

9. Environnement

| | |
|--|----|
| Introduction | 2 |
| 1 Céréales et protéagineux d'hiver en agriculture biologique : cultures pures et associations ; résultats des essais 2010 | 3 |
| 1.1 Contexte..... | 3 |
| 1.2 Principales caractéristiques des trois espèces de protéagineux d'hiver..... | 4 |
| 1.3 Sites expérimentaux et particularités des essais | 5 |
| 1.4 Résultats : rendements et qualité des associations et des cultures pures | 6 |
| 1.4.1 Association triticale + pois fourrager : <i>effet de la variété de pois fourrager</i> | 6 |
| 1.4.2 Association triticale + féverole d'hiver..... | 7 |
| 1.4.3 Association froment + pois protéagineux d'hiver : <i>effet de la variété de pois protéagineux</i> | 9 |
| 1.5 Conclusions et recommandations | 11 |
| 2 La culture en association de froment et de légumineuses | 13 |
| 2.1 Un peu d'histoire et de perspectives..... | 13 |
| 2.2 L'expérimentation mise en place..... | 14 |
| 2.2.1 Quelle légumineuse choisir comme partenaire au froment ?..... | 14 |
| 2.2.2 Réponse à la fumure azotée du mélange froment-pois protéagineux d'hiver... | 17 |
| 2.2.3 Faut-il détruire la légumineuse en cours de végétation ?..... | 17 |
| 2.2.4 Conclusion et perspectives..... | 18 |
| 3 VALOR un logiciel pour l'optimisation des engrais de ferme à l'échelle de l'exploitation et de la parcelle | 19 |
| 3.1 Les effluents d'élevage, de véritables engrais de ferme..... | 19 |
| 3.2 Valo : un logiciel de gestion des engrais de ferme | 22 |
| 3.3 Fonctionnement du logiciel : plusieurs étapes..... | 22 |
| 3.3.1 Calcul des productions d'engrais de ferme..... | 22 |
| 3.3.2 Calcul des besoins des cultures et des prairies en N, P et K..... | 23 |
| 3.3.3 Etablir un plan de répartition optimal des engrais de ferme (plan de fumure) . | 24 |
| 3.3.4 Montrer les gains réalisables par l'application des conseils donnés..... | 26 |
| 3.3.5 Simulations | 27 |
| 3.4 Conclusions | 27 |
| 3.5 Disponibilité : site web | 27 |
| 3.6 Références | 28 |
| 4 Les limites de la réduction du volume/ha Résultats 2010 | 29 |
| 4.1 Introduction | 29 |
| 4.2 Qualité des dépôts..... | 29 |
| 4.3 Description de l'essai 2010..... | 30 |
| 4.4 Résultats et analyses | 31 |
| 4.4.1 Efficacité biologique | 31 |
| 4.4.2 Qualité des dépôts | 32 |
| 4.5 Conclusions | 33 |

Introduction

Les cultures de légumineuses présentent l'avantage indéniable d'être autonome pour leur alimentation azotée. Les bactéries du genre *Rhizobium* vivant en symbiose avec la plante dans des nodosités qui se développent sur les racines des légumineuses prélèvent l'azote dans l'atmosphère, le transforment et le mettent à disposition de la culture. Lorsque cette activité symbiotique est bien installée et fonctionne convenablement, aucune fertilisation azotée ne doit être amenée à la culture.

Cette fourniture gratuite d'azote peut, dans des proportions variables selon les conditions culturales, être aussi mise à profit par d'autres plantes qui vivent en association, c'est-à-dire, dont les systèmes racinaires se partagent le même espace. Le bénéfice retiré de l'association entre le trèfle blanc et le ray-grass, base de nos pâturages, en est le plus bel exemple.

Lorsque les engrais azotés deviennent chers (et peut-être rares à l'avenir) ou lorsqu' en agriculture biologique ils ne sont pas autorisés, le recours à la fixation symbiotique de l'azote des légumineuses pour fournir aux cultures associées une part de l'azote dont elles ont besoin pour pouvoir exprimer le potentiel de rendement attendu dans les conditions pédoclimatiques de la parcelle apparaît donc une belle opportunité.

Les deux articles qui suivent font état des recherches sur cette thématique dans lesquelles se sont investies des équipes du CRA-W et de GxABT, la première dans le cadre de l'agriculture biologique, la seconde dans des perspectives auxquelles notre agriculture conventionnelle pourrait être confrontée dans un proche avenir.

1 Céréales et protéagineux d'hiver en agriculture biologique : cultures pures et associations ; résultats des essais 2010

D. Jamar¹, A. Lecat² et L. Delanotte³

1.1 Contexte

Les associations d'hiver ou de printemps de type *céréales+pois fourrager* sont largement pratiquées et souvent bien maîtrisées dans les fermes d'élevage. Cependant, dans ces associations à base de pois fourrager, le pourcentage de pois dans la récolte ne peut dépasser 20 % sans risque important de verse précoce. La culture des protéagineux, pois et féverole, en mélange avec une céréale devrait permettre d'augmenter la proportion de protéagineux dans la récolte, et sa valeur alimentaire comme concentré de production.

Dans le cadre du projet INTERREG VETABIO, financés par les fonds européens FEDER et trois Régions transfrontalières, des partenaires du Nord-Pas de Calais (CA59), de Flandre (PCBT) et de Wallonie (CRA-W) ont mis en place trois essais où sont comparés les mélanges *triticale+pois fourrager*, *triticale+féverole d'hiver* et *blé+pois protéagineux d'hiver*.

¹ CRA-W – Dpt Agriculture et Milieux Naturel – Unité Systèmes agraires, territoires et technologie de l'information

² Chambre Régionale d'Agriculture (59) – Lille (France)

³ PCBT (Interprovinciaal Proefcentrum voor Biologische Teelt) – Rumbeke

1.2 Principales caractéristiques des trois espèces de protéagineux d'hiver

| Tableau 9.1. | Pois fourrager | Pois protéagineux | Féverole d'hiver |
|--------------------------------|---|---|--|
| Couleur de la fleur / tannins* | Fleur colorée / graine avec tannins | Fleur blanche / graine sans tannins | Fleur colorée / graine avec tannins ou fleur blanche / graine sans tannin |
| Foliole | Feuillues | Afila : folioles = vrilles | - |
| Teneur en protéine | 23 à 24 % | 20 % | 28 à 30 % (fleurs blanches) |
| Croissance | Indéterminée | Déterminée | Déterminée |
| Ramifications de tige | Oui | Non (faible) | Oui |
| Résistance au froid | -15° à -20° | -10° à -15° | -5° à -12° |
| Date de semis ** | A partir du 20/10 | 25/10 au 15/11 | 25/10 au 10/11 |
| Profondeur de semis | 3cm | 3-4 cm | >8cm |
| Tolérance aux maladies | Bonne | Sensible (anthracnose) | Sensible (anthracnose) |
| Résistance à la verse | Aucune tenue de tige | Moyenne | Assez bonne |
| Précocité | Après les blés tardifs | Avec les blés précoces | Après les blés |
| Caractéristiques agronomiques | Obligatoirement cultivé avec une céréale comme tuteur (triticale, épeautre, avoine,...) | Très salissant en culture pure Sensibilité à l'anthracnose | Sensibilité à l'hiver Culture « salissante » mais binages ou hersages possibles |

* : les tannins sont un facteur positif pour l'assimilation des protéines chez les ruminants, mais négatif chez les monogastriques.

** : un semis trop précoce ou superficiel diminue la résistance à l'hiver et la reprise de végétation au printemps.

1.3 Sites expérimentaux et particularités des essais

| Tableau 9.2. | Nord-Pas de Calais (59) Marcq en Ostrevent | Carvin | Flandre Alveringem | Wallonie Waha (Famenne-Ardenne) |
|--|---|--|--|--|
| Type de sol | Limon profond | Limon profond | Limon sableux profond | Limon léger, assez-profond |
| Altitude | 45m | 28m | 10 m | 291 m |
| T° min / max | -12° / >30° | -14° / >30° | - 7° / 30° | -14° / 35° |
| Enneigement | Gel sans neige | Gel sans neige | Peu de neige | Couverture neigeuse (+/- 40j) |
| Rotation Prédécent | Polyculture Triticale | Polyculture Pommes-de-terre | Maraîchage Carotte | Polyculture élevage laitier Epeautre |
| Reliquat azote | - | 94 UN | 50 UN | - |
| Fumure | Néant | 39 U-N de farine de Plumes (13-0-0) | Néant | Néant |
| Date de semis | 18/11/09 | 12/11/09 | 11/11/09 | 19/10/09 |
| Date de récolte | 10/08/10 | 10/08/10 | 20/08/10 | 12/08/10 |
| Densités pleine dose (grains/m²) / pourcentage de levée (sortie hiver) | | | | |
| Triticale | 360 / ? | 340 / ? | 400 / 67 % | 300 / 78 % |
| Blé | - | - | 400 / 53 % | 350 / 75 % |
| Féverole / Diva | 25 / 50% | - | 30 / 80 % | 25 / 69 % |
| Pois Protéag./Isard | - | - | 100 / 77 % | 100 / 80 % |
| Pois fourrager/Assas | - | 25 / ? | 25 / 70 % | 25 / 75 % |
| Particularités | - Faible fourniture en azote du sol. - Semis superficiel - Pression adventice (repousse de colza) - Dégâts de bruche (15 à 26% des grains) | - Bonnes conditions de semis - Récolte avant les pluies | - Forte battance => mauvaise levée des céréales (50 à 65%) - Dégâts de pigeons au printemps sur pois protéagineux | - Reprise du gel fin avril - Forte pression chénopode sur féverole => désherbage manuel en culture pure (1er juillet)* - Violent orage mi-juillet => sensibilité à la verse déterminante |

* : désherbage manuel des chénopodes par section de la base des tiges (cisaille électrique)

Les semis ont été suivis assez rapidement d'un hiver précoce, froid et long avec une couverture neigeuse importante et persistante en site wallon. Les séquences de gel et dégel ont été particulièrement dommageables sur féverole d'hiver. Les dégâts ont été visibles sur cette culture (nécroses sur tiges et feuilles) jusqu'en avril avec la reprise du gel nocturne. L'hiver a été suivi d'un printemps froid et sec. La sécheresse a persisté jusque début août avec des pics de température supérieurs à 30°C (sauf à Alveringem) fin juin - début juillet particulièrement défavorables à la fructification des derniers étages floraux des protéagineux. Le moi d'août fort pluvieux a par contre retardé la récolte d'une dizaine de jours après maturité complète.

1.4 Résultats : rendements et qualité des associations et des cultures pures

Dans les figures, les rendements bruts et le pourcentage de protéagineux dans la récolte sont exprimés à 15% d'humidité. La verse a été estimée à maturité et est exprimée en pourcent : 100% correspondant à une parcelle intégralement versée.

1.4.1 Association triticale + pois fourrager : effet de la variété de pois fourrager

L'association *triticale* + *pois fourrager* est le mélange de référence en agriculture biologique. En effet, il a fait ses preuves au niveau de la compétition vis-à-vis des adventices, de son potentiel de rendement et de sa capacité d'adaptation à différentes situations pédoclimatiques. Son inconvénient est la difficile maîtrise de la proportion du pois fourrager dans la culture : pour un même rapport triticale/pois au semis, elle peut varier fortement d'une parcelle à l'autre, et d'une année climatique à l'autre. Or, l'absence de tenue de tige du pois fourrager rend le risque de verse important dès qu'on dépasse 20 % de pois dans la récolte.

