

La culture associée de blé et de pois protéagineux d'hiver : une possibilité de diversification pour une agriculture durable et respectueuse de l'environnement.

Jérôme Pierreux (1), Pierre Delaplace (2), Benjamin Dumont (1), Bernard Bodson (1).

(1) Unité de Phytotechnie des Régions Tempérées, ULG-Gembloux Agro-Bio Tech, Passage des Déportés, 2 – 5030 Gembloux,
jpierreux@uliege.be, benjamin.dumont@uliege.be, b.bodson@uliege.be.

(2) Unité de Biologie Végétale, ULG-Gembloux Agro-Bio Tech, Passage des Déportés, 2 – 5030 Gembloux,
pierre.delaplace@uliege.be.

La culture associée de blé et de pois protéagineux d'hiver : une diversification agroécologique pour nos systèmes grandes cultures

Les cultures associées céréales-légumineuses s'intègrent dans les démarches d'agriculture écologiquement intensive. Des recherches menées à Gembloux Agro-Bio Tech (ULg, Belgique) permettent l'optimisation de la conduite de la culture associée de blé d'hiver et de pois protéagineux d'hiver récoltée en grain sec, en climat tempéré. Cette optimisation est possible moyennant le respect d'itinéraires culturaux originaux, adaptés tant pour l'agriculture conventionnelle que biologique, permettant de profiter de la complémentarité des deux espèces et de réguler les compétitions interspécifiques. Ils ont été développés, au cours des six dernières années, dans le cadre d'un projet de recherche financé par le Service Public de Wallonie Agriculture. Grâce à un choix variétal et des densités de semis adéquates, ils mettent à profit les services écosystémiques offerts par l'association des deux plantes cultivées, pour limiter l'impact des différents bio-agresseurs et de ne devoir recourir que de manière très parcimonieuse aux produits phytosanitaires et aux engrais.

Cette culture permet de produire de manière plus sûre à tous les égards, plus de grains et plus de protéines à l'hectare que les deux cultures séparées sur une même surface. Elle répond pleinement aux attentes de la société : produire mieux avec moins d'intrants et de manière agroécologique. En Belgique, cette culture est actuellement en pleine phase de développement afin de répondre aux demandes industrielles d'approvisionnement en protéines végétales issues d'une agriculture durable. Moyennant une opération de triage, la qualité supérieure du blé peut être intégrée en meunerie alors que le pois est utilisé pour l'extraction de protéines végétales par bioraffinage.

Winter wheat- winter pea intercropping: an agroecological diversification of our agricultural systems

Crops in association cereals - legumes are integrated into the ecologically intensive agriculture approaches. The Crop Production Unit of Gembloux Agro-Bio Tech (ULg, Belgium) study how to optimize the intercropping conduct of winter peas and winter wheat in temperate climate. This optimization is possible with the respect of cultural itineraries, adapted for conventional and organic systems, to take advantage of the complementarity of the two species and to regulate interspecific competitions. They have been developed over the last six years into a research project funded by the Service Public de Wallonie Agriculture. Thanks to a choice of varieties and sowing densities, they take advantage of the ecosystem offered by the combination of the two cultivated plants, to limit the impact of the different bio-aggressors and to use only very small quantities of phytosanitary products and fertilizers.

These crops allow producing more safely grains and protein in higher quantities than the two crops separated on the same surface. It meets the expectations of society: to produce better with fewer inputs and in an agroecological system. In Belgium, this crop is currently in the development phase according with the industrial demands for the supply of vegetable protein from sustainable agriculture. After a sorting operation, the superior quality of wheat can be integrated into milling while the pea is used for vegetable protein extraction by bio refining.

INTRODUCTION

L'association de graminées et de légumineuses est très pratiquée dans nos régions pour la production des fourrages, au sein des prairies permanentes et temporaires. En grandes cultures, cette pratique est nettement moins fréquente, mais cultiver ensemble une céréale et une culture de légumineuse à graines constitue un beau challenge à relever

La culture associée de blé et de pois d'hiver fait l'objet depuis près de 10 ans, d'un intérêt particulier au sein des travaux de recherche de l'Unité de Phytotechnie des Régions Tempérées de la faculté de Gembloux Agro Bio-Tech (ULg, Belgique). Cet intérêt et les résultats préliminaires encourageants ont permis l'obtention d'un financement de recherche auprès du Service Public de Wallonie Agriculture (SPW/DGO3) de 2012 à 2018, pour le projet intitulé « Produire durablement des graines riches en protéines en optimisant la conduite de la culture associée de pois protéagineux d'hiver et de blé d'hiver ».

Ces 6 années d'études approfondies ont permis le développement d'itinéraires culturaux adaptés à la conduite de la culture associée de blé et de pois d'hiver récoltés secs. Ces itinéraires s'appliquent autant pour des systèmes d'agriculture conventionnelle que biologique. Les pistes explorées ont été axées premièrement sur la recherche de la structure optimale de la végétation, deuxièmement sur la nutrition azotée de la culture associée en visant une complémentarité idéale entre les apports des nodosités du système racinaire du pois et les apports exogènes d'azote nécessaires à l'expression du rendement et de la teneur en protéines des grains du blé, troisièmement sur les complémentarités variétales et enfin sur le contrôle des bio-agresseurs de la culture associées.

1. OBJECTIFS

L'objectif général de cette étude est d'optimiser les modalités culturales de l'association de pois protéagineux d'hiver – blé d'hiver pour assurer une production fiable d'une quantité de matière sèche au moins équivalente à celle produite par les deux cultures pures sur une même surface. Conjointement, le rendement en protéines de la récolte associée doit être amélioré tout en réduisant les apports d'engrais azotés de synthèse nécessaires à cette production. Pour atteindre cet objectif, il importe que le pois d'hiver et le blé d'hiver exploitent de façon optimale et complémentaire les ressources de l'écosystème. La structure de la végétation mise en place a dès lors une importance primordiale. Elle est conditionnée par les caractéristiques phénotypiques des cultivars des deux espèces associées, par leur phénologie et par les proportions de chacune des deux espèces occupant l'unité d'espace. L'évaluation de l'importance relative de ces paramètres constitue un des piliers de cette thématique.

Dans nos conditions agronomiques, la disponibilité en azote et le rythme de prélèvement par les racines influencent également de façon prépondérante le développement et la croissance des plantes et, partant, l'intensité de la compétition au sein de la culture. Si le blé dépend fortement des fournitures du sol (reliquats et minéralisation) et des compléments d'engrais azotés, le pois dépend lui de l'activité symbiotique des nodosités présentes sur son système racinaire. Cette dernière peut cependant être inhibée lorsque le milieu est trop riche en nitrates (Minchin et al. 1989). Lorsque l'équilibre peut être

maintenu, il a été montré que l'association de ces deux espèces présente un intérêt pour réduire les intrants azotés, pour améliorer la récupération d'azote du sol par les cultures et donc réduire les reliquats de post-récolte (Naudin et al. 2010).

Complémentairement aux aspects de production agronomique, les infestations d'adventices, de maladies et d'insectes sont réduits dans ces systèmes, du fait des effets bénéfiques engendrés par la présence en mélange des deux espèces sur la même parcelle (Sarunaite et al., 2010). Ces aspects permettent également de maintenir des niveaux de production plus stables tout en réduisant l'utilisation d'intrants (Justes et al., 2014 et Corre-Hellou et al., 2014). Les observations effectuées dans le cadre d'une thèse effectuées à Gembloux Agro Bio-Tech par Thomas Lopes au sein de l'Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, vont également dans ce sens (Lopes, 2016).

Finalement, alors que les rendements des cultures pures du pois d'hiver et de légumineuses à graines demeurent assez dépendants des conditions climatiques de l'année, l'association pois-blé offre plus de sécurité à l'agriculteur grâce aux possibilités de compensation qu'offre ce mélange. A cet effet, le calcul de différents indices économiques confirme l'intérêt pour l'agriculteur pour ce type de culture.

2. MATERIEL ET METHODES

Les expérimentations menées depuis 2012 se sont intéressées à différentes thématiques en vue d'obtenir une caractérisation fine de la biocénose présente dans la culture associée. Ses thématiques se résumaient en quatre grandes parties :

- « structure de végétation », qui visait la caractérisation de l'architecture présente au sein de l'association en vue de déceler les limites de la conduite et pouvoir déterminer des itinéraires techniques adaptés.
- « nutrition azotée », qui s'intéressait à la caractérisation du développement et la mise en place des nodosités ainsi que l'impact d'une application d'azote sur le développement des plantes et sur la récolte.
- « panel variétal », conduit durant les deux dernières années de projet, qui concernait une caractérisation de la réponse à la conduite en association du panel variétal disponible et en cours d'inscription pour chacune des deux espèces.
- « protection des cultures », qui suivait le développement d'itinéraires techniques adaptés aux cultures associées et intégrant des possibilités chimiques, mécaniques et/ou alternatives.

Pour chaque thématique, les expérimentations en micro-parcelles comprenaient des modalités en cultures associées ainsi que leurs équivalents en cultures pures. Les essais en micro-parcelles ont été menés dans la région de Gembloux (Belgique) dans des parcelles avec un précédent betterave, dans des sols limoneux sous climat tempéré. En parallèle, à partir de l'automne 2015 des essais en grandes parcelles ont été menés en collaboration avec un négoce en céréales en vue de valider les premiers résultats expérimentaux (firme Walagri, groupe Arvesta).

