Association Blé d'hiver – Légumineuses de services

SYNTHESE DE 8 ANS D'ETUDE

Suite aux travaux conduits par l'ISARA-Lyon en Région Rhône-Alpes avec des agriculteurs partenaires, sur 4 saisons de production réparties sur 15 sites expérimentaux, ce document fournit des données synthétiques et pratiques sur les techniques utilisées et les résultats obtenus sur des associations de blé d'hiver-légumineuses fourragères en agriculture biologique.

SOMMAIRE

1. Enjeux et services attendus des associations
2. Contexte favorable d'implantation et développement
3. Choix du couvert de légumineuse
4. Influence de la fertilisation azotée
5. Pour une meilleure gestion du couvert

Olivier Duchêne, Florian Celette, Sylvain Vrignon-Brenas, Camille Amossé, Thomas Lhuillery, Christophe David.

Juillet 2016

Enjeux et services attendus des associations

Dans un contexte de réduction de l'utilisation d'intrants et de recherche de durabilité des systèmes de culture actuels, **l'implantation d'un couvert de légumineuses en association des cultures de rente** pourraient être une réponse pertinente, présentant de nombreux intérêts.

Services reconnus et étudiés sur nos sites expérimentaux:

- **Enrichissement du système de culture en azote**
- **Régulation des adventices**

Autres services reconnus dans la bibliographie :

- Régulation des bio-agresseurs
- Amélioration du système sol (structure, matière organique, infiltration, vie biologique…)
- Amélioration de la biodisponibilité de certains nutriments (phosphore)

Les travaux effectués au sein de l'unité Agroécologie & Environnement de l'ISARA-Lyon s'intéressent aux systèmes de **blé d'hiver** (*Triticum aestivum*) associé à un couvert de légumineuses, qui correspondent à des couverts mono-spécifiques de **trèfle violet (TVP),** de **trèfle blanc (TBP et TBA),** de **luzerne (L)** et de **minette (Mi)** ainsi que des couverts pluri-spécifiques de **trèfle blanc, pois d'hiver et féverole (M1)** ou de **trèfle blanc géant & trèfle blanc nain (M2).**

Les couverts sont implantés suivant deux modes d'association: **en association-relais,** semés sous le blé au printemps (TVP, TBP, L & Mi), **et en association simultanée,** semés à l'automne avec le blé (TBA, M1 et M2). Tous sont semés à la volée à l'aide d'un semoir centrifuge manuel à la densité de 800

graines/m² pour les couverts mono-spécifiques. Le mélange M2 est semé à la densité de 600 graines/m² (300 graines/m² pour chaque trèfle blanc, nain et géant) ; le mélange M1 est semé à la densité de 300 graines/m² pour le trèfle, 30 graines/m² pour le pois et 12 graines/m² pour la féverole. Le blé, quant à lui, est semé à la densité de 200 kg/ha par l'agriculteur.

Les résultats collectés et analysés ont permis de mettre en évidence le rôle majeur du couvert de légumineuses dans la **réduction de la pression d'adventices et l'apport additionnel d'azote** au système de culture. Ces deux services sont particulièrement profitables dans le cadre de l'agriculture biologique qui ne dispose d'aucun recours chimique pour lutter contre les adventices et présente des déficiences d'azote souvent plus importantes qu'en agriculture conventionnelle. Elle peut également être intéressante dans une démarche d'agriculture à bas intrants.

1- TV. *Trifolium pratense**

2- TB. *Trifolium repens**

3- Pois. *Pisum sativum**

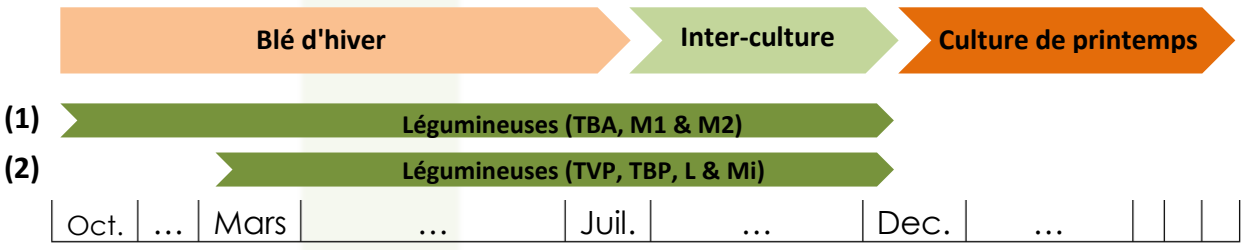
4- Mi. *Medicago lupulina**

5- L. *Medicago sativa**

6-Féverole. *Vicia faba**

* *Source des clichés : www.tela-botanica.org*

Les modes d'associations



(1) Association simultanée (2) Association-relais

Développement du couvert avant la récolte du blé:

Trèfle blanc semé au printemps sous le blé en association-relais

Développement du couvert avant la récolte du blé:

Trèfle blanc semé à l'automne avec le blé en association simultanée

Contexte favorable d'implantation et de développement

Le contexte pédoclimatique (sol, températures, précipitations) des associations blé d'hiver – légumineuses n'apparaît pas déterminant dans la capacité de réussite de l'association. Cependant, son influence demeure importante et nécessite d'être intégrée dans la gestion de l'association afin d'optimiser le développement du couvert de légumineuse.

