HAL open science

Les CIMS pour améliorer la productivité en Agriculture Biologique dans les systèmes de culture assolés

Raphael Charles, Marina Wendling, Lucie Buchi, Marion Casagrande, Florian Celette, Laurence Fontaine, Claire Jouany

To cite this version:

Raphael Charles, Marina Wendling, Lucie Buchi, Marion Casagrande, Florian Celette, et al.. Les CIMS pour améliorer la productivité en Agriculture Biologique dans les systèmes de culture assolés. Innovations Agronomiques, 2017, 62, pp.131-141. 10.15454/1.517407968140441E12 . hal-02627802

HAL Id: hal-02627802

https://hal.inrae.fr/hal-02627802v1

Submitted on 26 May 2020

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

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

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Innovations Agronomiques 62 (2017), 131-141

Les CIMS pour améliorer la productivité en Agriculture Biologique dans les systèmes de culture assolés

Charles R.[1], Wendling M.[1], Büchi L.[2], Casagrande M.[3], Celette F.[4], Fontaine L.[5], Jouany C.[6]

[1] FiBL Antenne romande, Département Vulgarisation, formation, communication, 3 Avenue des Jordils, CH-1001 Lausanne

[2] Agroscope, DSR Systèmes de production Plantes, Route de Duillier 50, CH-1260 Nyon

[3] ITAB Rhône-Alpes, Agronomie et Systèmes, 2485 Route des Pécolets, F-26800 Etoile sur Rhône

[4] ISARA Lyon, Unité Agro-écologie et Environnement (AGE), Agrapôle, 23 rue Jean Baldassini, F-69364 Lyon

[5] ITAB Pays de la Loire, Grandes Cultures, 9 rue André Brouard, F- 49100 Angers

[6] INRA UMR AGIR, Centre INRA Occitanie-Toulouse, F-31326 Castanet-Tolosan

Correspondance : raphael.charles@fibl.org

Résumé

Les cultures intermédiaires multi services, ou CIMS, jouent un rôle essentiel en agriculture biologique (AB) du fait des nombreux services écosystémiques qu'elles peuvent rendre. La capacité des CIMS à apporter des nutriments à la culture suivante est particulièrement intéressante en AB en raison de la faible disponibilité en engrais. Les CIMS visent également de maintenir la teneur en matière organique des sols essentielle à leur fertilité en compensant les exportations des récoltes. Elles représentent aussi un moyen de lutte efficace contre les bioagresseurs, en particulier les adventices, par une compétition directe pour les ressources ou par des modifications du milieu de croissance. Le contrôle des maladies et ravageurs par les CIMS se fait principalement par la création de conditions favorables au maintien et au développement d'organismes bénéfiques. Dans certaines conditions, une régulation directe est également possible. Enfin, les CIMS sont un facteur important de promotion de la biodiversité. Les services recherchés varient fortement selon la typologie de l'exploitation. Alors que les exploitations de grandes cultures sans élevage chercheront à maintenir la teneur en matière organique et à maximiser l'apport d'azote par les CIMS, l'objectif prioritaire des exploitations maraîchères sera de contrôler la pression des maladies et des ravageurs. Le choix de la CIMS, espèce seule ou mélange de plusieurs espèces, ainsi que sa conduite seront déterminés en fonction des objectifs principaux recherchés. Une tendance à remplacer les CIMS par des prairies temporaires ou à les faire évoluer vers toute forme de couverture permanente est relevée sur les exploitations de grandes cultures.

Mots clés : Agriculture biologique, CIMS, Fixation symbiotique de N, Matière organique, Adventices, Biocontrôle.

Abstract : Multi-service cover crops to improve the productivity of organic farming in field crop systems

Multi-service cover crops (CIMS) can provide numerous ecosystem services and play thus a crucial role in organic farming. The capacity of the CIMS to supply nutrients to the subsequent crop is of particular interest in organic farming due to the low fertiliser availability. CIMS aims also at maintaining soil organic matter content by counterbalancing crop exportations. They are an efficient mean to suppress pests in

particular weeds through direct competition for resources or by the modification of the growing conditions. Other pest and disease control results mainly from the creation of favourable conditions for the conservation and the development of beneficial organisms. In some conditions, a direct control is also possible. Finally, the CIMS are an important element in the promotion of biodiversity. The expected services vary highly according to the farm typology. While field crop farms without livestock are looking for maintaining soil organic matter content and maximizing N supply by the CIMS, the main objective of vegetable growers is to control pests and diseases. The choice of the CIMS, as sole crop or in mixtures, and its management depends highly on the expected services. A tendency to replace the CIMS by temporary meadows or other forms of permanent cover is observed in arable crop farms.

Keywords : Organic farming, Multi-service cover crops, Symbiotic N fixation, Organic matter, Weeds, Biocontrol.

