildiou ne nous fait pas peur ! *Article Alter Agri n°49 septembre/octobre 2001* Page 11
- Cuivre et lutte contre le mildiou. *Article Alter Agri n°53 mai/juin 2002* Page 14
- Pomme de terre bio : une filière embryonnaire dont le développement ne va pas de soi. *Article Alter Agri n°49 septembre/octobre 2001* Page 16
- Des méthodes de lutte contre le rhyzoctone de la pomme de terre en agriculture biologique. *Article Alter Agri n°49 septembre/octobre 2001* Page 17
- Pour une pomme de terre de qualité, satisfaisant producteurs et consommateurs. *Article Alter Agri n°54 juillet/août 2002* Page 20
- La production de plants de pomme de terre biologique en pleine évolution. *Article Alter Agri n°56 novembre/décembre 2002* Page 23

#### **L'exemple d'une culture non valorisée en bio : la betterave sucrière.** **Page 25**

- Stratégies de désherbage de la betterave sucrière biologique. *Article Alter Agri n°48 juillet/août 2001* Page 26
- Quel prix pour la betterave bio ? *Article Alter Agri n°48 juillet/août 2001* Page 32
- The beet route. *Article Organic Farming, summer 2002* Page 34

#### **L'exemple d'une filière à construire ? Le colza.** **Page 39**

- Le colza bio : une conduite à trouver, une filière à bâtir. *Muriel Morison, INRA Grignon*

### « La fertilisation azotée du blé tendre au printemps » Page 51

Efficiences de la fertilisation azotée de printemps sur des blés bio. Références en Midi-Pyrénées. *Bruno Colomb, INRA Toulouse.* Page 53

Quelques résultats d'essais dans d'autres régions :

- En Ile-de-France. *Claude Aubert et Charlotte Glachant, Chambre d'Agriculture 77/GAB IdF.* Page 54
- En Belgique. *Daniel jamar, CEB, Luc Ruelle, CHPTE* Page 59

Mise au point d'un outil de gestion de la fertilisation azotée de printemps du blé biologique Page 65

Pour suivre l'actualité de la Commission Grandes Cultures  
de l'ITAB (publications, réunions, protocoles, etc.) :

[www.itab.asso.fr](http://www.itab.asso.fr)

**« Quelle contribution de la recherche et du développement à l'émergence de filières ? »**

Au travers d'expériences et de témoignages régionaux, l'objectif est de mettre en avant les démarches et méthodologies développées et d'envisager leur transfert vers d'autres domaines.

Trois exemples seront pris en illustration. Celui d'une filière en structuration : la pomme de terre, et ceux de filières inexistantes, pour des raisons diverses : la betterave sucrière et le colza.



## L'EXEMPLE D'UNE FILIERE JEUNE : LA POMME DE TERRE BIOLOGIQUE EN NORD-PAS-DE-CALAIS

*Alain Delebecq, GABNOR*

*ZI le Paradis – 59133 Phalempin Cedex - Tél. : 03 20 32 25 35, fax : 03 20 32 35 55, alain.delebecq@gabnor.org*

*Alain Lecat, Chambre d'Agriculture du Nord*

*140, Bd de la liberté – 59013 Lille Cedex - Tél. : 03 20 88 67 54, fax : 03 20 88 67 29, alain.lecat@nord.chambagri.fr*

\* \* \*

Alain Delebecq présente comment s'est montée la filière pomme de terre dans la région Nord-Pas-de-Calais (pas de texte communiqué).

Alain Lecat fait le point sur les recherches menées dans la région (y compris en Belgique) sur le principal problème technique qui se pose en matière de culture de la pomme de terre en agriculture biologique : la lutte contre le mildiou. Le texte présenté ci-dessous reprend les termes de son exposé.

Un série d'articles d'Alter Agri (n°49, 53, 54 et 56) sont présentés en complément d'information. On y retrouve un article citant les travaux menés dans le Nord-Pas-de-Calais avant 2001.

\* \* \*

### Recherche et expérimentation. La lutte contre le mildiou de la pomme de terre en région Nord-Pas-de-Calais et en Belgique.

#### **1 - Contexte de la recherche**

La première question technique qui vient à l'esprit lorsque l'on veut cultiver de la pomme de terre est comment lutter contre le mildiou ? Cette interrogation est légitime au regard des conséquences graves qu'occasionne la maladie à la culture : défanage précoce, perte de rendement, mauvaise conservation, qualité altérée.

En agriculture conventionnelle, la panoplie de produits phytosanitaires est impressionnante pour lutter efficacement contre le mildiou. Par contre, en agriculture biologique, la gamme s'amenuise comme peau de chagrin et se limite aux sels de cuivre. La protection n'est que partielle et limitée dans le temps car le cuivre reste un produit de contact.

Afin de mieux maîtriser la technique, l'expérimentation était la réponse. La recherche s'est organisée et c'est en 1998 que la FREDEC (Fédération Régionale de Défense contre les Ennemis des Cultures) a commencé ses expérimentations sur la résistance variétale. En 2000 l'expérimentation s'ouvre vers l'utilisation de cuivre et des produits alternatifs. Depuis les essais se concentrent vers une meilleure utilisation du cuivre pour répondre à la demande des agriculteurs mais aussi pour faire face à la réglementation européenne qui limite la dose de cuivre métal à 8 kg/ha puis à 6 kg/ha à partir de 2006.

### Lutte préventive : quelques rappels.

Afin de lutter efficacement contre le mildiou, l'approche ne résulte pas d'une simple utilisation de produit anticryptogamique mais se raisonne de manière plus globale et notamment par une approche préventive. Pour cela un certain nombre de pratiques doivent être mises en œuvre :

- Réduire les sources de contaminations environnantes : détruire les repousses ou les tas de déchets (arrêté préfectoral du 20 juillet 1994) à l'aide de chaux vive ou en couvrant le tas d'une bâche noire.
- Respecter le délai de rotation de 5 ans.
- Eviter les fumures excessives en azote (225U d'N forfaitaire)
- Adapter la densité de plantation au développement foliaire de la culture.
- Utiliser de préférence des plants pré-germés pour une meilleure vigueur de départ.
- Planter des variétés tolérantes voire résistantes au mildiou tout en tenant compte du goût du consommateur.
- Pas de variétés tardives ni de plantations tardives pour éviter les fortes pressions de maladie du mois d'août.
- Veiller à la bonne qualité de la pulvérisation ; réglage du pulvérisateur, utilisation d'huile ou d'adjuvant à base de lécithine de soja (NC : Li 700 de chez Agridine).
- Effectuer un bon buttage pour éviter la contamination des tubercules par les spores du champignon.

## 2 - La résistance variétale : résultat d'essai FREDEC 2002

Afin d'intégrer dans la lutte biologique contre le mildiou de la pomme de terre les différentes tolérances variétales au mildiou du feuillage, la Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles Nord Pas de Calais a mis en place une vitrine variétale dans le cadre du programme Interreg III France – Wallonie – Flandre VETAB «Valoriser l'expérience transfrontalière en agriculture biologique», en collaboration avec les sociétés Desmazières et Germicopa et en partenariat avec la DRAF-SRPV Nord Pas de Calais.

L'objectif de cette étude est de vérifier les différences de sensibilité au mildiou du feuillage d'une vitrine de variétés de pommes de terre, en conditions de culture biologique.

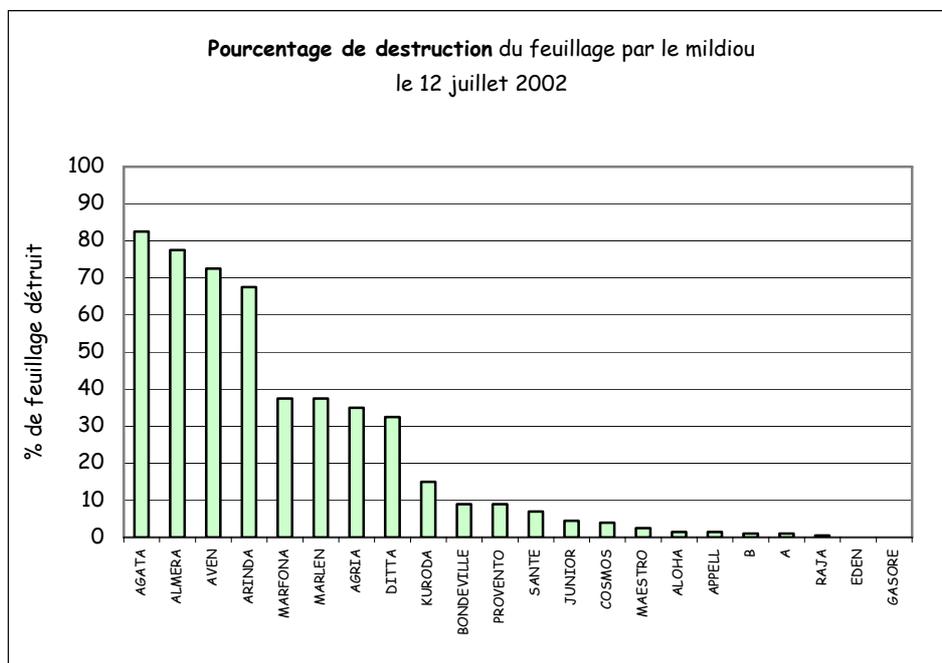
#### Interventions phytosanitaires

Aucune contamination artificielle n'a été réalisée sur les parcelles d'essai ; les différents variétés sont traitées contre le mildiou selon le programme agriculteur.

<i>Date</i>	<i>Événements / Traitement</i>
11/04	Plantation de l'essai
28/05	Bouillie Bordelaise 2 kg/ha + 0.5 l huile
17/06	Bouillie Bordelaise 2 kg/ha + 0.5 l huile
25/06	Bouillie Bordelaise 2 kg/ha + 0.5 l huile
5/07	Bouillie Bordelaise 2 kg/ha + 1 kg d'hydroxyde de cuivre
20/07	Bouillie Bordelaise 2 kg/ha + 1 kg d'hydroxyde de cuivre
26/08	Récolte
26 et 27/08	Notation mildiou sur tubercules

Des comptages du nombre de taches de mildiou sur feuilles sont d'abord effectués à un rythme hebdomadaire. Puis quand ces points d'attaques deviennent trop nombreux, l'impact de la maladie sur le feuillage est évalué en pourcentage de destruction sur l'ensemble de la parcelle. En fonction de ces résultats, un classement des variétés est effectué selon leurs niveaux de tolérance.