Le sol

Le sol peut impacter la réussite de l'association à deux moments différents qui sont l'implantation et la phase de développement du couvert.

Dans le cas de sols à dominance de limons, **l'apparition d'une croûte de battance pénalise souvent la levée des légumineuses** dans le cadre des associations-relais où le couvert est semé au printemps. A l'inverse, la levée observée est souvent meilleure sur sols sableux où ces phénomènes de croûte de battance sont évités.

En revanche, le développement du couvert à la fin de l'association et surtout pendant l'été dépend beaucoup de l'eau disponible et une texture plus fine (argiles ou limons) va favoriser la croissance du couvert. Une meilleure réserve utile est également susceptible de diminuer la compétition qui pourrait apparaitre entre couvert et blé associé, notamment dans le cadre d'associations simultanées (couvert et blé semés à l'automne) ou de situations avec des précipitations limitantes.

Les températures

L'activité photosynthétique, et donc la croissance des légumineuses, dépendent de la quantité de lumière incidente reçue et des températures journalières. L'observation du cumul des températures indique un développement optimal du couvert lorsque que le cumul atteint **1900 degré-jour à la récolte du blé**. Sous ce seuil, la température est un facteur limitant qui, sans compromettre irrémédiablement la réussite de l'association, réduit le potentiel de régulation des "adventices" par le couvert et/ou la fourniture d'azote.

Les précipitations

Les précipitations peuvent également devenir limitantes lorsqu'elles ne permettent pas au couvert de produire une biomasse suffisante pour garantir les services attendus *(cf choix du couvert de légumineuses)*. Par exemple, un cumul de précipitations de l'ordre de **300mm pendant la phase d'association** semble nécessaire pour garantir une croissance suffisante du couvert. A noter

que les expérimentations conduites ont montré qu'une croissance limitante du couvert pendant la phase d'association pouvait en partie être compensée par un cumul de précipitations estivales supérieur à **200mm**. Si ces niveaux de précipitations ne sont pas souvent atteints en région Rhône-Alpes, ce résultat suggère qu'il pourrait être intéressant d'irriguer un couvert dont le développement serait limité à la récolte du blé pour favoriser son développement. Cette technique ne peut par contre être envisagée que dans les situations où la densité de légumineuse levée est suffisante (cf. ci-dessous) et le salissement à la récolte du blé limité pour éviter que les adventices profitent de cette eau supplémentaire au détriment du couvert.

Densité de légumineuses

En plus des conditions pédoclimatiques, un salissement trop important des parcelles lors du semis des légumineuses ainsi qu'une forte pression de limace peuvent significativement amputer la levée du couvert et pénaliser la réussite de l'association de culture. Par ailleurs, l'utilisation du semis à la volée est la méthode la plus facile à mettre en œuvre dans un contexte d'expérimentation mais ne permet pas d'obtenir des conditions optimales de germination et de levée (taux de levée moyen de 30%). De manière générale, dans le cas des trèfles étudiés sur nos essais, la croissance en biomasse des légumineuses est significativement plus élevée à la récolte du blé lorsque la densité de légumineuses est supérieure à **260 plantes/m² au stade de floraison** du blé. Dans les situations étudiées où la densité du couvert était inférieure à ce seuil, le développement du couvert est demeuré très faible à la récolte (<200 kg/ha).

Les photos ci-dessous présentent un cas de phase d'émergence des légumineuses sur un sol de limon fin, où la battance peut obstruer la levée, mais où les adventices semblent suffisamment bien maitrisées pour éviter toute concurrence précoce avec les légumineuses. Cette parcelle est majoritairement colonisée par des matricaires.

Choix du couvert de légumineuse

Le choix de la légumineuse et du mode d'association repose principalement sur les objectifs de biomasse de couvert de légumineuse à atteindre pendant la phase d'association (du semis du couvert jusqu'à la récolte du blé) et pendant la phase d'inter-culture (de la récolte du blé à la destruction du couvert) sans mettre en péril les performances du blé associé.

Indicateurs

- Dans les situations testées, **aucun effet dépressif significatif sur le rendement "grain" de blé** du fait de la présence d'un couvert de légumineuse associé n'a été observé.