Introduction

L'intérêt de cultures intermédiaires multi services, ou CIMS, en agriculture biologique (AB) repose sur des objectifs analogues à ceux de l'agriculture conventionnelle : protéger le sol et l'environnement, ainsi que mobiliser des fonctionnalités du sol et de l'environnement pour soutenir la productivité du système et sa durabilité. Toutefois, les objectifs prioritaires diffèrent de l'agriculture conventionnelle et dépendent en particulier de la typologie de l'exploitation (exploitation avec ou sans élevage, par exemple). Par exemple, dans les systèmes en AB sans élevage, l'importance de la contribution des CIMS à la fourniture d'azote au système est souvent mise en avant. Plus généralement, en AB les CIMS ont vocation à contribuer efficacement à la maitrise du développement de la flore adventice, plus encore qu'en agriculture conventionnelle. Outre les objectifs assignés aux CIMS, la gestion des couverts dans le système de culture peut aussi reposer sur d'autres critères. Cet article retrace les objectifs prioritaires de l'AB sans entrer dans le détail des mécanismes communs à l'ensemble des agricultures qui sont décrits dans des articles spécifiques du présent recueil. Il se concentre sur le contexte des terres assolées, précise par quels moyens et dans quelle mesure les couverts végétaux sont à même d'atteindre ces objectifs, et finalement donne des références en matière d'amélioration de la productivité et de la durabilité. Cet article s'intéresse plus particulièrement aux cultures intermédiaires implantées entre deux cultures principales et sur les couverts en relais, semés dans la culture précédente et se développant principalement après la récolte de celle-ci.

1. Intérêts spécifiques en agriculture biologique

Les CIMS sont particulièrement intéressantes en AB dans la mesure où elles contribuent à restaurer et à entretenir la qualité du sol, c'est-à-dire sa capacité à fonctionner, favoriser la productivité des plantes et animaux, maintenir ou augmenter la qualité de l'air et de l'eau, et améliorer la santé et l'habitat de l'homme (Karlen et al., 1997). En raison de la disponibilité limitée en engrais et en produits de protection des plantes, l'AB cherche à mobiliser autant que possible les fonctions écologiques et les services écosystémiques, permettant de soutenir la production et de maintenir la fertilité du sol à long terme. Ces services sont rendus par les plantes ou le sol, en interaction avec l'environnement. Ils concernent en particulier la mise à disposition d'azote (N), mais aussi d'autres nutriments (phosphore (P) et potassium (K) notamment) pour les cultures suivantes, la gestion de la matière organique du sol et la lutte contre les adventices ou plus largement contre les bioagresseurs (Bàrberi, 2002 ; Justes et al., 2017). Il peut également être intéressant de favoriser la biodiversité, à la base de nombreuses fonctionnalités (physiques, chimiques et biologiques) contribuant à la croissance des plantes et à la productivité, aux régulations biologiques permettant de contrôler les bioagresseurs et au final à la durabilité des systèmes de culture (Costanzo et Bàrberi, 2014 ; Lin, 2011 ; Finckh et Wolfe, 2006).

1.1 Apport d'azote

La fixation symbiotique de N par les légumineuses est une fonction très recherchée pour les CIMS dans les cultures en AB. Pour autant, l'efficacité d'une telle pratique dépend fortement de la synchronie entre la mise à disposition de cet azote et la dynamique des besoins en N de la culture suivante (Crews et Peoples, 2005). De plus, la performance des espèces de légumineuses varie fortement (Büchi et al., 2015) ; la quantité de N dans la biomasse et la durée de végétation sont des caractéristiques importantes (Amossé et al., 2013 ; Vrignon-Brenas et al., 2016a). Certains travaux ont mis en évidence l'importance de la quantité de biomasse produite par la CIMS pour expliquer l'importance des services rendus, notamment la quantité de N apportée à la culture suivante (Vrignon-Brenas et al., 2016b ; Figure 1). La conduite de la CIMS devra donc chercher à maximiser cette biomasse produite, au risque d'entrainer une compétition importante avec la culture principale dans le cas où la CIMS lui est associée. Afin de protéger le sol et de maximiser le temps de croissance de la CIMS et augmenter ainsi la biomasse produite, les cultures bénéficiaires des services de la CIMS sont souvent des cultures de printemps. Pour autant, un couvert de courte durée implanté avant une culture d'automne peut aussi exercer un rôle d'engrais vert efficace, notamment lorsqu'il contient une proportion significative de légumineuses (Büchi et al., 2015).

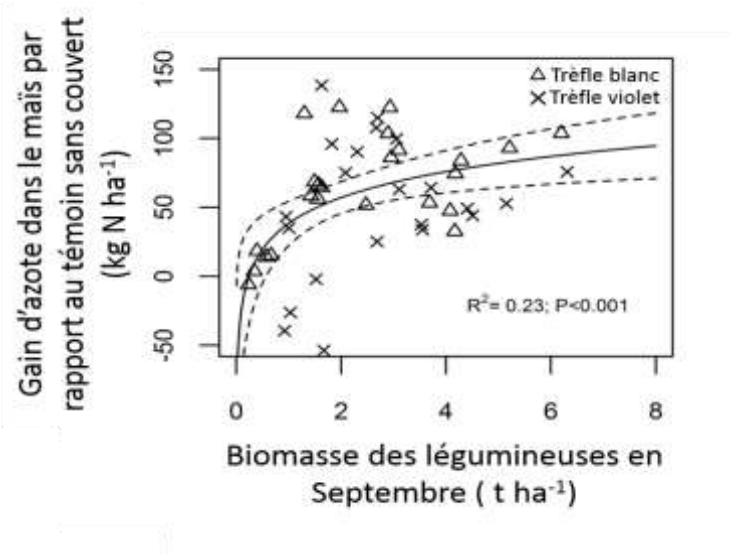

Figure 1 : Gain d'azote (différence de prélèvement de N entre un maïs suivant un blé seul et un maïs suivant une culture associée de blé/légumineuse) à la récolte du maïs en fonction de la biomasse de la légumineuse début septembre (Vrignon-Brenas et al., 2016b).

