
Quelles conduites en association des couverts relais d'interculture à base de légumineuse pour quels services dans les systèmes céréaliers en Agriculture Biologique ?

Contexte et problématique

La pression politique et sociétale est forte aujourd'hui pour engager l'agriculture française dans une transition agroécologique qui s'appuie sur (i) une utilisation optimale des ressources et des mécanismes naturels et (ii) la préservation de ces ressources nécessaires à la production agricole. Dans cette optique, l'implantation de couverts végétaux comme culture intermédiaire est susceptible de contribuer à la fourniture de nombreux services (*Justes and Richard, 2017*). En premier lieu, ces couverts sont largement utilisés pour leur contribution à la régulation du cycle de l'azote sur la parcelle. Que ce soit pour jouer le rôle d'engrais vert, ou de piège à nitrates, l'implantation d'un couvert devient une technique pour piloter une dynamique de l'azote favorable à la production et à un fonctionnement durable de l'agroécosystème (*Constantin et al., 2017*). En plus des services liés à la dynamique de l'azote, ces couverts sont susceptibles de répondre à d'autres enjeux comme i) la régulation des cycles des bioagresseurs, et notamment des adventices, ii) la protection/amélioration de la fertilité des sols (chimique, physique et biologique) et iii) le maintien de la biodiversité au sein de l'agroécosystème.

Dans les **systèmes de grande culture en agriculture biologique**, qui nous intéressent ici, insérer, en **association avec une culture de vente comme le blé, une légumineuse comme plante de services** (*Vrignon-Brenas et al., 2018*), est une technique qui a montré son intérêt pour couvrir et protéger le sol, réguler la flore adventice et fixer de l'azote atmosphérique pour ensuite le restituer à la culture suivante (*Amossé et al., 2013a; Vrignon-Brenas et al., 2016b*). Ces couverts végétaux deviennent ainsi une réponse aux enjeux majeurs de ces systèmes céréaliers que sont l'amélioration de la fertilité du sol et la régulation de la flore adventice (*Bàrberi, 2002; Casagrande et al., 2009*). Pour cette utilisation, les espèces de légumineuses sont donc particulièrement appréciées pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et enrichir ainsi le système en azote exogène « gratuit » par une voie potentiellement moins polluante que les engrais azotés de synthèse (*Crews and Peoples, 2004; Peyrard et al., 2016*). Pour autant, ces espèces sont également réputées moins efficaces que d'autres (notamment les brassicacées) comme piège à nitrate (*Amossé et al., 2013c; Tribouillois et al., 2015*). De plus, cette source d'azote est complexe à gérer efficacement car il est difficile de faire coïncider sa mise à disposition avec les besoins de la culture censée en profiter (*Crews and Peoples, 2005*),

un décalage entre offre et demande risquant de générer des pertes de nitrate vers les aquifères. De la même manière, ces espèces ne sont pas forcément les plus efficaces pour couvrir rapidement le sol et contrôler le développement de la flore adventice. Ceci interroge sur l'intérêt de couverts plus complexes qui associeraient légumineuses et autres espèces (*Tribouillois et al., 2016; Wendling et al., 2017*).