Les très nombreuses mesures expérimentales ont porté notamment sur l'évolution des biomasses de chacune des deux espèces, de leurs rapports, de la mise en place des composantes du rendement. L'initiation des nodosités, leurs nombres et leurs activités fixatrices ont été suivis de près ainsi que l'évolution au cours de la culture des teneurs en azote du sol et des plantes.

3. RESULTATS

3.1. Implantation de la culture

Une moisson réussie passe inévitablement par un itinéraire technique bien adapté. Cette obligation est d'autant plus nécessaire dans le cas de cultures associées intégrant plusieurs espèces avec leurs propres exigences, qui doivent être respectées sans toutefois pénaliser celles des associées.

Le respect de certains principes propres à l'implantation et le choix variétal, permet l'optimisation de l'expression des deux espèces, du semis à la récolte. Et cela, tout en limitant les risques d'accidents culturaux importants liés à l'intégration du pois protéagineux.

- Le choix variétal

Les caractéristiques variétales à respecter concernent différents aspects tels que la résistance à la verse et aux maladies, la taille de végétation, la précocité du développement et de la maturité ; permettant la synchronisation des croissances et de la récolte. Il est apparu rapidement qu'un caractère inhabituel devait aussi être pris en compte : le potentiel d'expressivité dans un système en association. Ces enseignements ont permis de déterminer comme « variété type », la variété Edgar en blé et Gangster en pois.

- Edgar : se singularise au sein du panel variétal notamment par la conjonction de ses très bonnes résistances aux maladies et à la verse. Sa longueur de paille et sa tenue de tige permettent une croissance synchronisée à celle du pois et principalement au stade épiaison qui constitue une caractéristique importante pour éviter les accidents de bris de tige. Sa précocité hâtive à la récolte lui permet de se rapprocher le plus de la maturité du pois. Cette variété montre également de très bonnes aptitudes à s'exprimer face aux phénomènes de dominances interspécifiques au sein de l'association. En termes d'aspect qualitatif de la récolte, sa prédisposition à produire des protéines permet également d'optimiser l'intérêt offert par l'association pour cet aspect de la production.
- Gangster : se caractérise surtout par une hauteur de végétation moyenne et un potentiel de rendement élevé s'exprimant bien lors de la conduite en association. Sa résistance aux maladies est correcte. En termes de précocité, le panel variétal en pois protéagineux d'hiver n'offre pas de grande variabilité.

Il est à noter qu'au cours de ces 6 années d'expérimentation, l'utilisation de variétés de pois protéagineux d'hiver sensibles à la photopériode a permis de mettre en évidence un intérêt envers ce type variétal. Cette caractéristique variétale (nommée HR) permet en effet d'offrir une stabilité interannuelle en termes de précocité à maturité, non négligeable face à la nécessité de synchronisation des deux espèces en culture associée. Malheureusement pour l'association, aucune variété de pois protéagineux d'hiver de ce type n'est actuellement disponible à la vente sur le marché des semences, mais de nouvelles sélections de variétés HR ont repris en France.

Par rapport aux disponibilités actuelles du marché semencier, nous montrons également un intérêt envers les cultivars Porthus, Kws Dorset et Albert en blé ainsi que Fresnel et Flokon en pois.

- L'implantation des cultures

Dans nos conditions, le semis doit respecter une période allant du 25 octobre au 15 novembre (sauf si utilisation d'une variété de pois sensible à la photopériode). Le semis peut être réalisé en une seule opération pour les deux espèces à une profondeur d'environ 3 cm. Il est important de veiller à choisir une parcelle ne présentant pas de problème de drainage particulier, le pois étant sensible à l'asphyxie racinaire. Les densités de semis à respecter sont de 200 grains/m² en blé et 50 grains/m² en pois. Ces densités permettent l'optimisation du système en termes de semences utilisées et le respect des interactions entre espèces. Le pois semé à 50 grains/m² conduit à une maximisation des paramètres « production de protéagineux » et « sécurité de rendement ». Cette densité permet en effet de produire un maximum de pois à la récolte tout en maîtrisant les phénomènes de verse liés à la culture du pois protéagineux. Le blé semé à une densité de 200 grains/m² permet quant à lui de maximiser l'expression de la céréale dans le mélange face à la dominance que représente l'espèce pois. Une densité de semis supérieure ne permet pas une expressivité supérieure de cette espèce selon les densités de semis de pois pratiquées (50 grains/m²). Une densité de semis plus faible conduira quant à elle à des proportions de blé moindre dans le mélange, tant lors du développement végétatif qu'à la récolte, couplée à une sensibilité à la verse plus marquée.

3.2. La fertilisation azotée

L'application d'azote sur les cultures associées peut être utile selon le contexte et les débouchés visés pour la récolte. La conduite sans application d'azote est tout à fait possible et permet d'obtenir des performances très intéressantes par rapport aux cultures pures. Toutefois, l'application d'azote permet d'optimiser les performances de l'association. Elle peut être considérée comme un outil de gestion de l'expression des deux espèces et d'optimisation de la qualité du grain de blé récolté.

La fertilisation azotée reste néanmoins un élément à utiliser de manière très précise et parcimonieuse. Son dosage et son stade d'application sont très importants en vue d'optimiser le développement des deux espèces et le respect de la « fertilisation naturelle » que représente la fixation de l'azote atmosphérique au niveau des nodosités présentes sur les racines de légumineuses. En effet, la présence d'azote au sein des horizons superficiels du sol, conduit à limiter le développement des nodosités sur le système racinaire des légumineuses (favorisé par des conditions pauvres en azote). Mais d'autre part, la satisfaction des besoins azotés constitue un élément particulièrement important pour le développement du blé et ce, du stade tallage jusqu'au stade remplissage du grain. Dès lors, une gestion inadéquate de l'élément azote peut limiter le potentiel de la culture de la légumineuse alors qu'il favorise celle de la céréale ou à contrario avoir des effets inverses pour la céréale.

Grâce aux différentes expérimentations menées sur la thématique de la nutrition azotée depuis 2012, nous avons pu mettre en évidence des règles respectant et optimisant le développement des deux espèces et leur intérêt dans l'association. Ces règles peuvent se résumer en deux grands points, se rapportant aux stades d'application :

- L'application au stade tallage-redressement du blé (BBCH 29-30).

Ce stade végétatif constitue le moment optimal pour une application azotée en blé, en vue de conserver les talles émises durant la phase de tallage et de ce fait optimiser leur développement. D'autre part, nos essais ont pu mettre en évidence que le stade végétatif atteint par les pois à ce stade (minimum 7-8 feuilles) correspond à une moindre sensibilité de l'élément azote sur le développement des nodosités. Grâce à ces caractéristiques, l'apport de faibles quantités d'azote de l'ordre de 40 kg/ha (dans des conditions de reliquats azotés standards), permet de favoriser significativement les proportions de céréales dans le mélange et de ce fait, sécuriser la tenue de la culture grâce à l'effet tuteur que représente la céréale pour le pois (Figure 1). Ces quantités d'azote sont rapidement assimilées par les plantes de blé, alors que l'initiation des nodosités sur le système racinaire des légumineuses est déjà bien en place, ce qui limite l'impact négatif précité.

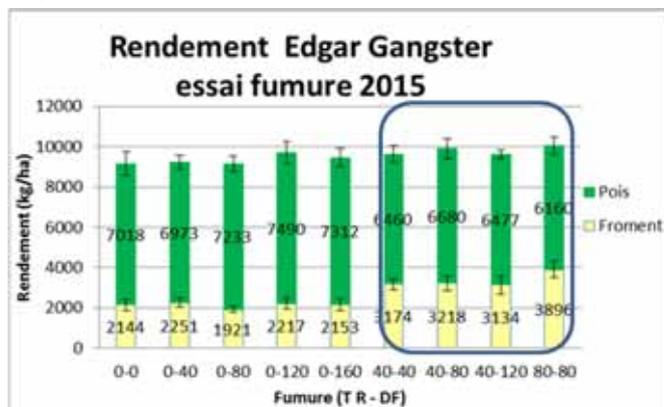


Figure 1: Résultats rendement grain essai fumure 2015 pour l'association des variétés de blé Edgar et de pois Gangster.

NB : Il est à noter que des quantités d'azote supérieures ou appliquées plus précocement ne montrent pas de performances significativement supérieures pour la céréale mais conduisent à une limitation significative du développement des nodosités du pois. A contrario, des applications trop tardives limiteront l'effet recherché pour la céréale.

- L'application au stade dernière feuille du blé (BBCH 39).

Ce stade végétatif constitue un stade clé pour stimuler par une nutrition azotée adéquate, le remplissage des grains de blé. Les essais ont pu largement mettre en évidence l'intérêt de l'association avec la légumineuse sur l'aspect qualitatif du grain de blé à la récolte. En effet, nous avons pu mettre en évidence la fertilisation naturelle complémentaire pour la céréale qui peut être fournie par la légumineuse en fin de végétation (Figure 2). Ce constat a essentiellement été mesuré sur l'état de nutrition azotée des plantes et sur les paramètres de qualité du grain de blé, bien meilleurs en culture associée qu'en culture pure de blé. Ces aspects très favorables ont pu être vérifiés sur les quantités d'azote dans la plante, le taux de protéines du grain, l'indice Zélény, le gluten index, la dureté du grain.

Toutefois, dans un souci d'optimiser le système de culture associée blé pois, la légumineuse ne permet pas à elle seule d'assouvir tous les besoins de la céréale. Une application d'azote au stade dernière feuille du blé de l'ordre de 60 kg/ha

permettra d'optimiser l'aspect qualitatif du blé récolté. Les résultats font apparaître que l'application de quantités plus importantes ne montrent aucun impact significatif tant sur l'aspect quantitatif que qualitatif de la récolte.

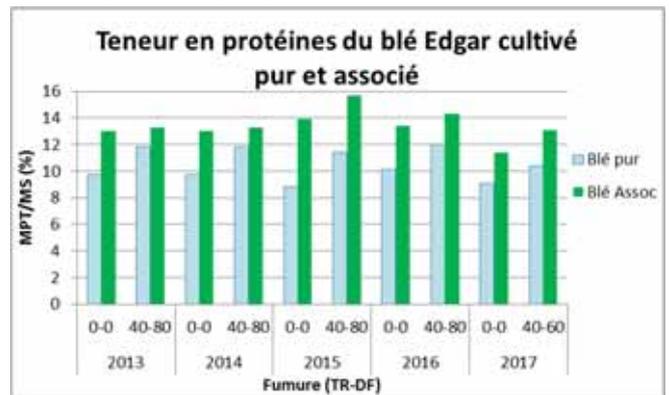


Figure 2: Résultats protéines du grain de blé au sein des essais cultures associées de 2013 à 2017

La fumure azotée n'est pas nécessaire en culture associée blé-pois mais peut constituer un outil de gestion des dominances et de la qualité de la récolte.

L'optimisation du système est obtenue par une application de 40 kgN/ha au stade tallage redressement, complété de 60 kgN/ha au stade dernière feuille du blé soit au total l'application de 100 kg d'azote par hectare alors que la majorité des céréales en Wallonie en demande le double pour optimiser leurs performances.

3.3. La protection des cultures

Les disponibilités en termes de protection phytosanitaire de type chimique sont assez limitées en culture associée. Cette constatation découle de l'obligation pour chaque utilisation d'avoir une agrégation à la fois en blé d'hiver et en pois protéagineux d'hiver. Néanmoins, certaines possibilités chimiques et alternatives existent et fonctionnent.

Avant toute chose, il est important de mettre en avant l'intérêt de l'association en termes de gestion naturelle des populations d'adventices, de maladies et de ravageurs. Ces observations ont été mises en évidence dans nos essais. Naturellement, le couvert plus important, les compétitions interspécifiques, l'architecture végétale, l'attraction pour différents auxiliaires permettent une gestion des pressions de ces aspects sous les seuils de nuisibilité. Pour exemple, une thèse menée à Gembloux Agro Bio Tech par T. Lopes (2016) a pu mettre en évidence une diminution significative des populations de pucerons en culture associée (Figure 3). Chaque espèce montre en effet une attraction différente d'auxiliaires aphidiphages, se nourrissant également des pucerons propres à l'espèce lui étant associée. L'association crée de ce fait un environnement plus diversifié et plus attrayant pour de nombreux auxiliaires et constitue de cette manière un moyen de contrôle biologique.

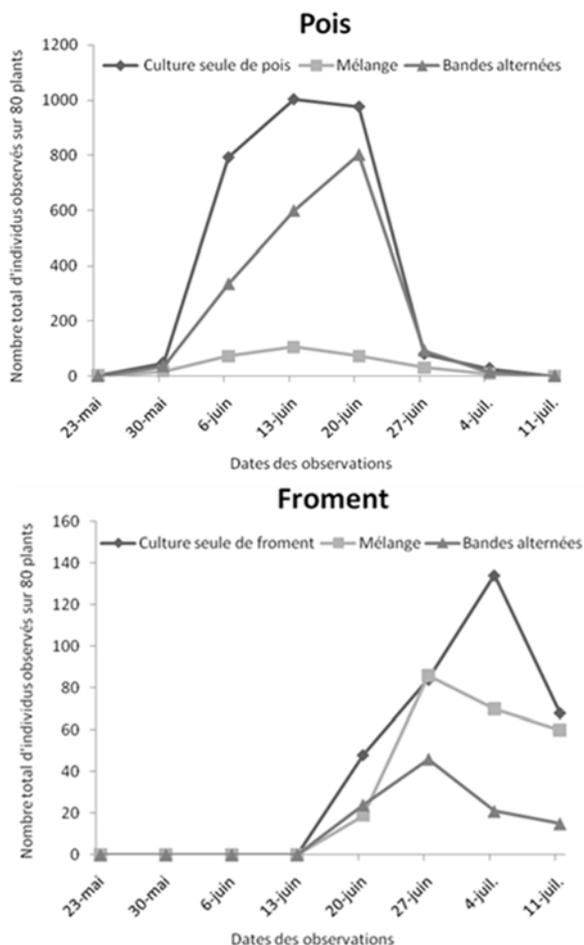


Figure 3: Evolution des populations de pucerons observées sur les plantes de blé et de pois entre le 23 mai et le 11 juillet 2012. (T. Lopes 2013).

En ce qui concerne le développement des adventices, la période de semis, les caractéristiques végétales en termes de densités et de couverture du sol limitent naturellement leur pression. Toutefois, en vue de sécuriser cet aspect au sein de parcelles particulièrement sales, nos essais ont pu mettre en évidence l'efficacité de techniques de désherbage mécanique, pouvant compléter les possibilités chimiques.

L'utilisation d'outils de désherbage mécanique peut être réalisé en culture associée de la reprise de végétation jusqu'au stade 1er nœud, moyennant le respect de certaines règles. Les limites sont essentiellement liées à l'espèce pois et ses caractéristiques végétales très sensibles à l'agressivité de ces outils à partir du stade élongation de la tige. En début de végétation (de la reprise de végétation printanière jusqu'au stade redressement du blé), l'utilisation de la houe rotative et de la roto étrille est préférable. Ces outils permettent en effet un travail homogène de la surface couverte tout en limitant les dégâts occasionnés aux espèces cultivées. L'utilisation de la herse étrille n'occasionne pas de dégâts significatifs aux cultures néanmoins dans le cas de conditions de sol encroutées, son travail concentré entre les lignes de semis limite son intérêt, du moins en premier passage.

En ce qui concerne les interventions au-delà du stade redressement du blé, elles correspondent à des stades de développement du pois plus importants. L'utilisation d'outils de désherbage mécanique devra alors être très limitée et réservée aux cas de salissement très important. L'utilisation de la roto-étrille est à proscrire. L'utilisation de la houe rotative ou de la herse étrille sera préférable afin de limiter les dégâts

occasionnés aux cultures et essentiellement aux pois.

De manière générale, face au nombre limité de matières actives agréées à la fois en céréales et en pois, il sera important de réaliser dès le départ, un bon choix variétal ainsi qu'une bonne implantation de la culture.

3.4. La récolte

Grâce à l'ensemble des enseignements acquis et le respect des différentes règles établies, la culture associée permet d'obtenir des performances supérieures à celles offertes par les mêmes espèces conduites en culture pure, tout en limitant très significativement les intrants nécessaires. Ces performances sont reconnues tant au niveau quantitatif que qualitatif.

En termes de quantités produites, la récolte de volumes similaires à une culture pure de blé, permet l'obtention d'un niveau de performance supérieur à celui offert par des cultures pures de pois et de blé, ramenée à une unité de surface équivalente et suivant les proportions d'implantation de chaque espèce dans l'association (Figure 4). De plus, la conduite en association permet de sécuriser la production de pois protéagineux, qui est actuellement encore très sensible à des problématiques de verse importantes en culture pure. Ces performances sont confirmées par le calcul de l'indice LER (Land Equivalent Ratio). Il est déterminé sur base des rendements en cultures pures et associées et permet de caractériser l'efficacité de la culture en mélange à utiliser plus ou moins bien les ressources du milieu par rapport aux cultures pures (Lithourgidis et al. 2011). Une valeur supérieure à 1 se traduit par une efficacité du mélange supérieure à la conduite en culture pure selon une proportion de 50/50 pour chaque espèce sur une même unité de surface. Dans le cas de nos essais, les valeurs obtenues pour le couple Edgar-Gangster ou équivalent, conduit selon l'itinéraire cultural conseillé fait apparaître des valeurs systématiquement supérieures à 1 (Tableau 1).

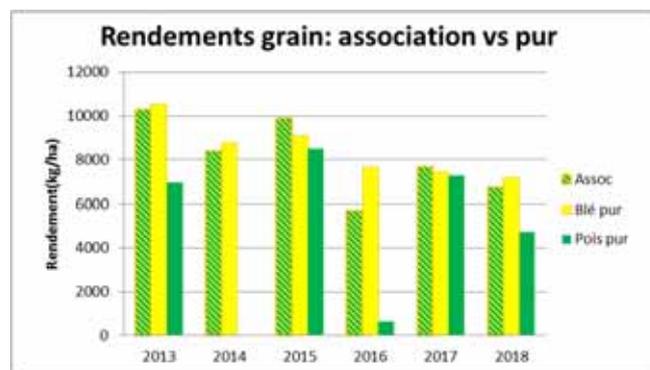


Figure 4: Comparaison des performances des cultures associées selon les modalités conseillées par rapport aux cultures pures. *: les astérisques désignent des problématiques de verse importantes pour les pois purs (2014 dégâts de grêles, impossibilité de récolter; 2016 pluviosité importante, récolte impossible en grande parcelle ~600kg/ha en essai)

Tableau 1: Indice LER pour le couple Edgar Gangster selon l'itinéraire cultural conseillé, pour les 6 années de projet.

$$LER = LER_{\text{pois}} + LER_{\text{blé}} = \frac{Rdt \text{ pois assoc}}{Rdt \text{ pois seul}} + \frac{Rdt \text{ blé assoc}}{Rdt \text{ blé seul}}$$

Land Equivalent Ratio récolte						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Edgar Gangster	1,14	>1	1,14	3,75	1,04	1,05

En ce qui concerne la qualité de la récolte, l'intégration du pois protéagineux permet la production de graines plus riches en protéines. Cependant, l'association avec une légumineuse permet bien plus et conduit à certaines synergies interspécifiques. Elles débouchent pour le grain de blé récolté, à l'obtention d'une qualité significativement supérieure aux

possibilités offertes par la conduite en culture pure (Tableau 2). En moyenne dans nos essais, la culture en association a permis l'obtention pour le grain de blé, d'un gain du taux de protéine de +3.46% sans fumure et de +2.46 % selon la fumure conseillée. Ces observations découlent également sur un bilan azoté significativement plus intéressant en culture associée. De plus, moyennant l'utilisation de variétés de blé prédisposées à offrir de la qualité, les caractéristiques à la récolte pour le grain permettent de répondre facilement aux normes de panification, voire même de blé améliorant. Pour exemple, l'utilisation de la variété Edgar a permis dans nos essais selon notre itinéraire cultural, l'obtention de qualité satisfaisant largement les normes de qualités boulangères « Synagra » en termes de protéines (min 12%), d'indice Zélény (min 37 ml) et de rapport Z/P (min 3) (Tableau 2).

Tableau 2 : Résultats de qualité du grain récolté en association pour les modalités sans fumure et 40-60 (BBCH 29/30 – 39) comparées aux cultures pures. Résultats pour les couples utilisant Edgar et Ivernel < 2015 ou Gangster > 2015. Les zones grisées ne répondent pas aux normes Synagra en termes de qualité boulangère.

			2013	2014	2015	2016	2017	2018
Assoc Sans fumure	Blé Edgar	MPT/MS (%)	13,0	13,5	13,9	13,4	11,4	9,8
		Zel (ml)	41,0	43,5	57,0	46,0	32,4	25,1
		Z/P	3,2	3,2	4,1	3,4	2,8	2,6
	Pois	MPT/MS (%)	21,3	23,5	20,4	23,0	22,4	17,7
Assoc Fumure 40-60	Blé Edgar	MPT/MS (%)	13,3	13,8	15,7	13,7	13,1	11,4
		Zel (ml)	46,0	52,0	74,0	50,0	42,8	37,1
		Z/P	3,5	3,7	4,7	3,7	3,3	3,2
	Pois	MPT/MS (%)	21,9	23,4	21,5	21,5	23,2	20,0
Pur	Blé Edgar	MPT/MS (%)	11,8	10,1	11,4	11,4	10,4	9,9
		Zel (ml)	37,0	43,0	44,0	32,0	27,1	30,3
		Z/P	3,1	4,3	3,9	2,8	2,6	3,1
	Pois	MPT/MS (%)	22,8		22,2	23,7	23,5	20,5

4. VALORISATION DE LA PRODUCTION

Au vu des résultats, les débouchés offerts par cette production peuvent être de différents types. Le mélange de grain peut directement être utilisé au niveau de l'exploitation pour l'alimentation des animaux. Hors exploitations, les fabricants d'aliments peuvent l'intégrer dans des rations animales en particulier pour les monogastriques et dans le cadre de productions animales différenciées.

Les grains des deux espèces peuvent être séparés par triage et valorisés pour le blé en meunerie et pour le pois par exemple pour l'extraction des protéines végétales par bioraffinage.

La qualité de la récolte lui confère en effet un intérêt majeur au vue des problématiques d'approvisionnement en protéines végétales de type non-OGM. De plus, l'aspect durable de ce type de culture à faible niveau d'intrant, permet de répondre au défi de l'agriculture de demain à savoir produire « mieux », en exploitant de façon optimale et complémentaire les ressources de l'écosystème.

De manière générale, le bilan économique est favorable envers la culture associée par rapport aux cultures pures. Le prix de revient des productions est en effet moins élevé en association qu'en culture pure pour une même unité de surface cultivée selon des proportions de 50% en blé et 50% en pois. Cette observation découle des quantités moindres d'intrant utilisées en association qui sont accompagnées d'un niveau de production plus intéressant. Cette analyse est déjà vraie sans l'intégration d'une valorisation de la qualité supérieure que peut offrir la récolte en association et qui couvre sans problème les éventuels frais de triage.

A l'heure actuelle, la valeur qualitative du grain récolté est reconnue en Belgique. Le groupe Harvesta, principal négoce en Belgique propose depuis 2018, des contrats de production de grains issus de la culture associée de pois protéagineux d'hiver et de blé d'hiver, selon un itinéraire technique établi avec notre collaboration. Les débouchés de cette production visent le bioraffinage des protéines de pois suivant un système de production faible intrant et offrant une sécurité interannuelle d'approvisionnement en termes de qualité et de quantité, qui

ne peut être garantie en culture de pois pur (ex : 2014 et 2016 dans nos essais (Figure 4)).

L'intérêt économique que peut représenter ce type de culture est également accentué en Région Wallonne, par l'attribution depuis 2018, de primes « Méthodes Agro-Environnementales et Climatique (MAEC) » pour ce type de démarche. Il s'agit de la Mesure de Base 6 (MB6) qui vise à soutenir les cultures à faible pression environnementale. Moyennant certaines obligations non limitantes, elles représentent une valeur de 240€ par hectare engagé.

5. CONCLUSIONS

Au terme de ces recherches, nous avons pu établir un itinéraire cultural fiable permettant la culture associée de blé d'hiver et de pois protéagineux d'hiver. Cette culture permet la production sûre, sécurisée et durable de quantités de matière sèche équivalentes à celles produites par les deux cultures pures, en améliorant le rendement en protéines et limitant les intrants nécessaires à ce niveau de performance. Cet itinéraire nécessite néanmoins une intégration plus fine des quantités d'intrants et de leur moment d'application.

Dans les faits, les performances observées par cette culture associée garantit la récolte de quantité, au minimum, similaire à celle des cultures pures. Cette observation rejoint les études

déjà menées sur le sujet et confirment la meilleure capacité des cultures associées à utiliser les ressources du milieu (Justes et al., 2014 et Corre-Hellou et al., 2014). La qualité, principalement d'un point de vue protéique, est quant à elle systématiquement supérieure à celle des cultures pures. Ces performances peuvent être obtenues sans application d'intrant azoté voire de protection phytosanitaire. Toutefois l'optimisation des performances et la sécurisation de l'état sanitaire peut être obtenue moyennant l'intégration de moins de la moitié des intrants intégrés en culture pure de céréales ou de pois protéagineux d'hiver et ce tant au niveau de la fumure azotée que des intrants phytosanitaires.

De plus, les résultats engendrés par nos essais ont permis de mettre en évidence la fiabilité de notre itinéraire cultural, au-delà de l'échelle expérimentale. Presque inexistante en 2012, cette culture fait déjà l'objet à l'heure actuelle d'un développement en grandes cultures. En 2019, près de 200ha ont été récoltés de manière contractuelle, et un développement exponentiel est visé par le secteur agro-alimentaire afin de répondre à des besoins d'approvisionnement en protéines végétales, qui plus est, s'intégrant dans des démarches d'agroécologie et de production locale. En 2020, plus de 600 ha en conventionnel et près de 100 ha en agriculture biologique devraient être récoltés de manière contractuelle.

Remerciements : Nous remercions la Direction Générale Opérationnelle Agriculture, Ressource Naturelle et Environnement du Service Public de Wallonie (SPW-DGO3), Direction de la Recherche, pour ses financements : projets D31-1311 ; D31-1346 et D31-1365

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CORRE-HELLOU G. ET AL. [2014]. *Interactions entre facteurs biotiques et fonctionnement des associations végétales*. Innovations agronomiques, 40, 25-42.
- JUSTES E. et al. [2014]. *Les processus de complémentarité de niches e de facilitation déterminent le fonctionnement des associations végétales et leurs efficacités pour l'acquisition des ressources abiotiques*. Innovations agronomiques, 40, 1-24.
- LITHOURGIDIS AS., VLACHOSTERGIOS DN., DORDAS CA., DAMALAS CA., [2011] *Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems*; European Journal of Agronomy, 34, 287-294
- MINCHIN F.R., BECANA M, SPRENT J.I., [1989]. Short-term inhibition of legume N₂ fixation by nitrate. II Nitrate effects on nodule oxygen diffusion. *Planta*, 180, 46-52
- NAUDIN Ch. and al [2010]. The effects of various dynamics of availability on winter pea-wheat intercrops: crop growth, N partitioning and symbiotic N₂ fixation. *Field crops Research*, 119, 2-11
- Lopes T. et al. [2013]. *Perspective : La culture en association de froment et de pois : une opportunité pour réduire l'abondance des pucerons en été*. Livre blanc Céréales-Gembloux, février 2013.
- Lopes T. [2016]. *Development of alternative methods to control aphids (Hemiptera: Aphididae) : from wheat-pea intercropping to the use of semiochemical dispensers*. Thèse Gembloux AgroBio-Tech.
- Sarunaite L. and al. [2010]. *Intercropping spring wheat with grain legume for increased production in an organic crop rotation*. *Zemdirbyste Agriculture* vol. 97, N°3 (2010), p. 51-58.