Un autre facteur à prendre en compte pour bénéficier du N fixé par les légumineuses est le risque de « fatigue des sols ». Ce phénomène est dû à une accumulation d'agents pathogènes qui résulte du retour trop fréquent de certaines légumineuses dans la rotation. La fatigue des sols rend ces cultures difficiles. Elle se traduit par une faible croissance des plantes et une limitation des services écosystémiques rendus. Pour prévenir de ce risque, il est essentiel de limiter la fréquence des légumineuses dans la rotation et tenir compte de la sensibilité des espèces choisies tout au long de la rotation.

1.2 Apports d'éléments autres que N

Les quantités de nutriments, autres que N, apportés par les CIMS varient selon les espèces, le stade de la récolte et la quantité de biomasse produite (Wendling et al., 2016). Pour un site donné la quantité de P immobilisé dans le couvert dépend du niveau de P disponible dans le sol. La fourniture des éléments nutritifs à la culture suivante se fait directement *via* la minéralisation des résidus végétaux aériens et racinaires. Ainsi, des études montrent une amélioration de la nutrition P de la culture suivant la CIMS

(Cavigelli et Thien, 2003). Certaines espèces développent des systèmes racinaires qui colonisent le sol bien au-delà de l'horizon de labour et prélèvent des quantités importantes de nutriments dans les horizons profonds qui sont ensuite restitués en surface. Ces apports peuvent représenter des quantités équivalentes à une fumure d'entretien sous une forme facilement disponible pour la culture suivante (Figure 2). Ces processus sont particulièrement intéressants pour les systèmes AB où l'horizon de surface est appauvri en minéraux P et K du fait d'une faible fertilisation (Kautz et al., 2013).

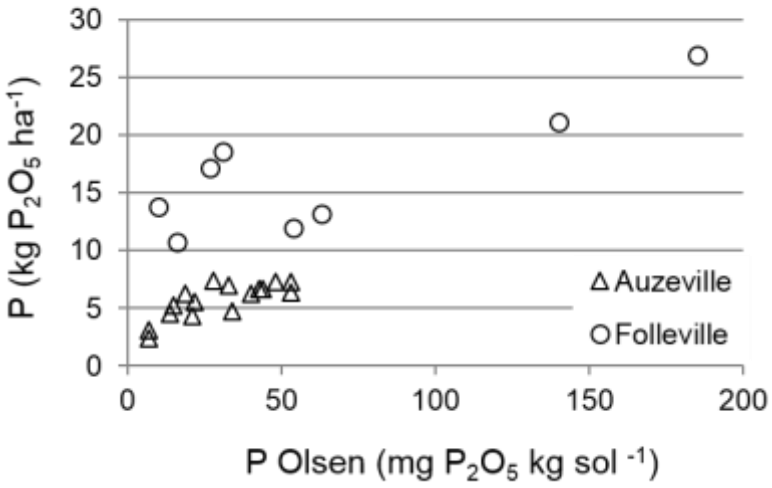

Figure 2 : Relation entre la quantité de P accumulé dans un couvert de moutarde blanche et le P Olsen du sol mesurés sur deux dispositifs de fertilisation P de longue durée de l'INRA; (O) Essai de Folleville-UE Grandes Cultures Versailles-Grignon (précédent escourgeon, 2014) et (Δ) Essai d'Auzeville -UE Domaine Expérimental Auzeville (précédent blé dur, 2009).

1.3 Entretien de la matière organique

Les CIMS sont essentielles à la restauration de la matière organique dans les rotations de grandes cultures ou de cultures maraichères. Bien gérées, les CIMS contribuent à équilibrer le bilan de la matière organique des parcelles par l'apport de biomasse permettant ainsi de compenser la minéralisation de la matière organique (assimilée à des exportations) et les exportations des récoltes (Plaza-Bonilla et al., 2016). Cela exige de pouvoir disposer d'une production de biomasse élevée et d'un ratio carbone/azote favorable à une humification élevée (Derrien et al., 2016), bien que l'humification peut être importante pour des résidus ayant un C/N faible (Justes et al., 2009).

L'association de plusieurs espèces complémentaires est essentielle pour augmenter la quantité de biomasse produite, accroitre la quantité de N acquise (via la fixation symbiotique des légumineuses) mais également piloter la qualité de la biomasse (ratio C/N) par rapport à la période de destruction prévisible de la CIMS (Wendling et al., 2017). Autret et al. (2016) montrent une augmentation de la concentration en C organique de l'horizon de surface (0-40 cm) après 16 ans de système AB expliquée par la fréquence importante de la luzerne utilisée comme engrais vert (fauchée puis restituée en surface) Figure 3).