  *En comparaison du blé en culture pure dans les mêmes conditions (de l'ordre de 25 quintaux/ha pour les sites les moins performants et de **40 quintaux/ha pour les sites les plus performants en conditions non fertilisées**)*

- Un développement du couvert inférieur à 20% de la biomasse de blé à la récolte n'a **pas d'effet dépressif sur la qualité du grain** (taux protéique)

  *Un développement >20% par rapport à la biomasse de blé peut affecter la disponibilité des ressources, en particulier sur les parcelles les moins fertiles. **En conditions non fertilisées, cette compétition peut se traduire par une diminution du taux protéique des grains de blé (entre 0 et 1% de réduction dans les situations étudiées)***

- Un développement du couvert égal à 0,5 tonne de matière sèche (MS) par hectare à la récolte du blé assure une **biomasse de légumineuse d'au moins 2 tonnes** en fin d'été

  Défini pour les couverts de trèfles. Sous ce seuil, l'obtention de 2 tonnes de légumineuse en fin d'été est plus variable et plus sensible aux situations de stress hydrique

- L'obtention d'une biomasse du couvert supérieure à 2 tonnes de matière sèche par hectare début septembre a permis la **réduction de 90% des adventices** pendant l'inter-culture et assuré une **restitution d'au moins 60 kg d'azote** par hectare pour la culture suivante.

  *La restitution d'azote se traduit par **un gain de rendement de la culture suivante (maïs) d'au moins 30% (+2,5 à 4 tonnes MS/ha)***

Couvert de trèfle blanc semé à l'automne atteignant plus de 2 tonnes de matière sèche par hectare fin septembre.

Le recouvrement complet du sol par le trèfle permet le contrôle quasi-total des adventices.

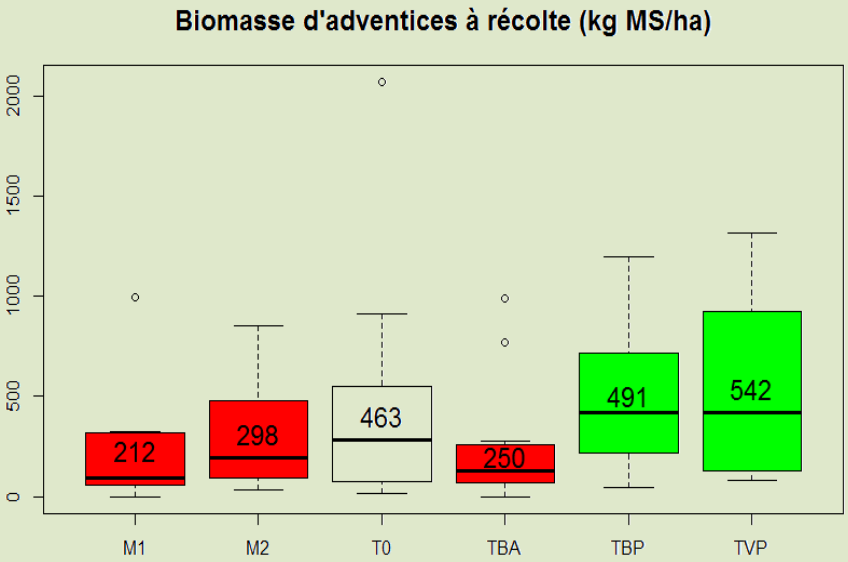
La restitution d'azote dans le système est d'au moins 60 kg/ha avec un potentiel de plus de 100 kg/ha.