Les modes d'insertion du couvert en association avec une culture de vente sont un bon compromis entre (1) l'insertion d'un couvert permanent dans une rotation des cultures qui maximise la présence du couvert et les services qu'on peut en attendre mais aussi les risques de compétition avec la culture de rente associée, et (2) l'insertion d'un couvert pendant l'interculture qui exclue tout risque de compétition mais augmente les risques d'une mauvaise implantation du couvert et réduit les services à attendre du couvert. Plusieurs modes d'insertion et de destruction du couvert sont possibles et induisent des compromis différents entre les niveaux de services obtenus. On distingue par exemple le semis en relai d'un couvert dans la céréale déjà implantée, d'un semis en simultané du couvert de services et de la culture de vente qui conduisent à des compromis entre services, produits par le couvert, très différents (*Vrignon-Brenas et al., 2018*). Différents travaux suggèrent également que la date et le mode de destruction de ce couvert (s'il doit être détruit) influencent largement la dynamique de l'azote dans la période qui suit (*Coombs et al., 2017*). De plus, si les services fournis par le couvert dépendent du type d'espèces implanté, ils sont aussi très dépendants de la biomasse produite par le couvert (*Vrignon-Brenas et al., 2016b*). Si les conditions d'implantation vont fortement influencer cette biomasse, la conduite du couvert est également susceptible de la faire varier. Par exemple, divers travaux ont montré que fertiliser la culture de vente associée se faisait bien souvent au détriment de la production de biomasse de la légumineuse de services et donc du niveau d'obtention des services obtenus (*Gaudin et al., 2014; Vrignon-Brenas et al., 2016a*). Certains agriculteurs en polyculture-élevage s'interrogent également sur l'opportunité de valoriser ces couverts de plantes de services sous forme de fourrage, proposant ainsi un nouveau service à rechercher. Cependant, une telle utilisation interroge sur un possible antagonisme entre ce service, qui inciterait à exporter une biomasse, et les autres services de régulation et support recherchés. Plus largement, la conduite d'espèces en association résulte bien souvent en des antagonismes entre services, ce qui amène à proposer de raisonner la conduite en fonction des services à privilégier (*Rapidel et al., 2015*).

L'objectif du projet de thèse est de mieux comprendre **comment insérer et gérer un couvert multiservices à base de légumineuses en association avec une culture de vente** pour améliorer la dynamique de l'azote au sein de l'agroécosystème, mais aussi protéger le sol, réguler la flore adventice, voire d'autres bioagresseurs, et éventuellement produire du fourrage et limiter les dis-services potentiels (e.g. compétition avec la culture de vente, augmentation des risques de lixiviation des nitrates). L'objectif est donc de (1) concevoir la diversité de modes de conduite de ces associations pour obtenir les meilleurs compromis en fonction des services privilégiés (e.g. maîtriser en priorité les adventices ou permettre une production de fourrage significative) et des conditions de mise en œuvre de ces systèmes (e.g. type de système de culture dans lequel l'association s'insère, milieu sensible au risque de lixiviation de l'azote), et (2) d'évaluer le niveau d'obtention des services recherchés obtenus au travers de ces conduites. Ce projet de thèse devra fournir les moyens aux agriculteurs de concevoir les associations avec couverts multiservices à base de légumineuse les mieux adaptées à leur contexte et leurs attentes en terme de services.

Démarche et méthodes

Pour répondre aux objectifs de la thèse, nous proposons de combiner entretiens avec des experts, ateliers de conception, approches expérimentales et modélisation. Nous souhaitons conduire ce travail en interaction avec des agriculteurs et conseillers pour (1) identifier et

caractériser la diversité des services recherchés, et (2) concevoir la diversité des itinéraires techniques pour les obtenir. Sur cette base, approches expérimentales et de modélisation seront mobilisées pour (3) évaluer les niveaux d'obtention des services recherchés et éventuellement (4) tester expérimentalement d'autres options d'intérêt (e.g. autres espèces ou mélanges, autres dates et modes d'implantation ou de destruction du couvert de service) ou d'autres conditions de mise en œuvre des prototypes conçus.

La démarche envisagée consiste à capitaliser dans un premier temps les connaissances existantes sur les services obtenus en fonction de différents idéotypes d'associations entre culture de vente et plantes de services. Ce premier travail s'appuiera sur une revue de la littérature scientifique, les références expérimentales déjà acquises au cours de deux projets de thèses passées (*Amossé et al., 2013b; Vrignon-Brenas, 2016*), une première série d'entretiens et d'ateliers pour identifier les connaissances expertes acquises par les agriculteurs, conseillers, chercheurs. Dans un second temps, des ateliers seront organisés pour identifier les attendus des agriculteurs vis-à-vis de ces couverts de services, et concevoir, en s'appuyant sur les connaissances identifiées, des prototypes d'association entre couverts et culture de vente. Dans un deuxième temps, les prototypes jugés intéressants seront évalués par une approche combinant modélisation et expérimentation au champ (réseaux de parcelles chez les agriculteurs, dispositifs en blocs complets lorsque nécessaire) pour aider à paramétrer/calibrer le modèle, évaluer les processus et services non directement pris en compte par le modèle ou des prototypes sortant de son domaine de validité. Comme évoqué précédemment, l'accent de cette évaluation est mis sur les services en lien avec la dynamique de l'azote au sein de l'agroécosystème (engrais vert, risque de lixiviation, nutrition des cultures associées et suivantes), la régulation des bioagresseurs (en particulier adventices), la protection/amélioration de la qualité du sol et la production (de grains et/ou fourrages). Le futur doctorant étant basé à l'ISARA-Lyon, ces dispositifs seront situés dans le quart Sud-Est de la France.