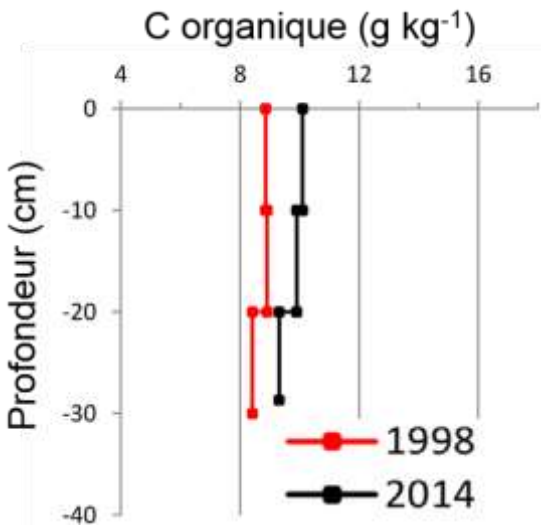

Figure 3 : Evolution de la concentration en C organique de l'horizon 0-40 cm entre 1998 et 2014 pour le système AB du dispositif expérimental de La Cage à Versailles. L'augmentation s'explique par la fréquence importante de la luzerne dans la rotation et la modalité de gestion ; la biomasse fauchée est restituée en surface comme engrais vert excepté pour la première coupe (Autret et al., 2016).

1.4 Lutte contre les adventices

Le recours aux CIMS dans la lutte contre les adventices comprend plusieurs buts pour s'avérer pertinent (Médiène et al., 2011). Dans un premier temps, il s'agit d'éliminer des adventices ou repousses à problèmes de la culture précédente lors de l'installation de la CIMS. Ensuite, toute nouvelle levée doit être empêchée pour éviter le maintien d'adventices vivaces ou la production de graines d'espèces annuelles durant la période d'interculture. Enfin, il s'agit de gérer la destruction de la CIMS pour que la levée d'adventices soit réduite durant l'installation de la culture suivante et pour que les résidus de la CIMS ne posent pas de problèmes lors du désherbage. Pour faire face à de telles exigences, il s'agit assurément de mobiliser plusieurs mécanismes reposant sur la compétition entre plantes pour les ressources et/ou sur des modifications du milieu de croissance par le couvert (par exemple allélopathie) (Haramoto et Gallandt, 2004 ; Jabran et al., 2015). Le choix des espèces, généralement en association, constitue un facteur crucial dans la mesure où le développement du couvert doit être rapide et la production de biomasse élevée (Amossé et al., 2013 ; Vrignon-Brenas et al., 2016b ; Cordeau, 2017). Les résidus des CIMS limitent le développement d'adventices grâce à leurs effets de barrière mécanique ou d'ombre empêchant leur levée. Ces mécanismes peuvent également bloquer la levée de la culture suivante. D'autre part, les résidus riches en N peuvent favoriser le développement des adventices. Le travail du sol fait partie des facteurs à intégrer dans la gestion des adventices.

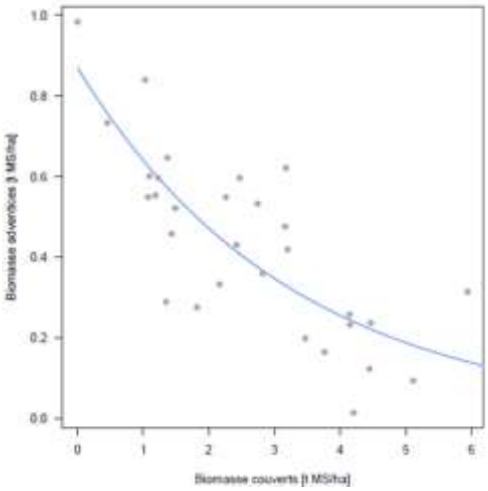

Figure 4 : Biomasse d'adventices en fonction de la biomasse des couverts végétaux (adaptée de Gebhard et al., 2013).

1.5 Biodiversité et biocontrôle

Les CIMS jouent un rôle de diversification de la rotation et d'entretien de la biodiversité, complémentaire aux autres actions entreprises en AB (Graf et al., 2016). La biodiversité des organismes du sol est essentielle pour son fonctionnement et sa fertilité. Dès lors, la culture de CIMS est un facteur de promotion important en créant des conditions favorables à la vie du sol (habitat, nourriture). De même, la présence de plantes en fleurs durant la fin de l'été peut être un soutien pour l'entomofaune. Ces contributions restent toutefois difficiles à quantifier.

En termes de protection des cultures contre les bioagresseurs, les CIMS exercent principalement une forme de biocontrôle par conservation, dans la mesure où leur culture permet de créer des conditions favorables au maintien et au développement d'organismes bénéfiques auxiliaires permettant de contrôler le développement nuisible de certains ravageurs ou maladies des cultures. Des CIMS sont cultivées à dessein pour une régulation directe d'organismes nuisibles (Ntalli et Caboni, 2017). Il s'agit en particulier de recourir aux mécanismes de l'allélopathie des crucifères, notamment utilisés en biofumigation (Médiène et al., 2011 ; Couëdel et al., 2017). Toutefois seules quelques utilisations ciblées sont actuellement disponibles pour les praticiens. Enfin, les CIMS peuvent servir de support à la lutte biologique directe pour soutenir la persistance d'organismes de biocontrôle introduit dans le milieu (Jaffuel et al., 2017).