Comportement des différents couverts

Les modes d'associations

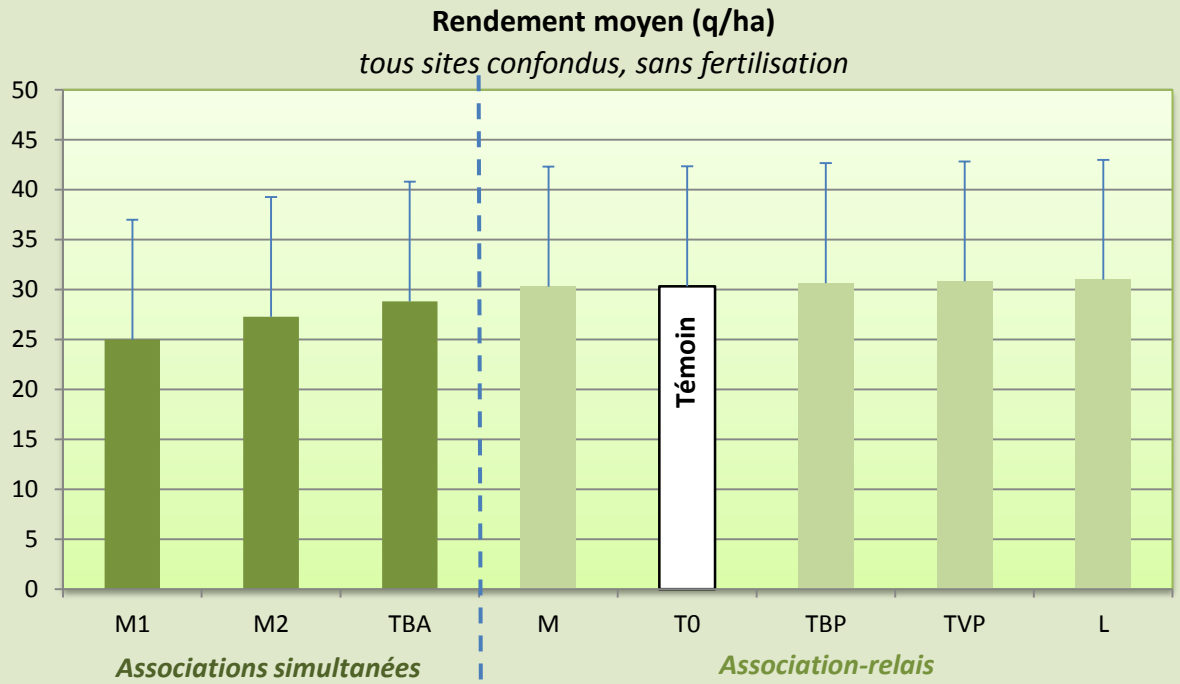
Les couverts implantés en association simultanée **(M1, M2 & TBA)** permettent d'obtenir une biomasse aérienne de légumineuses supérieure durant la phase d'association, favorisant un contrôle plus précoce des adventices et atteignant le seuil de 0.5 tonne de matière sèche/ha dans plus de 80% des cas. En revanche, le risque de compétition avec le blé en fin de phase d'association est plus important (70% des cas étudiés présentent des niveaux de biomasses élevées en fin d'association).

Même si aucune différence significative n'a pu être mis en évidence, les associations simultanées (en rouge) suggère un contrôle plus important des adventices à la récolte du blé que les associations-relais (en vert). Concernant la saison 2014-2015, les adventices sont maintenues sous le seuil de 300 kg/ha en moyenne à la récolte. Le traitement M1 indique la meilleure performance, ce qui s'explique par son niveau élevé de production de biomasse (cf. « les espèces de légumineuses »).



Saison 2014-2015, sans fertilisation

En association-relais **(TVP, TBP, Mi & L)**, le risque de compétition avec le blé est très limité (seulement 19% des cas représente une biomasse supérieure à 20% du blé à récolte) mais l'atteinte des objectifs de biomasse de légumineuse sont plus incertains avec environ la moitié des cas qui n'atteignent pas les seuils déterminés à la récolte ou en fin d'été.



L'obtention du rendement de grain du blé ne démontre pas de différence significative entre les différents couverts de légumineuses et le témoin. Cependant, l'observation des niveaux de rendement moyens en conditions non fertilisées (de 25 à 31 quintaux par hectare) indique une moins bonne performance des associations simultanées (M1, M2 & TBA), en particulier du couvert M1 (25 quintaux/ha), alors que les associations-relais (TBP, TVP, M & L) sont très similaires entre elles et non différentes du traitement témoin (T0, 30,3 quintaux/ha).

Ces observations traduisent la capacité des couverts de légumineuses de ne pas concurrencer le blé en ayant recours à des ressources différentes mais suggèrent qu'un développement trop important des légumineuses pendant la phase d'association, plus fréquents en association simultanée *(cf « les espèces de légumineuses »)*, peut devenir générer de la compétition et influencer à la baisse le rendement du blé.