Pour le travail de modélisation, l'outil Syst'N a été identifié comme intéressant a priori pour évaluer les services/dis-services liés à la dynamique de l'azote. Il permet en effet de simuler à un pas de temps journalier la dynamique des différentes formes d'azote dans le système sol-plante, les émissions vers l'eau (voire l'air) et d'évaluer les risques de pertes d'azote associés à la succession et/ou l'association culturale et à la gestion de l'azote dans le système de culture (*Dupas et al., 2015*). De plus, l'outil a été conçu selon un principe de parcimonie lors du choix des formalismes, afin de pouvoir l'adapter plus facilement aux besoins et contraintes des utilisateurs (*Parnaudeau et al., 2012*). Ces choix ont induit un modèle de culture relativement simple au regard d'autres modèles agronomiques, qui peut cependant requérir des modifications pour restituer des processus plus complexes que ce qui est actuellement simulé par l'outil. Si l'outil Syst'N est déjà en cours d'adaptation pour simuler des associations d'espèces, un travail complémentaire sera probablement nécessaire pour (1) mieux représenter les relations de complémentarité/compétition entre légumineuse de services et culture de vente lors de l'association ; (2) représenter explicitement ces relations dans le temps en fonction du type d'association (simultanée, relais, semis direct) et (3) représenter différents phénotypes de couverts représentant la variété des idéotypes de légumineuses de services identifiés comme a priori intéressants, particulièrement en ce qui concerne leur croissance et la dynamique de l'azote associée. Une fois le modèle validé, il pourra être utilisé pour évaluer de nouveaux idéotypes culturels de plantes de services (i.e. espèces associées et conduite du couvert) et pour une diversité de milieux. Cette dernière étape aidera à donner plus de généralité aux connaissances acquises au cours de la thèse et appuiera un dernier retour vers la conception avec les agriculteurs de systèmes de culture valorisant l'insertion de plantes de services adaptés aux conditions de milieu. Ce retour se fera au travers d'un deuxième atelier en deuxième partie de thèse.

Résultats attendus

L'objectif de cette thèse est donc (1) d'identifier les services attendus de cette technique par les agriculteurs et de concevoir avec eux des itinéraires de conduite de cette association en fonction des services attendus, (2) de comprendre la dynamique de l'azote au sein d'associations entre cultures de vente et couverts de services pendant et après la phase d'association (e.g. restitution d'azote, risque de lixiviation), en fonction de leur conduite, (3) d'évaluer et de comprendre l'impact de la conduite du couvert de services sur les niveaux d'atteinte des services recherchés pour ces couverts de services, en particulier sur les services jugés prioritaires (e.g. engrais vert/piège à nitrates, régulation de la flore adventice, production complémentaire de fourrage) et mettre en évidence les éventuels antagonismes entre services. Ceci permettra de donner des clés pour gérer au mieux ces légumineuses de services et leur insertion dans les systèmes céréaliers et trouver les meilleurs compromis entre services.

De plus, les connaissances acquises seront synthétisées et organisées dans un modèle de culture (Syst'N) représentant explicitement la dynamique de l'azote à l'échelle de la succession de cultures et les risques de pertes associées. Ce travail de thèse permettra donc d'améliorer un outil de simulation pour une meilleure prise en compte d'une plus grande diversité de systèmes de culture. Le travail de thèse permettra notamment de mieux considérer (1) les associations d'espèces avec différents idéotypes de plantes de services, (2) de mieux prendre en compte la temporalité de ces associations et les relations de compétition/complémentarité entre les espèces et ainsi, (3) d'appuyer la conception de systèmes de culture valorisant l'insertion de plantes de services adaptés aux conditions de milieu et permettant de fournir le bouquet de services attendus par l'agriculteur.

Ce travail de thèse aidera à optimiser la conduite de ses plantes de services, en particulier (mais pas seulement) pour les services associés à la dynamique de l'azote dans l'agroécosystème. Il permettra leur prise en compte dans une évaluation multiservices de systèmes de culture (en particulier, protection du sol et impact sur sa fertilité, régulation de la flore adventice).

Une valorisation de ce travail de thèse au travers de publications scientifiques pourrait porter sur les projets suivants :

- Article sur la formalisation des savoirs scientifiques et experts sur les relations entre pratiques appliquées et services à attendre de couverts de services à base de légumineuse (valorisant bibliographie, entretiens et ateliers).
- Article sur les risques de pertes azotées par lixiviation dans le cadre de systèmes associant culture de vente et couverts de services à base de légumineuse (vision dynamique de l'azote dans les systèmes associant culture de vente et légumineuse plante de services (restitution de l'azote, absorption par les cultures suivantes, risques de lixiviation))
- Article sur le travail d'amélioration et de validation de l'outil de modélisation Syst'N pour évaluer les services liés à la dynamique de l'azote de différents modes d'association entre cultures de vente et couverts de services à base de légumineuse.
- Article sur la conception de conduites des associations de cultures de vente et couverts de services à base de légumineuse en fonction des compromis attendus entre services.

Conditions de réalisation de la thèse

Thèse prévue en co-encadrement incluant **Dr Marie-Hélène JEUFFROY** (HDR, Directrice de Recherche) de l'INRA-Grignon UMR Agronomie, **Dr Florian CELETTE** (Enseignant-Chercheur) de l'ISARA-Lyon et **Dr Virginie PARNAUDEAU** (Ingénieure d'Etude) de l'INRA-Rennes UMR SAS.

Le(a) doctorant(e) sera basé(e) à l'ISARA-Lyon (UP AGE - AGroécologie & Environnement) pour la réalisation de la thèse mais des déplacements sont à prévoir en région pour le suivi des expérimentations de terrain et la réalisation des ateliers et dans les autres laboratoires impliqués dans l'encadrement de la thèse pour le travail de modélisation notamment. Il est également prévu qu'il(elle) participe aux animations du collectif IDEAS, en région parisienne, sur la conception de systèmes innovants.

Il(elle) sera inscrit(e) à l'école doctorale ABIES de AgroParisTech, dont l'Unité AGE est laboratoire d'accueil. Le(a) doctorant(e) aura également différentes opportunités de formation (interne au sein de l'ISARA et ouverte par l'ED ABIES). Le type de contrat prévu lui permet également de développer une activité de formation auprès des étudiants ingénieurs de l'ISARA-Lyon (tutorats d'élèves et cours ou TD).

Connaissances et compétences requises pour les candidats

- Connaissances en agronomie et intérêt pour les analyses systémiques (système de culture en particulier)
- Intérêt pour les pratiques en agro-écologie et agriculture biologique, l'expérimentation de terrain, la modélisation, le travail d'enquête et l'animation d'ateliers
- Aptitude à la rédaction et au travail en équipe
- Intérêt pour des études d'interface entre recherche et terrain
- Rigueur et organisation
- Maîtrise de l'anglais
- Permis de conduire fortement recommandé

Pour postuler

Envoyer CV et lettre de motivation à Florian CELETTE – fcelette@isara.fr – 04 27 85 85 91.

Date limite de candidature : 22 février 2019

Bibliographie citée

- AMOSSE, C., JEUFFROY, M.-H., CELETTE, F., DAVID, C., 2013A. RELAY-INTERCROPPED FORAGE LEGUMES HELP TO CONTROL WEEDS IN ORGANIC GRAIN PRODUCTION. EUR. J. AGRON. 49, 158–167. [HTTPS://DOI.ORG/HTTP://DX.DOI.ORG/10.1016/J.EJA.2013.04.002](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.04.002)
- AMOSSE, C., JEUFFROY, M.-H., DAVID, C., 2013B. ANALYSE EXPERIMENTALE DE L'EFFET DE COUVERTS DE LEGUMINEUSES ASSOCIES EN RELAIS A UN BLE D'HIVER, CONDUIT EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE, SUR LES PERFORMANCES DES CULTURES, LA MAITRISE DES ADVENTICES ET LA DYNAMIQUE DE L'AZOTE. AGROPARIS TECH, PARIS.
- AMOSSÉ, C., JEUFFROY, M.-H., MARY, B., DAVID, C., 2013C. CONTRIBUTION OF RELAY INTERCROPPING WITH LEGUME COVER CROPS ON NITROGEN DYNAMICS IN ORGANIC GRAIN SYSTEMS. NUTR. CYCL. AGROECOSYSTEMS 98, 1–14. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S10705-013-9591-8](https://doi.org/10.1007/s10705-013-9591-8)
- BÄRBERI, P., 2002. WEED MANAGEMENT IN ORGANIC AGRICULTURE: ARE WE ADDRESSING THE RIGHT ISSUES? WEED RES. 42, 177–193. [HTTPS://DOI.ORG/DOI:10.1046/J.1365-3180.2002.00277.X](https://doi.org/doi:10.1046/j.1365-3180.2002.00277.x)
- CASAGRANDE, M., DAVID, C., VALANTIN-MORISON, M., MAKOWSKI, D., JEUFFROY, M.-H.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. [HTTPS://DOI.ORG/10.1051/AGRO/2009015](https://doi.org/10.1051/AGRO/2009015)
- CONSTANTIN, J., BEAUDOIN, N., MEYER, N., CRIGNON, R., TRIBOUILLOIS, H., MARY, B., JUSTES, É., 2017. CONCILIER LA REDUCTION DE LA LIXIVIATION NITRIQUE, LA RESTITUTION D'AZOTE A LA CULTURE SUIVANTE ET LA GESTION DE L'EAU AVEC LES CULTURES INTERMEDIAIRES. INNOV. AGRON. 62, 17–32.
- COOMBS, C., LAUZON, J.D., DEEN, B., VAN EERD, L.L., 2017. LEGUME COVER CROP MANAGEMENT ON NITROGEN DYNAMICS AND YIELD IN GRAIN CORN SYSTEMS. F. CROP. RES. 201, 75–85. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FCR.2016.11.001](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.11.001)
- 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. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S10705-004-6480-1](https://doi.org/10.1007/s10705-004-6480-1)
- CREWS, T.E., PEOPLES, M.B., 2004. LEGUME VERSUS FERTILIZER SOURCES OF NITROGEN: ECOLOGICAL TRADEOFFS AND HUMAN NEEDS. AGRIC. ECOSYST. ENVIRON. 102, 279–297. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.AGEE.2003.09.018](https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.018)
- DUPAS, R., PARNAUDEAU, V., REAU, R., JEUFFROY, M.H., DURAND, P., GASCUEL-ODOUX, C., 2015. INTEGRATING LOCAL KNOWLEDGE AND BIOPHYSICAL MODELING TO ASSESS NITRATE LOSSES FROM CROPPING SYSTEMS IN DRINKING WATER PROTECTION AREAS. ENVIRON. MODEL. SOFTW. 69, 101–110. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ENVSOFT.2015.03.009](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.03.009)
- GAUDIN, A.C.M., JANOVICEK, K., MARTIN, R.C., DEEN, W., 2014. APPROACHES TO OPTIMIZING NITROGEN FERTILIZATION IN A WINTER WHEAT-RED CLOVER (TRIFOLIUM PRATENSE L.) RELAY CROPPING SYSTEM. F. CROP. RES. 155, 192–201. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FCR.2013.09.005](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.005)

- JUSTES, É., RICHARD, G., 2017. CONTEXTE, CONCEPTS ET DEFINITION DES CULTURES INTERMEDIAIRES MULTI-SERVICES. *INNOV. AGRON.* 62, 1–15.
- PARNAUDEAU, V., REAU, R., DUBRULLE, P., 2012. UN OUTIL D'ÉVALUATION DES FUITES D'AZOTE VERS L'ENVIRONNEMENT A L'ÉCHELLE DU SYSTEME DE CULTURE : LE LOGICIEL SYST'N. *INNOV. AGRON.* 21, 45–57. [HTTPS://DOI.ORG/10.1088/1751-8113/44/8/085201](https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201)
- PEYRARD, C., MARY, B., PERRIN, P., VÉRICEL, G., GRÉHAN, E., JUSTES, E., LÉONARD, J., 2016. N₂O EMISSIONS OF LOW INPUT CROPPING SYSTEMS AS AFFECTED BY LEGUME AND COVER CROPS USE. *AGRIC. ECOSYST. ENVIRON.* [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.AGEE.2016.03.028](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.028)
- RAPIDEL, B., RIPOCHE, A., ALLINNE, C., METAY, A., DEHEUVELS, O., LAMANDA, N., BLAZY, J.M., VALDÉS-GÓMEZ, H., GARY, C., 2015. ANALYSIS OF ECOSYSTEM SERVICES TRADE-OFFS TO DESIGN AGROECOSYSTEMS WITH PERENNIAL CROPS. *AGRON. SUSTAIN. DEV.* 35, 1373–1390. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S13593-015-0317-Y](https://doi.org/10.1007/s13593-015-0317-y)
- TRIBOUILLOIS, H., COHAN, J.P., JUSTES, É., 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. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S11104-015-2734-8](https://doi.org/10.1007/s11104-015-2734-8)
- TRIBOUILLOIS, H., FORT, F., CRUZ, P., CHARLES, R., FLORES, O., GARNIER, E., JUSTES, É., 2015. A FUNCTIONAL CHARACTERISATION OF A WIDE RANGE OF COVER CROP SPECIES: GROWTH AND NITROGEN ACQUISITION RATES, LEAF TRAITS AND ECOLOGICAL STRATEGIES. *PLoS ONE* 10, e0122156. [HTTPS://DOI.ORG/10.1371/JOURNAL.PONE.0122156](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122156)
- VRIGNON-BRENAS, S., 2016. ASSOCIATION D'UNE LEGUMINEUSE FOURRAGERE DE SERVICE AVEC UN BLE TENDRE D'HIVER EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE : FACTEURS EXPLICATIFS DE LA VARIABILITE DES SERVICES ECOLOGIQUES RENDUS PAR LA LEGUMINEUSE ET VOIES D'OPTIMISATION DU COMPROMIS ENTRE SERVICES FOURNI. L'INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT (AGROPARISTECH). [HTTPS://DOI.ORG/10.13140/RG.2.1.3299.7368](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3299.7368)
- VRIGNON-BRENAS, S., CELETTE, F., AMOSSE, C., DAVID, C., 2016A. EFFECT OF SPRING FERTILIZATION ON ECOSYSTEM SERVICES OF ORGANIC WHEAT AND CLOVER RELAY INTERCROPS. *EUR. J. AGRON.* 73, 73–82. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.EJA.2015.10.011](https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.011)
- VRIGNON-BRENAS, S., CELETTE, F., PIQUET-PISSALOUX, A., CORRE-HELLOU, G., DAVID, C., 2018. INTERCROPPING STRATEGIES OF WHITE CLOVER WITH ORGANIC WHEAT TO IMPROVE TRADE-OF BETWEEN WHEAT YIELD, PROTEIN CONTENT AND PROVISION OF ECOLOGICAL SERVICES BY WHITE CLOVER. *F. CROP. RES.* 224, 160–169. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.FCR.2018.05.009](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.05.009)
- 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. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.EJA.2016.01.011](https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.01.011)
- 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. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.AGEE.2017.03.003](https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.003)