2. Insertion des couverts dans les systèmes de culture

L'insertion des CIMS dans les systèmes de culture répond à des objectifs qu'il s'agit de définir avec soin en fonction du contexte de production, pour préciser ensuite les moyens à mettre en œuvre pour une intégration efficace dans les systèmes de culture. Les objectifs prioritaires dépendent largement de l'utilisation du sol (cultures, rotations), et par extension de la typologie de l'exploitation. Les services attendus des CIMS varient prioritairement selon que l'exploitation est en polyculture élevage, en grandes cultures ou en cultures maraîchères.

2.1 Polyculture élevage

Le principe de globalité de l'exploitation en AB, c'est-à-dire que tous les ateliers de l'exploitation sont conduits en AB, trouve toute sa raison d'être dans la polyculture élevage. Ce type d'exploitation bénéficie en particulier d'un cycle des nutriments basé sur la restitution des pailles et de nutriments par les engrais de ferme et d'une rotation des cultures comprenant des cultures fourragères. La nécessité de valoriser la période d'interculture pour entretenir la fertilité du sol et les opportunités d'implanter des CIMS sont dès lors moins prioritaires. L'intérêt pour les CIMS porte en particulier sur les services primaires que sont la lutte contre l'érosion, le ruissellement et le lessivage. Plus ponctuellement des services plus spécifiques sont ciblés comme la fourniture de N et la lutte contre les adventices. Les couverts constituent aussi une ressource potentielle de fourrage permettant de compenser les faibles productions d'années sèches ; les CIMS sont alors une culture dérobée, et permettent donc à l'éleveur d'assurer la sécurité alimentaire du troupeau.

2.2 Grandes cultures sans élevage

Les exploitations spécialisées en grandes cultures et sans élevage sont confrontées à trois défis en particulier : l'entretien de la matière organique du sol, une disponibilité en N, P et K restreinte et une rotation en tendance simplifiée, moins favorable selon les cultures à l'acquisition des éléments nutritifs du « réservoir sol » et davantage exposée aux bioagresseurs. Dans ce type d'exploitation, les services écosystémiques attendus sont l'apport de nutriments pour les cultures suivantes, le contrôle des adventices et un apport suffisant de carbone pour atteindre un bilan équilibré de la matière organique. Dans la mesure où les CIMS exercent un rôle important pour la cohérence de ce système et visent de multiples services, leur forme de culture varie fortement : choix des espèces et variétés, élaboration des

associations d'espèces, durée de végétation, mode d'installation et de destruction. Une tendance à remplacer les CIMS par des prairies temporaires ou à les faire évoluer vers toute forme de couverture permanente est relevée sur les exploitations de grandes cultures. Par ailleurs, le cahier de charges des exploitations bio en Suisse exige que 20 % de la surface assolée soient enherbés toute l'année avec des prairies temporaires ou des alternatives faites notamment de cultures intercalaires. Par souci d'efficacité, les exploitations de grandes cultures adoptent généralement des prairies durant deux années, rendant la pratique des couverts végétaux moins fréquente.

2.3 Cultures maraichères

Les exploitations maraichères ont des rotations intensives, mais la diversité des familles cultivées peut être lacunaire. La présence de CIMS de rupture est dès lors bienvenue pour limiter la présence de ravageurs ou de maladies. L'utilisation de CIMS spécifiques pour le biocontrôle de ravageurs ou maladies spécifiques fait partie des mesures parfois possibles. La mise à disposition de N par les légumineuses reste un objectif moins important que l'effet de diversification de la rotation, d'autant plus que pour éviter que l'azote ne soit un facteur limitant, il est assuré de préférence par des engrais du commerce.

3. Choix des couverts végétaux et conduite des cultures

En raison de la limitation en intrants de synthèse, l'AB est intéressée d'une part à tirer un maximum d'efficience de certaines fonctions écosystémiques et d'autre part à combiner plusieurs de ces fonctions. Il s'agit donc de déterminer avec soin les services effectivement attendus des CIMS et les moyens à mettre en œuvre pour les optimiser. Ceux-ci concernent en particulier le choix des espèces et des variétés, l'élaboration de mélanges efficaces, ainsi que les modalités d'installation et de destruction.

3.1 Choix des espèces et élaboration de mélanges

Le choix des espèces est actuellement relativement large et c'est principalement la disponibilité en semence de qualité AB qui limite l'accès à certaines espèces intéressantes. Certaines caractéristiques agronomiques des couverts sont systématiquement recherchées dans la mesure où elles permettent d'atteindre plusieurs objectifs. Il s'agit de la rapidité d'installation des cultures et de la quantité de biomasse produite. Ces deux propriétés influencent fortement le pouvoir couvrant du couvert et sont particulièrement avantageuses pour la protection du sol et pour étouffer les adventices. La phénologie, ainsi que la tolérance ou non au gel sont également des critères de choix importants. Une teneur élevée en éléments nutritifs ou la présence de substances allélopathiques peuvent constituer des caractéristiques spécifiquement recherchées. Des documents décrivent les différentes espèces et variétés disponibles pour l'agriculture biologique (ITAB, 2017). Enfin, pour les semis de CIMS en été, le choix des espèces porte sur leur capacité de germination sous des températures élevées (Justes et al., 2017).