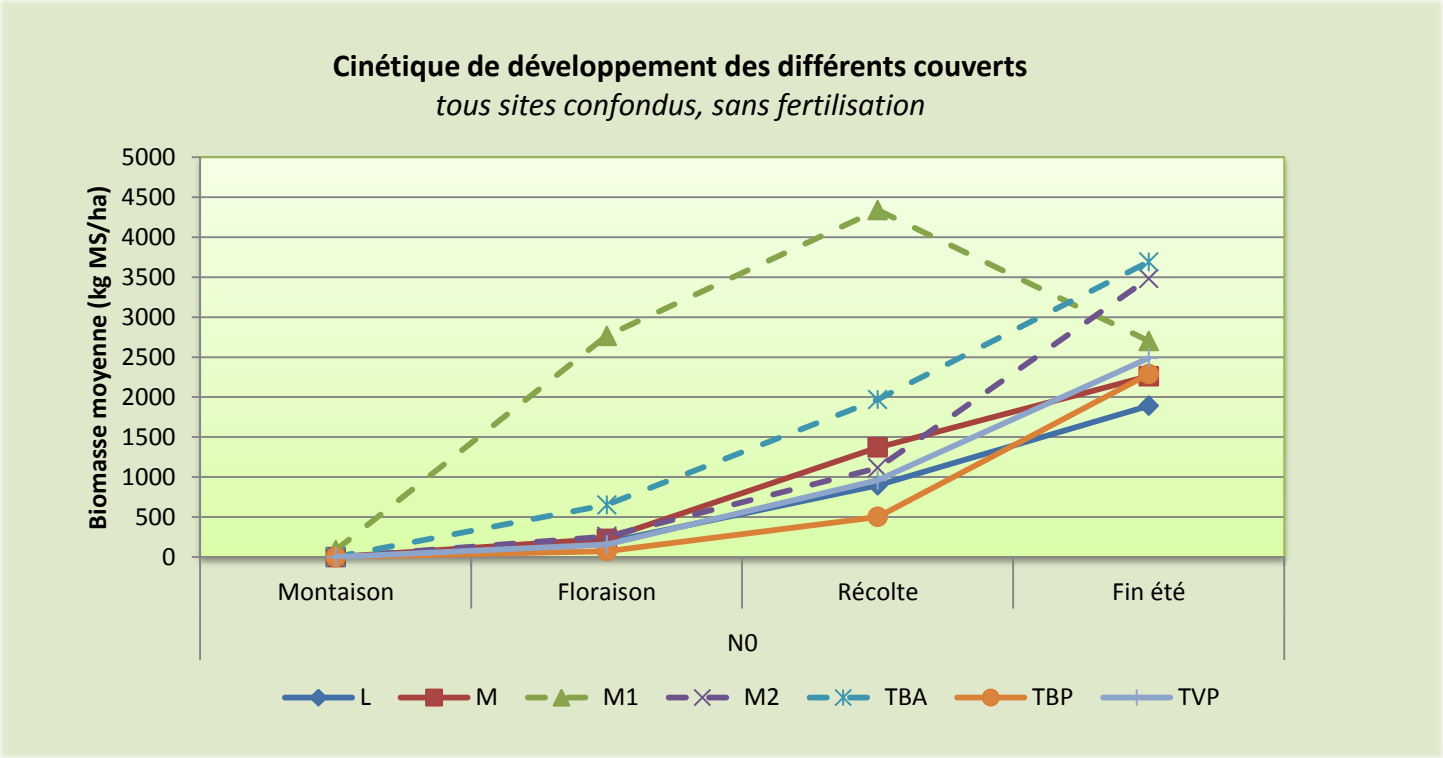
Les espèces de légumineuses

		Couvert (N0)	Biomasse à récolte (seuil = 0,50 t/ha)	Biomasse en fin d'été (seuil = 2,0 t/ha)
			Moyenne en tonnes de matière sèche par hectare (% des échantillons au-dessus du seuil défini)	
Association	**Relais**	TVP	0,96 **(50%)**	2,5 **(55%)**
		TBP	0,50 **(32%)**	2,3 **(48%)**
		Mi	1,4 **(33%)**	2,3 **(48%)**
		L	0,90 **(37%)**	1,9 **(43%)**
	Simultanée	TBA	2,0 **(83%)**	3,7 **(87%)**
		M2	1,1 **(75%)**	3,5 **(75%)**
		M1	4,3 **(100%)**	2,7 **(67%)**

- Les couverts monospécifiques

Le trèfle blanc en association-relais (TBP), présente les moins bons résultats en termes de production de biomasse à la récolte en raison d'une dynamique de croissance trop lente et d'un port ras pendant la phase d'association**: il produit entre 0,4 et 0,5 tonne de moins à la récolte que** la luzerne et le trèfle violet **et presque une tonne de moins que** la minette. Ces différences s'expliquent notamment par la capacité des différentes espèces à capter de la lumière en fonction de leurs traits architecturaux respectifs. Ces écarts de développement sont largement réduits pendant la phase d'inter-culture où les biomasses de légumineuses sont comprises entre 2,3 et 2,5 tonnes de matière sèche/ha à la fin de l'été, à l'exception de la luzerne qui reste en moyenne sous le seuil de 2 tonnes. Parmi tous les couverts en association-relais, le trèfle violet indique, à récolte et en fin d'été, **la meilleure probabilité d'obtenir les seuils de biomasse définis** (55% de validation du seuil de 2 tonnes MS/ha en fin d'été).

En association simultanée (TBA), en revanche, l'implantation plus précoce du trèfle blanc permet un **meilleur développement du couvert**, qui peut atteindre 2t/ha en moyenne dès la récolte et **atteint dans 85% des cas les objectifs de biomasse** qui garantissent les services agro-écologiques attendus.