## Résultats



*N.B : A et B sont des variétés en cours d'inscription*

Les premières taches de mildiou ont été notées sur l'essai le 12 juin 2002, sur les variétés Agria, Agata et Cosmos. A partir de début juillet, la pression en mildiou a fortement augmenté sur certaines variétés, par conséquent, les notations ont été réalisées en déterminant le pourcentage de végétation détruite. Des différences de sensibilité importantes ont été constatées entre les différentes variétés mises en place. Ainsi le 12 juillet, Agata, Almera, Aven et Arinda présentent plus de 65% de leur feuillage détruit par le mildiou, alors que sur Eden et Gasoré aucune tache de mildiou n'est notée.

A partir de cette analyse et pour l'année 2002, les variétés peuvent être classées en trois catégories en fonction de leur tolérance au mildiou :

Variétés <i>assez sensibles</i>	Variétés <i>intermédiaires</i>	Variétés <i>tolérantes</i>
Agata Almera Aven Arinda	Marlen Marfona Agria Ditta	Kuroda Provento Bondeville Santé Junior Cosmos Maestro Aloha Appell B A Raja Gasoré Eden

(Classement réalisé à partir de l'analyse statistique de la notation du 12 juillet)

Au niveau du mildiou sur tubercules, les niveaux de contamination sont relativement faibles. Seules les variétés Appell, Bondeville, Ditta, Junior et Kuroda ont montré des symptômes de mildiou sur tubercules, et dans des proportions limitées (<4% de tubercules touchés). Les conditions climatiques de fin juin / début juillet n'ont pas, en effet, favorisé les contaminations sur tubercules.

**La connaissance de la tolérance variétale est un critère déterminant dans la mise en place d'une stratégie de lutte biologique contre le mildiou de la pomme de terre. Néanmoins, à plus ou moins long terme, ces tolérances variétales sont vouées à être contournées par le mildiou, d'où la nécessité de conduire annuellement ce type d'essai afin de mettre à jour le classement variétal.**

### **3 - Lutte curative : programme Interreg III Nord-Pas-de-Calais**

#### « REDUCTION DES DOSES DE CUIVRE ET RAISONNEMENT DU DECLENCHEMENT DES TRAITEMENTS »

### **3.1 Objectifs de l'étude**

Les doses de cuivre utilisées en agriculture biologiques sont très variables d'une année sur l'autre. il apparaît également nécessaire de raisonner les dates de déclenchement de traitement, afin d'éviter l'entrer du mildiou trop rapidement dans la parcelle. Deux axes sont travaillés :

- rechercher les seuils de traitements adaptés à la production biologique, c'est à dire déterminer à partir de quel niveau de risque mildiou il convient de réaliser une intervention fongicide. (donnés par le modèle Milsol) ;
- rechercher de produits de substitution au cuivre et réduction des apports de cuivre ; différents produits et doses de cuivre sont testés sur une variété de tolérance au mildiou (Ditta).

### **3.2 Protocole**

#### *3.2.1 Comment a été réalisée l'étude ?*

Pour le raisonnement des traitements le modèle Milsol est utilisé. Il quantifie les risques journaliers de mildiou grâce à deux variables : SPOSPO et SPORUL. Milsol est un modèle épidémiologique du Service de la Protection des Végétaux qui quantifie de façon journalière les risques de mildiou au cours de la saison. Les seuils de traitements ont été établis pour à l'agriculture biologique. Différents seuils de risque du modèle Milsol ont été testés en association avec différents produits.

#### *3.2.2 Les modalités*

Sept modalités sont mises en place, et sont comparées à un traitement systématique à la Bouillie Bordelaise à 4 kg/ha (traitement tous les 7 jours, renouvelé en cas de lessivage), et à un témoin non traité.

Pour les modalités 5 et 6 les traitements sont déclenchés à l'aide du modèle de prévision des risques Milsol. Le choix du produit est fonction du niveau de risque :

- lorsque la pression est moyenne, le traitement est réalisé avec un produit faiblement concentré en cuivre et associant des oligo-éléments ;
- lorsque la pression est forte, le traitement est réalisé avec une spécialité à base de cuivre.

Modalité	Spécialité	Matière(s) Actives(s)	Dose Spe	Concent.	Dose Cu/Ha	Cadence ou seuil
01 BB2Kg	BOUILLIE BORDELAISE RSR DISPERS	cuivre	2 Kg/Ha	20 %	400 g	7 jours
02 BB4Kg	BOUILLIE BORDELAISE RSR DISPERS	cuivre	4 Kg/Ha	20 %	800 g	7 jours
03 Fercui	FERTICUIVRE + Fertifeuille	Oxychlorure de Cu fertifeuille	3 l/Ha 5 Kg	Cu 9%	270g g	7 jours
04 Promild2	PROMILD2	Cu, Mn, Zn, Fe	6 L/Ha	Cu5%	300g	
05 BBFER	BOUILLIE BORDELAISE RSR DISPERS	cuivre	2 Kg/Ha	20 %	400 g	Spospo >5
Seuil 3-2	FERTICUIVRE +ertifeuille	Oxychlorure de Cu	3 l/Ha	Cu 9%	270 g	
06 CUPRS32	CUPRAVIT	Oxychlorure de cuivre	6 L/Ha	Cu 50%	800 g/	
Seuil 3-2	FERTICUIVRE +ertifeuille	Oxychlorure de Cu	3 l/Ha et 5 Kg	Cu 9%	270 g	Spospo <5
07 BBS32	BOUILLIE BORDELAISE RSR DISPERS	cuivre	2 Kg/Ha	20 %	400 g	Seuil 3-2

(en cas de lessivage des produits, le traitement est renouvelé si les seuils sont atteints)

### 3.2.3 L'analyse des données

L'impact de la maladie sur le feuillage est d'abord déterminé en nombre de taches, puis lorsque ces points d'attaque deviennent trop nombreux, le pourcentage de destruction du feuillage est évalué. Une analyse statistique est effectuée sur ces valeurs pour déterminer les différences entre chaque modalité.

### 3.3 Les résultats

Les premières taches de mildiou ont été observées sur l'essai à partir du 2 juillet 2002. La pression de la maladie a ensuite augmenté très fortement à partir du début du mois d'août. Ainsi, à la mi-août, le témoin, non traité, était détruit à plus de 96 % par le mildiou.

	Modalité 1	Modalité 2	Modalité 3	Modalité 4	Modalité 5	Modalité 6	Modalité 7
	BB2kg	BB4kg	Fercui	Promild2	BBFer	CUPRS32	BBS32
Nombre de traitement	8	8	8	8	6	6	6
Quantité totale de Cuivre apportée	3.2 kg/ha	6 kg/ha	2.1 kg/ha	2.4 kg/ha	2.27 kg/ha	4.27 kg/ha	2.4 kg/ha
Remarque sur les traitements					1 x fercuivre + 4 x Bouillie Bordelaise	1 x fercuivre +4 x oxychlorure de cuivre pleine dose	6 x Bouillie Bordelaise à 2 Kg /:Ha
Réduction de la quantité de cuivreEN G/Ha par rapportà laBB4Kg	2.8		3.91	3.6	3.74	1.74	3.61
Pourcentage de réduction de la quantité de cuivre utilisée	46.7		65.2	40	62.2	29	60

### *Ce qu'il faut retenir*

Sur les modalités où le traitement est réalisé, s'il n'y a pas de différence d'efficacité, les seuils de traitements ont permis une maîtrise de l'épidémie satisfaisante avec une réduction du nombre de traitements appliqués et, par conséquent, de la quantité de cuivre apportée par rapport à un traitement systématique tous les 7 jours à la Bouillie Bordelaise à 4 kg/ha. La réduction du nombre de traitement sur les parcelles modèles est faible compte tenu des risques de l'année.

Sur les modalités BBFER et BBS32 où le traitement est déclenché avec le modèle, le contrôle de la maladie est du même niveau d'efficacité que la modalité traitement systématique à 2Kg /Ha, mais avec une réduction de plus de 60% de la quantité de cuivre utilisée. L'oxychlorure de cuivre donne des résultats un peu moins bons sur cet essai. Cela peut être du aux pluies régulières de l'année et à la persistance d'action un peu moins bonne.

*Programme d'étude financé par l'Europe (40%)  
Programme d'étude financé par le ministère de l'agriculture (60%)*



**L'EXEMPLE D'UNE CULTURE NON VALORISEE EN BIO :  
LA BETTERAVE SUCRIERE**

*Frédéric Galan, AABP (Association des AgroBiologistes de Picardie)*

*19 bis, rue Alexandre Dumas – 80096 AMIENS Cedex 3 - Tél. : 03 22 33 69 33, fax : 03 22 33 69 99,  
f.galan@picardie.chambagri.fr*

*Bernard Convié, CEB (Centre Technique pour le Développement de l'Agriculture et de  
l'Horticulture Biologique)*

*Rue des Fossés Fleuris, 39 – B-5000 NAMUR – Tél./fax : 00 32 81 65 99 76*

\* \* \*

Frédéric Galan présente la problématique de cette filière en France (pas de texte communiqué).

Bernard Convié aborde la question du désherbage de la betterave sucrière, reprenant les résultats d'un essai mené en 2000 par son prédécesseur au CEB, Daniel Jamar, et Denis Laboureur, du CHM. La présentation des résultats, reprise dans les pages suivantes dans le cadre d'un article du n°48 d'Alter Agri (juillet/août 2001) est complétée par une approche économique de la rentabilité de la betterave sucrière en Hollande et en Belgique (second article).

Ensuite, un article de la revue anglaise « Organic Farming » (en date de l'été 2002) fait le point sur le développement de la production de betterave sucrière en Grande-Bretagne, suite à l'investissement de la société British Sugar.

## Nous vous donnons ci-dessous quelques compléments (en italique) à l'article sur le désherbage concernant la description des techniques utilisées.

« Techniquement, la maîtrise du désherbage sur le rang constitue le problème majeur rencontré par les producteurs tant au niveau des productions fourragères que sucrières (...). Quel que soit le matériel utilisé, la stratégie consiste à anticiper (rotation, interculture, travail du sol dans de bonnes conditions...) et à intervenir sur l'adventice au moment où elle est la plus vulnérable ». *C'est à dire à son stade le plus précoce (stade du fil blanc) et en tous cas avant l'apparition d'une vraie feuille (stade cotylédon). Toute adventice qui a dépassé ce stade deviendra beaucoup plus difficile à détruire par la suite. La période critique se situe donc au moment de l'émergence de la culture. A ce stade la plantule est sensible aux interventions mécaniques et n'est pas concurrentielle par rapport aux adventices.*

### Le faux semis

« Dès que les conditions climatiques le permettent, on réalise un faux semis c'est-à-dire que l'on prépare la terre pour un semis de façon à favoriser une levée de mauvaises herbes que l'on détruit, par un travail superficiel du sol (herse étrille), deux ou trois semaines plus tard au moment du semis véritable. » *L'opération peut être répétée plusieurs fois. Il faudra néanmoins tenir compte des risques de prise en masse sur sol limoneux battants. Cette technique permet également de diminuer les populations de larves de taupin qui ramenées en surface meurent sous l'action de la lumière et de la chaleur. Dans certaines conditions, la destruction mécanique du faux semis peut entraîner une nouvelle levée de mauvaises herbes. La destruction par brûlage en plein évite ce phénomène.*

### La densité de semis

*Par rapport au semis normal il faudra tenir compte, suivant les techniques de désherbage utilisées par la suite et les éventuelles attaques d'insectes du sol, de pertes voisines de 20 à 30%. Une couverture complète et uniforme par la culture est une condition essentielle au maintien d'une terre propre jusqu'au moment de la récolte.*

### Le désherbage thermique

« En prélevée. En plein ou sur le rang, juste avant émergence de la betterave cette technique permet de désherber sur le rang sans travailler le sol et donc sans provoquer une éventuelle nouvelle levée d'adventices. » *Dans ce cas, le semis à lieux une semaine après la destruction du faux semis et sans travail du sol de façon à ce que les adventices soient bien levées au moment du brûlage. Un semoir à disque serait dans ce cas mieux adapté puisqu'il provoque un minimum de travail du sol. En semis tardif, la levée de la betterave est la plus part du temps trop rapide pour permettre le passage au brûleur en pré-émergence.*

« En post levée sur le rang de betteraves, au stade 4 à 8 feuilles. Les brûleurs sont dirigés vers les lignes de betteraves dont les feuilles sont brûlées totalement. A ce stade, les adventices sont suffisamment sensibles pour être détruites tandis que la betterave forme de nouvelles feuilles à partir du cœur intact. » *Bien que pratiquée en France sur betteraves fourragères, cette technique doit encore être validée chez nous et des recherches complémentaires sont nécessaires pour l'adapter à nos conditions et en améliorer l'efficacité. Il faut compter pour un hectare une consommation de 50 litres de gaz en localisé, 100 litres en plein et un rendement horaire de 2 heures par hectare.*

### Le binage

*Indispensable en agrobiologie il permet de garder l'interligne propre tout en assurant un travail du sol favorable au bilan hydrique, au réchauffement du sol et à la minéralisation. Le binage aura lieu le plus tôt possible tout en évitant de déchausser les plantules ; des protèges plants à disque sont à ce stade indispensables. Avec un matériel précis il est possible d'approcher la ligne de 2 cm pour un rendement horaire de 2h par ha. (cas d'une bineuse 6 rangs). Les passages ultérieurs peuvent être effectués plus rapidement.*

### Le désherbage manuel.

« Quelle que soit la technique utilisée la maîtrise complète de l'enherbement ne peut se passer d'un passage manuel. Il peut se faire à la rasette ou, aux stades les plus précoces, après le premier binage, à l'aide d'un plancher mobile tiré par un tracteur à vitesse rampante et sur lequel les six ouvriers couchés face tournée vers le sol désherbent chacun un rang de betterave. » *Cette technique permet un meilleur rendement horaire tout en diminuant la pénibilité du travail. En combinant binage et hersage, un passage manuel conséquent reste incontournable pour intervenir sur le rang. Le problème de la main d'œuvre est d'autant plus aigu qu'elle doit être consacrée à la culture à un moment précis et pendant une période très courte. D'où la nécessité dans le cas de superficies conséquentes de recourir à des techniques complémentaires.*

### La technique du repiquage en paperpot.

« La technique du repiquage est intéressante en agriculture biologique car elle permet d'augmenter la période de végétation tout en optimisant l'efficacité du faux semis, la plantule est élevée en conditions contrôlées et à l'abri des insectes (atomaire). Après la plantation elle a une avance non négligeable sur les adventices et a dépassé les stades sensibles aux attaques des insectes. L'interrang peut être biné directement et le rang hersé dès les trois semaines suivant la plantation. »

*Il s'agit d'une technique développée au Japon et introduite en Belgique par la firme AGRIPANT (Carlos PIJPE). Les pots en papier sont fabriqués au Japon et sont toujours sous brevet ce qui rend leur prix élevé. Chaque pot mesure 1,8 cm de diamètre sur 13 cm de longueur. Ils sont livrés par série de 1400 pièces collées ensemble et pliées. Lors du remplissage ces pots sont dépliés et correspondent à une unité de manutention de 1400 plants en caissette standard (120x30cm). Du matériel spécifique est nécessaire pour remplir les pots avec un terreau certifié bio. Une attention particulière doit être prise vis à vis de la fertilisation de base du terreau, le volume de terre étant très réduit, la plante à rapidement épuisé les réserves en azote. Des sources d'azote organique rapidement minéralisables (sang, guano) doivent être ajoutées au terreau de base. Le semis est réalisé automatiquement en caissette avec des semences enrobées non traitées et environ 8 semaines avant la date prévue de la plantation. Ces opérations ont été réalisées par une firme spécialisée Sprl Vandoolaeghe à GELUWE.*

« Les plants sont livrés après la levée et l'élevage se fait en tunnel pendant 4 semaines durant lesquelles un arrosage régulier est nécessaire. Il faut prévoir une surface sous tunnel de 20m<sup>2</sup> par ha. Après 4 semaines les plants sont sortis à l'extérieur à l'abri du vent du nord. Ils bénéficieront alors de plus de lumière et seront plus trapus et résistants lors de la plantation. »

*A ce stade, si le terreau ne minéralise pas suffisamment il est nécessaire d'apporter une source d'azote avec l'eau d'arrosage ( purins fermentés par exemple) et de les protéger du gel nocturne(agritextile).*

« Les plants peuvent être repiqués dès le stade quatre vraies feuilles et on ne dépassera pas le stade 6 feuilles ce qui laisse une grande souplesse dans les dates de plantation. Ils seront abondamment arrosés la veille de la plantation. »

*Pour le repiquage on évitera les périodes de vent du nord et la terre doit être bien ressuyée (généralement deux à trois jours après les conditions optimales pour le semis).*

« La préparation du sol doit être profonde (15 cm) et pas trop fine de façon à permettre la pénétration complète des socs de la repiqueuse. La densité de plantation optimale est de 60.000 plants/ ha et la distance entre ligne de 45 ou 50 cm. La machine que nous avons utilisé est une machine semis automatique 3 rangs qui nécessite, en plus du conducteur du tracteur, trois personnes pour alimenter les éléments planteurs à l'aide de peignes. »

*Ces peignes permettent la manipulation d'une cinquantaine de pots à la fois. La roue de terrage est réglée de façon à ce que le bord du pot soit dépassant de 1 cm du sol au maximum. Avec ce type de machine et avec un peu d'habitude on arrive à planter un ha en quatre heures. Il existe des machines 6 rangs automatiques qui ont un rendement triple avec seulement deux opérateurs. Pour les petites surfaces par contre on peut très bien utiliser des repiqueuses maraîchères ordinaires.*

*Au moment de la plantation nous avons observé une phase d'arrêt de croissance qui est d'autant plus limitée que les conditions de sol sont bonnes et que le plant est vigoureux cet à dire qu'il n'est pas trop développé et que les conditions d'élevage ne soient pas trop « poussantes ».*

\* \* \*

La traduction exacte n'est pas garantie ! Nous vous conseillons de vous référer directement à l'article d'Organic Farming, reproduit à la suite de cette traduction.

En Grande-Bretagne, British Sugar s'intéresse depuis une dizaine d'année à la production de sucre bio. La réponse à la demande a d'abord été l'importation de sucre de canne bio ; mais la pression des consommateurs a finalement conduit British Sugar à développer une production locale à base de betterave sucrière.

### **Le marché**

La vente de sucre a bien sûr lieu en supermarché, mais surtout il est vendu comme ingrédient aux industries agro-alimentaires. Le marché est évalué à 7000 tonnes en 2002. British Sugar a pour objectif de devenir le leader du marché britannique du sucre bio.

### **La production de betterave – les contraintes**

Avant de développer le projet et de planifier des expérimentations au champ, il était indispensable d'analyser les principales contraintes de la culture de la betterave sucrière.

#### ➤ **Implantation**

Une bonne implantation de la culture est la meilleure garantie d'une bonne récolte. Généralement, les graines sont semées tous les 17 cm sur des rangs espacés de 50 cm, chaque graine produisant un plant ; une densité d'environ 90 000 pieds par hectare est conseillée pour une récolte optimale. Le choix de la date de semis est important : il convient de s'assurer que le sol est suffisamment chaud et humide de façon à ce que la culture s'installe rapidement ; elle sera alors mieux prémunie contre les adventices, les ravageurs et les maladies.

#### ➤ **Maîtrise des adventices**

La concurrence des mauvaises herbes diminue le rendement de la culture et affecte les conditions de récolte. Biner entre les rangs est efficace mais laisse toujours des adventices sur le rang, lesquelles peuvent poser problème. Le principal objectif est de parvenir à contrôler suffisamment l'enherbement par des actions mécaniques, sans avoir recours au coûteux désherbage manuel.

#### ➤ **Ravageurs et maladies**

Beaucoup de ravageurs et maladies peuvent endommager la culture. La connaissance du passé de la parcelle est vitale pour éviter les problèmes ; en connaissant les cycles des ravageurs et des maladies on peut mieux les contrôler en attaquant leur mode de reproduction. Ce contrôle repose beaucoup sur le travail du sol et l'utilisation de prédateurs naturels.

#### ➤ **Fertilisation**

Les racines de betteraves descendent profondément. Comme cette culture répond bien à la potasse, au sodium et au magnésium, il est indispensable de s'assurer via la rotation que ces éléments sont présents en quantité suffisante. Le plus gros problème est de s'assurer que la culture a suffisamment d'azote en début de cycle afin qu'elle puisse rapidement développer son feuillage. Le sucre est produit par la photosynthèse, aussi le plus tôt la plante développe son feuillage pour maximiser la lumière interceptée, le plus haut sera le potentiel de récolte. Des fumiers de bovins, porcins ou volailles appliqués avant le labour en fin d'hiver apporteront de l'azote. Un précédent prairie avec du trèfle est également intéressant.

### **Essais au champ**

Les expérimentations sont financées à la fois par British Sugar et par la BBRO (British Beet Research Organisation), en vue d'accroître les connaissances agronomiques sur la culture de la betterave en conduite biologique. Sur la base des contraintes identifiées, listées ci-dessus, les essais menés en 2002 ont porté sur les aspects suivants.

➤ **Essais de British Sugar**

- *Criblage variétal* - Capacité d'implantation et potentiel de rendement sont des critères essentiels pour choisir des variétés convenant à l'agriculture biologique.
- *Utilisation de bio-stimulants et d'engrais foliaire* – L'objectif est de fournir de l'azote tôt et de favoriser le développement du couvert végétal.
- *Maîtrise de l'enherbement* – Evaluation du matériel et des stratégies de désherbage. Il y a beaucoup de matériel arrivant sur le marché, en plus de techniques plus anciennes ; les deux types sont à évaluer.

➤ **Essais de la BBRO**

- *Priming de semences et taux de germination* – Essentiels pour une bonne implantation de la culture.
- *Maîtrise de l'enherbement* – Utilisation de « finger weeders » (« doigts désherbeurs ? ») pour retirer les mauvaises herbes sur le rang.
- *Cultures d'inter-rang anti-pucerons* – Recherche de plantes qui pourraient être semées en inter-rang pour éloigner les pucerons.

### **La campagne culturale 2001**

A la suite des essais menés par British Sugar et BBRO sur deux sites en 2000 et après une visite en Hollande, pionnière en matière de culture de betterave sucrière en Europe, British Sugar a finalement contractualisé la première récolte de betterave sucrière bio en 2001. Quelques 27 agriculteurs ont semé 327 ha de betterave au printemps de cette année.

Les cultures ont été semées après un hiver pluvieux. Cependant, l'utilisation de semences pré-germées avec Probio™ – ce procédé allemand de pelliculage a été accepté par la Soil Association – a permis aux cultures de se développer rapidement.

Ainsi qu'en conventionnel, les dégâts à la structure du sol causés par les conditions humides ont parfois conduit à une mauvaise utilisation des réserves du sol, les racines ne s'étant pas assez développées.

Le contrôle de l'enherbement dans la plupart des cas s'est bien passé. Le désherbage manuel a donné des résultats variables à la fois en productivité et en qualité. Ceci a souligné la nécessité de parvenir à une maîtrise de l'enherbement par des moyens mécaniques : c'est l'objectif prioritaire de l'équipe de British Sugar.

La récolte s'est déroulée début novembre et a été livrée à la sucrerie de Newark pour être transformée.

Cette première récolte fut un apprentissage pointu pour chaque acteur impliqué dans le projet. Les enseignements acquis furent présentés lors d'un séminaire qui s'est tenu en février 2002.

### **La campagne 2001 de la sucrerie**

Pendant les 12 mois précédant la campagne biologique à la sucrerie de Newark, British Sugar a travaillé en étroite collaboration avec la Soil Association pour développer les procédures permettant la transformation de la récolte.

Ces procédures impliquent un nettoyage et une séparation des productions de betterave et de sucre. Beaucoup de procédés et facteurs utilisés en production conventionnelle ne sont pas autorisés ; soit des alternatives biologiques sont créées, soit les procédés sont adaptés. Finalement, après certification par la Soil Association, l'usine de Newark est capable de produire à la fois du sirop (« jus de sucre ») biologique et de la pulpe de betterave sucrière biologique.

#### *Traçabilité*

Un système sur mesure permet une traçabilité totale des lots depuis la ferme jusqu'à l'usine, autorisant l'identification des lots à chaque instant. Chaque lot est scellé avec un numéro unique et accompagné d'un « passeport bio ». Des contrôles rigoureux à l'arrivée à Newark complètent la procédure.

## **La campagne 2002**

En lien avec les tendances du marché, British Sugar a évalué sa demande pour 2002 à 20 000 tonnes de betterave. Plus de 40 agrobiologistes ont semé 500 ha de betterave sucrière, à récolter dans le courant de l'automne.

\* \* \*

## ***Témoignage d'un agriculteur***

### **David Leech s'investit dans les essais sur betterave sucrière de British Sugar depuis 2000**

« Comme nous fonctionnons sans système de stockage, la culture de betterave sucrière convient parfaitement à notre rotation. C'est une excellente opportunité pour nettoyer le sol car nous pouvons biner en inter-rang. »

### **La sécurité du marché**

« La récolte de betterave sucrière étant contractualisée avant la période de culture, décider de l'implanter se fait en connaissant le profit qui en sera potentiellement tiré. Ceci efface beaucoup d'incertitudes que nous avons eu avec d'autres cultures à pivot. Bien que la betterave sucrière puisse ne pas être aussi rentable que d'autres cultures à pivot, la sécurité du marché apporte beaucoup. »

### **Une démarche positive**

« La démarche de British Sugar d'appui aux cultivateurs et au développement de la culture biologique de la betterave sucrière est très positive. L'année dernière, les betteraves ont été transformées à la mi-novembre ; cela veut dire que nous récoltons au maximum du potentiel de récolte et aucune perte liée au stockage n'est en cause. Cela veut dire aussi que les parcelles sont potentiellement libres pour des semis de céréales d'automne, ce qui aide à rendre cette culture attractive. »

*L'exploitation de David Leech (100 ha) sera entièrement convertie en bio en 2003. Le 10 juillet 2002, elle a accueilli l'organisation d'une journée sur la production de betterave sucrière, sponsorisée par British Sugar.*









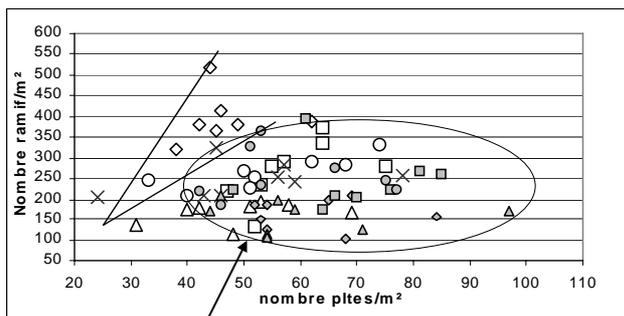








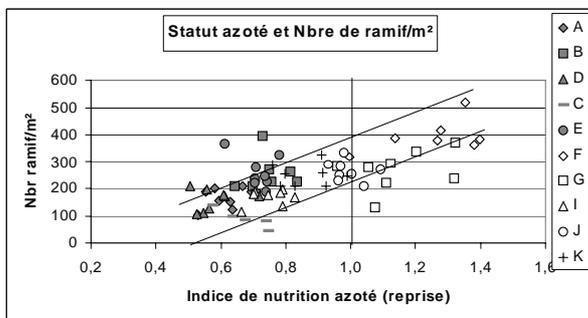
## Décomposition du rendement



A, B, C, D,  
E, I, J

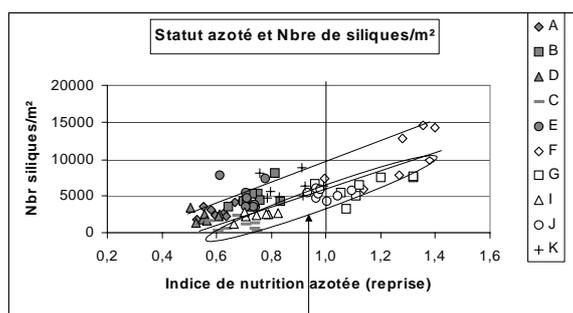
Pour la majorité des parcelles, la phase critique se situe à la reprise, au cours de l'élaboration des ramifications, déterminée par la croissance automnale

## Une croissance handicapée par la faim d'azote



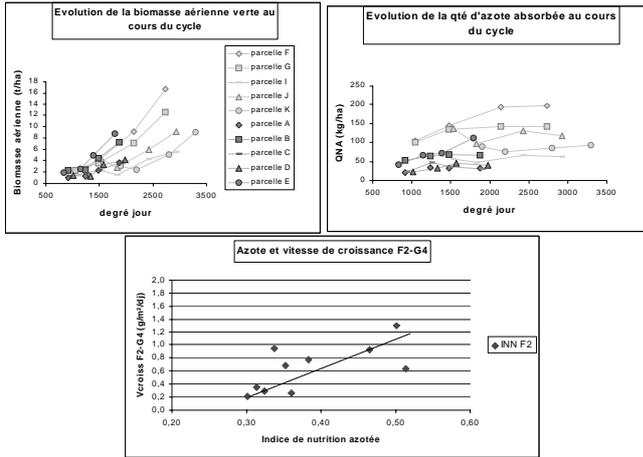
La formation des ramifications handicapée par la faim d'azote durant la croissance automnale

## Une croissance handicapée par la faim d'azote

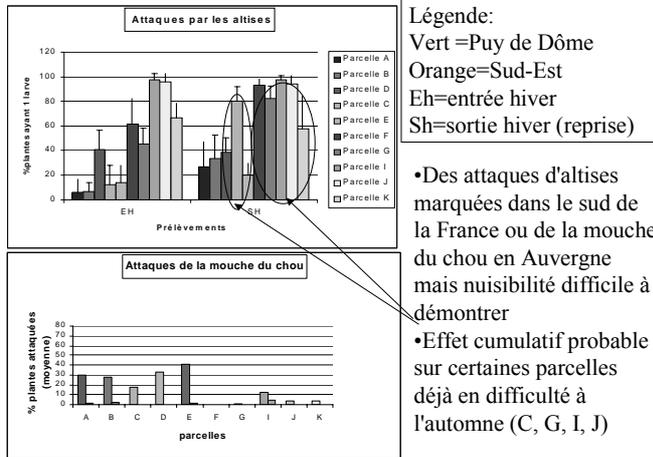


Nombre de siliques/m<sup>2</sup> limité par la faim d'azote avant la floraison mais pas seulement pour C,G,I, J

## Une croissance handicapée par la faim d'azote

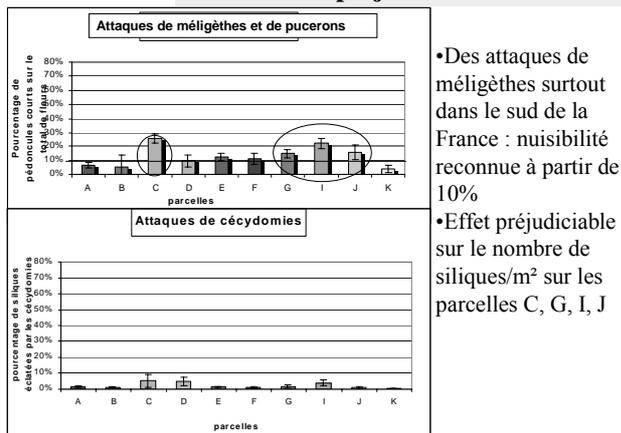


## Les insectes d'automne



- Des attaques d'altises marquées dans le sud de la France ou de la mouche du chou en Auvergne mais nuisibilité difficile à démontrer
- Effet cumulatif probable sur certaines parcelles déjà en difficulté à l'automne (C, G, I, J)

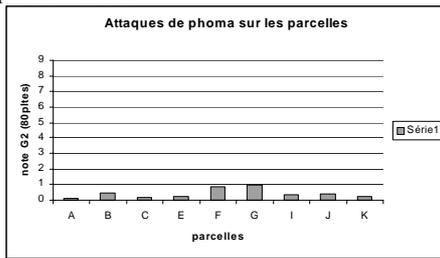
## Les insectes de printemps plus préjudiciables



- Des attaques de méligèthes surtout dans le sud de la France : nuisibilité reconnue à partir de 10%
- Effet préjudiciable sur le nombre de siliques/m<sup>2</sup> sur les parcelles C, G, I, J

## Les maladies rares et à faible gravité

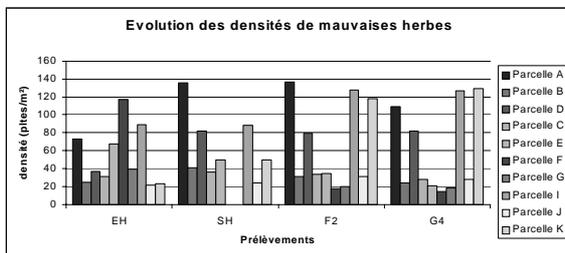
Le phoma – note G2



L'alternaria, le sclérotinia, l'oïdium, la cylindrosporiose

- Entre 5 et 8% des plantes attequées par l'alternaria
- Aucune attaque de sclérotinia
- Attaque d'oïdium forte dans le sud observée en fin de cycle
- Faible attaque de cylindrosporiose non préjudiciable

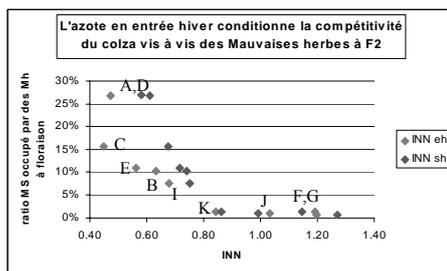
## Mais surtout la pression des mauvaises herbes...



	Eh	Sh	F2	G4
A	géranium	géranium	géranium	géranium
B	laiteron	laiteron	séneçon	séneçon
D	orge	orge	orge	orge
C	orge	orge	orge	orge
E	blé	blé	blé	Liseron
F	mercuriale	mercuriale	Renouée	Linaira
G	mercuriale	Buniaserucago	Pavot	Liseron
I	matricaire	matricaire	Pensée	petite cigue
J	Stellaire	stellaire	Pensée	Pensée
K	Vulpin	Géranium	Anthriscue	alchémille des chp

- Forte densité et en augmentation sur les parcelles A,D,I et K
- Compétitivité des mauvaises herbes variables => exemple B # K

## La pression d'adventices peut se maîtriser très tôt avec un colza non carencé



Même avec une forte densité d'adventices, la compétition du colza peut être en sa faveur sous condition de vigueur très tôt et du type de mauvaise herbe à combattre.

### A retenir

- La phase de reprise avec l'élaboration des ramifications est la période clef
- Un colza non carencé à l'entrée de l'hiver (INN seuil de 0.8)
  - ✓ Peut exprimer son potentiel à la reprise (nbre ramif et fleurs)
  - ✓ Peut lutter contre des adventices même en grands nombres jusqu'en G4
- Les insectes d'automne ont un effet cumulatif et fragilise la plante seulement si elle a déjà une faible vigueur.
- Les insectes de printemps portent un préjudice au rendement à partir de 10%. Mais attention aux très fortes attaques aléatoires.

#### Hierarchie des facteurs limitants

- Azote = phase d'absorption automnale
- Enherbement maîtrisé
- Attaques d'insectes de printemps

## **« La fertilisation azotée du blé tendre au printemps »**

Ce sujet est souvent évoqué en bio, d'autant que l'on souffre en France d'un déficit de blé tendre panifiable riche en protéines.

L'objectif de l'après-midi est de faire le point sur les connaissances actuelles, au travers d'une synthèse de références acquises en Midi-Pyrénées ; afin d'élargir le champ de la discussion, les résultats d'essais dans deux autres régions seront évoqués, avant que la parole ne soit donnée à la salle pour en débattre.



**Efficiencce de la fertilisation azotée du blé tendre au printemps.  
Références en Midi-Pyrénées.**

*Bruno Colomb, INRA Toulouse*  
*colomb@toulouse.inra.fr*

Diaporama distribué en salle.

## Quelques résultats d'essais en Ile-de-France

*Charlotte Glachant/Claude Aubert, Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne/GAB Ile-de-France  
10, rue des Frères Lumière – 77100 Meaux – Tél. : 01 60 24 71 72, fax : 01 60 23 90 99, cl.aubert@wanadoo.fr*









## QUELQUES RESULTATS D'ESSAIS EN BELGIQUE

*Bernard Convié, CEB (Centre Technique pour le Développement de l'Agriculture et de l'Horticulture Biologique)*

*Rue des Fossés Fleuris, 39 – B-5000 NAMUR – Tél./fax : 00 32 81 65 99 76*

### Fertilisation organique des céréales d'hiver au printemps dans le système bio

*Travaux menés par Daniel Jamar CEB et Luc Ruelle CHPTE*

En agriculture biologique, la fertilisation azotée est raisonnée sur l'ensemble de la rotation. Elle est basée sur la fixation de l'azote par les légumineuses présentes dans la rotation (prairies temporaires à base de trèfle, protéagineux et engrais verts) et sur le processus de minéralisation du stock de matière organique du sol alimenté par la restitution des résidus de cultures et des effluents d'élevages en provenance de la ferme ou d'autres fermes bio. En complément et à titre exceptionnel, des apports de fertilisants organiques d'origine extérieure à la ferme repris dans une liste positive peuvent être apportés en ne dépassant pas le seuil des 170 unités d'azote par hectare et par an sous forme d'effluents d'élevage.

Pratiquement, les composts et lisiers sont apportés et enfouis dans le sol pendant l'inter-culture. Au printemps, la vie microbienne du sol étant réactivée par la hausse des températures, la minéralisation libère l'azote parallèlement aux besoins de la céréale. Cette minéralisation peut être favorisée par une bonne structure du sol, une rotation équilibrée incluant prairies temporaires, protéagineux et engrais vert, un travail superficiel du sol à l'occasion du désherbage mécanique... Dans la majorité des cas (froment d'hiver derrière prairie temporaire ou protéagineux, céréales de printemps), ces mesures suffisent pour assurer une bonne nutrition azotée de la céréale tout au long de sa croissance.

Dans certaines situations (zone froide, terre lessivée et fermée par les pluies hivernales, terre lourde et froide, semis dans de mauvaises conditions, structure du sol compacte, précédent défavorable ....) ces mécanismes sont insuffisants pour assurer la nutrition azotée de la céréale au moment de la reprise de végétation (tallage). Se pose alors la question de l'efficacité d'un apport de printemps sur céréales en végétation.

Dans le cadre d'un partenariat entre le CEB et le CHPTE, un essai visant à comparer neuf fertilisants organiques sur froment d'hiver à été mis en place à Lantin

#### **1. Caractéristiques de la parcelle et déroulement de l'essai**

Le précédent betterave et les conditions hivernales très pluvieuses ont limité fortement l'azote disponible au printemps. Ces conditions de sol humide ne nous ont pas permis d'interventions mécaniques précoces et le premier épandage de fertilisant n'a eu lieu que le 12 avril.

Site : région limoneuse, commune d'Alleur  
Sol : limon léger et profond  
Ferme : polyculture (céréales, carottes, betteraves, légumes, pomme de terre) élevage (allaitant)  
Précédent : betterave sucrière

Fertilisation : sur précédent uniquement (compost 30 T/ha + soja 30 UN/ha)  
 Semis : 11 novembre, 350 gr/m<sup>2</sup>, à 17 cm d'écartement, en condition moyenne  
 Reliquat N : sortie d'hiver, 29.2 UN/ha  
 Fertilisants : 12 avril première fraction, 17 mai deuxième fraction  
 Binage : 10 mai  
 Maladies : Pression faible de la septoriose et apparition tardive de la rouille brune  
 Récolte : 14 août à maturité complète

## 2. Caractéristiques des fertilisants utilisés

Tableau 1 : caractéristiques des fertilisants utilisés

Dénomination	Nature du produit	Origine Marque	(2)	M.S %	<u>N-P-K-Ca-Mg</u> sur produit frais	NH4 %	Remarques
GUANO	guano du Pérou 100% animal	Degouis SA	9	86	13,1 - 9 - 2 - 8 - 1	3,5	déjections d'oiseaux récoltées sur des îles
DEROM	composé organo- minéral	Degouis SA	8	87	11,3 - 4 - 2 - 5 - 1	3,3	guano, plumes, tourteaux, phosphal.
FIENTES	fientes de poules compostées	Fertifior (1) Prolog SA	6	45	2,0 - 1 - 1 - 3 - 0	0.8	doit provenir de poules élevées au sol
SANG	Sang séché et granulé	DCM	7	97	12,4 - 1 - 1 - 2 - 0	0	
SOJA	tourteau d'extraction à 44% de protéine	alimentation animale	6	92	7,0 - 1 - 3 - 0 - 0	0	doit être garanti non OGM
OSMOFUM	100% végétal	OSMO	6	94	4,2 - 3 - 5 - 4 - 1	0	soja, tabac, coco, vinasse
LIN	tourteau de pression à 30% de protéine	alimentation animale	4	94	5,0 - 1 - 2 - 0 - 1	0	action anti-taupin
POIL	poudre de poils	ORGAME	7	97	14,0 - 0 - 1 - 1 - 0	0	
COMPOST	fumier de bovins bio composté	Agriculteur	3	31	3,3 - 3 - 6 - 12 - 4 par tonne	0	compost jeune, 3 mois

(1) produit en provenance de Flandre, actuellement interdit en région wallonne

(2) vitesse de minéralisation en incubateur ( 1 lent à 9 rapide : sources GRAB)

## 3. Comportement des fertilisants en situation de faibles fournitures en azote par le sol

Les figures 1 et 2 représentent les résultats en terme de rendement et de teneur en protéine pour les différents fertilisants testés sur la variété Legat, froment de bonne qualité boulangère, résistante aux maladies et à la verse. Conformément à l'année, et aux conditions de la parcelle telle que décrite ci dessus, le rendement et la teneur en protéine des témoins sont faible (4.660 Kg/ha à 9,8 % de protéine ). L'objet TEM.O.EXP. donne l'incidence de l'exportation des feuilles du précédent betterave.

### ***Incidence sur le rendement et la protéine***

A dose d'azote total égale, les fertilisants testés peuvent se répartir en trois groupes d'efficacité sur le rendement : efficacité faible ou nulle (COMPOST, LIN, POIL) ; efficacité moyenne à bonne (SANG, OSMOFUM, SOJA, FIENTES) ; très bonne efficacité (DEROM, GUANO)

L'incidence sur le taux de protéine est illustré à la figure 1 : les taux sont généralement faibles et l'incidence de la fertilisation est limitée à une fourchette de 10 points de protéine (de 9.5 à 10.5%). Toutefois certains fertilisants ont une action positive (POIL, SOJA, OSMOFUM), alors que d'autres sont neutres pour la protéine lorsqu'ils sont appliqués en une seule fraction (SANG, DEROM, FIENTES, GUANO). Ces différences s'expliquent par plusieurs facteurs.

Pour DEROM, FIENTE et GUANO, la fraction de l'azote total présent sous forme ammoniacale (ou la minéralisation très rapide de la poudre de SANG) permet une mise à disposition de l'azote pour la plante quasi instantanée mais éphémère avec une moindre libération en phase de remplissage du grain. La croissance est stimulée en phase végétative et, si les fournitures du sol sont insuffisantes par la suite, la plante conserve ses acquis au niveau du rendement sans améliorer la qualité (PS et % de protéine). Même de fortes doses de ces fertilisants (160 unités) ne permettent qu'une faible amélioration de la qualité.

Pour SOJA et OSMOFUM, la minéralisation débute immédiatement mais elle est progressive et s'étale sur une plus longue période avec une amélioration à la fois du rendement et de la qualité si les fertilisants sont apportés en quantité suffisante.

Pour POIL, la minéralisation est très lente et ne libère l'azote qu'en fin de saison. L'incidence sur le rendement est faible mais la qualité est fortement améliorée.

Ces différences de comportement sont atténuées dans l'essai par l'épandage relativement tardif de la première fraction (10 avril). Un premier épandage le 15 mars les auraient probablement exacerbées.

#### **4. L'effet dose, le fractionnement**

SANG, SOJA, FERTIFIOR et GUANO ont été soit fractionnés en deux doses de 80 unités (la deuxième dose étant apportée le 17 mai), soit apportés en une seule dose de 160 unités le 10 avril. Les figures 2 et 3 illustrent l'effet dose et fractionnement.

Doubler la dose de 80 à 160 UN améliore le rendement de 40 à 70% avec une légère amélioration de la teneur en protéine. SOJA 160 et OSMOFUM 160 font exception et réalisent de bonnes performances en protéine.

Fractionner la dose a généralement rééquilibré l'effet protéine sauf pour le Guano (très rapide) qui réalise le meilleur rendement à taux de protéine constant. Pour SOJA et OSMOFUM, (minéralisation progressive) la deuxième dose arrive trop tard (17mai) et est moins efficace que l'apport en une seule dose.

#### **5. Utilisation de l'azote apporté**

La figure 3 illustre la quantité de protéine produite pour chacune des fertilisations. Elle montre un parallélisme étroit avec la courbe du rendement.

Le tableau 3 donne le coefficient d'utilisation apparent de l'azote contenu dans le fertilisant par la céréale. A 80 unités, il varie de 20 à 35% pour POIL, SANG, FIENTE, OSMOFUM, SOJA et de 35 à 45 % pour DEROM et GUANO. A 160 unités, le CAU augmente et ce d'autant plus que l'apport est fractionné pour les fertilisants contenant de l'azote ammoniacal (FIENTES, GUANO, DEROM). Pour les autres (SANG, SOJA et OSMOFUM) l'apport en une seule fraction est plus performant.

#### **6. Potentiel de plus value financière attendue de la fumure de printemps**

Le tableau 3 donne pour chaque fertilisation le bilan financier tenant compte d'un prix de base de 29.75 Euro le quintal (12 fr/Kg.) plus une bonification (1% par point de protéine) pour le froment biologique et du prix auquel l'agriculteur peut disposer du fertilisant (Big-Bag ou vrac). Le coût de l'exportation des feuilles du précédent betterave est évalué à 7.800 BEF/ha.

A la dose de 80 unités seuls les engrais FIENTES, GUANO et DEROM dégagent une modeste plus value de l'ordre de 175 Euro (7000 fr.) En augmentant la dose à 160 unités on a généralement amélioré la plus value. Après FIENTE qui en raison de son prix réalise de très bonnes performances

économiques (25.000 fr/ha), GUANO, DEROM et SOJA affichent une plus value de l'ordre de 370 euros (15.000 fr/ha)

Ces chiffres doivent être interprétés avec prudence. Il faut les considérer comme des maxima. Le facteur azote est ici le seul limitant, tous les autres paramètres de la culture étant favorables (résistance variétale aux maladies et à la verse, structure du sol, adventices, travail du sol, disponibilité en eau, climat, faible pression en septoriose et apparition tardive de la rouille brune...). Il est possible qu'avec un précédent plus favorable ou en sol froid ou compacté, ou encore sous un climat plus froid au printemps, le comportement du fertilisant soit différent et que la rentabilité ne soit pas au rendez-vous à la récolte comme cela fut observé dans la plupart des essais (Synthèse ITAB 99). Une variété sensible aux maladies ou à la verse valorisera moins bien une fertilisation azotée importante.

De plus il faut constater la sensibilité du résultat à une baisse de prix du blé ou à une variation de rendement : une réduction du prix de 10% entraîne une chute de la plus value attendue est réduite de 60%. Excepté pour les fientes de poules compostées, l'investissement financier est important (300 à 475 euro/ ha pour les doses de 80 UN/ha) pour des retours relativement faibles (20 à 60%). Ces chiffres donnent une estimation du risque lié à la dépense.

## **7. Commentaires sur les fertilisants testés**

Le compost ne présente aucune efficacité en épandage de printemps sur végétation, il sera réservé à des épandages d'été ou d'automne suivis d'une incorporation au sol et du semis d'un engrais vert (été) ou d'une céréale (automne).

Le lin est peu minéralisé et ne présente aucun intérêt comme fertilisant.

La poudre de sang minéralise rapidement et son fractionnement améliore le taux de protéine. Par ailleurs, une proportion limitée de l'azote est disponible pour la plante, la minéralisation n'est que partielle (coefficient apparent d'utilisation de 20% à 30%). Son prix ne permet aucune possibilité de rentabilité sur céréales boulangères.

La poudre de poil, le plus riche en azote des fertilisants testés, dispose d'une réserve en azote minéralisable importante. Pratiquement, il ne minéralise que très lentement et surtout en fin de période. Son efficacité sera améliorée par un épandage précoce suivi d'une incorporation au sol. Ne contenant pas d'azote ammoniacal, il n'aura pas d'effet stimulant sur terre froide ou par printemps froid. Même en situation azote très limitant, sur céréales de qualité et avec une bonification pour la teneur en protéines la fertilisation n'est économiquement pas valorisée.

Le tourteau de soja, tout en ne contenant pas d'azote ammoniacal, présente une minéralisation à la fois précoce et soutenue. Son effet soutenu est accentué par les fortes doses (160 UN) avec une amélioration concomitante du rendement et de la protéine. Sa rentabilité est toutefois faible et limitée à des situations de faim d'azote caractérisée, les autres conditions culturales restant optimales.

D'autre part on est en droit de s'interroger sur la logique de l'utilisation en agriculture biologique comme fertilisants de produits agricoles destinés avant tout à l'alimentation animale. L'épandage de 1.150 kg de soja (506 kg de protéine) correspondant à la production de 25 ares de soja a donné un rendement supplémentaire de 1.000 kg de froment (120 kg de protéine) correspondant à la production de 20 ares de froment bio. Est-il cohérent d'externaliser sur des surfaces conventionnelles équivalentes les problèmes de fertilité rencontrés en agriculture biologique ?

Les fientes de poules, on un effet très rapide et immédiatement visible parce que 40 % de l'azote apporté est sous forme ammoniacale (minérale). L'azote organique (lié à la matière organique compostée) est par contre lui peu minéralisable et participe peu à la nutrition azotée de la culture par la suite (CAU= +/-30 %). En conséquence l'effet sur le rendement est spectaculaire (+2.000 kg/ha pour 80 unités) mais accompagné d'un effet modérateur sur la teneur en protéines si l'épandage n'est pas fractionné ou trop précoce. Les fientes de poules s'avèrent donc un excellent stimulant de végétation pour les parcelles minéralisant peu au printemps. L'apport important de compost (4 à 8 tonnes/ha) est aussi à considérer comme un amendement qui améliore la réserve en matière organique du sol (humus) et donc sa fertilité à long terme. Son prix en fait le fertilisant le plus rentable sans risques financiers excessifs. Pratiquement, son épandage nécessite un équipement spécifique (épandeur à plateaux et pneus basse pression) et des conditions de sol portant.

Soulignons toutefois que la réglementation bio spécifique qu'à défaut de fientes de poules bio, seules les fientes de poules pondeuses élevées au sol (agrégation de l'organisme de contrôle) sont autorisées. De plus les quantités épandues doivent répondre, non seulement à la norme bio de maximum 170 unités d'azote sous forme d'effluents par ha et par an en moyenne sur l'ensemble de la SAU, mais aussi à la réglementation wallonne sur les effluents c'est à dire être produites en Wallonie et ne pas dépasser les quantités reprises au tableau 2.

Le guano et l'engrais Derom ont comme les fientes une partie ammoniacale importante (+de trois unités) mais présentent en plus une composante organique très rapidement minéralisable (CAU 38 et 45 %). En conséquence, l'impact sur le rendement est maximum avec la nécessité de fractionnement si l'on veut simultanément améliorer la teneur en protéine. Le guano n'est pas toujours disponible sur le marché et les quantités sont limitées. C'est une ressource non renouvelable qui de plus est exploitée dans des conditions sociales déplorables. Le prix élevé de ces fertilisants limite leur usage à des situations particulièrement favorables et dans le cas où la qualité boulangère est bien valorisée.

Tableau 2

Type de culture	N org. zones vulnérables	N org. autres zones	Dérogation qualité	Max N org. par parcelle	Max N tot. exploitation	Max N tot par culture
Cultures	80	120	130	210	250	280 (céréale)
Prairies	210	210	250	210	350	350 (prairie)

## **8. Quelques conseils pour la fumure des céréales**

La rotation, la valorisation des composts, les engrais verts, la maîtrise du désherbage, l'utilisation de variétés adaptées, les garanties de débouchés, sont des préalables indispensables avant de songer à une fertilisation complémentaire de printemps. La stratégie et le type de fertilisant utilisé va dépendre de la situation de la parcelle (fourniture en azote du sol), des objectifs poursuivis et des conditions commerciales (prix du fertilisant, prix de la céréale). Des fertilisations à faibles doses sont rarement rentables et on n'envisagera pas de descendre sous les 60 unités. L'incorporation du fertilisant à l'occasion du désherbage mécanique (binage ou hersage) améliore son efficacité et diminue les pertes.

En situation de cultures avec peu ou pas d'élevage, le recours à une fertilisation de printemps est réservée aux soles à précédent défavorable (après betterave ou maïs grain). Un apport précoce avec un engrais riche en azote ammoniacal sera suivi d'une deuxième fraction destinée à soutenir le rendement et la qualité.

En situation de printemps froid, une stimulation de la végétation peut-être envisagée à condition d'utiliser un engrais rapide (riche en azote ammoniacal) appliqué précocement et d'avoir alimenté les réserves organiques du sol de manière à assurer de bonnes fournitures en azote ultérieurement. Dans ces conditions 60 unités devraient suffire largement.

En polyculture élevage, une bonne gestion de la matière organique disponible sur la ferme permet dans la plus part des cas d'éviter le recours à des fertilisants azotés coûteux au printemps. Dans ce contexte, les apports sont rarement rentables à moins de ne disposer de fientes de poules répondant aux exigences légales et à un prix raisonnable.

\* \* \*

# MISE AU POINT D'UN OUTIL DE GESTION DE LA FERTILISATION AZOTE DE PRINTEMPS DU BLE BIOLOGIQUE

C. DAVID<sup>1</sup>, MH. JEUFFROY<sup>2</sup> M. MANGIN<sup>3</sup>

1. ISARA Lyon, 31 Place Bellecour, 69288 Lyon cedex 02

2. Institut National de la Recherche Agronomique, UMR Agronomie INRA-INAPG, BP01, 78850 Thiverval-Grignon

3. Arvalis-Institut du végétal, Domaine expérimental de Marcellas 26 Etoile/Rhône

## LES OBJECTIFS DU PROGRAMME

L'enjeu de ce programme de recherche est de **mettre au point une méthode visant à adapter la fertilisation azotée du blé biologique** aux objectifs fixés par le producteur, à partir d'une connaissance précise de l'offre en azote et de la demande du végétal et des périodes de nutrition azotée limitante que la culture peut tolérer. La méthode retenue est d'**adapter** aux conditions de l'agriculture biologique, le modèle dynamique de fertilisation AZODYN<sup>1</sup> (Jeuffroy, Recous, 1999), développé en agriculture conventionnelle pour simuler les conséquences de différents régimes de fertilisation sur la production et la qualité du blé, puis de se servir de ce modèle pour **sélectionner des stratégies de fertilisation** qui répondent aux objectifs agronomiques et économiques fixés par l'agriculteur et la filière.

Le premier volet de la recherche (travaux 1998-2000) a consisté à adapter le modèle AZODYN aux situations d'apports organiques effectués en couverture. Les premiers travaux, menés avec l'INRA de Laon, ont consisté à étudier les **cinétiques de minéralisation** des engrais organiques en laboratoire puis au champ. Par la suite, deux années d'expérimentations, menées dans le Bassin Parisien et dans le Sud-Est de la France, ont permis de tester le modèle dans des situations très contrastées. L'article de David et al, (2003a) présente l'ensemble des résultats obtenus.

Le second volet de la recherche (travaux 2000-2002) a consisté à évaluer le modèle en tant qu'**outil d'aide à la décision**. Dans un premier temps, on teste sa capacité à évaluer les conditions agronomiques et pédo-climatiques où un apport d'engrais organique est jugé intéressant. Dans les cas où un apport d'engrais s'avère intéressant, on teste la capacité du modèle à sélectionner les stratégies de fertilisation qui répondent le mieux aux objectifs (amélioration de la marge brute, augmentation de la teneur en protéines, limitation du reliquat récolte) et contraintes de l'agriculteur. La finalité de ce travail est d'aider les agriculteurs à faire des choix simples dans leur raisonnement de la fertilisation organique (quelle dose apporter ?, à quelle date ?, gagne-t-on à fractionner l'apport ?).

L'objectif est de se servir du modèle pour:

- déterminer la dose d'apport à effectuer en fonction de la situation culturale (présence ou non de facteurs limitants),
- connaître la stratégie d'apport unique la plus intéressante (date et déclenchement de l'apport),
- évaluer l'intérêt ou non de fractionner l'apport.

<sup>1</sup> Il s'agit d'un modèle dynamique simulant le fonctionnement du système sol-plante. Il aide à prévoir la dynamique de fourniture d'azote par le sol, les périodes de carence, et leur incidence sur le rendement du blé et la teneur en protéines des grains. Il est basé sur la prévision journalière des besoins de la plante et des fournitures d'azote par le sol et les engrais. Il permet de prédire le rendement en grains, la teneur en protéines ainsi que le reliquat post-culture

## QUELQUES RESULTATS

### *Une meilleure connaissance des engrais organiques*

Une minéralisation rapide ...

Nos travaux confirment que les engrais organiques sont rapidement disponibles pour la culture. En laboratoire<sup>2</sup>, la minéralisation du guano se fait en moins de 10 jours. Compte tenu du climat, on peut évaluer que les apports au champ peuvent être minéralisés dans les 3 à 5 semaines selon les conditions climatiques.

... Mais de forts risques de volatilisation

La part ammoniacale, directement disponible pour la culture, est variable en fonction du type d'engrais organique. Pour exemple, le guano contient 30% de son azote sous cette forme, alors que la farine de plumes en détient moins de 10%. Par conséquent, le risque de volatilisation dépendra étroitement du type d'engrais apporté et pourra être relativement important, dans le cas du guano par exemple, dès lors que les apports seront effectués dans des conditions climatiques favorables.

### *Un outil d'appréciation des pratiques de fertilisation*

L'outil Azodyn-Org permet d'évaluer la cohérence et l'intérêt des pratiques de fertilisation azotée des agriculteurs biologiques. Ainsi, nous l'avons testé sur un réseau de 17 parcelles de blé biologique suivies entre 1993 à 1997. Les pratiques de fertilisation mises en place étaient diverses. Toutefois, tous avaient utilisé de la farine de plumes à des doses ne dépassant pas **60 Unités** d'azote par hectare. Les apports étaient **précoces**, avant mi-tallage.

Les rendements varient entre 1.2 et 3.6 t.ha<sup>-1</sup> alors que la teneur en protéines est comprise entre 8.5 et 12.1% (Tableau 1). Ainsi, la marge brute, largement déterminée par le rendement, est comprise entre 351 € ha<sup>-1</sup> et 1273 € ha<sup>-1</sup>.

L'évaluation présentée ci-après (Tableau 2) porte sur la marge brute (en € ha<sup>-1</sup>). Celle-ci est calculée en intégrant une évolution du prix du blé en fonction de la teneur en protéines. Il s'agit de voir si le modèle permet de désigner les stratégies intéressantes au regard des résultats obtenus. On observe que le modèle prédit correctement le résultat dans **82% des cas**. En effet, il permet de juger de l'incohérence de certaines pratiques de fertilisation induites par des **apports trop précoces** et parfois **trop réduits**. Par ailleurs, des travaux menés en 2000- 2001 sur 6 parcelles de blé biologique ont permis de comparer 35 stratégies de fertilisation. Le modèle prédit correctement le résultat dans **29 stratégies sur 35** dont **10** permettent une amélioration significative de la marge brute (>75 € ha<sup>-1</sup>).

<sup>2</sup> soit pour une température normalisée de 20°C.

**Tableau 1. Résultats des traitements expérimentaux**

Traitements	N apporté kg ha <sup>-1</sup>	Stade Feekes	Rendement T ha <sup>-1</sup>	Teneur en protéines g per 100g	Marge Brute € ha <sup>-1</sup>
4N0	0		3.1	8.5	927
4N1	30	3	2.6	9.1	730
4N2	60	3	2.7	9.7	663
5N0	0		3.4	10.0	1114
5N1	30	2	3.4	9.7	982
6N0	0		2.7	11.5	958
6N1	60	2	2.1	12.4	573
7N0	0		2.5	11.7	887
7N1	60	2	3.6	13.1	1098
8N0	0		1.5	10.0	520
8N1	30	3	2.1	10.4	623
8N2	60	3	1.8	11.3	440
9N0	0		2.8	9.4	901
9N1	30	2	2.4	8.9	646
9N2	60	2	1.7	9.0	351
10N0	0		3.6	12.1	1273
10N1	60	6	3.6	11.2	1032
11N0	0		2.1	10.9	726
11N1	30	3	2.6	10.7	786
12N0	0		2.3	9.7	772
12N6	50	2	2.2	9.3	550
13N0	0		3.1	11.7	1111
13N6	50	2	2.8	11.7	826
14N0	0		1.4	9.0	492
14N3	50	4	2.1	8.7	508
15N0	0		2.4	9.9	787
15N6	50	3	3.4	9.3	896
16N0	0		3.2	9.5	1018
16N6	50	3	4.6	9.0	1213
17N0	0		1.2	10.8	456
17N6	50	3	1.5	9.9	362

Stade 2 Début tallage 3 Mi-tallage 4 Fin tallage 6 Mi-montaison

**Tableau 2. Nombre de cas où la différence de marge brute (MB), prédite (Pred) et observée (Obs), entre le traitement avec apport (Ni) et celui sans apport (N0) est inférieure ou supérieure à 75 € ha<sup>-1</sup>**

	MB (Ni-N0) <b>Pred</b> < 75 € ha <sup>-1</sup>	MB (Ni-N0) <b>Pred</b> >= 75 € ha <sup>-1</sup>
MB (Ni-N0) <b>Obs</b> < 75 € ha <sup>-1</sup>	<b>12</b>	<b>1</b>
MB (Ni-N0) <b>Obs</b> >= 75 € ha <sup>-1</sup>	<b>2</b>	<b>2</b>

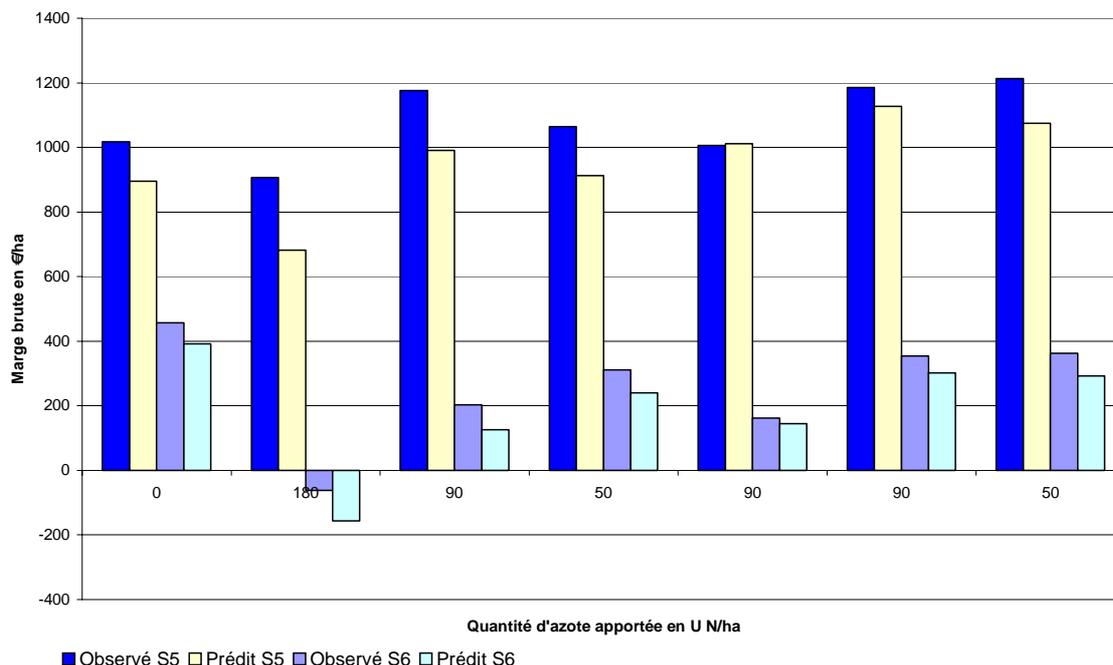
Test  $\chi_2 = 3.77$

Test H=H0 p<0.1

### **Un outil qui sélectionne les stratégies de fertilisation les plus intéressantes**

L'outil Azodyn-Org permet de classer des stratégies de fertilisation les unes par rapport aux autres. Ainsi, nous l'avons testé en 2000-2001 sur 6 parcelles, comparant chacune 5 stratégies de fertilisation, variant par la quantité (de 0 à 210 U N/ha), la date d'apport (de mi-tallage à fin montaison) et la fréquence des apports (1 à 2). Les résultats présentés ci-après (Figure 1) illustrent deux cas très contrastés. L'agriculteur du site 5 a su contrôler les maladies foliaires, par un choix variétal judicieux, ainsi que les adventices par des passages de herse étrille répétés. Sur ce site, trois pratiques dont le niveau d'apport est compris entre 50 et 90 U N/ha<sup>-1</sup> obtiennent des résultats plus intéressants que le traitement sans apport. L'agriculteur du site 6 n'a pas su maîtriser ses conditions de production : les maladies foliaires, les adventices et la dégradation du sol ont fortement limité le potentiel. Ainsi, aucune des stratégies de fertilisation ne s'est avérée rentable.

**Figure 1.** Comparaison des marges brutes observées au champ et prédites par le modèle sur les sites 5 et 6



Dans ces deux cas, Azodyn-Org classe correctement les stratégies les unes par rapport aux autres. Par ailleurs, il a permis d'identifier, sur l'ensemble des 6 parcelles, les stratégies de fertilisation les plus intéressantes, et ce quelles que soient les conditions de production.

### LES TRAVAUX EN COURS

Pour rendre opérationnel Azodyn-org auprès des agriculteurs, il reste à travailler sur trois volets (programme en projet pour les années à venir):

#### *Mise en place d'un diagnostic précoce des facteurs limitants*

Azodyn-org a nécessairement besoin d'une évaluation précoce de la présence de facteurs limitants (adventices, maladies, dégradation du sol...), autres que l'azote, et de leur incidence sur la production, afin de définir le potentiel de la culture avant le premier apport. Pour ce faire, il convient de mettre en place un diagnostic cultural des facteurs limitants présents, utilisable par les agriculteurs. Des travaux doivent être lancés dans ce sens en intégrant un maximum les acteurs de terrain (agriculteurs, techniciens).

#### *Elargissement du domaine de validité*

Cet outil doit être testé sur un nombre plus important de parcelles. A l'heure actuelle, le réseau d'essais et d'évaluation du modèle représente une cinquantaine de parcelles réparties dans le bassin parisien, le Sud-Est et le Sud-Ouest. Dès 2001-2002, de nouveaux essais ont été mis en place par les techniciens du CREAB (32), du GAB Ile de France (92) et de la chambre d'agriculture de l'Isère

(38). Toutefois, il reste à évaluer l'outil dans des contextes agronomiques différentes tout en élargissant son domaine de validité [type d'engrais organiques, variété testée, apport de matières organiques à l'automne...].

### ***Un outil répondant aux nouvelles exigences de qualité***

Azodyn-org n'a pas été développé dans le seul but d'une augmentation de la marge brute; il doit permettre de répondre aux exigences de qualité de la filière. Ainsi, certaines stratégies de fertilisation, privilégiant le fractionnement, pourront être construites uniquement dans le but d'une augmentation de la teneur en protéines des grains.

A terme, cet outil pourra être utilisé à l'échelle d'un bassin de production, en aidant les acteurs à présélectionner des modes de production et des stratégies de fertilisation répondant aux diverses exigences du marché (minoterie, biscuiterie, biscuiterie).

### ***Remerciements***

Ce projet n'aurait pas pu voir le jour sans le soutien financier de l'INRA, de l'ITCF, de l'ISARA Lyon et de la région Rhône-Alpes. Par ailleurs, il a été le fruit d'une collaboration avec de nombreux collègues de l'INRA (Grignon, Laon, Toulouse), Arvalis-Institut du végétal (Boigneville, Etoile/Rhône), des chambres d'agriculture (Rhône-Alpes), des associations (GAB) et centres de recherche bio (CREAB).

### ***Références bibliographiques***

*David C, Jeuffroy MH, Laurent F, Mangin M, Recous S, Meynard JM, 1999. La fertilisation azotée du blé en agriculture biologique Mise au point d'un outil de gestion stratégique de la fertilisation de printemps. In Thevenet et Joubert Eds Raisonner la fertilisation pour les générations futures , COMIFER-GEMAS, 133- 143*

*David C, Jeuffroy MH, Recous S, Dorsainvil F, 2002. Adaptation and assessment of the Azodyn model for managing the nitrogen fertilization of organic winter wheat European Journal of Agronomy Soumis.*

*Jeuffroy, M.H., Recous, S., 1999. AZODYN: A simple model simulating the date of nitrogen deficiency for decision support in wheat fertilisation. European Journal of Agronomy 10, 129-144.*

### ***Pour nous contacter***

***Christophe DAVID***

*Tel 04 78 92 69 72*

*Fax 04 78 92 69 75*

@ [davidc@isara.fr](mailto:davidc@isara.fr)



***Marie-Hélène JEUFFROY***

*Tel 01 30 81 54 31*

*Fax 01 30 81 54 25*

@ [jeuffroy@grignon.inra.fr](mailto:jeuffroy@grignon.inra.fr)