Les légumineuses sont les espèces les plus utiles du fait de leur capacité à fixer symbiotiquement l'azote. De larges différences de propriétés agronomiques ont été montrées entre espèces (Büchi et al., 2015) et même entre différentes variétés. Cependant, l'emploi trop fréquent de légumineuses dans la rotation augmente le risque de fatigue des sols en particulier due à *Aphanomyces*. Des indications claires à destination des praticiens sont impératives sur les risques effectivement encourus. Cela concerne les effets de la fréquence de retour des cultures sensibles (pois, vesces, etc), la possibilité d'utiliser des variétés moins sensibles (vesces) et les possibilités de réduire cette fatigue par des pratiques culturales (compost). D'autre part, il s'agit aussi de développer les tests de diagnostic des sols et de les rendre plus accessibles (Fuchs et al., 2014). La prévention des risques liés à la fatigue des sols conduit à réduire l'intérêt pour les légumineuses en tant que couverts, lorsque des espèces sensibles sont déjà présentes en production.

Les crucifères constituent une autre famille particulièrement intéressante dans la mesure où la croissance de plusieurs espèces est rapide et la biomasse importante. Leurs propriétés potentiellement allélopathiques pour certaines sont également une source d'intérêt (Couëdel et al., 2017). Certaines espèces, comme le radis chinois (*Raphanus sativus longipinnatus*), présentent un large pivot, particulièrement intéressant pour la « restructuration » des sols tassés en surface (Chen et Weil, 2010).

Les associations d'espèces sont particulièrement pertinentes dans la mesure où elles permettent de viser plusieurs services écosystémiques (Tribouillois et al., 2016). Des règles pour l'élaboration de mélanges ont pu être définies en fonction d'objectifs de services recherchés. Les légumineuses sont une composante importante pour l'azote qu'elles apportent. Les associations sont également souvent plus productives que les monocultures et de ce fait permettent d'améliorer les services écosystémique fournis par les couverts (Wendling et al., 2017). L'intérêt des associations pour réduire les risques phytosanitaires imposés à l'une des espèces composantes (risque de mauvaise croissance des légumineuses, hernie du chou, etc.) reste mal documenté.

3.2 Installation et date de semis

Différentes techniques permettent d'installer une CIMS. La forme la plus courante consiste en un semis après la récolte de la culture principale. Pour élargir les possibilités d'installation, des semis dans la culture précédente, généralement une céréale, sont également pratiqués en relais. Enfin, il est encore possible d'associer des CIMS à la culture principale lorsque la période d'interculture ne convient pas pour un semis.

L'installation des CIMS durant l'interculture nécessite de profiter de conditions climatiques favorables ou d'une humidité résiduelle du sol suffisante. Les cultures en relais peuvent être une solution d'adaptation face aux changements climatiques (Kaye et Quemada, 2017). Toutefois les mesures culturales d'assainissement du sol (adventices, résidus de culture) consécutives à la culture précédente conduisent souvent à retarder les semis des couverts. Les faux-semis sont un moyen important de régulation des adventices. Le déchaumage permet également un contrôle des espèces vivaces. Ces mesures sanitaires importantes entrent en concurrence avec l'installation des couverts.

3.3 Destruction des CIMS

Les techniques de destructions des CIMS sont nombreuses : broyage, fauchage, roulage, enfouissement par labour. La technique choisie sera dépendante du service recherché en priorité. Elle vise à poursuivre les services recherchés et à créer des conditions culturales favorables pour la culture suivante. La gestion de cette intervention est particulièrement importante pour valoriser l'azote du couvert et s'intégrer dans la stratégie de désherbage.

La disponibilité de l'azote peut être pilotée par la date de destruction du couvert de la CIMS. Il s'agit en particulier de mettre à disposition de la culture suivante l'azote facilement utilisable issu de la biomasse et de la rhizodéposition. Dans cette optique, il s'agit d'incorporer un couvert vivant, non sénescent (dont le rapport C/N est favorable), peu avant l'installation de la culture suivante mais suffisamment tôt pour que la minéralisation puisse se faire.

Les modalités de destruction des couverts peuvent également permettre de réguler les adventices en jouant sur différents mécanismes exercés via l'effet d'un mulch sur la germination de graines ou sur le développement des adventices, par exemple lorsque le couvert a été roulé. La gestion des résidus de couverts doit aussi permettre les désherbages subséquents, en particulier pour que les résidus ne gênent pas la levée de la culture ou le passage des herses ou dents.