- Les couverts plurispécifiques

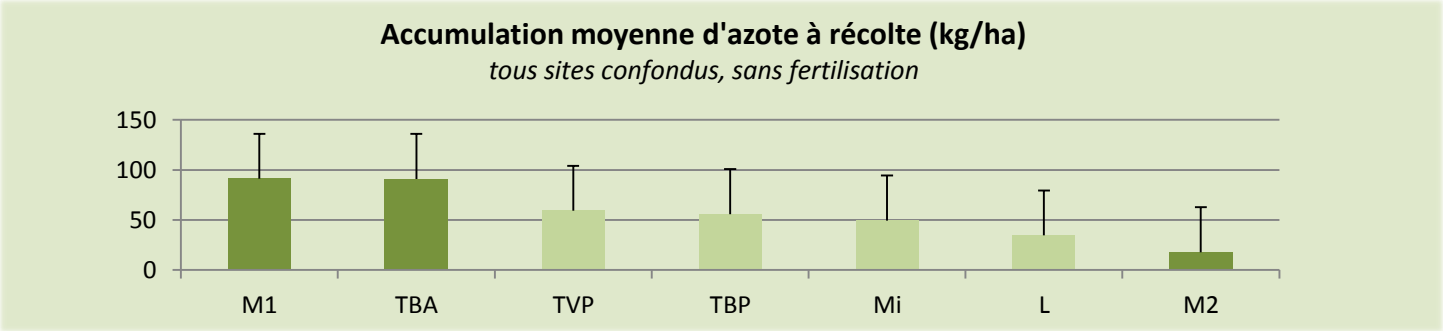
Le mélange de trèfles blancs (M2) présente un comportement très semblable au couvert de trèfle blanc monospécifique dans les mêmes conditions (TBA). Cependant, **le niveau de production de biomasse apparaît moins élevé,** en particulier au stade de récolte du blé avec une différence significative d'**environ une tonne de matière sèche de moins.** Cet écart est fortement réduit pendant la phase d'inter-culture où les niveaux de biomasse de TBA et M2 sont semblables (3,7 & 3,5 tonnes de matière sèche/ha).

Le mélange de trèfle, pois & féverole (M1) se différencie nettement des autres couverts en raison de la présence de protéagineux. Ce couvert **produit une biomasse significativement supérieure aux couverts de trèfles à la récolte** (plus de 4t MS/ha). Même si cette performance n'indique pas de différence significative en termes de contrôle des adventices ou de rendement du blé, on observe malgré tout une baisse plus prononcée des adventices à la récolte ainsi que des niveaux de rendement du plus faibles *(cf comportement des couverts en fonction des modes d'association)*. Par

ailleurs, le cycle de végétation des protéagineux est beaucoup plus court que celui des trèfles, proche de celui du blé, ce qui induit une **diminution importante du couvert en fin été avec une perte de biomasse de légumineuses d'en moyenne 38%** et un tiers des traitements sous le seuil des 2t/ha (dessèchement des plantes + exportation de biomasse pendant la récolte). Ce comportement suggère une inadaptabilité de ce type de couvert qui, en dépit de proposer un contrôle des adventices plus précoce pendant la phase d'association, peut devenir trop compétitif pour le blé et/ou trop peu vigoureux pendant la phase d'inter-culture (fin de cycle du pois et de la féverole) pour assurer un contrôle optimale des adventices.

Comportement des différents couverts pour l'accumulation d'azote

L'enrichissement du sol en azote au bénéfice de la culture suivante – au moins +30% de rendement (de 8,5 à presque 12 tonnes MS/ha) sur le maïs irrigué suivant – **est directement tributaire de l'activité fixatrice et de l'accumulation d'azote réalisées par les légumineuses**. Cependant, il est particulièrement difficile de déterminer avec précision la fraction d'azote accumulée qui sera effectivement disponible et utilisée par le maïs l'année suivante. Cette fraction est dépendante de facteurs climatiques (températures, humidité), pédologiques (texture, structure, matière organique, CEC) et biologiques (macro/micro-faune), qui influencent tous la dynamique de minéralisation de l'azote dans le sol ainsi que la capacité de stockage et de restitution de celui-ci. Suivant les conditions pédoclimatiques et les espèces étudiées, **70 à 96% de l'azote accumulé par les légumineuses provient de l'azote atmosphérique.** Ceci explique la capacité des couverts à ne pas concurrencer significativement le blé et indique un fort potentiel d'enrichissement du système en azote. **L'azote accumulé** dans les parties aériennes des légumineuses **varie entre 20 et 140 kg/ha lors de la récolte** du blé et est **d'au moins 80kg/ha en fin d'été** (jusqu'à plus de 200kg). Les associations simultanées (à l'exception de M2) permettent d'obtenir les meilleurs résultats grâce à une production de biomasse plus importante. Le trèfle blanc semble offrir le meilleur potentiel d'accumulation si le couvert est maintenu pendant la phase d'inter-culture.



Influence de la fertilisation azotée

L'application de fertilisation azotée organique **influe significativement sur la dynamique de l'association et permet de favoriser la croissance du blé au détriment, souvent, de la légumineuse,** qui est moins compétitive pour l'acquisition de cette ressource.

L'apport de 100 unités d'azote organique sous forme de farine de plumes améliorées (Biovi 10-1-1) (25 à 45 unités effectivement consommées) en début de printemps (N1):

✓ **augmente de 40%** en moyenne le rendement « grain » de blé.

*Correspond à augmentation de l'ordre de 15 quintaux/ha, les meilleures performances indiquant environ **40 quintaux sans fertilisation** (N0) et **55 quintaux avec fertilisation** (N1)*

✓ **augmente de 5 à 10%** le taux protéique des grains de blé à la récolte.

*Taux protéique moyen maximum par site de **10,4% sans fertilisation** (N0) et de **11,9% avec fertilisation** (N1)*

✗ **réduit de 16 à 65%** la biomasse de légumineuse à la récolte et de 30 à 50% à la fin de l'été.

✗ **augmente de 40 à 80%** la biomasse d'adventices à la récolte

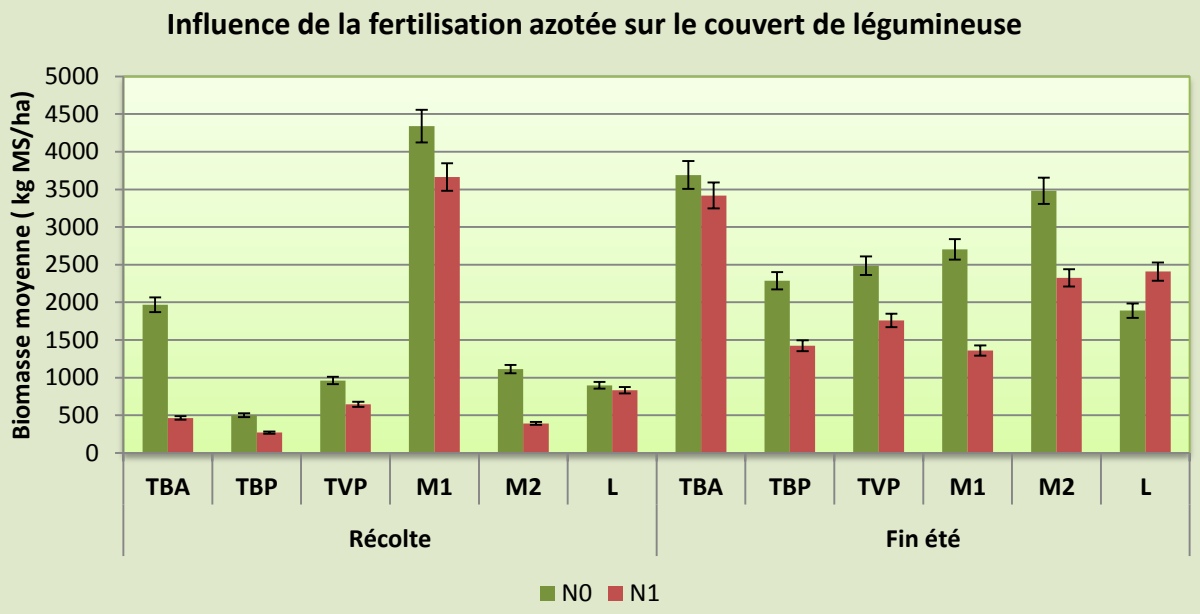
Comportement des différents couverts

Les associations simultanées **réduisent l'effet négatif de la fertilisation de printemps** sur le couvert de légumineuses (moins de concurrence avec le blé en début de cycle) et rattrape mieux leur potentiel de croissance pendant la phase d'inter-culture. Ainsi, le couvert TBA indique une biomasse 1,5 fois supérieure à celle de TBP en fin d'été, où l'impact de la fertilisation est respectivement de -20 et -56%. Seuls les couverts de trèfles en associations simultanées (TBA & M2) indiquent une moyenne de biomasse supérieure au seuil de 2t/ha en fin d'été.

Les espèces de légumineuses sont toutes affectées par l'apport d'azote. Néanmoins le mélange de légumineuses associant des protéagineux (M1) indique un comportement inverse du reste des couverts: il est **le moins affecté au stade de récolte du blé (-16%) et le plus au stade de fin d'été (-50%)**. Ceci indique une meilleure compétitivité du pois et de la féverole face au blé mais semble précipiter la dégénérescence du couvert pendant la phase d'inter-culture.

Au contraire, l'ensemble des couverts de trèfles sont plus affectés par la fertilisation à la récolte mais reviennent à un niveau de croissance comparable à la situation non fertilisée pendant l'été. Le trèfle violet démontre une plus grande sensibilité à l'apport exogène d'azote par une diminution plus importante de l'azote accumulée dans ses tissus. Cependant sa production de biomasse demeure plus élevée que celle du trèfle blanc semé au printemps (TBP).

Situation moyenne des différents couverts (minette non inclue)



Si en moyenne tous les types de couverts sont capables de répondre aux objectifs de développement en fin d'été lorsque le blé n'est pas fertilisé (à l'exception de la luzerne), seuls les couverts de légumineuses semés à l'automne atteignent un développement suffisant (2 tonnes de matière sèche par hectare) pour garantir les services attendus lorsqu'une fertilisation azotée organique de printemps est apportée.

Pour une meilleure gestion du couvert

L'implantation d'association blé d'hiver – légumineuses implique la gestion d'un **couvert végétal diversifié et plus complexe**, où la nature des relations de concurrence et de complémentarité entre les espèces est déterminante.

La variabilité des données disponibles et **l'absence de référentiels** demeurent un frein conséquent au développement des associations de culture où l'influence des facteurs contextuels biotiques et abiotiques est importante.

Dans ce cadre, la gestion des associations doit **s'appuyer sur l'observation régulière des parcelles** et **utiliser à son avantage les leviers de gestion** mis en avant ici – mode d'association, espèce de légumineuse, fertilisation – dans le but d'atteindre les objectifs de rendement de blé tout en bénéficiant des services rendus par le couvert de légumineuses (suppression des adventices, restitution d'azote).

Les points clés

Atteindre les objectifs de biomasse et optimiser la fourniture de services agronomiques

- Favoriser les associations simultanées dans les parcelles où les conditions le permettent (fertilité et réserve utile suffisantes) mais en choisissant une/des espèce(s) peu concurrentielle(s) pour le blé.

- Dans le cas d'une association-relais, favoriser le trèfle violet, qui demeure plus productif que le trèfle blanc (47% de validation du seuil de 2 tonnes MS/ha contre 36%)

- Assurer l'émergence des légumineuses en effectuant un désherbage post-semis afin d'éviter toute concurrence précoce entre légumineuses et adventices

- Utiliser systématiquement un produit anti-limace pour les associations-relais en conditions humide et fraîche lors de la phase d'émergence des légumineuses

- Etre vigilant au phénomène de battance pendant la phase d'émergence des légumineuses

- Eventuellement en situation sèche, optimiser la croissance des légumineuses en été par l'irrigation

Limiter la concurrence et conserver la qualité du rendement de blé

- Eviter les couverts produisant des niveaux de biomasse trop élevés (M1)

- Moduler l'apport de fertilisation azotée au printemps en fonction du développement du couvert

- Contrairement aux couverts de trèfles ou de luzerne, les protéagineux comme le pois ou la féverole, d'une plus grande taille, peuvent altérer la propreté de la récolte de blé en étant également prélevés par la barre de coupe lors de la moisson.

24 septembre 2015 – couverts de trèfles sur site

Quelques références scientifiques associées à ces travaux…

AMOSSÉ Camille, JEUFFROY Marie-Hélène, CELETTE Florian, DAVID Christophe. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production.European Journal of Agronomy, [en ligne]. 2013a, Vol. 49, pp. 158-167.Disponible sur : 10.1016/j.eja.2013.04.002 ISSN 11610301.

AMOSSÉ Camille, JEUFFROY Marie-Hélène, DAVID Christophe. Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: Effects on performance and resource availability.Field Crops Research, [en ligne]. 2013b, Vol. 145, pp. 78-87.Disponible sur : 10.1016/j.fcr.2013.02.010 ISSN 03784290.

AMOSSÉ Camille, JEUFFROY Marie-Hélène, MARY Bruno, DAVID Christophe. Contribution of relay intercropping with legume cover crops on nitrogen dynamics in organic grain systems.Nutrient Cycling in Agroecosystems, [en ligne]. 2014, Vol. 98, n° 1, pp. 1-14.Disponible sur : 10.1007/s10705-013-9591-8 ISSN 1385-1314, 1573-0867.

VALANTIN-MORISON M., DAVID Christophe, CADOUX S., LORIN M., AMOSSÉ Camille, BASSET A. Association d'une culture de rente et espèces compagnes permettant la fourniture de services écosystémiques. Innovations Agronomiques, 2014,

VRIGNON-BRENAS Sylvain, CELETTE Florian, AMOSSÉ Camille, DAVID Christophe. Effect of spring fertilization on ecosystem services of organic wheat and clover relay intercrops.European Journal of Agronomy, [en ligne]. 2016a, Vol. 73, pp. 73-82.Disponible sur : 10.1016/j.eja.2015.10.011 ISSN 1161-0301.

VRIGNON-BRENAS Sylvain, CELETTE Florian, PIQUET-PISSALOUX Agnès, JEUFFROY Marie-Hélène, DAVID Christophe. Early assessment of ecological services provided by forage legumes in relay intercropping.European Journal of Agronomy, [en ligne]. 2016b, Vol. 75, pp. 89-98.Disponible sur : 10.1016/j.eja.2016.01.011 ISSN 1161-0301.

isaralyon
AGRAPOLE - 23 rue Jean Baldassini
F - 69364 LYON CEDEX 07