Les variétés testées sont ASSAS, PICARD et ARCTA semées à raison de 25 graines/m², avec une pleine dose de la variété de triticale GRANDVAL (entre 300 et 400 grains/m² selon les essais). Plus que les autres variétés, ASSAS a présenté des symptômes de sensibilité au froid (feuilles et tiges gelées de couleur marron). En revanche, les pertes de pieds n'ont pas été plus importantes que celles des autres variétés. ASSAS a aussi été plus précoce à la maturité. A l'exception des modalités versées à Waha, les rendements obtenus sont conformes au potentiel de rendement correspondant au site (conditions pédoclimatiques, rotation, précédent, fumure).

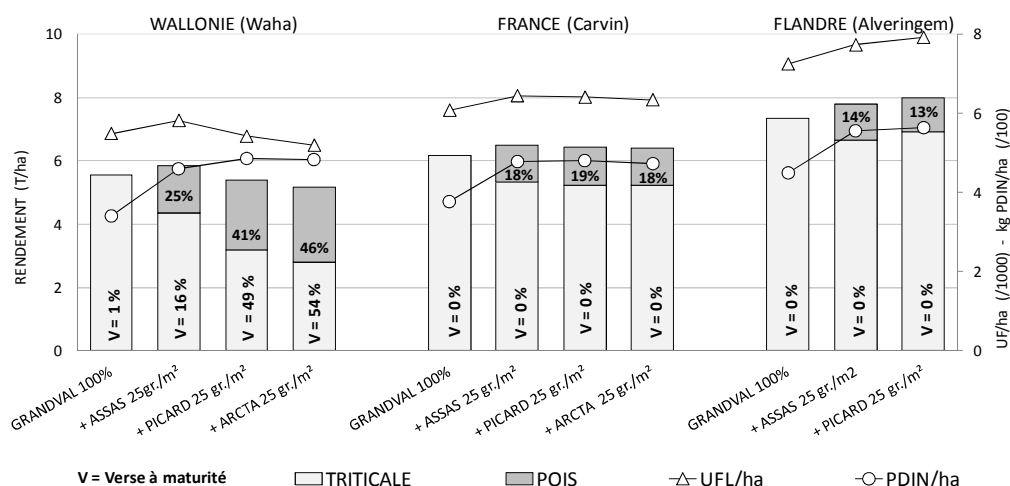


Figure 9.1. – Association triticale + pois fourrager : effet de la variété de pois fourrager.

1. A Waha, où un violent orage a eu lieu mi-juillet, les variétés Picard et Arcta, dont le développement végétatif plus important a été observé sur les trois sites, ont rendu l'association plus sensible à la verse ; les rendements bruts ont été pénalisés par rapport à

l'association comprenant la variété Assas. Sur les autres sites, il n'y a pas d'effet significatif de la variété de pois sur le rendement ni de la proportion de grains des deux espèces.

- Hormis les cas de verse, l'association a permis d'augmenter le rendement brut de +5% à +9% ($p=0,05$) et le rendement en PDI par rapport à la culture pure de triticales ($p<0,01$). La valeur protéique de la récolte est aussi améliorée de +10g à +20g PDIN/kgMS ($p<0,01$) sans diminution de sa valeur énergétique (1,17 UFL/kgMS).
- Bien que plusieurs facteurs, tels que le climat local ou la densité, entrent en ligne de compte pour expliquer les différences entre sites, nos résultats semblent concorder avec les observations faites dans d'autres essais : les sites où le rendement de la céréale cultivée seule est élevé, ont aussi un rendement en pois plus faible et une moindre proportion de pois dans la récolte. En plus de son rôle de tuteur, le triticales jouerait aussi, par effet de compétition, un rôle de « modérateur de croissance » pour le pois fourrager.

1.4.2 Association triticales + féverole d'hiver

Cette association est peu pratiquée, mais la sélection de nouvelles variétés de féverole d'hiver, plus résistantes au froid, permet d'envisager cette culture en Wallonie. En culture pure, la féverole laisse beaucoup d'azote et de lumière disponible ce qui la rend peu compétitive vis-à-vis des adventices. Dans l'association avec le triticales, c'est la céréale qui bénéficie de l'azote disponible et qui joue dès lors un rôle de « désherbant ».

Densité optimale du triticales

Un essai implanté à Waha (Wallonie) visait à comparer différentes densités du tuteur (figure 9.2.). La féverole (DIVA) a été semée systématiquement à 20 gr/m², et a été associée avec le triticales (GRANDVAL) à trois densités : 25, 50 et 75% de la dose pleine (300 gr/m²). L'hiver long et froid a occasionné sur la féverole des pertes de pieds voisins de 30% : les densités en sortie d'hiver étaient insuffisantes.

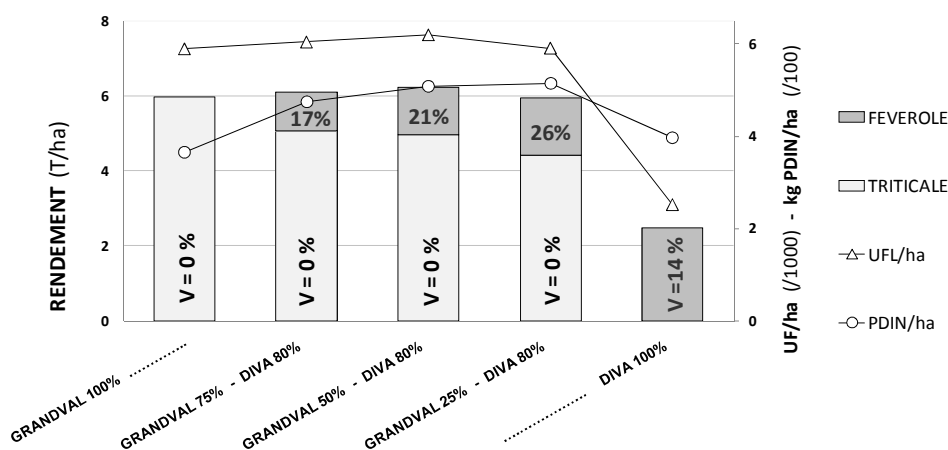


Figure 9.2 – Association triticales + féverole : effet de la densité du triticales (site de Waha).

- Quelle que soit sa densité de semis, le triticales s'est bien développé, compensant en grande partie le déficit de densité au semis : pour des densités de triticales variant de 100 à

9. Environnement

25% de la dose pleine, le rendement du triticale, varie de 100% (pour la culture pure) à 73%.

2. Les rendements bruts de la culture pure de triticale et des associations à différents niveaux de densité du triticale, ont été équivalents.
3. Malgré les pertes de pieds, le pourcentage de féverole dans la récolte augmente logiquement avec la diminution de la densité de semis du triticale. La différence est significative ($p < 0,05$) entre les densités 25 et 75%. Par contre, il n'y a pas d'influence de la densité sur les rendements en UFL et PDIN.

Ces résultats ne permettent pas de dégager une densité optimale pour le triticale puisque ce facteur a montré peu d'influence sur les rendements. Ils indiquent toutefois que, dans les conditions de l'essai, il n'a pas été utile de semer le triticale au-delà de 50% de la densité préconisée pour sa culture pure.

Comportement des variétés de féverole en association et en culture pure

Quatre variétés de féverole (DIVA, GLADICE, IRENA et OLAN) ont été cultivées, soit seule à la densité de semis recommandée pour sa culture (dose pleine = 25 à 30 graines/m²), soit en association avec du triticale (GRANDVAL). Dans l'association, la féverole a été semée à 80% de la dose pleine et le triticale à 50% de la dose pleine.

Les pertes de densité observées à Waha en sortie d'hiver permettent de classer les variétés sur base de la résistance au froid : DIVA(-30%) > OLAN(-39%) = GLADICE(-43%) > IRENA(-70%). Sur le site de Waha, IRENA, trop sensible à l'hiver, n'a pas été récoltée. A Marcq, les pertes hivernales étaient également importantes (-50%) et voisines pour les 4 variétés. A Alveringem où le climat a été plus doux en raison de la proximité de la mer, les pertes hivernales sont moindres (-20%) et les densités en sortie d'hiver sont correctes (24 pl./m² pour la modalité semée en pur à 30 grains/m²).

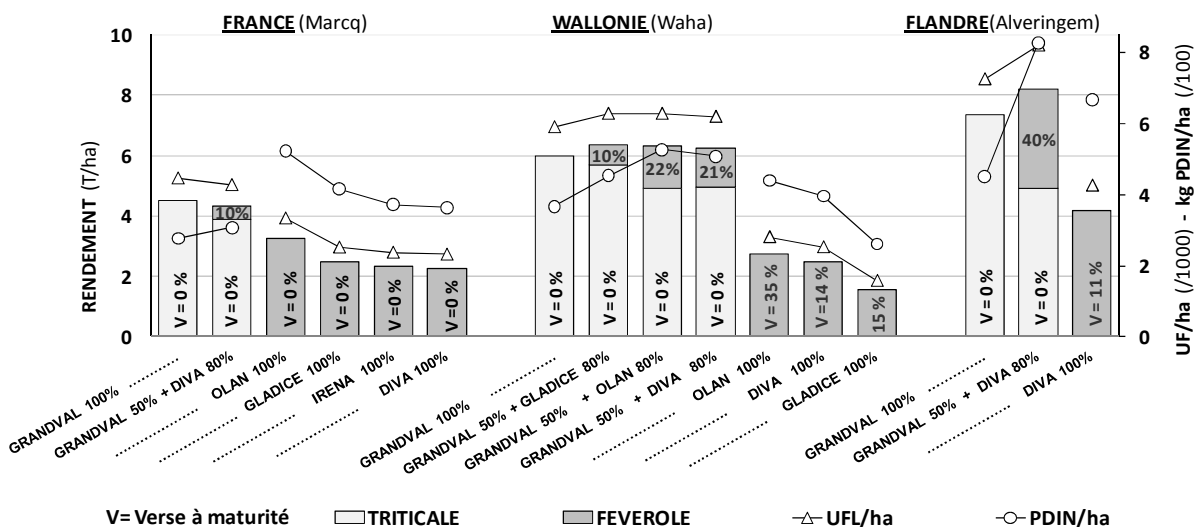


Figure 9.3 – Féverole et association triticale + féverole : effet de la variété de féverole.

1. A Waha et à Marcq la féverole en culture pure a été « salissante » ce qui, avec le défaut de densité et l'année climatique particulièrement défavorable à la féverole, explique ses faibles performances. Le 1^{er} juillet, à Waha, les chénopodes étaient encore dominés par la culture et une intervention manuelle à la cisaille a permis de les maîtriser.
2. A Waha, OLAN s'est montré plus tardif à maturité (+10jours) et plus sensible à la verse (35%) que DIVA (14%) et GLADICE (15%). OLAN a également montré, une meilleure vigueur en sortie d'hiver avec une plus forte capacité de ramification et un plus grand développement végétatif.
3. Les rendements en culture pure de féverole, sont faibles. A Marcq, OLAN (3.270 kg/ha) se distingue pour le niveau de rendement plus élevé ($p < 0,05$) par rapport aux autres variétés (2.360 kg/ha). A Waha, OLAN (2.750 kg/ha) et DIVA (2.480 kg/ha) sont supérieurs ($p < 0,01$) à GLADICE (1.550 kg). DIVA affiche la meilleure performance à Alveringem (4.180 kg/ha) où la densité est correcte (24pl. / m²), le climat plus doux et la pression des adventices faible.
4. Dans les associations, le triticale (GRANDVAL) a très bien joué son rôle de « désherbant » en occupant les vides. Les adventices y ont été bien maîtrisées, sans intervention mécanique.
5. Les rendements de l'association sont équivalents à celui de la culture pure de triticale à Waha (+5%) et à Marcq (-5%). La proportion de féverole dans la récolte ne dépasse pas 22% à Waha et 10% à Marcq, soit des proportions de protéagineux similaires à celles observées pour l'association triticale + pois fourragers et qui s'expliquent, en partie, par les densités insuffisantes de féverole. A Waha, les associations avec OLAN et DIVA ont néanmoins amélioré la valeur protéique de la récolte de +25g de PDIN/kgMS ($p < 0,001$) par rapport à la culture pure de triticale (72g PDIN/kgMS). A Alveringem le rendement de l'association (8.200 kg/ha) est significativement ($p < 0,05$) plus élevé (+12%). Avec 40% de féverole dans la récolte, la valeur protéique y est améliorée de +47g PDIN/kgMS.

Dans les conditions du site d'Alveringem, climat doux et parcelle à haut potentiel, la féverole d'hiver en association pourrait constituer une alternative intéressante au traditionnel mélange triticale + pois fourrager, notamment si l'objectif est d'augmenter la proportion de protéagineux dans le mélange. Ces résultats devront être confirmés sur plusieurs années.

1.4.3 Association froment + pois protéagineux d'hiver : *effet de la variété de pois protéagineux*

La culture pure du pois protéagineux est peu pratiquée en agriculture biologique parce que cette plante est peu compétitive vis-à-vis des adventices, et sensible aux maladies (anthracnose). En association avec une céréale, ces problèmes pourraient être atténués. D'autre part, en raison de son caractère afila et de sa croissance déterminée, le pois protéagineux est moins sensible à la verse que le pois fourrager ce qui devrait permettre d'augmenter le pourcentage de pois dans l'association. Le triticale, trop tardif à maturité, est remplacé dans ce cas par un froment précoce.

A Waha, quatre variétés de pois protéagineux d'hiver, DOVE, ENDURO, JAMES et ISARD, ont été testées en association avec APACHE ou AZZERTY. Le pois protéagineux a été semé

9. Environnement

à 80 grains/m² (80% de la dose pleine)⁴ et le froment à 175 grains/m² (50% de la dose pleine). Seule l'association avec ISARD est testée à Alveringem. A Waha, l'orage violent de la mi-juillet a provoqué la verse (>90%) des parcelles de pois purs et, vu le développement des adventices et l'égrenage qui s'en sont suivis, aucune variété de pois protéagineux cultivée seule n'a été récoltée.

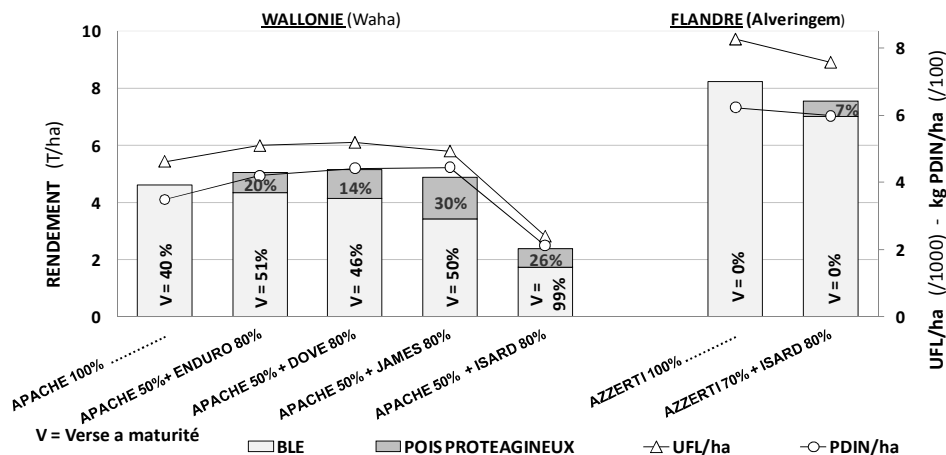


Figure 9.4 – Association blé + pois protéagineux : effet de la variété de pois.

1. ISARD et JAMES ont été les plus résistants à l'hiver avec 20% de pertes de densité entre le semis et la sortie d'hiver contre 40% pour DOVE et ENDURO. JAMES a été un peu plus tardif à maturité.
2. A Waha, le froment APACHE a été beaucoup plus sensible à la verse que le triticales et il n'a pas joué de rôle de tuteur dans les associations. ISARD est la variété la plus sensible à la verse (99%) avec une perte de rendement considérable de l'association par rapport à la culture pure de blé.
3. Malgré la verse, les associations avec DOVE, ENDURO et JAMES ont été au moins aussi performantes que la culture pure de blé mais aucune variété n'a permis d'atteindre l'objectif de 50% de pois dans la récolte.
4. Plus résistant à l'hiver, JAMES conserve un peuplement élevé dans l'association (60 plantes/m²) ce qui explique le rendement en pois ($p < 0,01$) et la proportion de pois plus élevés ($p < 0,01$) obtenus avec cette variété.
5. A Alveringem, aucune verse n'a été observée et le rendement du froment cultivé seul est très élevé. De plus, le *prélèvement des bourgeons terminaux du pois protéagineux par les pigeons* au printemps a entravé son développement et a provoqué un défaut de fructification. Le pourcentage de pois dans la récolte (<10%) et le rendement (-8%) en ont été affectés.

Le choix de la variété de froment APACHE comme tuteur s'est avéré inapproprié en raison de sa sensibilité à la verse et de sa petite taille. La verse à Waha et les attaques de pigeons à Alveringem n'ont pas permis de déterminer de réel avantage de l'association vis-à-vis de la culture pure. De nouveaux essais sont nécessaires.

⁴ Parce que les semences ne peuvent être traitées et pour assurer une bonne couverture du sol, la densité de semis pour le pois protéagineux d'hiver en culture bio est majorée de 20 grains par rapport aux doses recommandées en agriculture conventionnelle (80 grain/m²)

1.5 Conclusions et recommandations

1. ***Les cultures pures de protéagineux d'hiver***, qu'il s'agisse de féverole ou de pois protéagineux sont déconseillées actuellement dans nos régions en raison de la prise de risque importante qu'elles présentent dans les conditions de l'agriculture biologique (sensibilité au froid et aux maladies, verse et enherbement).
2. ***L'association triticale + pois fourrager*** a confirmé son avantage par rapport à la culture pure de triticale que ce soit en termes de rendement brut ou de qualité. Elle reste la valeur sûre à condition de ne pas dépasser un objectif de 20% de pois dans la récolte. Au-delà, le risque de verse est trop important.
 - Utiliser comme tuteur un triticale très vigoureux de type GRANDVAL semé à pleine dose.
 - Ajuster la densité de semis du pois fourrager à la variété. Avec PICARD et ARCTA plus vigoureux, la densité de semis maximale est de 20 grains/m², avec ASSAS on peut aller jusqu'à maximum 25 grains/m².
 - Quand le potentiel estimé de production du triticale est faible, ou que la céréale utilisée comme tuteur est moins forte, il faut diminuer ces densités de 10, voire de 15 grains/m².
 - Attention au poids de mille grains (PMG) spécifique de la variété. Il détermine la dose de semis en kg/ha selon la formule [kg/ha = (grain/m²) x PMG /100]. Voir tableau 9.3..

Tableau 9.3.

Tableau 3 : Dose de semis en kg/ha pour 3 variétés de pois fourrager

| Variété PMG | ASSAS 175 | PICAR 120 | ARCTA 105 |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|
| grains/m ² | | | |
| 20 | 35 | 24 | 21 |
| 15 | 26 | 18 | 16 |
| 10 | 18 | 12 | 11 |
| 5 | 9 | 6 | 5 |

3. ***L'association blé + pois protéagineux d'hiver*** peut être une alternative intéressante si on veut augmenter la proportion de pois dans le mélange au-delà de 20%. Il y a lieu de respecter les recommandations suivantes :
 - Protéger impérativement, la parcelle contre les attaques des pigeons. Si non, opter pour l'association avec la féverole ou le pois fourrager (qui est également brouté mais a la capacité de ramifier et d'initier de nouvelles tiges fructifères).
 - Choisir les variétés de pois protéagineux les plus résistantes à la verse (exclure ISARD) et les plus résistantes à l'hiver (exclure LUCY). Nous recommandons JAMES un peu plus tardive avec une bonne vigueur en sortie d'hiver. DOVE et ENDURO sont utilisables en site moins froid.

9. Environnement

- La variété de blé doit être précoce, de taille moyenne et surtout résistante à la verse (exclure APACHE).
- Le blé est semé à 50% de la pleine dose et le pois à 80 % (70 grains/m²). A partir du 20 octobre sur les sites les plus froids.

4. ***L'association triticale + féverole d'hiver*** est également possible mais avec un risque accru en cas d'hiver froid et long.

- La variété DIVA est la plus résistante au froid. La variété OLAN a le plus grand développement végétatif et est la plus productive mais est aussi plus tardive à maturité et son PMG est très élevé (606 g).
- La profondeur de semis joue un rôle essentiel pour la résistance au froid de la féverole. Semer en deux passages fin octobre ou début novembre. Au premier passage, semer la féverole à minimum 10 cm de profondeur à l'aide d'un semoir à disque (30 grain/m²). Au deuxième passage le triticale est semé à 50% de sa pleine dose à profondeur normale.

2 La culture en association de froment et de légumineuses

B. Seutin⁵, F. Vancutsem⁶ et B. Bodson⁶

2.1 Un peu d'histoire et de perspectives

Les cultures en association de céréales et de légumineuses étaient assez fréquentes, il y a quelques décennies dans nos régions : le trèfle blanc était semé sous le couvert de la céréale (la plupart du temps de printemps). L'objectif était de faire profiter la céréale de l'azote atmosphérique capturé grâce à l'activité symbiotique des nodosités présentes sur les racines de la légumineuse. Les agriculteurs biologiques, qui n'utilisent pas d'azote de synthèse recourent très souvent à ces associations, tant dans la production de fourrages (céréales immatures) que dans la production de grains.

Le renchérissement des engrais azotés, nécessitant pour leur fabrication beaucoup d'énergie, dont le coût devrait également s'envoler dans un avenir plus ou moins proche au fur et à mesure de la raréfaction des ressources fossiles, impose que la recherche s'intéresse à nouveau d'un peu plus près à cette forme naturelle de fertilisation.

Par ailleurs, l'évolution des marchés des graines protéagineuses, en particulier du soja, est telle que les importations européennes courent le risque d'un tarissement consécutif à l'envol des productions animales en Asie, qui s'approprient de plus en plus les productions américaines, tant du Sud que du Nord.

Depuis deux saisons, l'Unité de Phytotechnie de Gembloux Agro-Bio Tech a entrepris de réactiver la piste des cultures de froment d'hiver en association avec des légumineuses. Il est clair que d'autres voies seront à explorer pour profiter de la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique des légumineuses comme par exemple l'introduction d'une légumineuse dans la rotation : la légumineuse fournit à la culture suivante une quantité d'azote plus importante que celle mesurée après d'autres précédents (figure 9.1).

⁵ Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées – Production Intégrée des céréales en Région Wallonne, subsidié par la DGARNE du SPW

⁶ Gx-ABT – Unité de Phytotechnie des régions tempérées

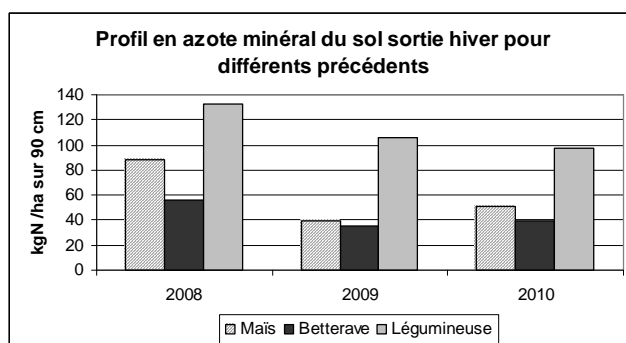


Figure 9.1. – Reliquats azotés moyens observés lors des prélèvements de sortie hiver pour les conseils fumures du Livre Blanc en 2008, 2009 et 2010.

- La culture de légumineuse en interculture : par le passé, dans le cadre de la rotation triennale betterave, froment, escourgeon, très familière en Hesbaye, après la récolte de l'escourgeon beaucoup d'agriculteurs semaient des vesces comme engrais vert avant la culture de betteraves. La législation actuelle ne permet plus cette pratique, mais « nécessité pourrait faire (nouvelle) loi ».

2.2 L'expérimentation mise en place

Les principes initiaux retenus :

- Le froment et la légumineuse doivent être semés conjointement à la même date et récoltés simultanément en grains secs avec la moissonneuse-batteuse
- La production de grains de froment reste prioritaire, la récolte de la légumineuse est un complément. En conséquence, le froment a été semé à une densité normale pour la situation culturale, sa croissance a été régulée pour éviter les risques de verse et il reçoit une protection fongicide adaptée afin qu'il puisse exprimer pleinement son potentiel de rendement.

Tableau 9.1. – Type de légumineuses, variétés et densités de semis – (Lonzée GxABT 2009 et 2010)

| Années | Localité | Variétés | Date de semis | Densité de semis |
|--------|----------|----------|---------------|-----------------------|
| 2009 | Lonzée | Tuareg | 6 novembre | 300 gr/m ² |
| 2010 | Lonzée | Tuareg | 20 novembre | 350 gr/m ² |

2.2.1 Quelle légumineuse choisir comme partenaire au froment ?

Différentes légumineuses ont été comparées : les pois protéagineux d'hiver et de printemps, les pois fourragers d'hiver et de printemps, la vesce et le trèfle blanc. Ils ont été semés à deux densités différentes, toutes deux inférieures aux densités recommandées afin de limiter l'effet de concurrence.

Tableau 9.2.

| Légumineuses | Variétés | Densités de semis |
|--------------------------------|----------|--------------------------------|
| Pois protéagineux d'hiver | Enduro | 25 et 50 grains/m ² |
| Pois protéagineux de printemps | Macrinas | 25 et 50 grains/m ² |
| Pois fourrager d'hiver | Assas | 25 et 50 grains/m ² |
| Pois fourrager de printemps | Arvika | 25 et 50 grains/m ² |
| Vesce | LG TRS | 25 et 50 grains/m ² |
| Trèfle | Klondike | 2 et 4 kg/ha |

Deux niveaux de fumure azotée ont été comparés dans l'essai :

- absence de fumure,
pour mesurer l'apport azoté au froment par la légumineuse.
- 160 uN (80 uN au stade tallage-redressement + 80 uN à la dernière feuille),
soit une fumure légèrement inférieure à la fumure conseillée pour la culture pure de froment.

Le suivi des parcelles au cours des deux années de culture montre que :

- Les pois n'ont pas souffert des conditions froides rencontrées durant les hivers 2009 et 2010. Le trèfle, trop peu développé avant l'hiver, a été détruit par le gel au cours des deux hivers. Les vesces ont également souffert du froid, principalement la deuxième année où l'ensemble des plantes a été anéanti par l'hiver.
- Durant la première année d'essai, aucun phénomène de verse n'a été observé. La deuxième année, le pois fourrager, par sa biomasse importante, a provoqué la verse des parcelles en mélange. De plus, suite aux violents orages du 14 juillet, une verse généralisée a été observée sur l'ensemble des parcelles ayant reçu une fumure azotée minérale.

Les résultats des récoltes des deux dernières années sont repris dans la figure 9.2. Les mélanges ont été récoltés simultanément, triés et ensuite pesés séparément pour obtenir les rendements des deux composants de l'association.

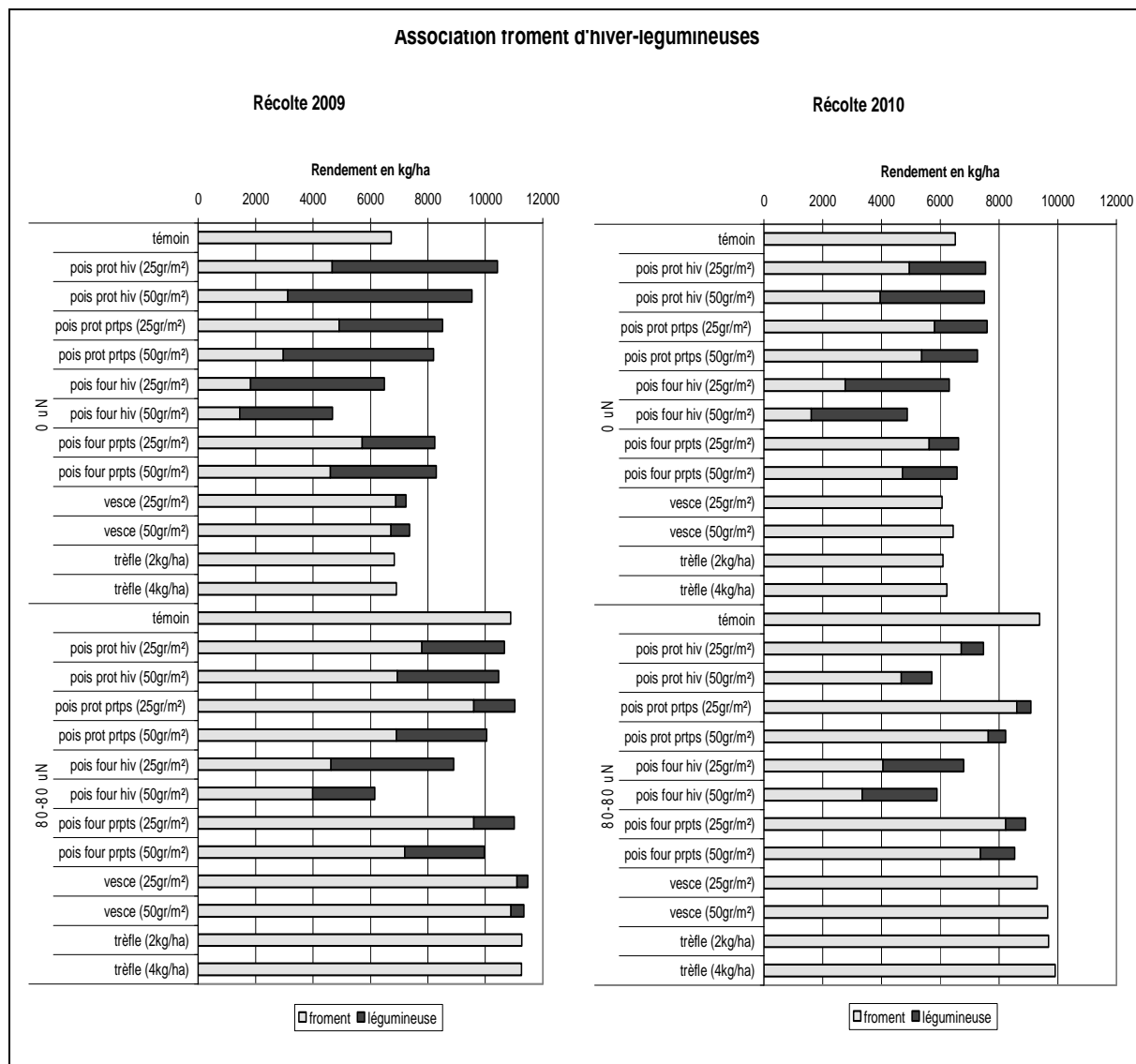


Figure 9.2. – Rendements (kg par ha) en grains de froment et de légumineuses pour différentes associations céréales-légumineuses (Lonzée GxABT 2009 et 2010).

L'observation des résultats révèle que :

- l'apport des légumineuses est en moyenne meilleur en 2009 qu'en 2010.
- l'apport des légumineuses est plus important en absence de fumure azotée : l'apport d'azote minéral pénalise le développement et le rendement des légumineuses. En absence de fumure, certaines associations ont une production globale supérieure à la culture pure de froment.
- Parmi les légumineuses associées au froment, les pois protéagineux, en particulier les pois protéagineux d'hiver apparaissent comme les meilleurs partenaires. Les pois protéagineux de printemps ont étonnement bien survécu aux deux hivers et, de ce fait, ne doivent pas être rejetés a priori. Les pois fourragers présentent un développement végétatif trop important, ce qui pénalise l'association. Les vesces et les trèfles, non ou très faiblement présents en fin de végétation n'apportent pas d'amélioration significative de rendement.

- Dans presque toutes les associations avec le pois, une densité de semis de 25 grains/m² était plus intéressante que 50 grains/m².

2.2.2 Réponse à la fumure azotée du mélange froment-pois protéagineux d'hiver

Sur base des résultats obtenus en 2009, quelques essais complémentaires ont été mis en place en 2010 en vue de déterminer plus précisément les apports azotés de la légumineuse dans l'association.

Puisque l'apport d'azote de 160N avait semblé constituer un frein au développement de la légumineuse en 2009, la nouvelle expérimentation comparait quatre niveaux de fumures (0-0, 40-40, 40-80 et 80-80) sur trois associations froment d'hiver-pois protéagineux d'hiver caractérisées par des densités de semis en pois respectivement de 0, 25 et 50 grains par m².

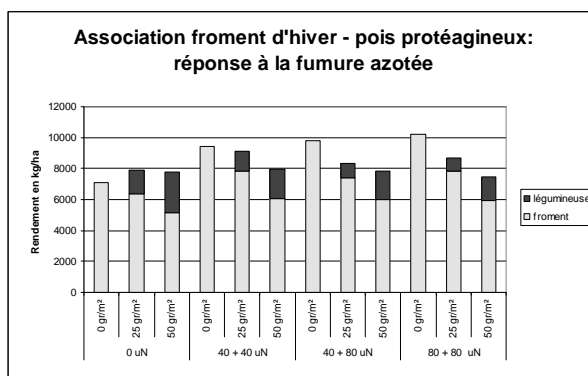


Figure 9.3. – Réponse à la fumure azotée pour différentes associations froment d'hiver – pois protéagineux d'hiver, semées le 20 novembre 2009.

La fumure azotée a été faite en 2 apports (04/05/10 : tallage-redressement + 31/05/10 : dernière feuille).

Les rendements sont exprimés en kg/ha. (Loncée GxABT 2010)

Les résultats repris dans la figure 9.3. montrent que dès qu'une dose d'azote est apportée à l'association, celle-ci s'avère moins performante que la culture pure de froment ayant reçu une fumure similaire. De plus, au fur et à mesure que la dose de fumure s'élève, la part de la légumineuse dans le rendement global en grains se réduit.

2.2.3 Faut-il détruire la légumineuse en cours de végétation ?

Par l'importance de leur végétation, les associations froment-légumineuse limitent le développement de certaines mauvaises herbes. Toutefois, la maîtrise des adventices demeure une difficulté dans la conduite d'associations, du fait qu'aucun herbicide n'est agréé simultanément dans les deux cultures. C'est pourquoi, un désherbage sélectif du froment, mais détruisant tant les adventices que la légumineuse en cours de végétation pourrait être une voie intéressante. Le moment d'un tel traitement devrait être un compromis entre, d'une part la quantité d'azote libérée par la décomposition des nodosités (proportionnelle au développement atteint par la légumineuse) et, d'autre part l'effet de la concurrence de la légumineuse pour le froment (également proportionnel au développement de la légumineuse).

Un essai a été mené dans ce sens en 2010, le pois protéagineux d'hiver a été détruit avec de l'Allié (30g) au stade avant dernière feuille du froment (figure 9.4.). Les résultats révèlent que la destruction de la légumineuse diminue, mais n'élimine pas complètement, la perte de rendement du froment causée par la concurrence de la légumineuse.

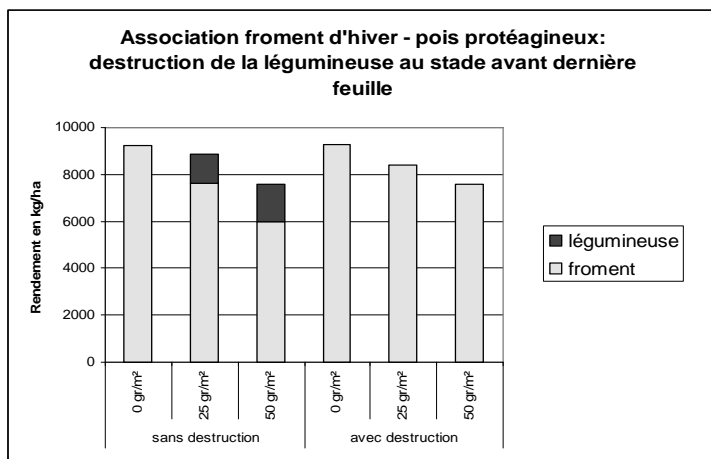


Figure 9.4. – Effet de la destruction du pois protéagineux d'hiver associé avec du froment d'hiver, semé le 20/11/2009. Fumure de 160uN (80uN le 04/05/10 au tallage-redressement + 80uN le 31/05/2010 à la dernière feuille. Désherbage : 30 g Allié/ha le 26/05/2010 au stade avant

dernière feuille du froment. Rendements exprimés en kg/ha. Lonzée GxABT 2010

2.2.4 Conclusions et perspectives

Cette étude préliminaire a permis de faire quelques constats, d'identifier quelques voies de progrès et de pointer quelques difficultés de la culture de céréales et de légumineuses en association :

- Techniquement, ces cultures en association ne posent pas de problèmes majeurs, ni pour les semis, ni pour la récolte à la moissonneuse-batteuse ;
- En absence d'apport d'azote minéral, l'adjonction de plantes de pois protéagineux à une culture de froment permet d'atteindre le rendement grain ;
- Les proportions de plantes cultivées en association doivent être mieux définies, le froment pouvant vraisemblablement être semé à densité plus faibles que celles étudiées ;
- Au-delà des espèces, c'est au niveau des variétés que devraient être étudiées les associations notamment pour obtenir une meilleure coïncidence de maturité, et pour minimiser la compétition entre partenaires tout au long de la saison culturale ;
- Une fumure azotée, certes limitée, reste nécessaire ; pour atteindre un rendement grain optimum. Les modalités d'apport d'azote devraient être affinées en tenant compte du rythme de développement des nodosités sur les racines des plantes de légumineuses et des possibilités de prélèvements, d'azote du sol par chacune des 2 cultures associées ;
- Actuellement, le fait qu'aucun herbicide n'est agréé à la fois en céréales et en légumineuses, constitue une difficulté et même un risque culturel ;
- Une récolte mixte impose, au moins pour certains usages, le tri des graines après récolte.

3 VALOR un logiciel pour l'optimisation des engrais de ferme à l'échelle de l'exploitation et de la parcelle

B Godden⁷, P. Luxen⁷, R. Oger⁸, E. Martin⁹ et J.P. Destain¹⁰

3.1 Les effluents d'élevage, de véritables engrais de ferme

Dans nos systèmes agricoles, les effluents d'élevage sont encore trop souvent considérés exclusivement comme des amendements de qualité, certes reconnus, mais dont l'apport en éléments fertilisants n'est pas bien mesuré. Pourtant, cet apport est important puisque, par exemple, les bovins rejettent plus de 70 % de l'azote et du phosphore, et plus de 90 % du potassium qu'ils ingèrent.

Parmi les raisons expliquant cette lacune, on invoque régulièrement :

- une composition très variable des effluents : cette variabilité est liée aux espèces animales élevées, au type de spéculation et au type de stabulation. Toutefois, les compositions moyennes sont connues (tableau 9.1.) et il est par ailleurs toujours possible d'analyser les effluents de son exploitation ;
- une dynamique de libération de l'azote variable et liée à la teneur ammoniacale, au rapport carbone/azote (C/N), et aux conditions climatiques mais on peut par une analyse mesurer la fourniture en N minéral du sol et prévoir la libération future sur base de renseignements précis relatifs aux apports antérieurs de matières organiques ;
- une accessibilité au phosphore (P_2O_5) et au potassium (K_2O) moindre que celle des engrais minéraux en contenant mais le P_2O_5 et le K_2O de ces mêmes engrais minéraux servent surtout à alimenter le garde-manger du sol et c'est ce sol qui régule la fourniture en P_2O_5 et en K_2O . Il n'y a donc pas lieu de considérer de coefficient d'équivalence engrais organique/engrais minéral ;
- une performance du matériel d'épandage ne garantissant pas un résultat aussi homogène qu'avec celui utilisé pour les engrais minéraux mais ce n'est plus vrai pour un effluent comme le lisier, et pour composts et fumier l'homogénéité d'épandage avec le matériel actuel est bien supérieure à celle qu'on obtenait par le passé.

Il s'agit donc là de mauvaises raisons qui encore trop souvent jusqu'à présent ont entraîné un manque de confiance vis-à-vis des effluents d'élevage et ont conduit par le passé à une absence de comptabilisation de leur valeur fertilisante (exemple figures 9.1. et 9.2.).

⁷ Agra Ost

⁸ CRA-W – Dpt Agriculture et Milieux naturels

⁹ CRA-W – Dpt Logistique

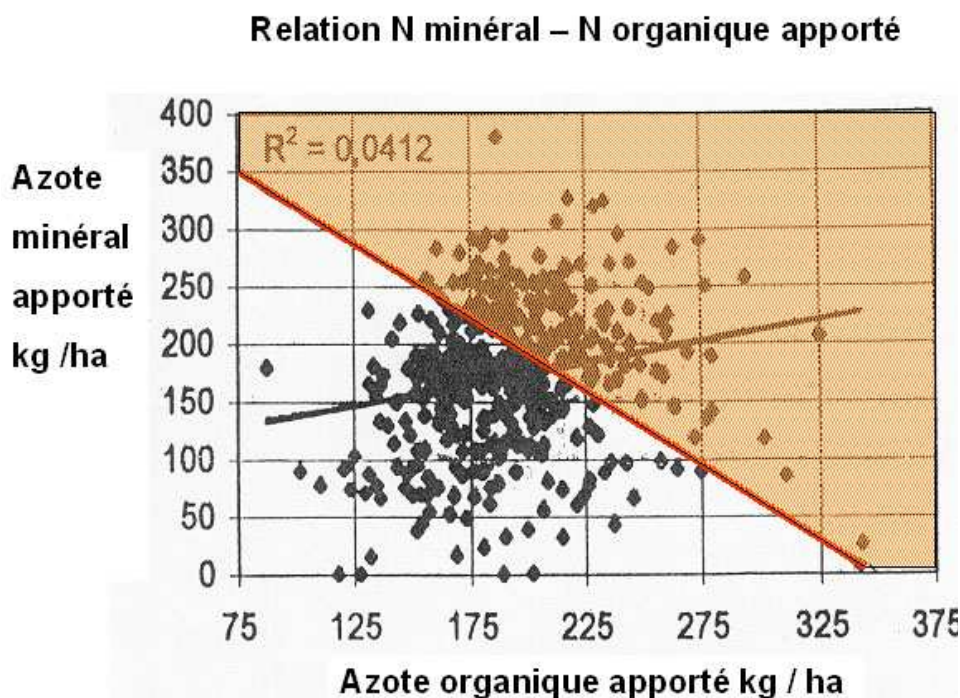
¹⁰ CRA-W – Direction Générale

9. Environnement

Tableau 9.1. – Caractéristique des divers engrais de ferme.

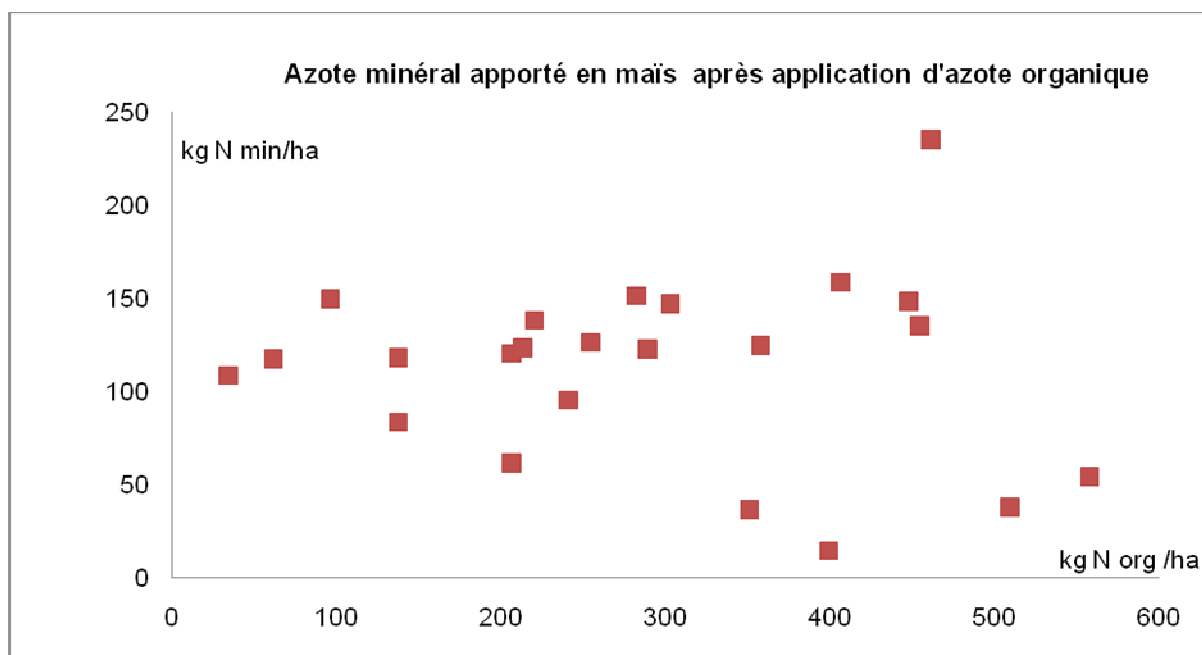
| Type d'engrais de ferme | Matière sèche % | N _{total} Kg/tonne | Rapport N- NH ₄ ⁺ /N _{total} % | C/N | P ₂ O ₅ kg/tonne | K ₂ O kg/tonne |
|-------------------------|-----------------|-----------------------------|---|-----|--|---------------------------|
| Fumier mou (raclage) | 15 | 5,9 | 30 | 15 | 2 | 5 |
| Fumier pailleux | 20 | 5,9 | 9 | 14 | 3 | 6 |
| Fumier composté | 30 | 6.5 | 5 | 13 | 3,7 | 9,0 |
| Lisier bovin | 10 | 4.5 | 40 à 60 | 8 | 1.7 | 5.5 |
| Lisier de porcs | 9 | 6 | 50 à 70 | 8 | 6 | 3 |
| Fumier de poulets | 40 | 27 | 5 à 30 | 8 | 22 | 21 |

Figure 9.1. – Relation en apport d'azote minéral et azote organique dans les exploitations herbagères liégeoises (d'après D. Stilmant et al. (2002)).



Les exploitations qui se situent dans la partie supérieure droite se caractérisent par des apports élevés d'azote minéral alors qu'elles appliquent déjà des quantités importantes d'engrais de ferme.

Figure 9.2. – Relation entre apports fertilisants organique et minéral en culture de maïs.

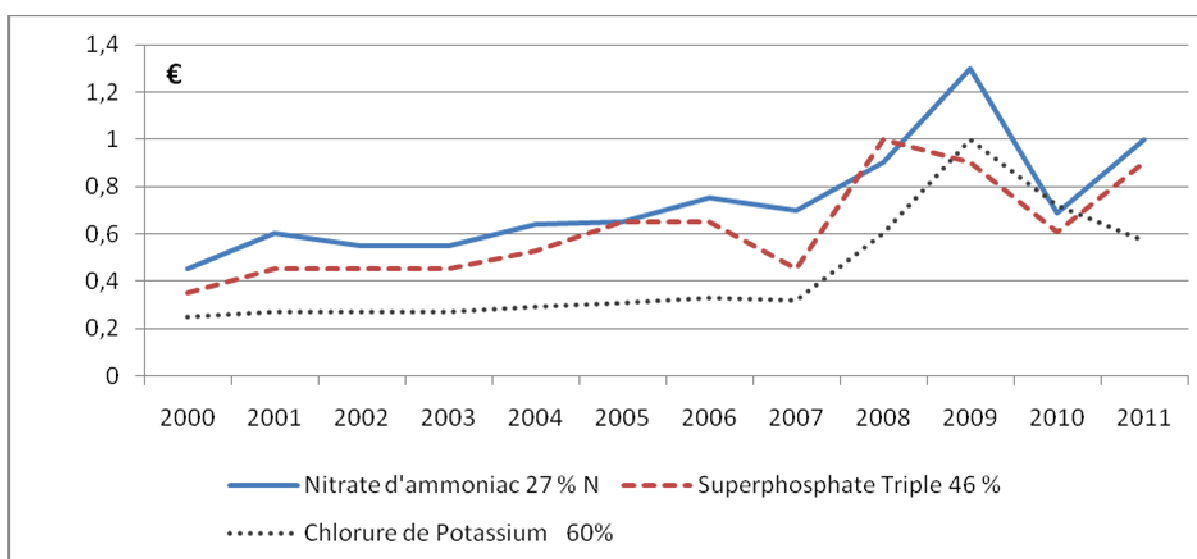


D'après les données de B. Romedenne, JP. Destain et M. Frankinet 2002.

Les apports d'azote minéral apparaissent une nouvelle fois indépendants des apports organiques.

A l'heure actuelle, non seulement le respect de la législation et des normes environnementales, mais encore et surtout le renchérissement très sensibles du coût des engrais minéraux imposent de considérer ces effluents d'élevage comme des engrais de ferme, de véritables engrais, qui ont constitué pendant des millénaires la principale source de matières fertilisantes (figure 9.3.).

Figure 9.3. – Evolution du prix des engrais minéraux.



D'après les données d'Agra-Ost recueillies auprès des principaux fabricants opérant en Belgique.

3.2 Valo : un logiciel de gestion des engrais de ferme

Deux conditions sont essentielles pour mieux valoriser les engrais de ferme:

- bien quantifier et caractériser les productions réelles au niveau de l'exploitation agricole; ceci fiabilisera ultérieurement les renseignements sur les quantités réellement épandues.
- définir une répartition agronomiquement efficiente des différents engrais de ferme produits, sur le parcellaire de la ferme.

A cette fin Agra-Ost et le CRA-W ont développé le logiciel d'aide à la décision "**Valor**".

Les objectifs de Valor sont les suivants :

- déterminer les types d'engrais de ferme produits au niveau de l'exploitation, leurs quantités, ainsi que leurs compositions en éléments fertilisants N, P, K ;
- estimer les restitutions directes au pâturage ;
- émettre des propositions d'épandage des différents engrais de ferme produits, dans l'optique d'une meilleure valorisation des éléments fertilisants qu'ils contiennent, et en tenant compte de l'ensemble des contraintes ;
- valoriser économiquement les engrais de ferme dans les exploitations agricoles de Wallonie ;
- lever l'incertitude (N organique épandu) qui entache le conseil de fumure minérale donné par des logiciels d'aide à la décision ;
- harmoniser l'exploitation des résultats des travaux réalisés en Wallonie concernant l'efficacité des matières organiques.

3.3 Fonctionnement du logiciel : plusieurs étapes

3.3.1 Calcul des productions d'engrais de ferme

A partir de la description des cheptels, des hébergements et des présences en étable, le logiciel calcule les quantités des différents engrais de ferme produits, leur composition et leur valeur financière.

Exemple de production d'engrais de ferme (en tonnes), pour une situation où 20 veaux sont en étable paillée toute l'année, et 60 vaches laitières en stabulation paillée avec raclage fréquent, d'octobre à mars (soit 5 mois en étable toute la journée), et en prairie d'avril à septembre.

| STABULATION PAILLÉE | | | | |
|---|--------------------------|---|----------------------------------|----------------|
| | | <u>Aire paillée:</u> Fumier pailleux | <u>Aire raclée</u> Fumier mou | Fosse Purin |
| 20 | Veaux de moins de 6 mois | 44,8 | - | - |
| STABULATION PAILLÉE AVEC RACLAGE FRÉQUENT | | | | |
| 60 | Vaches laitières | 94,5 | 108 | 17,5 |
| Total | | 139,3 | 108 | 17,5 |

Le logiciel calcule les compositions (N,P,K) de chacune des aires de stockage, et leur valeur financière. A partir de la durée de pâturage, les restitutions directes en prairie par les pissats et bouses sont également calculées en fonction des types de bétail.

Outre la production par les animaux de l'exploitation, le logiciel intègre également les importations, exportations, dilutions et la transformation par compostage.

3.3.2 Calcul des besoins des cultures et des prairies en N, P et K

Les calculs des besoins globaux se font sur base des données du parcellaire :

- des superficies des cultures et des prairies ;
- des rendements escomptés des cultures (pour calculer les exportations prévues) ;
- du niveau de production des prairies, en tenant compte de la présence de légumineuses et du mode de gestion (nombre de passages des animaux au pâturage, nombre de coupes, ...)
- de l'enfouissement de sous-produits exportables comme les pailles ;
- des contraintes environnementales limitant les apports organiques (bord de ruisseau, MAE, zone de captage, etc) ;
- des arrières effets d'apports précédents (fumier pailleux à l'automne, compost venant de l'extérieur de l'exploitation, etc) ;
- etc.

Le logiciel calcule les besoins de chacune des parcelles, pour l'année pour laquelle le conseil est émis et permet de comparer cette proposition de gestion des engrais de ferme aux pratiques antérieure de l'année écoulée.

Tableau 9.2. – Exportations moyennes de quelques cultures (*).

| Cultures | Rendement de référence (T/ha) | Besoins (kg/ha) | | |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|
| | | Azote | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Betterave sucrière | | 240 | 90 | 350 |
| Froment d'hiver | 10 | 300 | 75 | 135 |
| Maïs | 16 | 225 | 80 | 240 |
| Pommes de terre | 45 | 225 | 140 | 225 |
| Prairie permanente de fauche | 12 | 240 | 108 | 300 |

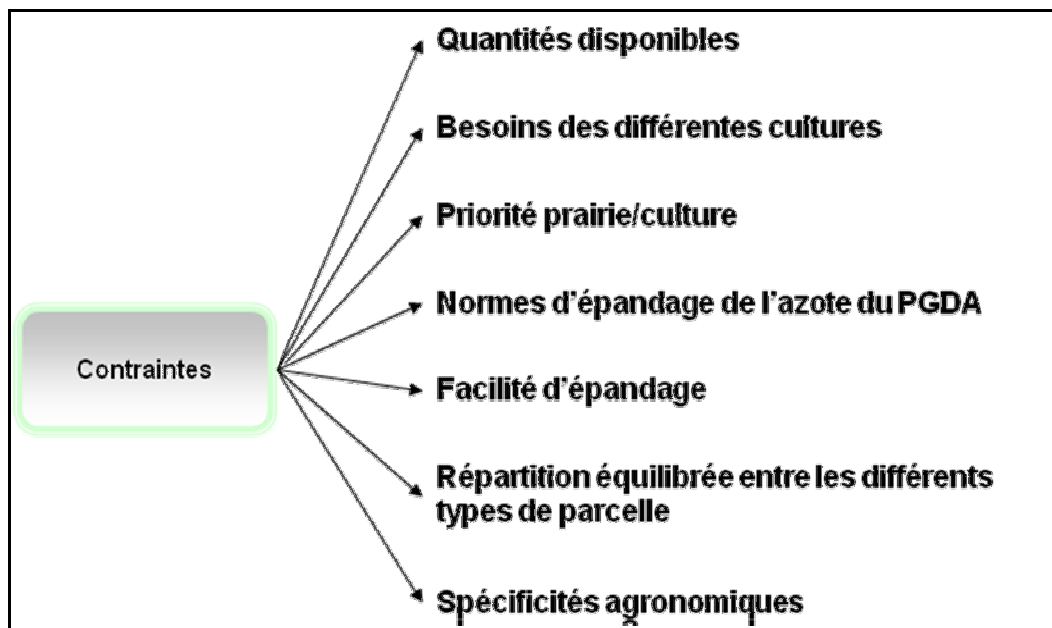
(*) Il s'agit d'exportations maximales ; lorsque les sous-produits des cultures sont enfouis dans le sol, les restitutions peuvent être élevées (40 kg de P₂O₅ et 190 kg de K₂O pour la betterave ; 15 kg de P₂O₅ et 80 kg de K₂O un froment).

3.3.3 Etablir un plan de répartition optimal des engrais de ferme (plan de fumure)

A partir des deux premières étapes le logiciel propose une répartition optimale des engrais de ferme disponibles : "Quel engrais de ferme sur quelle(s) prairie(s) ou culture(s), à quelle dose et à quel moment?".

Valor intègre à la fois l'ensemble des contraintes et des objectifs agronomiques et économiques.

Figure 9.4. – Contraintes prises en compte dans le logiciel Valor.

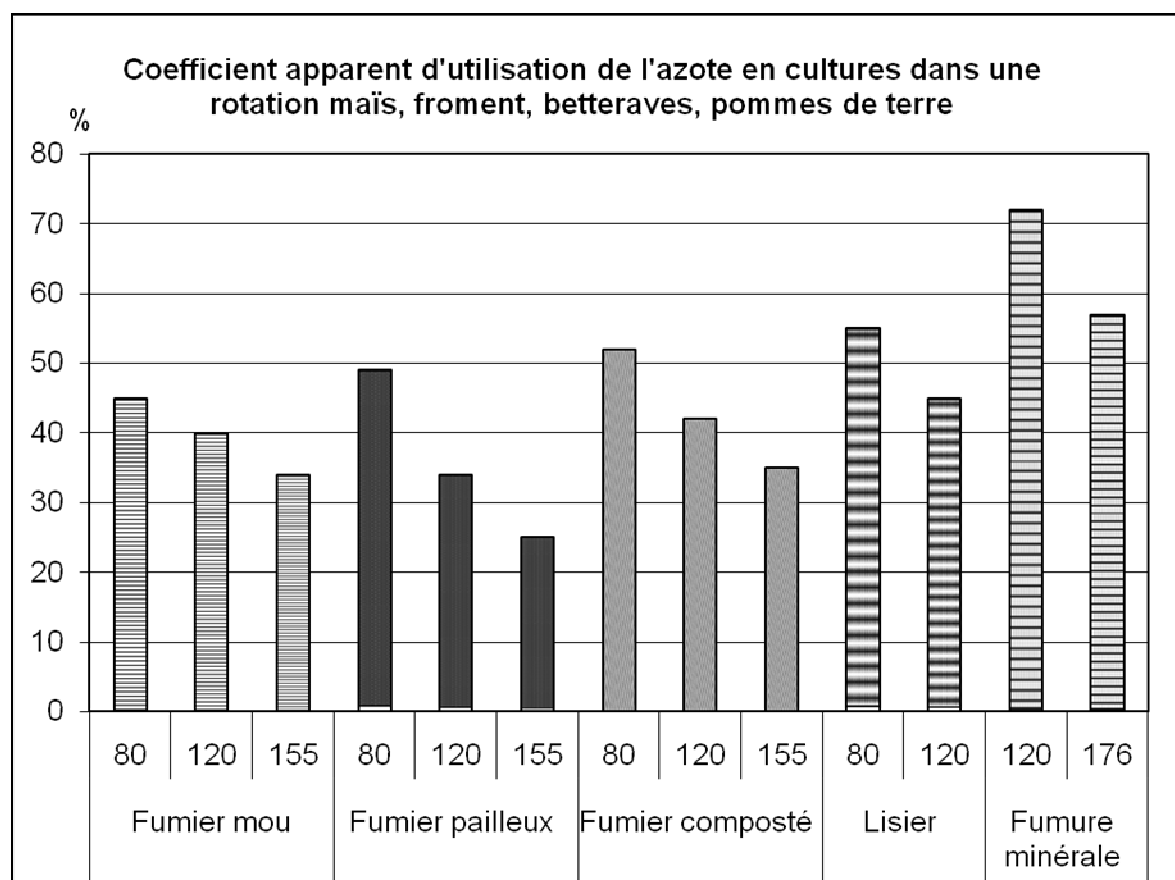


Algorithme d'optimisation : répondre aux différentes contraintes tout en recherchant une efficacité maximale pour l'utilisation des éléments fertilisants disponibles en fonction des périodes d'épandage.

Optimalisation de l'azote apporté par les engrais de ferme

L'efficacité de l'azote des engrais de ferme varie très fortement selon la culture (ou prairie) pour laquelle ils vont être apportés, de même que pour une même culture selon la dose, le moment, et les conditions d'épandage.

Figure 9.5. – Utilisation de l'azote des engrais de ferme par les cultures en fonction de la dose apportée en cultures (Godden & al 2007).



Cette figure reprend les coefficients d'utilisation de l'azote (calculé sur base d'un témoin ne recevant aucun apport) des engrais de ferme en fonction de la quantité apportée exprimée en kg d'azote/ha et par an.

Dans cette figure, les apports moyens pour 2 ans, sont de 25, 40 et 52 T/ha pour les fumiers, et 35 et 55 T/ha pour les lisiers. A titre de comparaison, les coefficients d'utilisation de l'azote d'engrais minéraux sont également donnés.

Efficacité en fonction de la date

Les efficacités sont plus élevées pour des apports de printemps que pour les apports d'automne ou d'hiver (Godden & al 2008, Godden & al 2009).

La fourniture d'azote par le sol après une culture intermédiaire piège à nitrates (CIPAN) est limitée à ± 30 unités, quelle que soit la dose d'engrais de ferme apportée avant cette CIPAN. Pour des apports importants une grande part de l'azote sera dénitrifiée, perdue vers l'atmosphère.

9. Environnement

Plusieurs essais menés ces dernières années ont montré que le coefficient équivalent engrais de l'azote* d'un même engrais de ferme peut varier de 70 à 15 % selon la culture (ou prairie) pour laquelle il sera apporté et selon la date d'épandage, et la quantité épandue.

On peut donc gagner ou perdre 65 % des valeurs fertilisante et financière de l'azote des engrais de ferme.

3.3.4 Montrer les gains réalisables par l'application des conseils donnés

Un tableau de synthèse montre les gains en azote, phosphore et potassium réalisables par l'application des conseils d'épandage des engrais de ferme, ainsi que le gain financier total réalisable.

Le tableau 9.4. illustre les gains réalisables pour une ferme du Brabant wallon.

Ferme de 164 UGB dont 100 vaches laitières et de 131 ha dont froment d'hiver 39, betteraves 21, maïs 18, pommes de terre 11, pois 11 et prairies 31 ha.

Tableau 9.4. – VALOR : Gains directs réalisables par la gestion optimale des engrais de ferme de l'exploitation.

| VALOR : Gains directs réalisables par la gestion optimale des engrais de ferme de l'exploitation | | | | | | |
|--|---------|------|-------------------------------|------|------------------|------|
| | Azote | | P ₂ O ₅ | | K ₂ O | |
| Besoins de l'exploitation (kg) | 22258 | | 8815 | | 20621 | |
| Besoins après les épandages conseillés (kg) | 18633 | | 6371 | | 12682 | |
| Non épandu (kg) | 0 | | 0 | | 0 | |
| Part des besoins fertilisants qui peuvent être couverts par l'optimisation des engrais de ferme kg et % | 3625 | 16 % | 2444 | 28 % | 7939 | 39 % |
| Valeur financière (€) de la part des besoins fertilisants couverts par l'optimisation des engrais de ferme | 3.625 € | | 2.199 € | | 4.525 € | |
| Valeur financière totale | | | | | 10.34 € | 9 € |
| Quantités d'éléments épargnés (Kg) par rapport aux pratiques d'épandage actuelles | 2045 | | 318 | | 2469 | |
| Gains financiers (€) par rapport aux pratiques d'épandage actuelles | 2.045 € | | 286 € | | 1.407 € | |
| Total | | | | | 3.738 € | € |

*Rapport du coefficient apparent de l'effluent sur celui de l'engrais minéral.

3.3.5 Simulations

Le logiciel permet très facilement de réaliser des simulations afin de déterminer concrètement les conséquences de changements de pratique (par exemple compostage des fumiers, ...) ou d'augmentation de cheptel.

Il apparaît crucial de montrer avant toute modification de cheptel ou de type de stabulation comment seront valorisés les engrais de ferme produits.

3.4 Conclusions

En cette période où la pression des coûts de production est toujours à la hausse, et où le prix des productions (céréales, sucre, lait, viande, ...) est sujet à des variations importantes, le logiciel VALOR permet de réduire de manière significative le coût de la fertilisation.

A ce bénéfice économique s'ajoutent les effets positifs sur l'environnement en limitant le stockage des éléments fertilisants dans le sol et les pertes qui peuvent en découler.

3.5 Disponibilité : site web

Toutes les informations utiles et nécessaires se retrouvent sur le site web: <http://cra.wallonie.be/valor/> et auprès du coordinateur b.godden@cra.wallonie.be.

De nombreuses informations concernant l'utilisation des engrais de ferme notamment sont disponibles sur le site web d'Agra-Ost <http://www.agraost.be>.





3.6 Références

Romedenne B., J.P. Destain et M. Frankinet (2002)

Rapport de la Convention Région Wallonne, Mission d'étude sur l'adaptation du secteur agricole cominois aux exigences de la Directive Nitrates MRW DGA.

Godden B., J.P. Destain and P. Luxen (2007)

Efficiency and recovery of different cattle manure applied on arable crops in rotation
Proceedings of the 16 th International CIEC Symposium "Mineral versus organic fertilizers: conflict or synergism" pp 229-234.

Godden B., R. Lambert, P. Luxen et J.P. Destain (2008)

Les engrais de ferme, de plus en plus précieux.
Le Sillon Belge 8 août 2008

Godden B., J.P. Destain, P. Luxen et R. Lambert (2009)

Management of livestock waste for a sustainable agriculture
Colloque L'Europe de la fertilisation, Rennes 2009

Stimant D., P. Limbourg, L. Fabry, Ph. Lecomte, V. Decruyennaere et P. Luxen (2002)

Améliorer la gestion de l'azote dans les exploitations herbagères.
Gestion de l'Azote en prairies et qualité des eaux. Journée d'études Comité Nitrates et Agra-Ost, 33-44.

4 Les limites de la réduction du volume/ha

Résultats 2010

B. Huyghebaert¹¹, S. Pekel¹¹, G. Dubois¹¹, Cl. Bodson¹²

4.1 Introduction

Actuellement en Belgique, le volume/hectare moyen appliqué en grandes cultures se situe entre 150 et 200 l/ha, pour une vitesse moyenne de 7 à 9 km/h. Les calibres de buses les plus utilisés sont les calibres ISO-03 (bleu) et ISO-04 (rouge). A eux seuls, ces deux calibres constituent 85 % des buses utilisées en Belgique.

Pourtant la tendance est à la diminution du volume/hectare. En effet, sa réduction permet d'augmenter le rendement de chantier et la rapidité d'exécution. L'opérateur peut intervenir au bon moment, ce qui peut être un élément décisif dans la réussite d'un traitement.

Cependant cette réduction induit une modification de la qualité des dépôts de pulvérisation, ce qui pourrait mettre à mal l'efficacité biologique.

Il convenait donc de déterminer les limites d'une telle évolution en fonction du type de pesticides (contact, systémique foliaire, racinaire), du type de buses (à fente conventionnelle, anti-dérive, à injection d'air...) et des conditions de pulvérisation (HR%, T°, vent).

4.2 Qualité des dépôts

Afin d'assurer une bonne efficacité, les produits nécessitent des densités d'impacts (nombre d'impacts/cm²) et une taille des impacts différente selon leur mode d'action (contact, systémique foliaire ou racinaire). Ainsi, pour exprimer au mieux son efficacité, un produit de contact demandera un nombre élevé de petits impacts permettant de recouvrir uniformément la cible. A contrario, un produit systémique foliaire pourra se contenter d'impacts plus grossiers et moins nombreux, puisque le produit n'agit qu'après assimilation par la plante et transport vers le site d'action via les tissus conducteurs.

Le tableau 9.1. reprend les valeurs minimum de la densité des impacts (Nbre d'impacts/cm²) et du diamètre moyen des gouttes pulvérisées (µm) selon le mode d'action des produits afin d'atteindre une bonne efficacité du traitement.

¹¹ CRA-W – Dpt Productions et Filières (D2) – Unité Machines et infrastructures agricoles (U8)

¹² Moulins Bodson S.A.

9. Environnement

Tableau 9.1. – Valeurs minimum de densité des impacts et de la taille des gouttes à respecter selon le mode d'action du pesticide.

| Mode d'action du pesticide | | Densité d'impacts (Nbre d'impacts/cm ²) | *Diamètre moyen des gouttes (µm) |
|----------------------------|-----------|--|-------------------------------------|
| Contact | | 30-70 | 100-300 |
| Systémique | Foliaire | 20-30 | 100-200 |
| | Racinaire | 20-30 | 300-450 |

* Diamètre moyen des gouttes pulvérisées. Le diamètre de l'impact sera plus grand et dépendra de l'état de surface de la cible et de la tension superficielle du liquide pulvérisé.

Les valeurs minimum reprises au tableau 9.1. constituent une bonne base de comparaison. Cependant, elles ne tiennent pas encore compte des particularités de chaque traitement (conditions atmosphériques, état de la plante...). Atteindre ces valeurs est nécessaire, mais ne permet pas de résoudre totalement l'équation difficile de la pulvérisation, tant les inconnues sont nombreuses et non-maîtrisées.

4.3 Description de l'essai 2010

Un essai a été mis en place en 2010 avec la collaboration de la S.A. Moulins Bodson. L'objectif était d'étudier les conséquences de la réduction du volume/hectare (de 200 l/ha à 100 l/ha) et son interaction avec 2 types de buses :

- Buse à fente conventionnelle : c'est de loin la buse la plus utilisée en grande culture. Elle convient pour la plupart des traitements phytosanitaires. Elle offre une grande régularité de répartition et peut être considérée comme la référence en matière d'efficacité et de qualité de pulvérisation. La plage de pression de travail préconisée s'étend de 2 à 4 bars. Les gouttes produites sont fines à moyennes (diamètre de 90 à 300 microns), ce qui leur confère une sensibilité moyenne à la dérive.
- Buse à fente à injection d'air : elle est équipée d'une grande chambre de mélange avant l'orifice terminal où aboutissent deux entrées d'injection d'air activées par un système Venturi. L'ensemble permet de générer des gouttes de très grande taille (diamètre > 450 microns) et chargées de bulles d'air, ce qui leur confère une sensibilité très réduite à la dérive (75 % de réduction de la dérive par rapport à une buse à fente conventionnelle). La plage de pression de travail préconisée est de 3 à 8 bars. Ce type de buse est adapté à l'application de produits systémiques et racinaires.

Pour pouvoir réduire le volume/hectare sans modifier radicalement la vitesse d'avancement (\pm 8 à 10 km/h durant les essais) et/ou la pression de pulvérisation (2.3 à 3 bars pour les buses à fente conventionnelles et 3.8 à 5.2 bars pour les buses à aspiration d'air), deux calibres de buses ont été utilisés pour chaque type de buses (tableau 9.2.).

Tableau 9.2. – Calibre ISO des buses utilisées lors des essais en fonction du volume/hectare.

| Volume/hectare (l/ha) | Calibre des buses à fente conventionnelle | Calibre des buses à fente à injection d'air |
|--------------------------|--|--|
| 200 | ISO 04 | ISO 03 |
| 100 | ISO 02 | ISO 015 |

L'essai a été réalisé au sein d'une parcelle de froment de la S.A. Moulins Bodson de \pm 50 hectares. Deux blocs distincts ont été définis où le volume/hectare appliqué était respectivement de 200 et 100 l/ha. La dose/hectare n'a pas été modifiée d'un bloc à l'autre. Au sein des blocs, 8 grandes parcelles de 27 m de large (= largeur du pulvérisateur) et de \pm 650 m de long ont été définies où les 2 types de buses ont été utilisés en 4 répétitions.

Les pulvérisations ont été effectuées à l'aide d'un appareil Blanchard équipé d'une rampe de 27 m. Les essais ont mis en œuvre 3 traitements : 1 herbicide et 2 fongicides. Les produits et les dates de traitement ont été déterminés par l'exploitant.

Des observations de deux types ont été réalisées. Les premières visaient à évaluer l'efficacité biologique ; il s'agissait de comptage d'adventices, et de cotation de maladies dans les différentes parcelles. Les secondes devaient permettre de mesurer la qualité des dépôts via l'analyse de papiers hydro-sensibles par imagerie numérique.

La qualité des dépôts est caractérisée par :

- le taux de recouvrement de la pulvérisation, exprimé en % de la surface totale de la cible artificielle,
- la densité d'impacts : nombre d'impacts par cm² quelle que soit leur taille,
- la taille des impacts : diamètre moyen des impacts (μ m).

La mesure de la qualité des dépôts a été répétée à deux dates distinctes : 05 et 28 avril 2010. Les conditions atmosphériques étaient très différentes entre les deux dates mais aussi entre deux pulvérisations faites le même jour, comme le montre le tableau 9.3.

Le 05 avril, les conditions étaient venteuses, particulièrement lors des pulvérisations à 200 l/ha. D'autre part, la température et l'humidité relative étaient sensiblement différentes d'une date à l'autre.

Tableau 9.3. – Conditions atmosphériques des essais réalisés le 05 et le 28 avril 2010.

| Date | Volume/hectare (l/ha) | Direction du vent | Vitesse du vent (km/h) | T° de l'air (°C) | HR% de l'air (%) |
|----------|-----------------------|-------------------|------------------------|------------------|------------------|
| 05 avril | 200 | OSO | 13.0 | 9.7 | 58 |
| | 100 | SO | 4.9 | 9.5 | 61 |
| 28 avril | 200 | SO | 3.5 | 21.8 | 36 |
| | 100 | OSO | 1.2 | 22.7 | 33 |

4.4 Résultats et analyses

4.4.1 Efficacité biologique

Les données d'observations sur les adventices et sur les maladies n'étaient malheureusement pas exploitables. En effet, la densité d'adventices était trop hétérogène, et la pression par les

maladies beaucoup trop faible pour permettre une comparaison valide des modalités de traitement éprouvées.

4.4.2 Qualité des dépôts

La qualité des dépôts a été mesurée à l'aide de papiers hydro-sensibles de dimensions standardisées (76×26 mm). Ceux-ci ont été placés horizontalement dans la culture. Au total, il y a eu 80 échantillons (2 volumes/hectare × 2 types de buses × 4 répétitions et 5 échantillons/répétition).

Le tableau 9.4. reprend les caractéristiques des dépôts de pulvérisation en fonction du volume/hectare et du type de buses, obtenus le 05 avril 2010. Les valeurs correspondent à la moyenne de 20 mesures. L'écart-type (σ) est donné entre parenthèses.

Les résultats du 28 avril 2010 sont identiques et ne sont donc pas présentés. On retiendra cependant qu'ils ont confirmés les premières observations.

Tableau 9.4. – Caractéristiques du dépôt de pulvérisation en fonction du volume/hectare et du type de buses (05 avril 2010).

| Volume/hectare (l/ha) | Type de buses à fente | Taux de recouvrement (%) | Densité d'impacts (Nbre d'impacts/cm ²) | Diamètre moyen des impacts (µm) |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---|---------------------------------|
| 200 | Conventionnel | 49 ($\sigma = 10$) | 58 ($\sigma = 27$) | 551 ($\sigma = 67$) |
| | À injection d'air | 42 ($\sigma = 5$) | 33 ($\sigma = 9$) | 689 ($\sigma = 100$) |
| | Moyenne* | 46 ($\sigma = 9$) | 46 ($\sigma = 23$) | 620 ($\sigma = 110$) |
| 100 | Conventionnel | 24 ($\sigma = 5$) | 78 ($\sigma = 11$) | 466 ($\sigma = 54$) |
| | À injection d'air | 21 ($\sigma = 4$) | 36 ($\sigma = 9$) | 618 ($\sigma = 91$) |
| | Moyenne* | 22 ($\sigma = 5$) | 57 ($\sigma = 23$) | 542 ($\sigma = 107$) |

* Moyenne de 40 mesures

En observant les valeurs moyennes reprises au tableau 9.4., on constate que le taux de recouvrement est directement lié au volume/hectare. Une diminution de ce dernier engendre une diminution proportionnelle du taux de recouvrement. Compte tenu de résultats similaires, un traitement à 200 l/ha couvre 30 à 40 % de la surface totale de la cible. Un traitement à 100 l/ha ne la couvrira plus qu'à concurrence de 15 à 30 %. Il faut remarquer que les essais sont réalisés avec une cible artificielle parfaitement plate. Selon son stade de développement, une culture présentera une structure volumétrique, étagée et difficile à pénétrer. Le taux de recouvrement de la cible sera donc à fortiori plus réduit que les chiffres présentés.

On constate également que la densité moyenne des impacts a tendance à augmenter (46 à 57 impacts/cm²) alors que leur diamètre moyen diminue (620 à 542 µm) lorsque le volume/hectare diminue. Cette tendance est expliquée par le calibre des buses. Pour réduire le volume/hectare de 200 à 100 l/ha, les calibres de buses ont été réduits (tableau 9.2.), ce qui modifie aussi les caractéristiques du dépôt. Pour un même type de buse et une même pression de travail, plus le calibre sera petit, plus le diamètre des gouttes et des impacts diminueront, mais dans le même temps, leur nombre et leur densité augmenteront. Par exemple, le tableau 9.4. montre que la buse à fente conventionnelle génère des impacts de 551 µm à 200 l/ha (calibre ISO 04) avec une densité de 58 impacts/cm². Par contre, ce même type de buses génère des impacts de 466 µm à 100 l/ha (calibre ISO 02) avec une densité de 78 impacts/cm².

Lorsqu'on pousse l'analyse plus loin et que l'on compare les types de buses, on constate que la buse à injection d'air produit de grosses gouttes qui génèrent de plus gros impacts que la buse à fente conventionnelle quel que soit le volume/hectare.

Le taux de recouvrement diminue aussi lorsqu'on utilise des buses à injection d'air, mais le facteur volume/hectare reste prépondérant dans les variations observées de ce paramètre.

Finalement, la densité d'impacts est liée au type de buses. Le nombre d'impacts diminuera fortement lorsqu'on utilisera des buses à injection d'air. Il risque même de devenir critique et de ne pas atteindre les 30 impacts/cm² nécessaires à la bonne efficacité des produits de contact (tableau 9.1.). A 200 l/ha, le nombre d'impacts était seulement de 33 ± 9 impacts/cm², mais ceci était compensé par un taux de recouvrement important (42 %). A 100 l/ha, ce n'était plus le cas puisque le niveau était de 36 ± 9 impacts/cm², et le taux de recouvrement de 21 % seulement.

4.5 Conclusions

Les essais 2010 ont permis de mieux comprendre les mécanismes de la pulvérisation. Bien que l'étude biologique n'ait pas été fructueuse, les résultats techniques ont mis en évidence les limites d'une diminution du volume/hectare.

On constate que le taux de recouvrement de la pulvérisation est directement proportionnel au volume/hectare. Un traitement à 200 l/ha couvre de 30 à 40 % de la cible. Un traitement à 100 l/ha ne couvrira plus que 15 à 30 % de la cible. Il serait nécessaire d'approfondir l'étude de ce paramètre et son implication en termes d'efficacité des traitements.

Le volume/hectare influence aussi la taille et le nombre des impacts sur la cible, mais dans une moindre mesure. Ces deux paramètres sont beaucoup plus liés au type et au calibre de buses utilisés.

Bien que les conditions atmosphériques et surtout le vent étaient fortement hétérogènes durant les essais, les dépôts ne semblent pas avoir été influencés. Pourtant d'autres résultats ont montré l'effet de sélection sur la taille et la densité des impacts que peuvent avoir la température et l'humidité relative.

9. Environnement

La diminution du volume/hectare est donc possible sans trop de problèmes, hormis pour le traitement d'un produit de contact avec une buse à injection d'air. Pour ce cas de figure, 100 l/ha est une limite en-dessous de laquelle le nombre d'impacts requis risque de ne plus être suffisant.

Finalement, la buse à fente classique fournit les meilleurs dépôts de pulvérisation quels que soient le volume/hectare et les conditions d'application. Par contre, les gouttes qu'elle génère sont indubitablement sensibles à la dérive.

Ces premiers résultats restent à confirmer et une nouvelle étude est prévue en 2011.