4. Amélioration de la productivité

Dans tout système agricole complexe, caractéristique de l'AB, il est difficile d'isoler l'effet d'un seul facteur. L'amélioration de la productivité des systèmes de culture par une contribution directe des CIMS

reste difficilement quantifiable. En revanche, les CIMS sont une composante essentielle des systèmes de culture sans élevage en AB où ils permettent d'équilibrer le bilan de la matière, de fournir de l'azote, de faciliter l'accès aux éléments minéraux du sol et d'amener une diversification de la rotation permettant de limiter la pression en bioagresseurs. L'acquisition de références techniques et scientifiques sur les espèces et variétés ainsi que sur leur intégration dans les séquences culturales est nécessaire pour guider les praticiens (agriculteurs et conseillers) au vu de la diversité des espèces de couverts disponibles. Ceci doit permettre de pallier les tendances à simplifier les systèmes de culture et de réduire les effets négatifs du découplage des ateliers de production végétal et animal, pourtant complémentaires. Il existe également un enjeu fort face au développement en AB de techniques de l'agriculture de conservation, dont l'un des piliers est la couverture permanente du sol, par l'implantation de couverts végétaux notamment. Pour ces CIMS, il s'agit de trouver des techniques de destruction compatibles avec une perturbation minimum du sol, un autre principe de l'agriculture de conservation. Enfin, il est clair que les CIMS doivent être constituées majoritairement de mélanges d'espèces en AB, et en particulier avec une proportion significative de légumineuses. Le potentiel allélopathique (et de biofumigation) des crucifères mériterait d'être mieux étudié pour être valorisé en AB dans la mesure où cela permettrait de contrôler certains bio-agresseurs. Les CIMS devraient donc être un des piliers de l'AB, notamment en système de culture sans élevage.

Références bibliographiques

Amossé C., Jeuffroy M.-H., David C., 2013. Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: Effects on performance and resource availability. Field Crops Res. 145, 78–87. doi:10.1016/j.fcr.2013.02.010

Arcand M.M., Lynch D.H., Voroney R.P., van Straaten P., 2010. Residues from a buckwheat (Fagopyrum esculentum) green manure crop grown with phosphate rock influence bioavailability of soil phosphorus. Can. J. Soil Sci. 90, 257–266. doi:10.4141/CJSS09023

Autret B., Mary B., Chenu C., Balabane M., Girardin C., Bertrand M., Grandeau G., Beaudoin N., 2016. Alternative arable cropping systems: A key to increase soil organic carbon storage? Results from a 16 year field experiment. Agric. Ecosyst. Environ. 232, 150–164. doi:10.1016/j.agee.2016.07.008

Bàrberi P., 2002. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? Weed Res. 42, 177–193. doi:10.1046/j.1365-3180.2002.00277.x

Büchi L., Gebhard C.-A., Liebisch F., Sinaj S., Ramseier H., Charles R., 2015. Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. Plant Soil 393, 163–175. doi:10.1007/s11104-015-2476-7

Casagrande M., David C., Valantin-Morison M., Makowski D., Jeuffroy M.-H., 2009. Factors limiting the grain protein content of organic winter wheat in south-eastern France: a mixed-model approach. Agron. Sustain. Dev. 29, 565–574. doi:10.1051/agro/2009015

Cavigelli M.A., Thien S.J., 2003. Phosphorus Bioavailability following Incorporation of Green Manure Crops. Soil Sci. Soc. Am. J. 67, 1186–1194. doi:10.2136/sssaj2003.1186

Chen G., Weil R.R., 2010. Penetration of cover crop roots through compacted soils. Plant Soil 331, 31-43.

Cordeau S., Moreau D., 2017. Gestion des adventices au moyen des cultures intermédiaires multi-services: potentiels et limites. Innovations Agronomiques 62, 87-100.

Costanzo A., Bàrberi P., 2014. Functional agrobiodiversity and agroecosystem services in sustainable wheat production. A review. Agron. Sustain. Dev. 34, 327–348. doi:10.1007/s13593-013-0178-1

Couëdel A., Seassau C., Wirth J., Aletto L., 2017. Services et dis-services de régulation biotique par allélopathie et biofumigation produits par les cultures intermédiaires multiservices de crucifères. Innovations Agronomiques 62, 71-85.

Crews T.E., Peoples M.B., 2005. Can the Synchrony of Nitrogen Supply and Crop Demand be Improved in Legume and Fertilizer-based Agroecosystems? A Review. Nutr. Cycl. Agroecosystems 72, 101–120. doi:10.1007/s10705-004-6480-1

Finckh M.R., Wolfe M.S., 2006. Diversification strategies. In B.M. Cooke et al. (Eds.). The Epidemiology of Plant Disease. pp. 269-308. Springer, New York

Fuchs J.G., Thürig B., Brandhuber R., Bruns C., Finckh M.R., Fließbach A., Mäder P., Schmidt H., Vogt-Kaute W., Wilbois K.-P., Lucius T., 2014. Evaluation of the causes of legume yield depression syndrome using an improved diagnostic tool. Applied Soil Ecology, 79, pp. 26-36.

Fustec J., Lesuffleur F., Mahieu S., Cliquet J.-B., 2010. Nitrogen rhizodeposition of legumes. A review. Agron. Sustain. Dev. 30, 57–66. doi:10.1051/agro/2009003

Gebhard C.-A., Büchi L., Liebisch F., Sinaj S., Ramseier H., Charles R., 2013. Screening de légumineuses pour couverts végétaux: azote et adventices. Rech. Agron. Suisse 9, 384–393.

Graf R., Jenny M., Chevillat V., Weidmann G., Hagist D., Pfiffner L., 2016. La biodiversité sur l'exploitation Guide pratique. FiBL, 176 p,

Haramoto E.R., Gallandt E.R., 2004. Brassica cover cropping for weed management: A review. Renew. Agric. Food Syst. 19, 187–198. doi:10.1079/RAFS200490

ITAB, 2017. Couvert végétal pendant l'interculture en AB: caractéristiques des espèces. http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiches_especes_engraisverts_2017.pdf

Jabran K., Mahajan G., Sardana V., Chauhan B.S., 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. Crop Prot. 72, 57–65. doi:10.1016/j.cropro.2015.03.004

Jaffuel G., Blanco-Péreza R., Büchi L., Mäder P., Fließbach A., Charles R., Degen T. , Turlings T., Campos-Herrera R., 2017. Effects of cover crops on the overwintering success of entomopathogenic nematodes and their antagonists. Applied Soil Ecology 114, 62-73. doi:10.1016/j.apsoil.2017.02.006.

Justes E., Beaudoin N., Constantin J., Tribouillois H., Mary B., 2017. Des CIMS pour recycler l'azote et les éléments minéraux dans les agroécosystèmes, in : Colomb B. (Coord.), Guide de la fertilisation raisonnée, 2e Edition, Partie III Fertilisation et gestion intégrée des nutriments à l'échelle des systèmes de culture. Comifer, Editions France Agricole, Paris. pp 545-554

Karlen D.L., Mausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman G.E., 1997. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). Soil Sci. Soc. Am. J. 61, 4–10. doi:10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x

Kautz T., Amelung W., Ewert F., Gaiser T., Horn R., Jahn R., Javaux M., Kemna A., Kuzyakov Y., Munch J.-C., Pätzold S., Peth S., Scherer H.W., Schloter M., Schneider H., Vanderborght J., Vetterlein D., Walter A., Wiesenberg G.L.B., Köpke U., 2013. Nutrient acquisition from arable subsoils in temperate climates: A review. Soil Biol. Biochem. 57, 1003–1022. doi:10.1016/j.soilbio.2012.09.014

Kaye J.P., Quemada M., 2017. Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. Agron. Sustain. Dev. 37.

Lin B.B., 2011. Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. BioScience 61, 183–193. doi:10.1525/bio.2011.61.3.4

Linhart Y.B., Grant M.C., 1996. Evolutionary significance of local genetic differentiation in plants. Annual Review of Ecology and Systematics 27, 237-277.

Médiène S., Valantin-Morison M., Sarthou J.-P., Tourdonnet S. de, Gosme M., Bertrand M., Roger-Estrade J., Aubertot J.-N., Rusch A., Motisi N., Pelosi C., Doré T., 2011. Agroecosystem management and biotic interactions: a review. Agron. Sustain. Dev. 31, 491–514. doi:10.1007/s13593-011-0009-1

Morand-Prieur M.-E., 2003. Evolution et maintien d'un système de reproduction polymorphe. Approche génétique et écologique de la polygamie chez le frêne commun, Fraxinus excelsior L. Thèse de Doctorat, ENGREF, Paris, France, 155 p.

Ntalli N., Caboni P., 2017. A review of isothiocyanates biofumigation activity on plant parasitic nematodes. Phytochem. Rev. 1–8. doi:10.1007/s11101-017-9491-7

Plaza-Bonilla D., Nolot J.-M., Passot S., Raffaillac D., Justes E., 2016. Grain legume-based rotations managed under conventional tillage need cover crops to mitigate soil organic matter losses. Soil and Tillage Research 156, 33-43.

Sauvant D., Dijkstra J., Meryens D., 1995. Optimisation of ruminal digestion : a modelling approach. In: M. Journet, E. Grenet, M-H. Farce, M. Theriez, C. Demarquilly (Eds.), Recent developments in the Nutrition of Herbivores. Proceedings of IVth International Symposium on the Nutrition of herbivores, INRA Editions, Paris, p. 143-165

Tribouillois H., Cohan J.-P., Justes E., 2016. Cover crop mixtures including legume produce ecosystem services of nitrate capture and green manuring: assessment combining experimentation and modelling. Plant Soil 401, 347–364. doi:10.1007/s11104-015-2734-8

Vrignon-Brenas S., Celette F., Amossé C., David C., 2016a. Effect of spring fertilization on ecosystem services of organic wheat and clover relay intercrops. Eur. J. Agron. 73, 73–82. doi:10.1016/j.eja.2015.10.011

Vrignon-Brenas S., Celette F., Piquet-Pissaloux A., Jeuffroy M.-H., David C., 2016b. Early assessment of ecological services provided by forage legumes in relay intercropping. Eur. J. Agron. 75, 89–98. doi:10.1016/j.eja.2016.01.011

Wendling M., Büchi L., Amossé C., Sinaj S., Walter A., Charles R., 2016. Influence of root and leaf traits on nutrient uptake of cover crops. Plant Soil 409, 419-434.

Wendling M., Büchi L., Amossé C., Jeangros B., Walter A., Charles R., 2017. Specific interactions leading to transgressive overyielding in cover crop mixtures. Agric. Ecosyst. Environ. 241, 88–99. doi:10.1016/j.agee.2017.03.003

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL).