



**HAL**  
open science

## Construction et évaluation de scénarios territoriaux d'insertion de légumineuses

Marie-Hélène Jeuffroy, Elise Pelzer, Laurent Bedoussac

► **To cite this version:**

Marie-Hélène Jeuffroy, Elise Pelzer, Laurent Bedoussac. Construction et évaluation de scénarios territoriaux d'insertion de légumineuses. 2018, pp.1-70. hal-04162935

**HAL Id: hal-04162935**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04162935v1>**

Submitted on 17 Jul 2023

**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.



# CONSTRUCTION ET ÉVALUATION DE SCÉNARIOS TERRITORIAUX D'INSERTION DE LÉGUMINEUSES



**PROGRAMME ANR :**

Viabilité et Adaptation des  
Ecosystèmes Productifs,  
Territoires et Ressources face  
aux Changements Globaux  
(AGROBIOSPHERE) 2013

**DURÉE :**

Janvier 2014  
Juillet 2018

**BUDGET :**

829 810 euros

**RÉFÉRENCE PROJET :**

ANR-13-AGRO-0004

**SITE INTERNET DU PROJET :**

[www.inra.fr/legitimes](http://www.inra.fr/legitimes)

**COORDINATEUR DU PROJET :**

Marie-Helene JEUFFROY  
UMR Agronomie INRA-AgroParisTech Université Paris-Saclay



# LE PROJET LEGITIMES

## Legitimes :

*Construction et évaluation de scénarios territoriaux d'insertion de légumineuses dans les systèmes de culture pour répondre aux changements globaux.*

Pour faire face à la diversité des changements globaux, **des évolutions en profondeur des systèmes agricoles** sont nécessaires, dans différents objectifs: accroître l'efficacité d'utilisation des ressources; améliorer la résilience des agroécosystèmes face à une augmentation des aléas climatiques, à la raréfaction de certaines ressources, à l'occurrence de stress biotiques et abiotiques, et à la volatilité des prix et soutiens économiques; réduire l'usage d'intrants de synthèse; réduire les impacts de l'agriculture sur l'environnement; améliorer la qualité des produits récoltés...

Ces objectifs peuvent être atteints grâce à la **valorisation des services écosystémiques**, en particulier des services d'approvisionnement et de régulation. Plusieurs synthèses soulignent le **rôle prépondérant des légumineuses dans l'obtention de ces services**, grâce à la fixation symbiotique, à leurs effets sur les cultures suivantes de la rotation, et à leurs intérêts nutritionnels

pour l'alimentation animale et humaine. Si la diversité des espèces de légumineuses et de leurs modes d'insertion dans les systèmes de culture permet de s'adapter aux conditions pédoclimatiques locales, la quasi-disparition des légumineuses des systèmes agricoles actuels interroge. Plusieurs études mettent en avant la trop faible connaissance par les acteurs de leurs bénéfices, mais également l'insuffisante valorisation économique de ces espèces dans le système agro-industriel, verrouillé en faveur des espèces dominantes.

Comme pour d'autres cultures nouvelles, dont le développement n'est rendu possible que par la **combinaison de facteurs techniques et organisationnels**, des **voies de déverrouillage** combinant une connaissance partagée des services écosystémiques des légumineuses, et l'organisation des acteurs autour de nouvelles filières sont à construire en s'adaptant **aux spécificités des territoires**.

*L'objectif du projet est d'étudier et de construire, avec des acteurs directement concernés, les conditions d'une plus grande insertion des légumineuses dans les systèmes agricoles, et d'en évaluer les effets attendus, dans l'optique d'une gestion durable des territoires et des ressources.*

Le cœur du travail a consisté à construire et à évaluer, avec les acteurs locaux dont trois coopératives agricoles, dans trois territoires aux caractéristiques variées, des scénarios territoriaux d'insertion de légumineuses, qui répondent à des débouchés économiquement viables.

Le projet s'est appuyé sur des **collaborations étroites entre agronomie, économie et sciences sociales**, a combiné des travaux à différentes échelles (**parcelle, exploitation agricole, territoire, et filières**), et a impliqué une **diversité d'acteurs** concernés par l'évolution de l'agriculture, pour :

1

Réaliser une analyse historique des raisons de la disparition des légumineuses et identifier des voies de déverrouillage du système sociotechnique actuel, au niveau des exploitations agricoles et des filières,

2

Acquérir des connaissances sur les performances et les services écosystémiques attendus des légumineuses au sein des systèmes de culture des territoires d'étude,

3

Concevoir et évaluer *ex ante* des systèmes de culture et des scénarios territoriaux incluant différentes légumineuses, et identifier les bénéfices attendus pour le territoire par rapport aux systèmes actuels et passés.

# SOMMAIRE

<b>PARTIE 1 :</b>	
<b>TOUR D'HORIZON DES LÉGUMINEUSES ET DE LEURS ATOUTS</b>	<b>4</b>
Qu'est-ce qu'une légumineuse ?	6
La production des légumineuses, d'où part-on ?	7
Pourquoi la production des légumineuses est « verrouillée » et peine à se développer ?	8
Quelles performances environnementales des légumineuses ?	9
Quel impact des légumineuses sur l'atténuation du changement climatique ?	10
Rentabilité des légumineuses : à quelles conditions ?	11
<b>PARTIE 2 :</b>	
<b>DES OBSERVATOIRES DE PARCELLES POUR ACQUERIR DES REFERENCES LOCALES</b>	<b>12</b>
Description des trois territoires d'étude	14
Les observatoires du projet LEGITIMES	15
L'observatoire Bourgogne	17
L'observatoire Pays de la Loire	18
L'observatoire Midi-Pyrénées	19
<b>PARTIE 3 :</b>	
<b>EVALUATION DES SERVICES RENDUS PAR LES LÉGUMINEUSES POUR L'AZOTE ET LES ADVENTICES</b>	<b>20</b>
Les légumineuses : un si bon précédent pour l'azote ?	22
Toutes les légumineuses se valent-elles pour l'azote ?	23
Comment gérer l'azote dans des systèmes de culture avec des légumineuses ?	25
Les légumineuses permettent-elles de gérer le salissement des parcelles ?	27
<b>PARTIE 4 :</b>	
<b>MOBILISATION DES SAVOIRS EXPERTS POUR LE DÉVELOPPEMENT DES LÉGUMINEUSES</b>	<b>28</b>
Quelle construction des savoirs pour le développement des légumineuses ?	30
Paroles d'agriculteurs sur leur apprentissage de la culture des légumineuses	31
Comment identifier et analyser les innovations des agriculteurs ?	32
Quelles sont les cultures associées pratiquées par les agriculteurs ?	34
Les cultures associées, une solution ?	40
<b>PARTIE 5 :</b>	
<b>L'INTÉGRATION DES LÉGUMINEUSES DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE ET LES TERRITOIRES</b>	<b>42</b>
Comment intégrer les légumineuses dans les systèmes de culture ?	44
Quels sont les systèmes de culture d'aujourd'hui et que seront-ils demain ?	48
Comment insérer des légumineuses dans les territoires ?	50
<b>PARTIE 6 :</b>	
<b>MARCHES ET ACTIONS DES POUVOIRS PUBLICS POUR LE DÉVELOPPEMENT DES LÉGUMINEUSES</b>	<b>52</b>
Quels marchés d'avenir pour les légumineuses ?	54
La contractualisation, un levier pour développer les légumineuses ?	56
Quel est le point de vue des acteurs institutionnels ?	57
Le point de vue de TerresInovia	58
Quelles actions prioritaires pour les pouvoirs publics ?	59
<b>PARTIE 7 :</b>	
<b>UN REGARD NEUF SUR LES LEGUMINEUSES</b>	<b>60</b>
Six thèses pour aborder les légumineuses sous tous les angles	61
Quelques idées culinaires pour contribuer au développement des légumineuses	64
Conclusions et perspectives	68
Les partenaires et contributeurs au projet Legitimes	69

PARTIE 1

# TOUR D'HORIZON DES LÉGUMINEUSES ET DE LEURS ATOUTS





- QU'EST-CE QU'UNE LÉGUMINEUSE ? 6  
*G Duc, M-B Magrini, L Bedoussac*
- LA PRODUCTION DES LÉGUMINEUSES,  
D'OÙ PART-ON ? 7  
*M-B Magrini*
- POURQUOI LA PRODUCTION DES LÉGUMINEUSES  
EST « VERROUILLÉE » ET PEINE À SE DÉVELOPPER ? 8  
*M-B Magrini, M-H Jeuffroy*
- QUELLES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES  
DES LÉGUMINEUSES ? 9  
*L Guichard, A Schneider*
- QUEL IMPACT DES LÉGUMINEUSES SUR L' ATTÉNUATION  
DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ? 10  
*A Schneider, M-H Jeuffroy*
- RENTABILITÉ DES LÉGUMINEUSES :  
À QUELLES CONDITIONS ? 11  
*A Schneider, M-H Jeuffroy*

## QU'EST CE QU'UNE LÉGUMINEUSE

*Le terme Légumineuses désigne des plantes dont le fruit est une gousse, et le terme Papilionacées des légumineuses à fleurs irrégulières en forme de papillon comportant cinq pétales. Pour la plupart, les espèces légumineuse sont allogames (inter-croisements fréquents entre plantes d'une même espèce), leurs fleurs riches en nectar et pollen étant une ressource pour de nombreux les insectes pollinisateurs qui les visitent et les pollinisent (bourdons, abeilles, ...).*

Positionnée au sein des plantes dicotylédones, on trouve la famille des **Fabacées** (Fabaceae Lindl. APG III 2009) (ou famille des **Légumineuses**) qui comporte trois sous-familles : les **Cesalpinoïdeae** (Cesalpinia, Ceratonia, Cercis, Gleditsia, Bauhinia...), les **Mimosoïdeae** (Albizia, Acacia, Mimosa...) et les **Papilionoïdeae** (ou **Faboïdeae**) (pois, fève, lentille, haricot, pois chiche, lupin, arachide, soja, gesse, vesce, mélilot, trèfle, luzerne, lotier, sainfoin, robinier, glycine...). Au cours de 60 millions d'années d'évolution, s'adaptant à différentes conditions pédoclimatiques de l'ancien et du nouveau monde, cette famille s'est diversifiée prenant des formes d'espèces herbacées jusqu'à de grands arbres. Avec plus de 650 genres et 18000 espèces, elle se classe au troisième rang des plus grandes familles des végétaux supérieures.

On observe normalement la présence de nodules fixateurs de l'azote atmosphérique sur les racines chez les Papilionoïdeae et les Mimosoïdeae, alors qu'ils sont absents chez la plupart des Cesalpinoïdeae. Ces nodosités sont le résultat d'une symbiose entre des bactéries fixatrices d'azote du genre rhizobium et ces différentes espèces de légumineuses.

Cette capacité à acquérir l'azote en situation de faible nutrition azotée minérale contribue à la grande richesse en protéines de leurs feuilles et de leurs graines.

Du fait de leur large répartition et de leur richesse en protéines, les légumineuses ont fait partie des premières espèces domestiquées par les hommes. Une majorité des légumineuses domestiquées est originaire du croissant fertile (Moyen Orient) et des traces archéologiques de domestication datant de plus de 12000 ans ont été retrouvées en Europe. Le haricot a été introduit en Europe avec les Grandes découvertes (15ème siècle), et le soja a migré de l'Asie vers l'Amérique du Nord et l'Europe au 19ème siècle. Après la deuxième guerre mondiale, la place des légumineuses diminue fortement en Europe du fait du remplacement des animaux de traits par les moteurs thermiques, de l'utilisation des engrais azotés, de la simplification des assolements, et du développement d'une alimentation humaine davantage basée sur des produits animaux, eux-mêmes dépendants d'importations de tourteaux de soja produits en Amérique.

Les légumineuses utilisées en agriculture se distinguent principalement selon leur mode principal d'utilisation qui va d'une dimension jardinée, vivrière jusqu'à une échelle de grande filière de transformation :

- **Des graines sèches récoltées à maturité et produites en grande culture** : certaines espèces dont la graine est riche en huile sont dites oléoprotéagineuses (soja, arachide). Elles peuvent être utilisées en alimentation humaine en graine entière ou fractionnée. Leur huile sert à la production de biodiesel ou d'huile alimentaire. Le co-produit tourteau est souvent utilisé en alimentation animale. Certaines graines dites protéagineuses qui sont plus pauvres en huile (pois, féverole, lupin) sont beaucoup utilisées en alimentation animale. Elles sont aussi utilisées par l'homme (en graines entière ou broyées) dans ses préparations culinaires, et l'on parle alors de légumes secs (haricots, pois, fèves ou féverole, lupin, pois chiche, lentilles, ...)
- **Des gousses ou graines fraîches** : haricots verts, flageolets, petits pois, ... pour l'alimentation humaine, entrant dans le marché des légumes frais, de la conserve ou de la surgélation.
- **Des légumineuses fourragères ou prairiales** : luzerne, trèfles, vesces, sainfoin, lotier, pois, ... semées ou se renouvelant naturellement, pérennes ou annuelles, elles sont consommées par les herbivores domestiques en pâturage ou sous forme de foin, granulés, ensilages...
- **Des légumineuses non récoltées dites « de couvert »** : vesces, gesses, trèfles, pois, lupins, lentilles, trèfles, féveroles..., elles contribuent à couvrir le sol, à lutter contre les adventices, ravageurs ou maladies, et à rendre les sols plus fertiles par l'apport d'azote et de matière organique.
- **Des légumineuses en productions arboricoles, forestière ou ornementale** : caroubier, robinier, glycine.

Aujourd'hui même si des formes sauvages des grandes espèces cultivées sont encore présentes dans les milieux naturels (la fève fait exception), des ressources génétiques importantes (plusieurs dizaines de milliers d'accessions par espèces) sont maintenues et caractérisées *ex situ* dans de grands centres publics de ressources génétiques nationaux ou internationaux (notamment dans les Centres du CGIAR). L'INRA conserve environ 5000 ressources naturelles de pois, féverole et lupins qui progressivement sont mieux caractérisées aux plans moléculaire et phénotypique. Ces ressources seront essentielles pour diversifier et construire des systèmes de production et alimentation durables de demain, limitant ou s'adaptant aux contraintes du changement climatique.

# LA PRODUCTION DES LÉGUMINEUSES, D'OÙ PART-ON ?

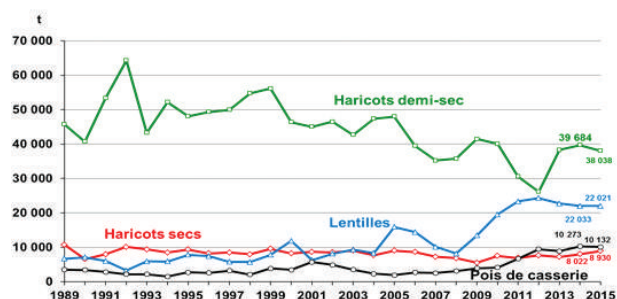
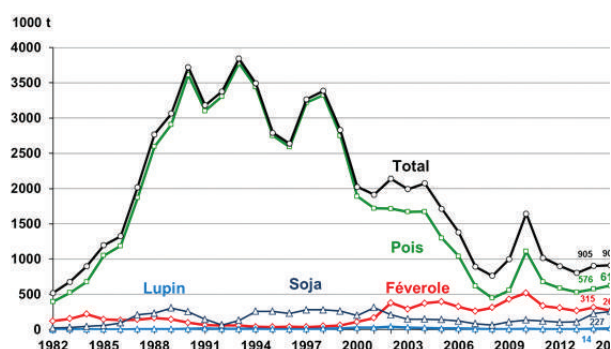
Les légumineuses à graines sont peu cultivées en France, comme en Europe (moins de 2% des assolements des grandes cultures), également peu consommées (moins de 2 kg/an/hab, une des moyennes les plus faibles au monde); et proportionnellement aux autres espèces, moins utilisées en alimentation animale.

Ce constat s'explique par une **combinaison de mécanismes socio-économiques et agronomiques**, caractérisant un **verrouillage socio-technique**. Mais la demande actuelle croissante sur ces espèces laisse à penser que leur production pourrait augmenter, à condition d'être **accompagnée par un ensemble de mesures économiques et un renforcement de la recherche sur ces espèces**, pour favoriser le déverrouillage du système.

La production française des 4 principales légumineuses à graines (pois, féverole, soja, lupin) s'élève à près d'un million de tonnes, après avoir frôlé les 4 millions au début des années 1990. Après une forte expansion des surfaces de **pois protéagineux** dans les années 1980, fortement soutenue par les pouvoirs publics, on constate depuis une **chute drastique des surfaces**. Plus récemment, la féverole et le soja connaissent

un développement significatif, permettant une plus grande diversification des légumineuses à graines, tandis que le **lupin** peine à se développer. Le débouché historique de ces espèces pour l'alimentation animale a été fortement concurrencé par les importations de soja et par l'accès à de nouvelles matières riches en protéines (telles que les tourteaux de tournesol et de colza), alors que l'offre nationale de graines protéagineuses en diminution a induit un accroissement des coûts logistiques d'approvisionnement. Le **différentiel croissant de compétitivité des légumineuses au regard d'autres espèces** (renforcé par un écart croissant de rendement et des prix peu soutenus) est l'héritage d'un ensemble de mécanismes socio-économiques et agronomiques qui se sont renforcés dans le temps, depuis la préférence donnée en Europe aux céréales cultivées et au soja importé, après la seconde guerre mondiale.

Volume de production des légumineuses principalement utilisées en alimentation animale (gauche) et des légumes secs en alimentation humaine (droite). (source Agreste)



Aujourd'hui, la **relative stabilisation de ces productions**, sur les cinq dernières années, peut être considérée comme encourageante, car cela constitue un socle productif stable à partir duquel de **nouveaux marchés** peuvent se développer : en particulier pour **l'alimentation humaine** ou pour **certaines filières animales revendiquant une alimentation locale** pour augmenter leur autonomie protéique et réduire les importations de tourteaux de soja. L'accroissement de la demande en alimentation humaine est aussi susceptible d'entraîner une augmentation de la production d'autres espèces comme les **lentilles, haricots secs, et pois chiches**. Leur production stagnante des dernières décennies connaît un essor récent, bien que le volume total produit par ces espèces (environ 75 000 t en 2015) reste faible (1/12ème de la production totale de légumineuses à graines). Le développement le plus important reste dans l'agriculture biologique où les légumineuses constituent un pilier essentiel de gestion de l'azote.

Proportion des exploitations agricoles (EA) professionnelles de grandes cultures (otex 15 et 16) cultivant des légumineuses à graines d'après les données du Recensement Agricole 2010.

Part des Exploitations Agricoles ayant des légumineuses dans leur assolement	Toutes les exploitations agricoles	Exploitations agricoles en Agriculture Biologique
Protéagineux	33%	47% (56% otex 15)
Légumes secs	3%	20%



# POURQUOI LA PRODUCTION DES LÉGUMINEUSES EST « VERROUILLÉE » ET PEINE À SE DÉVELOPPER ?

*La marginalisation des légumineuses dans les systèmes de culture actuels est liée à un ensemble de déterminants socio-technico-économiques inter-connectés, caractérisant un verrouillage socio-technique :*

## Déterminants économiques :

- Diminution des aides publiques aux légumineuses,
- Conditions économiques plus avantageuses sur d'autres cultures,
- Évaluation annuelle de la rentabilité économique comparée des espèces alors que la rentabilité de successions incluant des légumineuses est souvent similaire à celle des rotations courtes,
- Activité des entreprises de collecte concentrée sur un petit nombre d'espèces à gros volume pour réduire les coûts logistiques,
- Forte substituabilité des matières premières en alimentation animale, et donc forte compétition

## Déterminants agronomiques :

- Écarts de rendement élevés et en augmentation, comparativement aux autres cultures dominantes (notamment liés au coût élevé de la synthèse protéique dans les graines, à une plus grande sensibilité des légumineuses à graines aux stress climatiques, à la délocalisation progressive des cultures vers des zones moins favorables...),
- Variabilité des effets précédents des légumineuses (et absence d'interprétation), ces derniers n'étant quantifiés que pour un faible nombre d'espèces,
- Induisant leur sous-valorisation dans la conduite des cultures suivantes,
- Manque de conseil et de références techniques sur la conduite et les performances économiques de ces espèces,
- Progrès génétique plus faible et moins rapide que sur les espèces dominantes (variétés moins nombreuses, plus difficiles d'accès, durée de vie plus longue des variétés).

Ce verrouillage s'est construit au fil du temps, par un mécanisme de rendements croissants d'adoption, renforçant le différentiel de compétitivité des légumineuses vis-à-vis des autres cultures et marginalisant progressivement les légumineuses. Cinq types de mécanismes mettent en avant le rôle de l'action sociale dans la diffusion d'un choix productif agricole et le renforcement de sa performance :

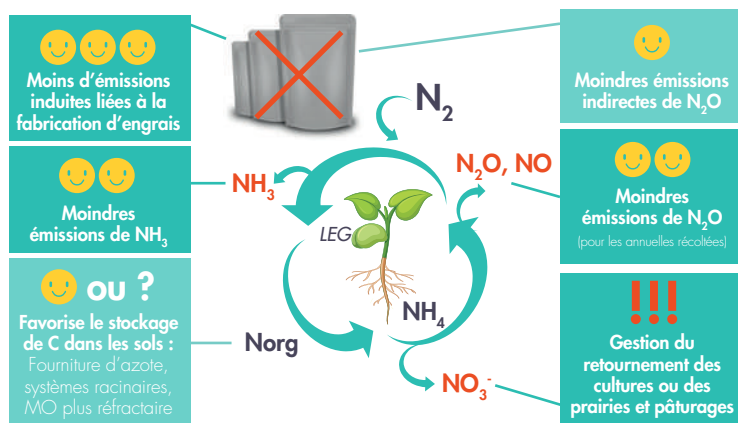
- Les économies d'apprentissage : les performances productives augmentent avec l'expérience des utilisateurs ;
- Les externalités de réseau : plus il y a d'adoptants, plus les utilisateurs ont intérêt à adopter les mêmes pratiques pour bénéficier d'autres produits ou services (tels que les produits de contrôle, le conseil) qui se développent en compatibilité) ;
- les économies d'échelle et d'expérience : le coût unitaire de production se réduit au cours du temps par effet de volume et d'amélioration du choix productif initial, le renforçant ;
- L'accroissement informationnel : plus ce choix productif se développe, plus il est connu, incitant d'autres à l'adopter au détriment des alternatives ;
- les interdépendances technologiques : d'autres produits (comme des produits transformés en alimentation humaine) et standards de production s'établissent en lien avec le choix initial devenu un choix dominant.

## Analyse historique :

- Lors des accords politiques et commerciaux de l'après guerre (au milieu du XXème siècle), les légumineuses n'ont pas été considérées comme espèces prioritaires pour assurer l'autonomie alimentaire de l'Europe. Les politiques européennes ont privilégié les céréales et le recours aux importations de soja.
- Ensuite, dans les années 1960-70, le développement des intrants (engrais azotés et pesticides) a été soutenu car ils représentaient alors un progrès technique évident, renforçant le développement des céréales (fortement consommatrices).
- Dans les années 1970, un plan protéines a été lancé, pour réduire la dépendance de l'Europe vis-à-vis du soja américain, permettant le développement des surfaces de pois jusqu'au début des années 1990.
- Mais cette tendance a été renversée, suite à la nouvelle Politique Agricole Commune de 1992 : le découplage des paiements a affaibli le soutien aux légumineuses, conduisant à une baisse drastique des surfaces.
- Aujourd'hui, les incertitudes restant sur la culture des légumineuses, qui ont bénéficié de moins d'investissements et d'apprentissages, et le coût inhérent du changement, renforcent cette préférence historique pour le couple 'céréales fertilisées – soja importé', au détriment de la culture des légumineuses en Europe.

# QUELLES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES DES LÉGUMINEUSES ?

Les impacts environnementaux des légumineuses quantifiés sur de nombreuses études, soit par des mesures sur des systèmes réels, soit par modélisation sur des systèmes virtuels, montrent des résultats variables selon les espèces de légumineuses et leurs modes d'insertion. Une synthèse de ces études confirme une convergence d'effets plutôt favorables à l'environnement.



Les systèmes avec légumineuses, en comparaison avec des systèmes équivalents sans légumineuse, contribuent significativement à la **réduction de la consommation en énergie fossile**, des **émissions acidifiantes** vers l'atmosphère et les écosystèmes naturels ( $\text{NH}_3$ ), et des **émissions de gaz à effet de serre** ( $\text{N}_2\text{O}$ ), et donc les risques associés.

Ces effets favorables sont principalement dus à l'évitement des émissions liées aux engrais azotés, qui représentent environ 60 % des besoins en énergie d'une culture fertilisée, et 50 à 80 % de sa production en GES.

Le tableau illustre cette amélioration significative plus ou moins forte sur une série d'impacts lors de l'étude de l'insertion du pois en utilisant l'évaluation par ACV de 56 systèmes de culture céréalières conventionnels non irrigués dans 3 régions françaises.

	Nb rotations dans la moyenne	Kg N	Energie non renouvelable Fossile et nucléaire en éq. MJ	Effet de serre (IPCC 07) en kg éq. $\text{CO}_2$	Formation d'ozone NOx élevé POCP, kg éq. éthylène	Eutrophisation Potentielle combinée, kgN	Acidification g éq. $\text{SO}_2$ (EDIP97)	Toxicité aquatique 100 ans (CML), kg éq. 1,4-DCB
<b>Témoins sans pois</b>	3(Beauc) 2(Bourg.) 5(Mosell)	<b>100%</b> Be : 168 Bo : 167 Mo : 164	<b>100%</b> Be : 28939 Bo : 21784 Mo : 22967	<b>100%</b> Be : 3357 Bo : 3132 Mo : 2993	<b>100%</b> Be : 0.75 Bo : 0.62 Mo : 0.68	<b>100%</b> Be : 73 Bo : 96 Mo : 89	<b>100%</b> Be : 43 Bo : 40 Mo : 43	<b>100%</b> Be : 756 Bo : 2035 Mo : 679
<b>A pois Beauce (22% pois)</b>	<b>10</b>	<b>77%</b>	<b>87%</b>	<b>84%</b>	<b>90%</b>	<b>87%</b>	<b>78%</b>	<b>90%</b>
<b>A pois Bourgogne (14% pois)</b>	<b>8</b>	<b>83%</b>	<b>92%</b>	<b>90%</b>	<b>96%</b>	<b>92%</b>	<b>85%</b>	<b>104%</b>
<b>A pois Moselle (13% pois)</b>	<b>9</b>	<b>85%</b>	<b>93%</b>	<b>92%</b>	<b>96%</b>	<b>87%</b>	<b>88%</b>	<b>83%</b>

Ecarts des impacts par hectare des rotations alternatives avec pois (Ap) par rapport à l'impact des rotations de référence de chaque région (en valeur pour la moyenne des témoins et en % par rapport au témoin pour la moyenne des alternatives par région); Nemecek et al. (2015)

L'amélioration du fonctionnement de la culture qui suit une légumineuse permet une augmentation de son efficacité d'utilisation de l'azote, et conduit à des reliquats après cette culture suivante qui sont plus faibles qu'après un anté-précédent céréale. Cependant, les **risques de lixiviation de nitrate** (et donc pollution des eaux) peuvent être plus importants juste après la légumineuse, notamment lors de l'automne-hiver qui suit une annuelle comme le pois ou lors du retournement d'une pluriannuelle comme la luzerne. Ajuster la conception du système s'avère être un levier efficace pour anticiper ces risques, par exemple après une **légumineuse annuelle** récoltée en été :

- Assurer une **couverture du sol en période automne-hiver**, rapide et à forte capacité d'absorption d'azote avant drainage : implantation d'un couvert ou choix d'une culture capable d'absorber rapidement l'azote du sol (comme le colza) ;
- Adapter la **fertilisation sur le système de culture**, en réduisant les apports, au moins sur la culture qui est associée ou qui suit la légumineuse.

La famille botanique des légumineuses apporte de la diversité dans les agrosystèmes dominés par les graminées et les crucifères, favorisant une **faune et une flore sauvages plus diversifiées**, à l'échelle de la parcelle et du paysage. L'environnement racinaire des légumineuses augmente la **biodiversité souterraine** (diversité microbienne, effets positifs sur certaines populations de vers de terre, etc.). Ces effets sont favorisés par une moindre application d'engrais minéraux et, pour certaines espèces, de produits phytosanitaires (moindre pression sanitaire liée à la rupture de cycle de certains bioagresseurs des cultures dominantes). Les légumineuses constituent également une **source de nectar pour les insectes pollinisateurs** ou de protéines pour la macrofaune. Elles peuvent également servir de **refuge pour différentes populations d'insectes auxiliaires**. Tous ces effets liés aux légumineuses contribuent à la **biodiversité à l'échelle du paysage**.

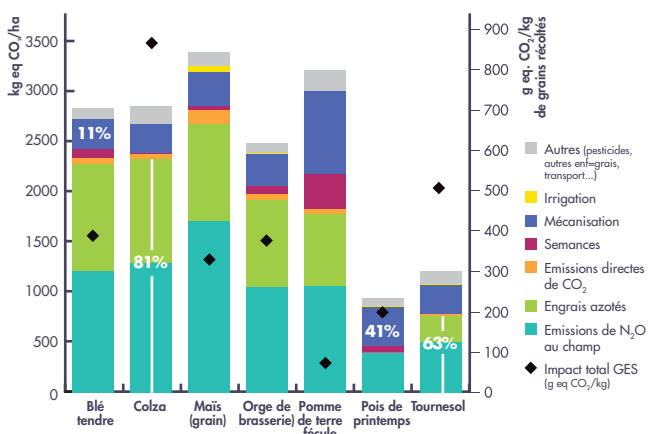
# QUEL IMPACT DES LÉGUMINEUSES SUR L'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Le changement climatique est une réalité, le secteur agricole est responsable de 88% des émissions de N<sub>2</sub>O et la fertilisation représente 70-90 % des gaz à effet de serre du produit agricole s'il y a apports azotés. Les changements de pratiques nécessaires pour l'atténuation et/ou l'adaptation sont donc devenus des enjeux incontournables. La production d'engrais étant très énergivore, ces enjeux sur le changement climatique sont également très liés à l'enjeu de « réduction de la consommation d'énergie non renouvelable », priorité pour la transition énergétique de la France.

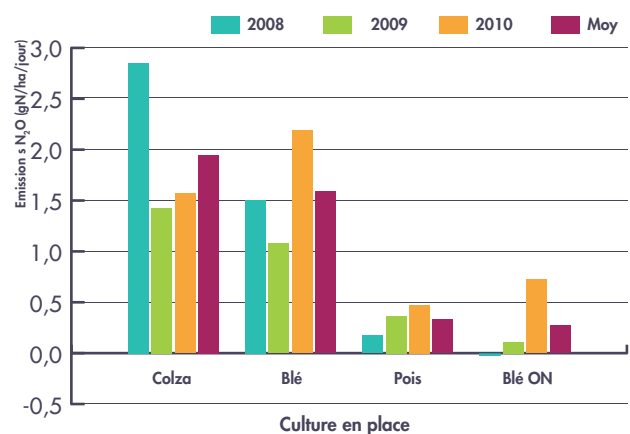
## Le développement des légumineuses à graines est un des 10 leviers clés d'atténuation pour l'agriculture française

Les légumineuses, grâce à l'économie d'utilisation d'engrais azoté, permise par la fixation azotée et par la fourniture d'N plus élevée pour la culture suivante, en comparaison aux autres cultures dominantes des successions actuelles, permettent de réduire significativement les émissions de GES dans les systèmes de culture, ainsi que la consommation énergétique dans les exploitations agricoles.

Le développement des légumineuses a ainsi été clairement identifié comme levier pour réduire les émissions de N<sub>2</sub>O du secteur agricole. Des mesures au champ des émissions de N<sub>2</sub>O, dans des segments de successions de cultures incluant du pois, du blé ou du colza pendant 3 campagnes culturales, ont permis d'estimer la réduction des émissions à 20 % pour des successions de 3 ans incluant 1 pois. En comptabilisant tous les postes (absence d'émission de CO<sub>2</sub> et de N<sub>2</sub>O au moment de la fabrication, du transport et de l'épandage des engrais azotés), la réduction s'élève à 13 % par hectare pour une rotation de 5 ans, soit l'évitement d'environ 2 t d'équivalent CO<sub>2</sub>, quand on introduit 20 % de pois protéagineux dans des systèmes intensifs en azote. Dans son expertise collective menée en 2013, l'INRA a quantifié à 636 kg eq CO<sub>2</sub>/ha/an, cette réduction des émissions directes et indirectes liées à l'exploitation agricole, et à 947 kg CO<sub>2</sub>/ha/an celle des émissions induites en amont.



Une empreinte environnementale d'autant plus basse pour les produits agro-alimentaires issus de graines de légumineuses : Impact 'changement climatique' de 7 grandes cultures par hectare (barres) et par kilogramme de produit (points). (Willmann et al 2014, LCA Food Conference)



Emissions de N<sub>2</sub>O au champ pendant 3 campagnes culturales (mesures discontinues mars-juillet) (Jeuffroy et al., 2013)

## LES CRÉDITS CARBONE: DEUX TYPES DE MARCHÉ

Mobilisés par les politiques de l'environnement, les crédits carbone sont des outils de marché basés sur des transactions d'émissions évitées de gaz à effet de serre.

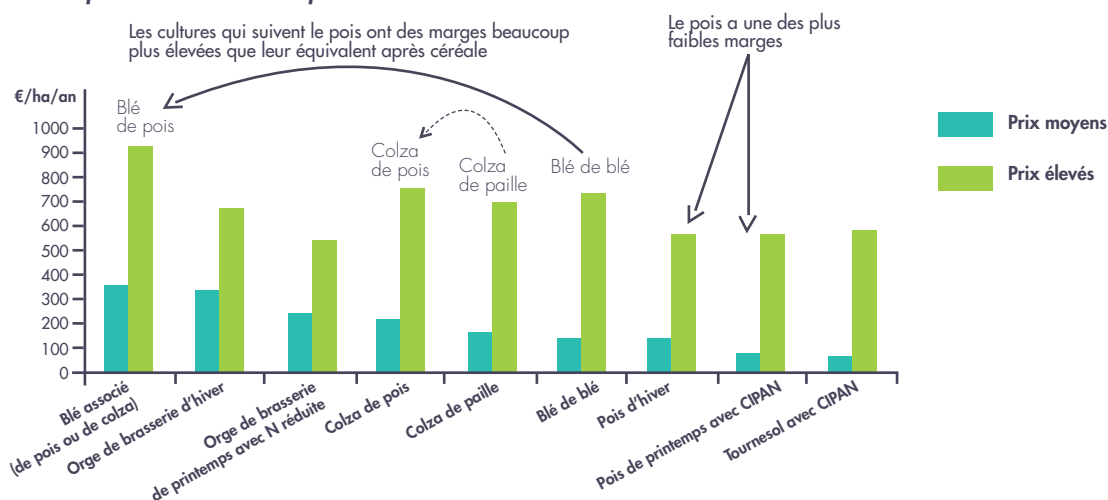
Le **marché réglementé** est orchestré par le système européen d'échange de quotas de CO<sub>2</sub> imposés aux secteurs qui y sont assujettis. Vendre des projets vertueux issus de secteurs non assujettis aux quotas (comme l'agriculture) avait été rendu possible via les mécanismes de mise en œuvre conjointe (MOC). Un des rares exemples du secteur agricole est le « projet domestique légumineuses » agréé par le ministère en charge de l'Écologie en 2011. En 2010-2015, le prix du carbone est descendu très bas et se relève actuellement.

La rémunération des réductions de GES trouve aussi un nouvel intérêt auprès d'autres opérateurs désireux d'acheter ces crédits pour compenser volontairement leurs émissions de GES (vente de « gré à gré ») et l'afficher dans leur démarche RSE (responsabilité sociale des entreprises). Un « Label bas-carbone », préparé en ce moment par le ministère français en charge du climat, vise à faciliter ce marché volontaire de la **compensation carbone** (et ses co-bénéfices) comme le font plusieurs autres pays européens. Le label constitue un cadre méthodologique (Suivi, Notification et Vérification) de labellisation de projets d'atténuation du changement climatique. Il va faciliter la levée de financements pour les projets volontaires conduits sur le territoire français dans les secteurs diffus (surtout agriculture et forêt) qui contribuent à la Stratégie Bas Carbone de la France.

# RENTABILITÉ DES LÉGUMINEUSES : À QUELLES CONDITIONS ?

La marge à la culture des protéagineux est souvent la plus faible des marges des grandes cultures dans un système et un contexte donné. Mais pour les cultures dominantes, leur marge est plus intéressante dans le cas du précédent pois pour le blé comme pour le colza, après avoir optimisé l'itinéraire technique de chaque culture selon son précédent et le type de succession. La hiérarchie change alors et montre l'intérêt des successions avec pois.

## Marges semi-nettes par culture selon son précédent



Par la valeur des interactions agronomiques des cultures successives, la marge rotationnelle intègre des charges opérationnelles plus faibles et un rendement similaire ou plus élevé.

Alors que des blés de blés sont encore pratiqués dans les successions céréalières, quel que soit le contexte économique, il est clairement plus rentable d'inclure un pois entre deux blés, avec 6 % de plus pour la marge semi-directe (jusqu'à +44 euros/ha/an) par rapport au système de culture de référence régionale (tendances communes aux 4 situations régionales (Beauce, Thymerais, Bourgogne, Plateau lorrain) étudiées par Carrouée et al. (2012). Dans les successions Colza-Blé-Orge inclure un pois permet d'avoir une marge de manœuvre pour réduire la dose N à la rotation dans les zones sensibles ou offre un levier de réduction des émissions de GES (pour le débouché des biocarburants notamment) ou limite les problèmes de contrôle des adventices de graminées.

**Écarts de marges semi-directes** en valeurs et % par rapport au témoin (Colza-Blé-Orge, ou Blé de Blé) en conduite conventionnelle, dans 2 contextes de prix et 4 cas étudiés (en ne comptabilisant que les effets précédents à court terme). (résultats CasDar 7175; Carrouée et al., 2012).

Prix de la moyenne 2005-2009 : blé à 126; pois à 150; Prix plutôt « élevés » blé à 200; pois à 225.

Ecart de marge avec pois (en €/ha/an) (% du témoin respectif)	Insertion du pois entre 2 blés (1/5 ans)		Insertion du pois devant le colza 1 fois sur 2 (1/7 ans)		Remplacement de l'orge par du pois 1 fois sur 2 (1/6 ans)	
	C-B-(P)-B-O		C-B-O-(P)-C-B-O		C-B-O(ou P)-C-B-O	
Contexte	Moyenne 2005-2009	Hypothèse 2011-2012	Moyenne 2005-2009	Hypothèse 2011-2012	Moyenne 2005-2009	Hypothèse 2011-2012
<b>Beauce</b> (avec orge pr., pois hiver, et blé dur)	+14 (+2,9%)	+35 (+3,7%)	-1	+5 (+0,5%)	+2	-9 (1%)
<b>Thymerais</b> (avec orge br. d'hiver ou de pr. et pois pr.)*	0	+14 (+1,5%)	+16 (+3,3%)	-3 (2,4%)	-11 (2,4%)	+4 (2,4%)
<b>Bourgogne</b> (avec orge br. d'hiver et pois d'hiver)	+21 (+6%)	+32 (+4,2%)	-2	0	-3	-1
<b>Plateau lorrain</b> (avec orge four. et pois pr.)	+22 (+6%)	+44 (+5,6%)	+9 (+2,3%)	+21 (+2,6%)	+12 (+3%)	+29 (+3,6%)

A l'échelle pluriannuelle du système de culture, l'insertion des légumineuses révèle toute sa valeur ajoutée, si tout a été mis en œuvre pour des conditions favorables à l'expression des effets du précédent. Les outils de comptabilité devraient être adaptés pour appréhender en pluriannuel ces services rendus par les légumineuses

PARTIE 2

# DES OBSERVATOIRES DE PARCELLES POUR ACQUERIR DES REFERENCES LOCALES





- DESCRIPTION DES TROIS TERRITOIRES D'ÉTUDE **14**  
*M Soulié*
- LES OBSERVATOIRES DU PROJET LEGITIMES **15**  
*G Corre-Hellou, M Mauline, F Janus, J Poret, C Naudin, S Sorin, E Pelzer, S Médiène, M-H Jeuffroy, M Bazot, A Butier, M Quinio, D Garnaud, E-P Journet, E Lecloux, E Justes, A Larribeau*
- L'OBSERVATOIRE BOURGOGNE **17**  
*E Pelzer, M Bazot, A Butier, S Médiène, M-H Jeuffroy, M Quinio*
- L'OBSERVATOIRE PAYS DE LA LOIRE **18**  
*G Corre-Hellou, M Mauline, J Poret, T Cherièr, X Bousselin, F Janus*
- L'OBSERVATOIRE MIDI-PYRÉNÉES **19**  
*E-P Journet, E Lecloux, A Madrid, L Fernandes, M Tirel, Q Gascuel, E Justes*



## DESCRIPTION DES 3 TERRITOIRES D'ÉTUDE

### Plateau Langrois (Bourgogne)

#### Contexte pédo-climatique

- Sols superficiels argilo-calcaire caillouteux, à potentiels de rendements faibles
- Ressource en eau limitante

#### Débouchés existants pour les légumineuses

- Alimentation animale (bovins, porcins, volailles)
- Usine de déshydratation de la luzerne
- Export féverole pour l'alimentation humaine

#### Objectifs

- Développer les légumineuses à graines (pures/asso), en particulier en AB
- Stabiliser rendements et marges des légumineuses
- Diversification des systèmes de culture
- Reconnexion avec les élevages

### Pays d'Ancenis et de Chateaubriant (Pays de la Loire)

#### Contexte pédo-climatique

- Une diversité de sols (y compris à l'échelle de l'exploitation)
- Précipitations et températures moyennes

#### Débouchés existants pour les légumineuses

- Valorisation du lupin pur et associé
- Alimentation animale : pois, féverole, luzerne
- Projet d'une usine de déshydratation de la luzerne

#### Objectifs

- Accroître l'autonomie en protéines sur les exploitations
- Développer le lupin (pur et associé)
- Diversifier les cultures de vente, développer de nouveaux débouchés

### Région agricole de Lomagne (Midi-Pyrénées)

#### Contexte pédo-climatique

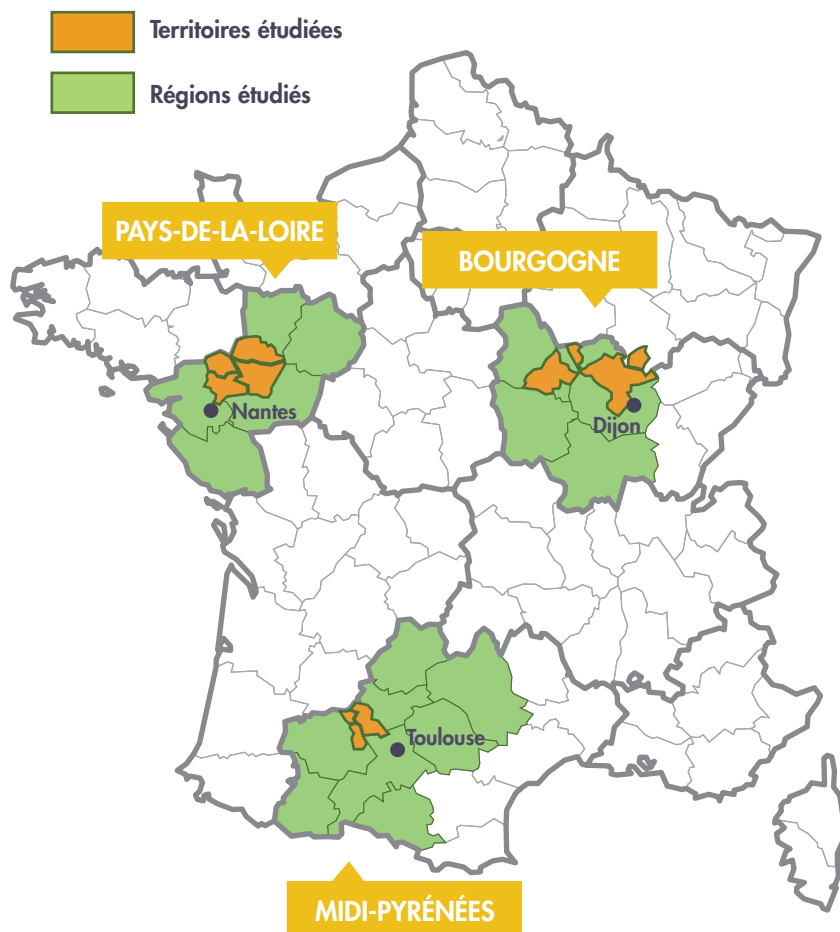
- Sols argileux et argilo-limoneux en fond de vallée
- Sols limono-sableux de type boulbènes
- Coteaux argilo-calcaires soumis à l'érosion et au ruissellement

#### Débouchés existants pour les légumineuses

- Développement filière légumes secs (haricots, lentille, pois chiche) biologique et conventionnel
- Pois protéagineux à destination animale
- Projet d'une usine de déshydratation luzerne
- Débouchés soja (AB et AC)

#### Objectifs

- Développer filières légumes secs
- Développer légumineuses à graines (notamment soja)
- Valoriser l'effet précédent des légumineuses pour les blés meuniers en AB (pur/asso)
- Diversifier les rotations et réduire les produits phyto en AC
- Autonomie protéique des élevages
- Associations pour lever certains facteurs limitants liés aux légumineuses pures



# LES OBSERVATOIRES DU PROJET LEGITIMES

## Objectif général des observatoires :

Quantifier, en conditions agricoles, la variabilité des performances et des services rendus par les légumineuses (rendement, qualité, effets précédents : fourniture en azote, maîtrise des adventices, etc.)

## Des questions contrastées chez les acteurs des trois territoires qui ont guidé le choix des espèces

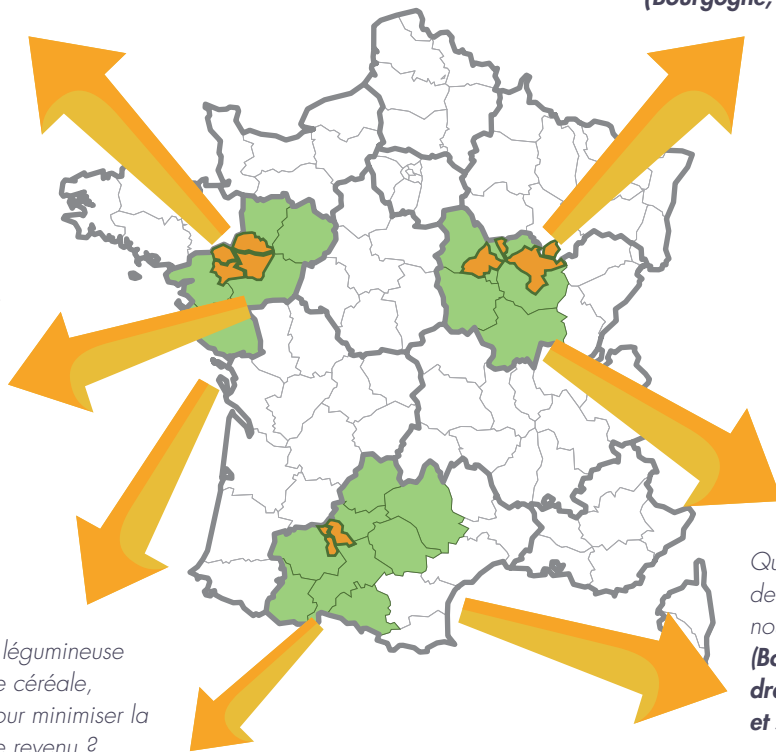
Comment sécuriser l'approvisionnement d'une filière déjà très structurée  
**(Pays de la Loire, lupin)**

Quels sont les services et leur variabilité pour la légumineuse la plus cultivée mais considérée peu attractive par rapport à d'autres cultures à la fois en conventionnel et en bio ?  
**(Bourgogne, pois de printemps)**

Quelles sont les performances d'une culture pouvant contribuer à l'accroissement de l'autonomie en protéines dans les élevages ?  
**(Pays de la Loire, lupin)**

Comment insérer une légumineuse (seule, associée à une céréale, printemps ou hiver) pour minimiser la variabilité, sécuriser le revenu ?  
**(Pays de la Loire, lupin pur ou associé, Midi-Pyrénées, lentille pure ou associée)**

Quelles sont les performances de légumineuses destinées à de nouvelles filières ?  
**(Bourgogne, luzerne déshydratée, Midi-Pyrénées, lentille et soja)**







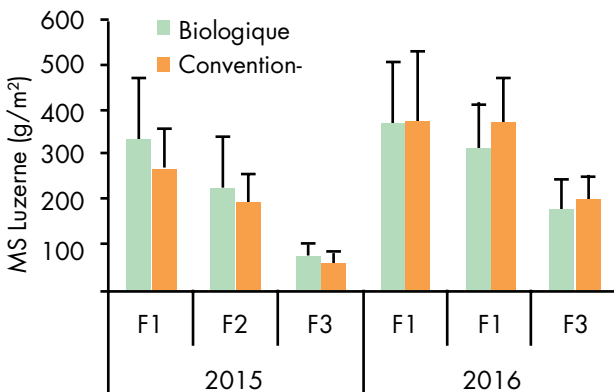
# L'OBSERVATOIRE BOURGOGNE

## DISPOSITIF

5 à 7 parcelles par culture\*conduite\*année (46 parcelles suivies), 25 agriculteurs impliqués  
Luzerne (dernière année) conventionnelle et biologique suivie en 2015 et 2016, pois de printemps biologique suivi en 2015, pois de printemps conventionnel suivi en 2015, 2016 et 2017.

## Pois

- Rendements plus faibles en 2016 (pluies importantes et présence d'ascochytose)
- Adventices et potentiel parcelle (taux de cailloux et profondeur) = principaux facteurs explicatifs du rendement quelque soit la conduite (biologique et conventionnel)
- Du fait de facteurs limitants plus importants (potentiel de parcelle, aphanomyces dans 2 parcelles/5 (pas d'aphano en conventionnel), plus forte infestation en adventices et en sitones), le bio présente des rendements plus faibles en moyenne. Pour les mêmes raisons, le taux de protéines est plus faible en biologique (19 %) qu'en conventionnel (22, 24 et 21 %)
- Pour les parcelles avec un meilleur potentiel, le taux de fixation (et quantité d'azote fixé) et le rendement du pois sont meilleurs

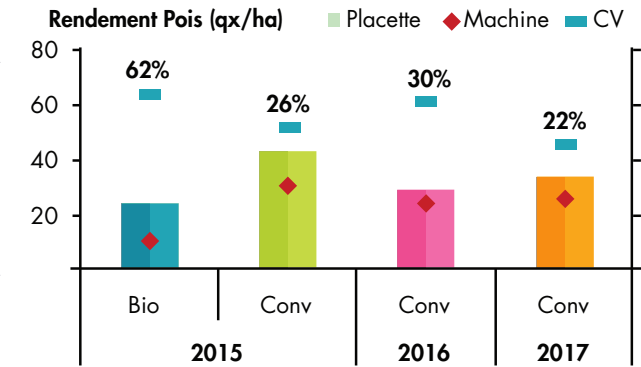


## Risque de lessivage

Peu de différences de reliquats d'azote minéral du sol après luzerne ou pois, mais des risques de pertes importantes entre entrée et sortie hiver quand les précipitations sont plus importantes (hiver 2015-2016)

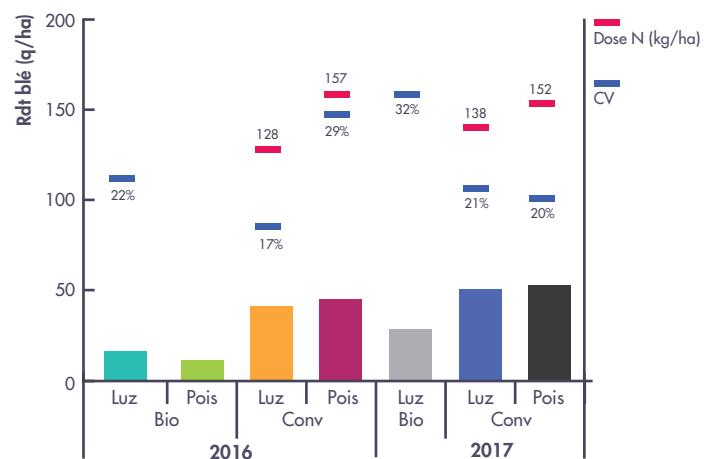
## Blés suivants

- Adventices = principal facteur limitant du rendement
- En moyenne, rendements plus faibles en biologique, peu d'effet année malgré une année 2016 particulière, peu de différences entre précédents
- Fertilisation N en moyenne plus faible derrière luzerne, IFT Herbicide et total légèrement plus élevé
- Rendement blé fertilisé plus important quand la quantité d'azote des pailles de pois est plus importante
- Meilleur est le rendement du pois, plus élevé est le rendement du blé suivant (mais pas vrai pour la luzerne)
- Taux de protéines plus faible en biologique qu'en conventionnel, et derrière le pois (comparé au précédent luzerne)



## Luzerne

- Rendements plus faibles en 2015 qu'en 2016 car année plus sèche
- Rendement équivalent quel que soit le potentiel de la parcelle
- Adventices = principal facteur limitant.
- Rendements équivalents en biologique et conventionnel
- Rendements équivalents avec et sans mélange de variétés, et quel que soit l'âge de la luzerne (entre 2 et 4 ans)
- Quantité d'azote exporté plus importante en 2016 (production de biomasse plus importante), équivalente en biologique et conventionnel
- Taux de fixation variable et peu expliqué par le potentiel parcelle, contrairement au pois (le potentiel pourrait avoir plus d'effet la première année d'implantation de la luzerne)



## L'OBSERVATOIRE PAYS DE LA LOIRE

*En Pays de la Loire, il existe une filière lupin très structurée mais dont l'approvisionnement peut être difficile en raison de la variabilité des performances.*

### DISPOSITIF

Suivi de 26 parcelles agricoles conventionnelles de lupin (lupin d'hiver et de printemps).  
Deux couples d'années suivis : 2015-2016 et 2016-2017 (pour le lupin d'hiver uniquement).  
Deux types d'implantation pour le lupin d'hiver : culture pure ou associée au triticale.

### Le lupin : une culture à haute valeur azotée

**Une très forte production de protéine à l'hectare a été observée :  
1275 kg/ha de protéines en moyenne**

- Rendement moyen : 3,6 t/ha
- Teneur en protéines moyenne 35,7 %

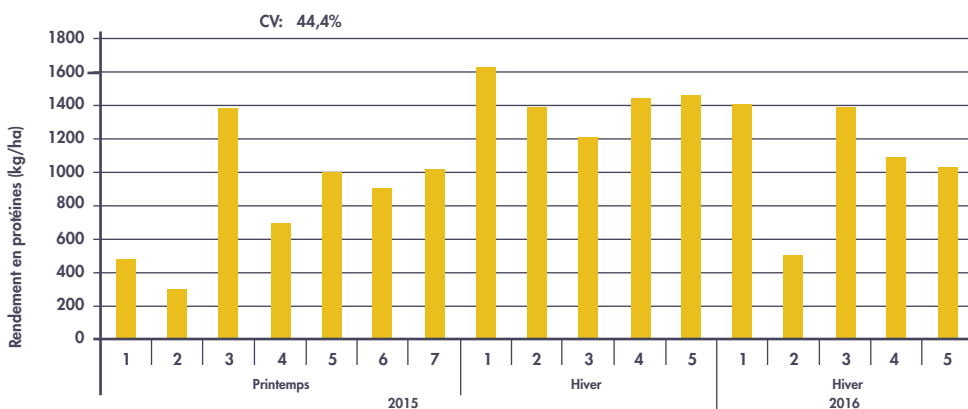
Une plus faible production en lupin de printemps a été mesurée : 833 kg/ha :

- Rendement moyen : 2,3 t/ha
- Teneur en protéine moyenne : 36,2 %

La variabilité du rendement était forte : 29 % pour le lupin d'hiver et 45 % pour le lupin de printemps. Mais la teneur en protéines était assez stable (14 % pour le lupin d'hiver et 4 % pour le lupin de printemps).

**Les facteurs explicatifs des situations de faibles rendements sont principalement :**

- Gel et maladies (liées à la surdensité) pour le lupin d'hiver
- Forte pression d'adventices et date de semis trop tardive pour le lupin de printemps



### Les effets sur le blé suivant

Après le lupin d'hiver, le blé suivant a produit 6,1 t/ha sans fertilisation soit 84 % du rendement en situation fertilisée et a obtenu une teneur en protéine égale à 9,5 % soit 78 % de la teneur en protéines dans la zone fertilisée.

Des niveaux de reliquats élevés ont été observés à la récolte : 81 kg/ha en moyenne.

La quantité d'azote laissée dans les résidus du lupin d'hiver était aussi très élevée : 119 kg/ha.

### Associer pour mieux gérer les adventices

Les agriculteurs pratiquent à grande échelle l'association lupin-triticale. Le lupin est la culture principale semée à la même densité qu'en pur et le triticale à 30 %. L'association a produit 3,3 t/ha dont 1,5 t/ha de lupin et de 1,8 t/ha de triticale.

Une diminution significative de la biomasse d'adventices a été observée (-54 % par rapport à des bandes en moyenne).

La quantité d'azote laissée dans les résidus était plus faible : 79 kg/ha. Le niveau de reliquats azotés après la récolte était réduit (différence de 32 kg/ha en moyenne) entraînant une limitation des risques de lixiviation des nitrates.

L'association a impacté différemment le suivant. Le blé suivant sans fertilisation a produit 71 % du rendement fertilisé et 85 % de la teneur en azote de la zone fertilisée.

# L'OBSERVATOIRE MIDI-PYRÉNÉES

Pour la région Midi-Pyrénées, le choix s'est porté sur le soja et la lentille, deux légumineuses à graines portant des enjeux de développement importants pour la coopérative partenaire (Qualisol).

## DISPOSITIF

16 agriculteurs dans le Gers et le Tarn-et-Garonne

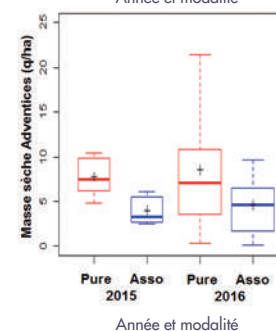
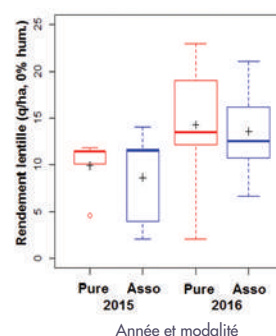
**Soja :** comparaison entre conduite conventionnelle et agriculture biologique (5 parcelles de chaque en 2015)

**Lentille :** comparaison entre lentille-blé de printemps et culture pure de lentille (5 parcelles en 2015 et 9 en 2016)

**Effet précédent:** Evaluation sur une culture de céréale

## La lentille (culture pure vs. culture associée)

- Rendement de la lentille associée (8,5 q/ha) < lentille pure (10 q/ha) en 2015 et similaires (~14 q/ha) en 2016.
- Variabilité liée au potentiel de la parcelle, au climat, et au taux de grains bruchés de 5 à 50 % et non réduit par l'association.
- Azote total des parties aériennes peu élevé (85 et 70 kg/ha en pure vs. association) dont 75-85 % issus de la fixation de l'azote de l'air et 70 % exporté par les grains.
- L'association permet de :
  - Réduire la verse de moitié par l'effet tuteur du blé même à faible densité (15-20 %) ce qui améliore l'efficacité de la récolte machine
  - Produire du blé de qualité avec en moyenne 15,2% de protéines
  - Réduire l'enherbement important de la lentille pure (-47% en 2015 et -39 % en 2016) qui est très variable dans et selon les parcelles



## Les effets précédent du soja et de la lentille

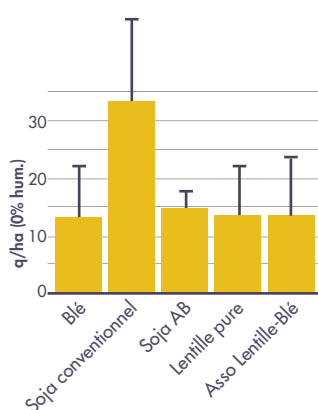
### Précédent Soja

- Il laisse peu de reliquats azotés (azote du sol et azote des résidus) et son effet précédent est faible sur la céréale non-fertilisée en AB et modéré en Conventionnel.
- Il permet une forte réduction de l'enherbement en rompant les cycles des adventives.

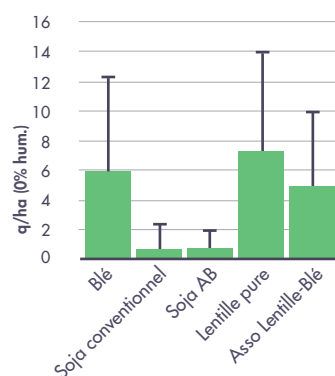
### Précédent lentille

- Effet précédent faible sur la céréale non-fertilisée.
- Tendance à réduire l'enherbement et de façon plus importante avec le précédent association par rapport à la lentille pure.

Rendement de la céréale non fertilisée en fonction du précédent



Adventives de la céréale non fertilisée en fonction du précédent



## Le soja (conventionnel vs. AB)

- Pas de verrous agronomiques forts déclarés par les agriculteurs ni observés, à part les déficits hydriques en coteau pluvial.
- Rendements similaires et de bon niveau (38 et 43 q/ha en moyenne en conventionnel et AB avec une variabilité de 17 % et 30 %).
- Teneurs en protéines du grain identiques (36 %) et très stables.
- Azote total des parties aériennes très élevé (275 et 300 kg/ha) dont 60-65 % issus de la fixation de l'azote de l'air et 88 %-94 % exporté par les grains.
- Les rendements les moins élevés s'expliquent par un problème d'implantation ou par le potentiel de la parcelle (sol superficiel).



PARTIE 3

# EVALUATION DES SERVICES RENDUS PAR LES LÉGUMINEUSES POUR L'AZOTE ET LES ADVENTICES





- LES LÉGUMINEUSES : UN SI BON PRÉCÉDENT  
POUR L'AZOTE ? **22**  
*G Corre-Hellou, M Mauline, J Poret, C Naudin, S Sorin, E Pelzer,  
S Médiène, M-H Jeuffroy, M Bazot, A Butier, M Quinio, D Garnaud,  
E-P Journet, E Lecloux, E Justes, A Larribeau*
- TOUTES LES LÉGUMINEUSES  
SE VALENT-ELLES POUR L'AZOTE ? **23**  
*M Guinet, B Nicolardot, A-S Voisin*
- COMMENT GÉRER L'AZOTE DANS DES SYSTÈMES  
DE CULTURE AVEC DES LÉGUMINEUSES ? **25**  
*L Bedoussac, H Tribouillois, D Plaza-Bonilla, E-P Journet, E Justes*
- LES LÉGUMINEUSES PERMETTENT-ELLES  
DE GÉRER LE SALISSEMENT DES PARCELLES ? **27**  
*S Mediene, M Quinio, E Pelzer*



# LES LÉGUMINEUSES UN SI BON PRÉCÉDENT POUR L'AZOTE ?

A partir des observatoires du projet *LEGITIMES*, en conditions agricoles

## Légumineuse = entrée gratuite d'azote ?

Oui ! Mais la quantité est très variable entre espèces en fonction de leur potentiel de croissance et d'éventuels facteurs limitants qui l'affectent [1]. La part d'azote venant de l'air a varié de 53 % (pois) à 76 % (lupin de printemps).

## Beaucoup d'azote vers les grains, en reste-t-il pour le sol ?

Tout dépend de l'espèce. Le soja s'est distingué par une forte exportation dans les grains mais une restitution très faible via les pailles. Le lupin d'hiver a présenté quant à lui une forte quantité d'azote dans les grains mais aussi la plus forte restitution via les pailles. La lentille a accumulé moins d'N que les autres espèces mais a laissé une proportion assez importante dans les pailles.

## Des reliquats azotés élevés après la légumineuse ?

A la récolte, ils atteignaient 40 kg/ha en moyenne dans la profondeur explorée par les racines et jusqu'à 81 pour le lupin d'hiver. Après 3 à 4 mois d'interculture (chez le pois et le lupin), ils ont augmenté de façon importante et ont dépassé 110 kg/ha au semis du suivant. Cependant entre le semis du suivant et la sortie de l'hiver, des pertes importantes sont intervenues chez le pois (en particulier lors de précipitations hivernales importantes observées en Bourgogne en 2015-2016) mais elles sont apparues négligeables chez le lupin d'hiver en Pays de la Loire où les valeurs sont restées très fortes au moment où les besoins du blé étaient élevés.

## Que produit la culture suivante ?

Même si d'autres facteurs ont pu limiter les performances du blé suivant, les rendements du blé suivant (sans N) apparaissent très corrélés à la quantité d'N accumulé. Celle-ci était très variable selon les précédents (soja-pois-lentille bio < pois et soja conventionnel < lupin). Dans beaucoup de situations, les niveaux de rendement et de teneur en protéines de la céréale sans azote étaient proches de ceux de la situation fertilisée. Des économies d'azote importantes auraient pu être faites dans beaucoup de parcelles.

## A RETENIR

- Des comportements différents entre légumineuses à bien connaître avant de les insérer dans un système de culture
- Favoriser la fixation de  $N_2$  c'est d'abord éviter les facteurs limitant la croissance, autres que l'azote
- Effet précédent favorisé par la capacité de la légumineuse à reposer beaucoup sur la fixation de  $N_2$  et à restituer suffisamment d'azote dans les pailles
- Mettre la légumineuse dans de bonnes conditions pour fixer (culture précédente laissant peu d'azote) surtout pour les espèces ayant un fort taux d'exportation vers les grains
- Éviter les pertes : utiliser des cultures intermédiaires à forte capacité de capture ou avoir une culture principale à fort besoin rapidement après la récolte de la légumineuse
- Des économies d'azote possibles plus importantes que les pratiques actuelles (utiliser des OAD pour s'adapter à la variabilité de l'effet précédent)

Culture	Lupin		Pois		Soja		Lentille
	H	P	AB	Conv	AB	Conv	P
Vernalité	H	P	P		P		P
Conduite	Conv	Conv	AB	Conv	AB	Conv	AB
Couple d'années	2	1	1	2	1	1	2
N fixé air	199	112	47	111	177	178	35
N grain	201	132	72	133	282	242	61
N paille	119	15	16	54	19	32	25
IR N	63	90	82	71	94	88	71
%N fixé air	62	76	53	59	59	65	75
Azote suivant	117	92	38	62	31	74	44
Rendement (t/ha)	6,1	4,8	1,1	2,6	1,2	3,3	1,8
Teneur en protéines (%)	9,5	8,7	12,8	10,8	11,8	11,1	11,9
Rendement ON/N (%)	84	83	NA	58	49	72	98
Teneur en protéines ON/N (%)	78	72	NA	79	84	108	98

Moyennes des quantités d'azote (kg/ha) issu de la fixation atmosphérique (parties aériennes) (N fixé air), exporté par les grains (N grain) et contenu dans les pailles (N paille), l'indice de récolte azoté (IRN = N grains/Ntotal), la part d'azote provenant de l'air (%N fixé air) et la quantité d'azote dans la culture suivante (Azote suivant en kg/ha), rendement et % protéine de la céréale suivante, avec le nombre de couples d'années étudiées pour chaque légumineuse. P : printemps ; H : hiver. Conv : conventionnel, AB : biologique

# TOUTES LES LÉGUMINEUSES SE VALENT-ELLES POUR L'AZOTE ?

Afin d'évaluer les services associés à l'azote, rendus par les légumineuses à l'échelle de la succession de cultures, 10 espèces ont été cultivées lors de 2 essais en 2014 et 2016 sur le site expérimental de l'INRA de Dijon. Le fenugrec, le lupin, la féverole, le pois, la lentille et la vesce commune ont été semés en mars tandis que le soja, le haricot, le pois chiche et la vesce de Narbonne ont été semés en mai.

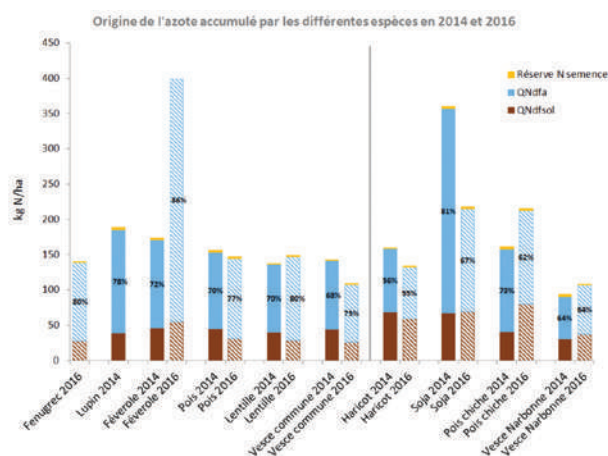
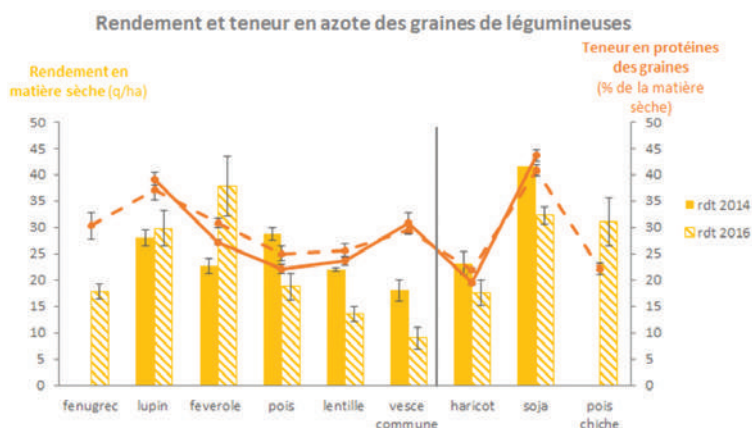
Les rendements en graines, variables entre les espèces de légumineuses, sont également dépendants des conditions climatiques. L'essai en 2014 a été caractérisé par un printemps très sec et un été pluvieux, et en raison de quantités produites trop faibles, les graines de pois chiche et vesce de Narbonne n'ont pas été récoltées en 2014.

Les différences de teneurs en protéines des graines, généralement plus stables entre années, reflètent des différences importantes entre espèces avec des teneurs comprises entre 18 % (Vesce Commune) et 42 % (Soja).

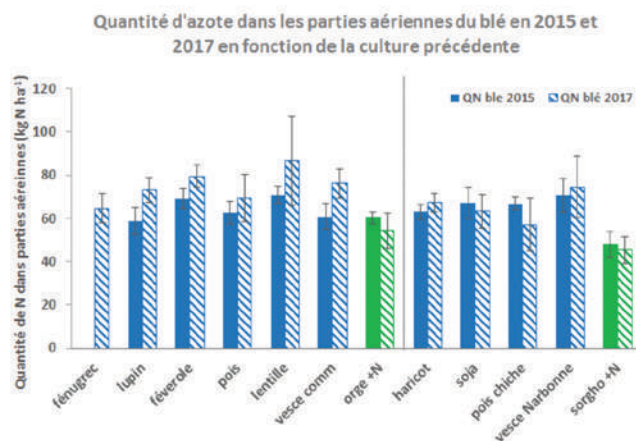
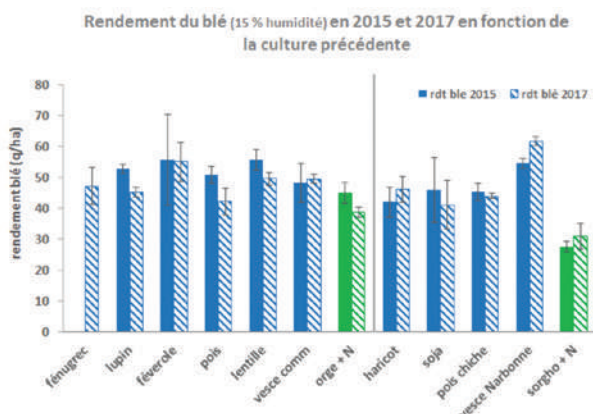
Les différences de quantité d'azote accumulée entre espèces sont imputables aux différences de potentiels de croissance des espèces et aux conditions climatiques.

La quantité d'azote fixée a été en moyenne de 129 kg N/ha pour les deux années avec des valeurs comprises entre 60 kg N/ha pour la Vesce de Narbonne en 2014 et 344 kg N/ha pour la Féverole en 2016.

La part de l'azote provenant de la fixation symbiotique est de l'ordre de 70 % pour la majorité des espèces mais on distingue des espèces à fort taux de fixation (féverole, lupin : 78 %) et d'autres à faible taux de fixation (haricot et vesce de Narbonne : 60 %).



Après enfouissement des résidus de culture, une culture de blé non fertilisée a été implantée sur l'ensemble des parcelles à l'automne en 2015 et en 2017. Les différences de rendement et de quantité d'azote dans les parties aériennes du blé en fonction du précédent ont été évaluées en comparant les précédents légumineuses à un précédent orge de printemps pour les espèces semées en mars et à un précédent sorgho pour les espèces semées en mai. Notons que l'orge et le sorgho ont été fertilisés de manière raisonnée.

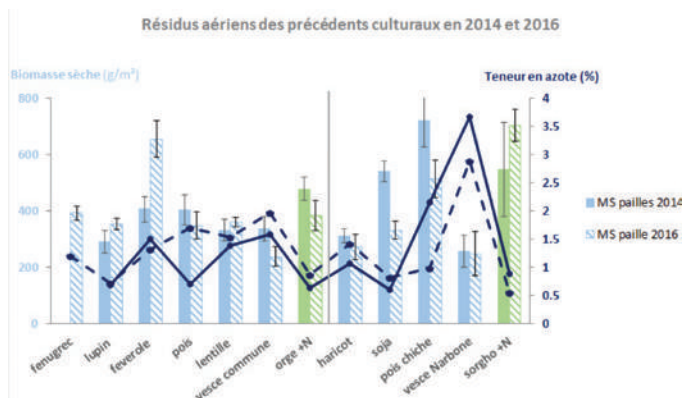






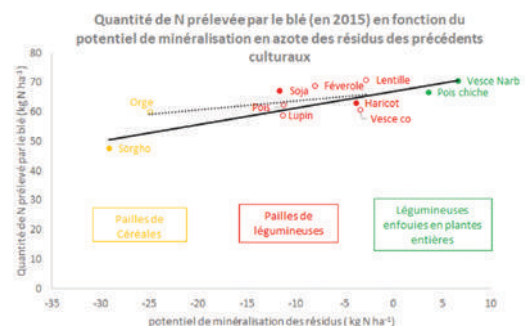
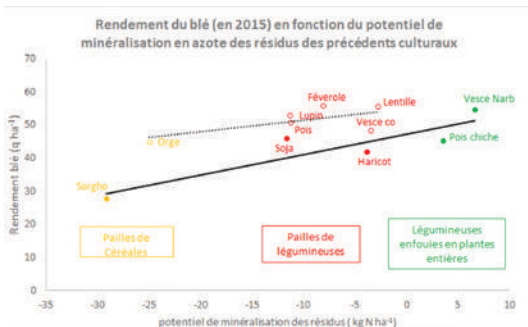
# TOUTES LES LÉGUMINEUSES SE VALENT-ELLES POUR L'AZOTE ?

Les "précédents légumineuses" ont globalement induit un **rendement de blé et une quantité d'azote** prélevée par le blé supérieures par rapport au "précédent céréale" de référence. L'effet précédent des légumineuses sur le rendement du blé suivant (similaire entre les 2 années) semble plus stable entre années que l'effet précédent des légumineuses sur l'accumulation d'azote par le blé (supérieur en 2017). Parmi les espèces semées en mars, les précédents lentilles et féverole ont été meilleurs que les précédents pois et lupin.

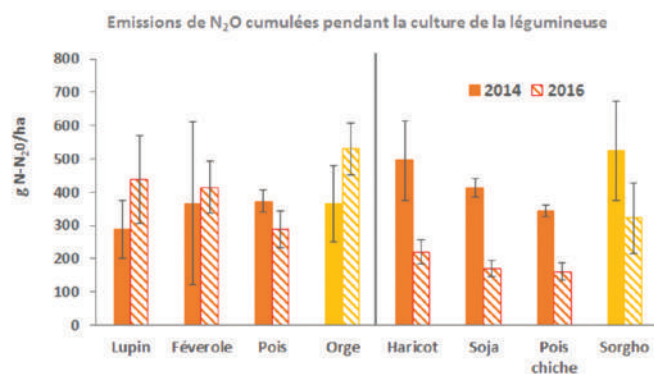
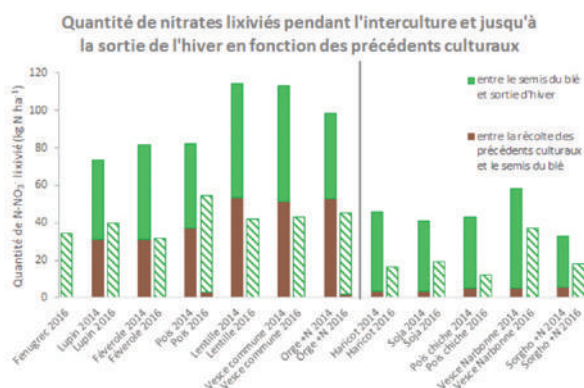


NB : Les résidus de pois chiche en 2014 et de la vesce de Narbonne en 2014 et 2016 correspondent à la totalité des parties aériennes (plus riches en N que des pailles)

Une partie de l'**effet précédent** des légumineuses est probablement lié à leurs **résidus riches en azote**. Ainsi, ces résidus se minéralisent plus vite que des pailles de céréales et fournissent par conséquent une quantité d'azote supérieure à la culture de blé suivante. Cette hypothèse est confirmée par les relations observées entre rendement ou quantité d'azote du blé et potentiel de minéralisation de l'azote des résidus des cultures précédentes. (Le potentiel de minéralisation a été estimé à partir de mesures en incubation faite en conditions contrôlées.)



Les **pertes d'azote** en dehors du système sol-plante ont été quantifiées ( $N_2O$ ) ou estimées par modélisation (lixiviation) pour les différentes espèces et les différentes années.



Il semble que le blé n'ait pas valorisé la totalité de l'azote des résidus potentiellement disponible (minéralisation potentielle des résidus de + 9 à 42 kg N/ha associée à un gain de N du blé de 0 à 17 kg N, pour les précédents légumineuses, par rapport aux précédents céréales). Ceci peut être en partie imputable aux fortes pertes par lixiviation pendant l'interculture et à l'automne, accentuées en 2014 par les fortes pluies d'été et automnales.

Les **émissions de protoxyde d'azote ( $N_2O$ )** ont été en général faibles (< 10 g  $N-N_2O$ /jour/ha) mais fortement influencées par les conditions climatiques. Les émissions cumulées pendant la culture des légumineuses ont été inférieures à celles de la céréale modérément fertilisée de référence, ce qui confère aux légumineuses un potentiel d'atténuation du changement climatique, par comparaison à des céréales

**Conclusions :** Afin de bénéficier au mieux des services rendus par les légumineuses, il apparaît crucial d'adapter le système de culture afin de valoriser au mieux la quantité d'azote potentiellement minéralisée par les résidus de culture des légumineuses, et limiter les pertes, en utilisant des couverts piéges à nitrate en interculture, et/ou en choisissant des cultures qui valorisent bien l'azote à l'automne (comme le colza).

# COMMENT GÉRER L'AZOTE DANS DES SYSTÈMES DE CULTURE AVEC DES LÉGUMINEUSES ?

Les préoccupations croissantes concernant le changement climatique et les impacts environnementaux exigent la transformation des systèmes de culture en introduisant notamment plus de légumineuses pour augmenter les bénéfices de la fixation de N<sub>2</sub> et rompre les cycles des maladies et ravageurs des cultures.

L'objectif de notre travail était de concevoir et d'évaluer des prototypes de systèmes arables en utilisant conjointement des expérimentations de terrain et la modélisation. Nous nous intéresserons ici à l'étude :

1. De l'impact des légumineuses à graines au niveau de la rotation,
2. Des cultures intermédiaires pour fournir des services à la fois d'engrais vert et de piège à nitrate,
3. Des cultures associées de légumineuses à graines et céréales.

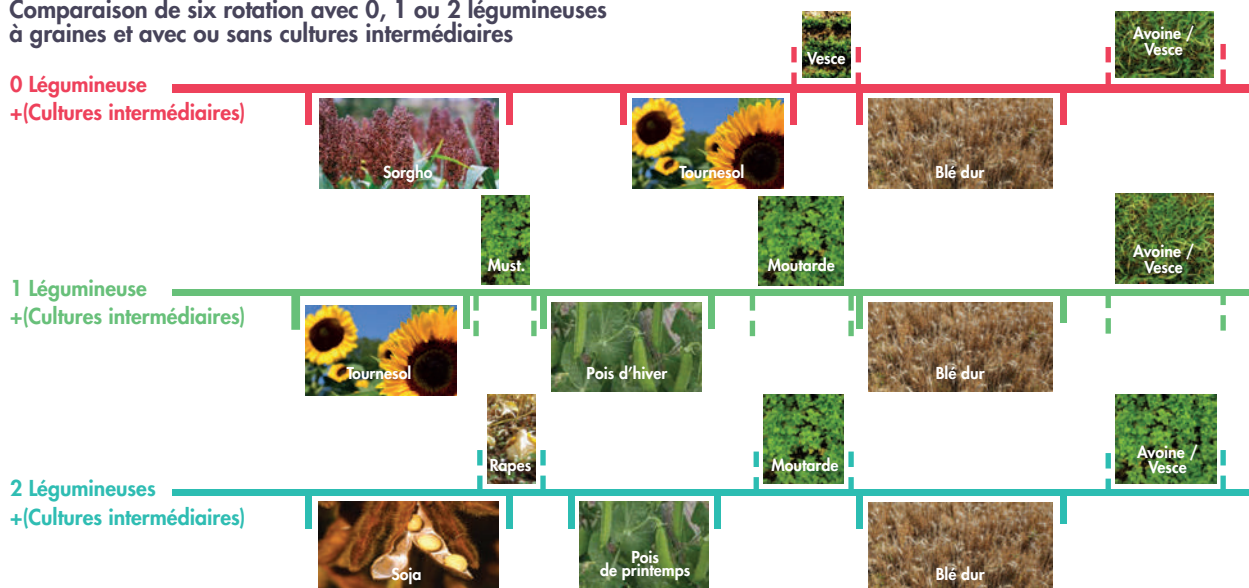
## Protocole pour l'étude de l'impact des légumineuses à graines au niveau de la rotation :

Deux expérimentations de 6 ans ont été initiées à l'INRA de Toulouse (SO France) en 2003-2004 pour étudier les effets de l'introduction de légumineuses dans les rotations en s'intéressant à l'efficacité de l'azote et à la fertilité du sol à moyen terme.

Six rotations de 3 ans ont été comparées, différenciées par la fréquence des légumineuses dans la rotation et la présence ou non de cultures intermédiaires le tout en gérant les cultures au moyen de règles de décision afin d'ajuster les actes techniques, et en particulier la fertilisation, au sol et à l'état des cultures.

Des simulations à l'échelle de la rotation ont été réalisées à l'aide du modèle sol-culture STICS prenant en compte les principaux processus impliqués dans les bilans hydrique et azoté et ce de façon dynamique.

### Comparaison de six rotation avec 0, 1 ou 2 légumineuses à graines et avec ou sans cultures intermédiaires



### Protocole pour l'étude des cultures intermédiaires pour leurs effets d'engrais vert et piège à nitrate :

D'autres expérimentations ont été menées sur trois sites français avec des conditions climatiques et des caractéristiques de sol contrastées afin d'analyser plus finement les effets des cultures intermédiaires.

Dans ces essais, dix espèces (cinq légumineuses et cinq non légumineuses) présentant des dynamiques de croissance rapide et des architectures aériennes et racinaires contrastées ont été évaluées dans des cultures pures et dans des mélanges substitutifs bi-spécifiques et les comparant à un témoin sol nu.

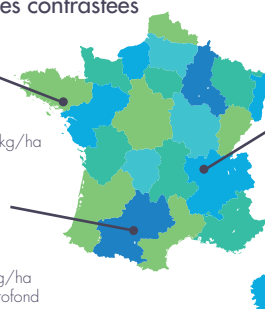
3 sites aux conditions pédoclimatiques contrastées

**Arvalis Bignan**  
T = 13.5 °C  
P+ETP = 164 mm  
Azote minéral : 112 kg/ha  
Sol limoneux

**INRA Auzeville**  
T = 19.1 °C  
P+ETP = -97 mm  
Azote minéral : 53 kg/ha  
Sol argilo-limoneux profond

**Arvalis Lyon**

T = 18.4 °C  
P+ETP = -12 mm  
Azote minéral : 31 kg/ha  
Sol très caillouteux



La biomasse, l'acquisition d'N, le rapport C:N et l'N minéral du sol ont été mesurés et les services écosystémiques de gestion de l'azote évalués à l'aide de données expérimentales et de modélisation.



# COMMENT GÉRER L'AZOTE DANS DES SYSTÈMES DE CULTURE AVEC DES LÉGUMINEUSES ?

## Quels effets des légumineuses à graines dans la rotation ?

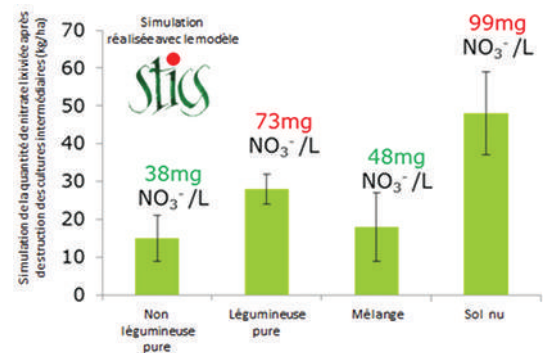
Les légumineuses d'hiver et de printemps précédant une culture de blé dur ont des effets positifs, en raison :

- De la plus grande disponibilité en azote du sol au moment du semis
- De la rupture potentielle des cycles de maladies et ravageurs.

Cependant, des niveaux plus élevés d'azote minéral dans le sol à la récolte et en novembre après les cultures de légumineuses augmentent le risque potentiel de lixiviation des ions nitrate qui peut-être efficacement réduit par l'introduction de cultures intermédiaires.

## Quels effets des mélanges de cultures intermédiaires et en particulier des mélanges ?

- La quantité de nitrate lixiviée pendant toute la période de drainage (après la destruction automnale des cultures intermédiaires)
  - Est significativement plus faible avec cultures intermédiaires qu'avec sol nu,
  - Ne diffère pas significativement entre les mélanges et les non légumineuses pures,
  - Les mélanges avec crucifères ont les meilleurs résultats de par leur capacité à capter rapidement l'azote minéral,
  - Les légumineuses pures permettaient une réduction par rapport au sol nu mais moindre.
- Les cultures intermédiaires sont particulièrement efficaces pendant les hivers humides lorsque le volume de drainage est élevé et favorise la lixiviation de nitrate ainsi que des concentrations élevées.
- La libération de l'azote présent dans les résidus des cultures intermédiaires pourrait compenser en grande partie la compétition préemptive pour l'azote minéral du sol lors d'une destruction avant l'hiver.
- L'azote minéralisé provenant des résidus de cultures intermédiaires était significativement plus élevé pour les mélanges que pour les non légumineuses montrant un service d'engrais vert des mélanges.



## Ce qu'il faut retenir :

- L'introduction de légumineuses à graines en pures ou en association et de cultures intermédiaires combinant une légumineuse et une non-légumineuse est intéressante à la fois pour la production de graines et pour la production de services écosystémiques.
- Cela confirme l'intérêt des légumineuses pour la conception de systèmes de culture innovants pour accroître l'efficacité de l'utilisation de l'azote.
- Du fait de la complémentarité entre les espèces, les associations améliorent l'utilisation des ressources azotées, en particulier dans les systèmes à faible N disponibles car :
  - les cultures intermédiaires bi-spécifique avec une légumineuse peuvent fournir un bon compromis entre capture du nitrate et effet engrais vert
  - la culture associée pour la production de graines permet simultanément d'améliorer le rendement et d'augmenter la teneur en protéines de la céréale.

## Ce qu'il reste à faire :

Un certain nombre de facteurs doivent encore être optimisés afin d'optimiser les systèmes culturaux :

- Pour les cultures associées, les choix (espèces, cultivars, position dans la rotation, structure et densité de semis...) dépendent d'objectifs spécifiques comme la production de céréale, le rendement total maximum, la production maximale de protéines ou la teneur en protéines de la céréale élevée.
- Pour les cultures intermédiaire, les choix du mélange et de la gestion de la période d'interculture doivent être adaptés aux conditions de sol et de climat en fonction des services souhaités.

# LES LÉGUMINEUSES PERMETTENT-ELLES DE GÉRER LE SALISSEMENT DES PARCELLES ?

Les adventices représentent un facteur limitant de la croissance des légumineuses à graines (voir résultats sur observatoires). Peut-on identifier une gestion des légumineuses qui permet de limiter la nuisibilité des adventices dans les légumineuses et dans la culture suivante ?

## Objectifs

- Caractériser l'effet de la légumineuse (pois/luzerne) et de sa conduite (conventionnel/biologique) sur la flore adventice
- Évaluer l'effet précédent des légumineuses sur la culture suivante (blé)
- Mettre au point une démarche d'analyse fonctionnelle des communautés adventices dans les systèmes de culture

## Démarche

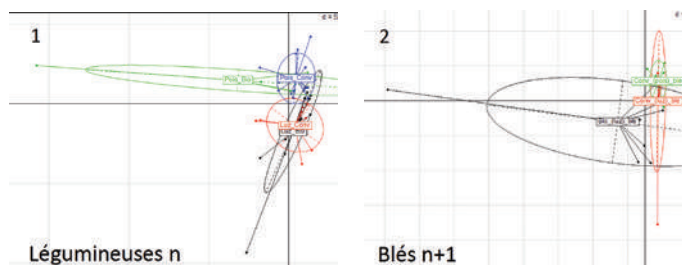
- Focus sur l'observatoire de Bourgogne
- Calcul d'indices de diversité (Abondance, Richesse, Shannon et Equitabilité)
- Comparaison des communautés adventices entre précédents (1), suivants (2) et couples précédents/suivants (3)
- Caractérisation de groupes fonctionnels d'adventices et comparaison en fonction des itinéraires techniques (pois)

## Résultats

Peu de différence d'abondance et de diversité entre luzernes bio et conv : la fauche est un levier de gestion important des adventices. Pois conv : indices en général plus faibles qu'en pois bio expliqués par l'usage d'herbicides. Blés suivants : richesse (nombre d'espèces) dépend en partie de la richesse du précédent (pois ou luzerne).

### COMPARAISON DE LA COMPOSITION FLORISTIQUE

Analyse en composantes principales

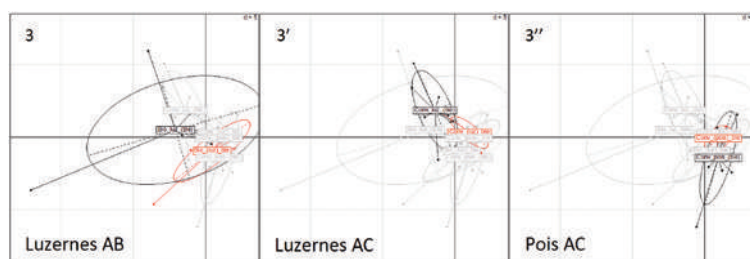


Nette distinction de la flore adventice entre les luzernes (noir et rouge) et les pois (1) (vert et bleu)

Composition flore adventice dans les luzernes non modifiée par la conduite (bio ou conv), contrairement aux pois

Blés suivants (2) : la conduite a plus d'impact que la légumineuse précédente

Précédent  
Légumineuse (noir)  
Suivant blé (rouge)

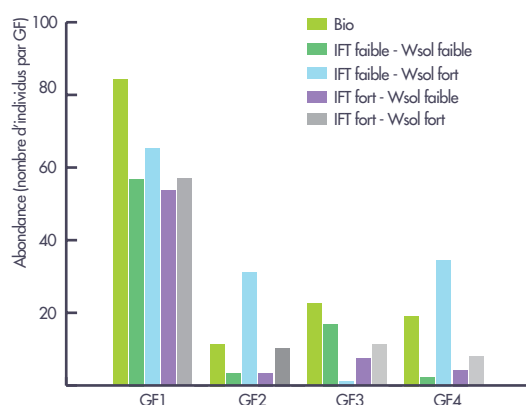


Proximité entre les flores des précédents et des suivants (3 et 3').

Différenciation des flores dans le cas de la luzerne conv (3') : l'usage des herbicides dans le blé suivant atténue l'effet du précédent luzerne.

### GROUPES FONCTIONNELS

- Groupe Fonctionnel 1 (21 sp)  
Dicot Annuelles
- Groupe Fonctionnel 2 (5 sp)  
Graminées
- Groupe Fonctionnel 3 (17 sp)  
Dicot Annuelles/PluriAnn.  
Germination toute l'année
- Groupe Fonctionnel 4 (7 sp)  
Dicot Annuelles/PluriAnn.  
Floraison toute l'année



Réponse de la diversité fonctionnelle des adventices du pois en fonction d'un gradient de pratiques (IFT et travail du sol)

Pois bio : diversité fonctionnelle la plus importante  
GF1 : majoritaire quelque soit la conduite du pois  
Abondance des autres GF : varie en fonction des ITK

On aurait attendu une réduction des abondances lorsque l'on combine les leviers IFT et travail du sol : non observé ici. Probable effet potentiel d'autres leviers (densité de semis à tester).

PARTIE 4

# MOBILISATION DES SAVOIRS EXPERTS POUR LE DÉVELOPPEMENT DES LÉGUMINEUSES





- ➔ QUELLE CONSTRUCTION DES SAVOIRS  
POUR LE DÉVELOPPEMENT DES LÉGUMINEUSES ? **30**  
*G N'Guyen*
- ➔ PAROLES D'AGRICULTEURS SUR LEUR APPRENTISSAGE  
DE LA CULTURE DES LÉGUMINEUSES **31**
- ➔ COMMENT IDENTIFIER ET ANALYSER  
LES INNOVATIONS DES AGRICULTEURS ? **32**  
*M-H Jeuffroy, A Lamé, J-M Meynard, V Verret*
- ➔ QUELLES SONT LES CULTURES ASSOCIÉES  
PRATIQUÉES PAR LES AGRICULTEURS ? **34**  
*M-H Jeuffroy, E Pelzer, V Verret, L Bedoussac*
- ➔ LES CULTURES ASSOCIÉES, UNE SOLUTION ? **40**  
*L Bedoussac, M-H Jeuffroy*

## QUELLE CONSTRUCTION DES SAVOIRS POUR LE DÉVELOPPEMENT DES LÉGUMINEUSES ?

*La promotion du modèle productiviste entre les années 1950 et 1990 s'est largement appuyée sur la diffusion top-down d'un paquet technique standardisé : chercheur -> conseiller -> agriculteur. La promotion aujourd'hui de pratiques agro-écologiques bouscule ce modèle de construction et de transfert des savoirs.*

En effet, parce qu'elles sont par nature difficilement standardisables, il a été démontré que la légitimation et l'adoption durable de pratiques agro-écologiques dans des territoires où celles-ci sont peu répandues ou absentes, implique l'acquisition de connaissances pluridisciplinaires (agronomiques, économiques, écologiques...) et de compétences spécifiques pour tester des pratiques considérées souvent comme nouvelles par les agriculteurs et bâtir un savoir-faire et des référentiels techniques adaptés au contexte local. C'est notamment le cas pour la culture de légumineuses, pour laquelle l'absence de savoirs spécifiques constitue un frein majeur.

*Importance relative des freins cognitifs pour l'adoption des légumineuses (en % du nombre total de freins exprimés par un échantillon de 121 agriculteurs dans 3 régions présentant des caractéristiques différentes en matière de culture de légumineuses)*

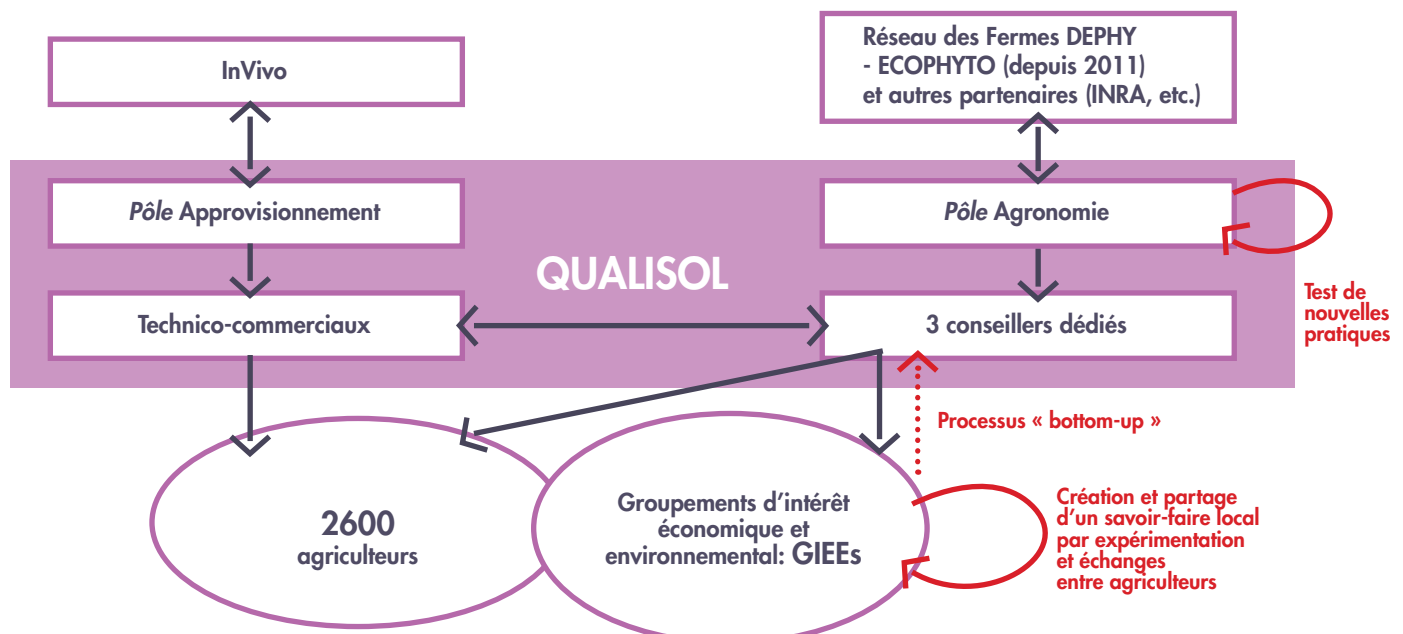
PART DES FREINS CITÉS PAR LES AGRICULTEURS PAR CATÉGORIE	BOURGOGNE	MIDI-PYRÉNÉES	PAYS DE LOIRE
AGRONOMIQUES	24%	23%	30%
ECONOMIQUES	39%	29%	40%
COGNITIFS	37%	49%	30%

Ainsi, réussir l'introduction de légumineuses dans les systèmes de production suppose un processus d'apprentissage individuel de la part de l'agriculteur en plusieurs étapes : accès à des référentiels existants (savoirs formels sur telle variété de légumineuse, l'itinéraire technique associé, les débouchés, etc.) ; mise à l'épreuve de ces nouveaux référentiels au regard des pratiques habituelles ; mise à jour des savoirs en fonction du résultat des expériences acquises et formulation de nouveaux besoins d'apprentissage (en matière par exemple d'organisation du travail ou encore de gestion interannuelle des cultures) ; et ainsi de suite. Ce processus de transformation de savoirs formels en savoirs tacites, d'accumulation et d'enrichissement de ces derniers est d'autant plus efficace qu'il s'appuie sur des dynamiques collectives d'échange, ou encore des communautés de pratiques, où divers acteurs en confrontant leurs connaissances et

expériences, bonnes comme mauvaises, construisent des savoirs partagés. L'erreur, ou l'échec, devient ici une composante clef de l'apprentissage et constitue un levier pour l'innovation.

Divers facteurs contribuent à favoriser la mise en œuvre de ce processus d'apprentissage par l'expérience et l'interaction et de co-construction de référentiels locaux : existence de collectifs d'agriculteurs, accompagnement de ceux-ci par un animateur/facilitateur des échanges, ouverture du collectif à des acteurs territoriaux qui ne sont pas agriculteurs mais qui partagent avec eux un intérêt commun autour du développement des légumineuses et qui peuvent contribuer à la co-construction par de nouveaux questionnements et apports de connaissances (organismes de recherche, associations de consommateurs, industries de transformation, collectivités territoriales, etc.).

*Exemple de co-construction de savoirs autour de la recomposition du dispositif de conseil agronomique chez Qualisol*



Vous me dites bon il faut faire du soja ou du pois, je vais vous dire ah bon ? d'accord ok. Alors comment on sème ? avec quelle densité ? Qu'est-ce qu'il faut faire après ? ... Enfin tout ça je ne connais pas trop hein. J'ai ma petite idée mais j'ai jamais fait quoi ...

Un bénéfice, oui. C'est indéniable. Pas forcément la première culture derrière, mais la deux et troisième, oui. Sans problème niveau rendement.

Le fait de travailler en groupe, ça aide. Chacun dit un peu son ressenti. Des fois il y en a un qui l'a fait l'année d'avant. Il a dit, moi j'ai essayé, attention, ça a loupé là.

On ne fait plus de légumineuses, de luzerne. Pourquoi ? Parce qu'il n'y avait pas de débouchés.

... et puis de l'observation chez les autres, des discussions avec les autres, tout ça, c'est important. Les gens qui font des essais de semis directs, par exemple, on peut discuter avec eux de ce qu'il font. Il y a beaucoup de ça, aussi

Les rendements en luzerne la deuxième année, ils ont baissé. Ça doit être la terre. Il suffit que la climatologie change un peu ...

?

## PAROLES D'AGRICULTEURS SUR LEUR APPRENTISSAGE DE LA CULTURE DES LÉGUMINEUSES

ENQUÊTES AUPRÈS D'AGRICULTEURS DE BOURGOGNE,  
MIDI-PYRÉNÉES ET PAYS DE LOIRE

C'est-à-dire qu'il faut que j'arrive à trouver un système où il y a assez d'azote, que le système s'approvisionne lui-même. C'est pour ça que je fais de la culture pratiquement pure de pois et je suis en train d'essayer de la féverole.

La féverole, c'est une très bonne légumineuse. Ça rend le sol souple, ça donne énormément d'activité microbienne, et puis après récolte vous passez un coup de disque et vous semez. C'est énorme.

On essaie de ne pas faire les bêtises que le voisin fait, c'est tout. C'est un peu la base du métier. Je travaille d'une façon, je regarde ce que les autres font, est-ce que c'est moi qui ai raison ou les autres ? Et puis après, on adapte. C'est plus que du conseil. C'est du savoir-faire, de l'expérience.

Je regarde ce qu'il se fait, après s'il y a des bonnes choses, on essaie de voir si c'est reproductible chez nous. Mais je ne suis pas à se dire il faut ça parce que lui l'a fait. Chaque exploitation est tellement différente...

Les voisins, ils ont ramassé le soja à ras de terre, c'est sûr qu'ils ont bien ramassé plein de terre. Même le soja il était protéagineux. Ce qui m'a découragé, c'est la veille de la récolte, il y avait eu un gros orage et tout par terre. On a rien récolté.



## COMMENT IDENTIFIER ET ANALYSER LES INNOVATIONS DES AGRICULTEURS ?

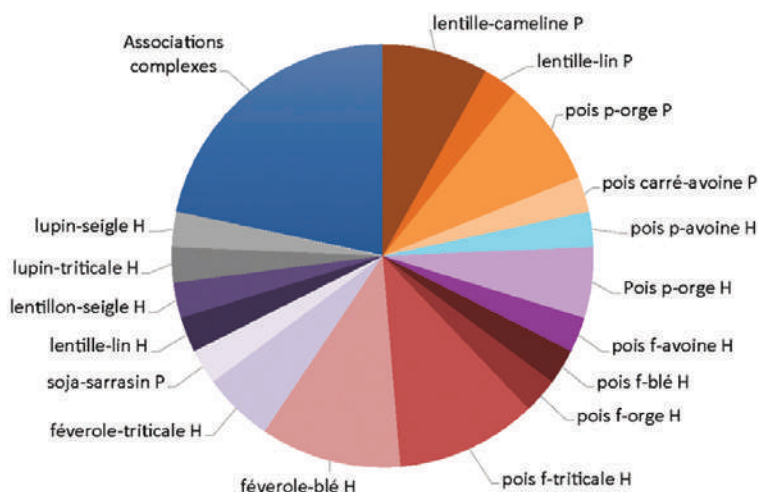
*Décrire et analyser la diversité des associations pratiquées par les agriculteurs pour favoriser la dynamique d'innovation en agriculture*

### Dispositif

- Démarche de traque aux innovations
- Repérage d'agriculteurs cultivant des associations céréales-légumineuses à graines, auprès de conseillers de chambres d'agriculture ou de coopératives
- Entretiens semi-directifs auprès de 15 agriculteurs (14 en AB, 1 conventionnel)
- Motivations des agriculteurs, résultats attendus par les agriculteurs
- Description des pratiques des associations cultivées depuis au moins 2 ans, et de leur insertion dans le système de culture
- Analyse de la logique agronomique des associations pour comprendre la cohérence des choix techniques et identifier les conditions de réussite.

### 37 associations différentes cultivées par les agriculteurs enquêtés

H = hiver;  
P = printemps ;  
Pois p = pois protéagineux ;  
Pois f = pois fourrager



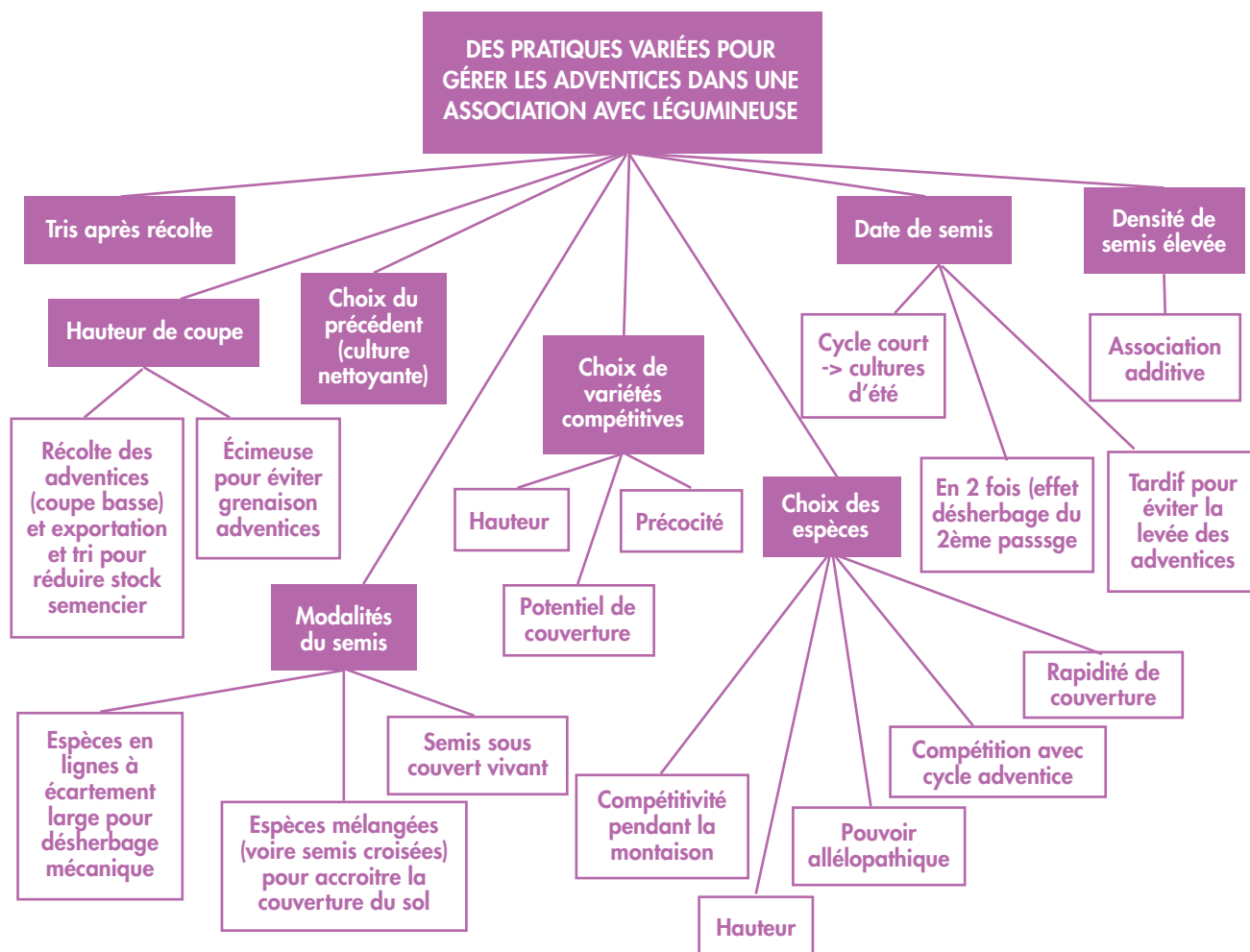
### Une diversité de critères mis en avant par les agriculteurs pour choisir les espèces et les techniques associées : Des critères d'évaluation à adapter

MOTIVATIONS	Autonomie en aliment pour le troupeau de la ferme	Stabilité de rendement	Intérêt personnel	Suppression du désherbage	Faible besoins en N	Diminution des maladies	Accessibilité à un débouché pour vente de la ferme
Agriculteurs							
M							
B							
F							
Ve							
S							
P							
Ba							
L							
Cd							
V							
Do							
H							
D							
C							
Du							

## Typologie des associations conçues et cultivées par les agriculteurs

TYPE	RÉSULTATS ATTENDUS	CONTRAINTES/OPORTUNITÉS	PRINCIPALES ESPÈCES CONCERNÉES	PRATIQUES
T1	Produits pour vente au négoce (tri à la ferme ou par le négoce)	Pas d'intervention entre semis et récoltes; débouché pour espèces mineures à forte valeur ajoutée	2 espèces associées: Lentille, cameline, soja, sarrasin (au moins 1 très compétitive)	Semis de mai, densité de semis forte pour la compétitivité du couvert (association additive), pas de désherbage
T2	Produits pour vente au négoce (qui trie)	Maximisation du rendement: désherbage mécanique et fertilisation organique fréquents	2 espèces associées: Féverole ou lupin, blé ou orge d'hiver, choisies en fonction du marché	Semis d'automne (octobre à décembre), 2 à 3 désherbages, fumure organique
T3	Produits pour alimentation du troupeau à la ferme	Minimum d'interventions entre semis et récolte, stabilité de production et de valeur nutritionnelle	Jusqu'à 7 espèces, dont certaines compétitives: pois fourrager, vesce, seigle, triticale, blé, orge...	Semis d'automne (octobre à décembre) large gamme de densités, 0 à 1 désherbage
T4	Produits pour alimentation du troupeau à la ferme	Compromis entre maximisation du rendement et facilité de désherbage	2 espèces associées: pois protéagineux ou féverole, blé ou orge de printemps	Semis de printemps (février à avril), 1 à 2 désherbages

## Une diversité de modalités de gestion des adventices dans les associations céréales-légumineuses à graines



**Production :**
 Grains pour Alim. Humaine    Grains pour Alim. Animale    Fourrage    Service pour une culture
**Soja + Sarrasin***Glycine max. + Fagopyrum esculentum***Semis :** Simultané Décalé**Récolte :** Simultané Décalé**ITINÉRAIRE TECHNIQUE****1. Couvert végétal diversifié**

détruit au printemps et préparation du sol au vibroculteur à socs « pattes d'oie »

**2. Implantation du soja**

à 60 cm d'écartement. Semis du sarrasin sur le rang ou en plein, ou parcelle en précédent sarrasin.

**3. Binage**

de l'inter-rang selon le besoin, comme en soja classique.

**4. Récolte**

des deux espèces simultanément

**5. Tri des graines**

en 2 fois pour récupérer le soja, puis éliminer les brisures de soja dans le sarrasin

**OBJECTIF :****SÉCURISER LA CULTURE DU SOJA**

Contrôler les adventices en couvrant le sol  
Augmenter la productivité à l'hectare.  
Faciliter la récolte du soja.

**TARN, FRANCE**

Coteaux argilo-calcaire  
En Agriculture Biologique  
Techniques sans labour

**DÉBOUCHÉS DES ESPÈCES**

Soja vendu à la coopérative pour l'alimentation humaine.  
Sarrasin transformé en farine à la ferme et vendu à des crêperies locales.

**EVALUATION PAR L'AGRICULTEUR**

Le sarrasin fait monter la première gousse de soja et facilite sa récolte.

Rendement 2017 = 25 q/ha de soja (potentiel en culture pure) + 2.5 q/ha de sarrasin (récolte supplémentaire).

Le sarrasin est mûr 3 semaines avant le soja.

**CONDITIONS DE RÉUSSITE, FACTEURS D'ÉCHEC ET RISQUES LIÉS À LA PRATIQUE :**

- Attention au sclerotinia dans le couvert très dense. Manque de recul aujourd'hui.
- Besoin d'irrigation car compétition pour l'eau accrue dans l'association.

## Production :

Grains pour Alim. Humaine  Grains pour Alim. Animale  Fourrage  Service pour une culture



## Semis :

Simultané

Décalé

## Récolte :

Simultané

Décalé

## ITINÉRAIRE TECHNIQUE

## 1. Implantation de la luzerne

au printemps,  
entre 18 et 25 kg/ha

## 2. Implantation du méteil

à 120 kg/ha (320 gr/m<sup>2</sup>, dont  
75% de légumineuses) en semis  
direct à 1-2 cm après la première  
coupe d'automne de luzerne

## 3. Enrubannage du mélange

en mai, puis coupe de luzerne  
tous les 70 jours

4. Luzerne maintenue  
4-5 ans

méteil re-semé chaque année.  
Aucune fertilisation sauf la dernière  
année, avant un blé d'hiver.



## Luzerne + méteil d'hiver (blé, avoine, féverole, vesce et pois)

*Medicago sativa + Triticum aestivum, Avena sativa,  
Vicia faba, V. sativa, Pisum sativum*



## OBJECTIF :

AUGMENTER LA PRODUCTIVITÉ  
DE LA PRAIRIE

Augmenter le rendement/qualité fourragère  
Limiter l'enherbement de la luzerne en hiver  
Conduire des cultures rustiques et économes



## HAUTE-GARONNE, FRANCE

En coteaux argilo-limono-calcaires (jusqu'à 60 %  
d'argile, 2.3 % de matière organique)

En semis direct sous couvert  
Atelier de bovins viande



## DÉBOUCHÉS DES ESPÈCES

Les fourrages sont auto-consommés dans l'atelier  
bovins viande.



## EVALUATION PAR L'AGRICULTEUR

Bonne gestion du salissement de la luzerne sans  
désherbage. Le méteil prend la place de la luzerne  
pendant l'hiver. Au démarrage de la luzerne,  
le méteil est assez vigoureux pour résister à la  
concurrence.

Première coupe de printemps de qualité et en  
quantité : 5 à 8 t/ha.

Le coût de semences du méteil est cher (100 €/ha).

## CONDITIONS DE RÉUSSITE, FACTEURS D'ÉCHEC ET RISQUES LIÉS À LA PRATIQUE :

- Implantation de la luzerne après un soja, pour avoir de la terre fine et donc limiter les limaces.
- Mélange de graines homogène dans le semoir à partir de 3 graines différentes dans le mélange.
- Pas de seigle car peu appétant pour les animaux.

**Production :**
 Grains pour Alim. Humaine    Grains pour Alim. Animale    Fourrage    Service pour une culture
**Semis :** Simultané Décalé**ITINÉRAIRE TECHNIQUE****1. Implantation**

d'un couvert de légumineuses gélives + 1 dose de colza, en semis direct, dès la récolte d'une paille ou d'un pois (fin juillet)

**2. Aucun désherbage ni insecticide à l'automne****3. Observation du colza à l'automne**

poursuite si bon état du peuplement de colza, sinon, conversion en culture d'hiver ou de printemps

**4. Au printemps**

1 insecticide non systématique + 1 fongicide

**Colza d'hiver + légumineuses (lentille, gesse et féverole de printemps)**

*Brassica napus + Lens nigricans, Lathyrus sativus, Vicia faba*

**OBJECTIF : RÉDUIRE AU MAXIMUM LES INTRANTS CHIMIQUES**

Economiser sur l'implantation du colza

Pas d'anti-limaces ni d'insecticide à l'automne

Apport d'azote par les plantes compagnes

**VIENNE, FRANCE**

Argilo-calcaires (aubue)

Non labour

Semis direct

**DÉBOUCHÉS DES ESPÈCES**

Colza vendu en coopérative.

Plantes compagnes détruites par le gel pendant l'hiver.

**EVALUATION PAR L'AGRICULTEUR**

Investissement minimum à l'implantation du colza : pas de surcoût par rapport à l'implantation d'un couvert hivernal semé systématiquement.

Colza vigoureux, peu sensibles aux attaques d'altises qui sont perturbées.

Après le gel, le colza est très propre sous les plantes compagnes.

En 3 ans colza toujours conservé jusqu'à la récolte. Rendement = 25-30 q/ha.

La lentille n'est pas très concurrentielle et peut-être supprimée.

**CONDITIONS DE RÉUSSITE, FACTEURS D'ÉCHEC ET RISQUES LIÉS À LA PRATIQUE :**

- Implantation sans travail du sol le plus tôt possible après la récolte du précédent pour bénéficier de la fraîcheur du sol.
- Pour un semis régulier, vérifier l'homogénéité du mélange dans la trémie (tri possible en cours de chantier à cause des vibrations).
- Semis dense pour bien couvrir le sol et étouffer les mauvaises herbes (140 kg/ha, 80€ de semences).

## Production :

Grains pour Alim. Humaine  Grains pour Alim. Animale  Fourrage  Service pour une culture



## Semis :

 Simultané Décalé

## Récolte :

 Simultané Décalé

## ITINÉRAIRE TECHNIQUE

## 1. Semis

lentille à 100% au combiné puis cameline à la volée à 2-3 kg/ha le même jour + herse-étrille pour enterrer un peu

## 2. En cas de salissement élevé

possibilité de passer l'écimeuse avec perte de la récolte de cameline mais pas de son effet tuteur

## 3. Récolte

avec réglage de la moissonneuse sans trop de vent, puis triage à la ferme ou en travail à façon

## 4. Déchaumage

provoque ponctuellement la levée de cameline et une opportunité de deuxième récolte à l'automne



## Cameline + Lentille

*Medicago sativa + Triticum aestivum, Avena sativa, Camelina sativa + Lens culinaris*

→ **OBJECTIF :**  
**SÉCURISER LA PRODUCTION DE LENTILLE**

Augmenter la marge en récoltant une culture en plus.  
Contrôler les adventices en couvrant le sol.  
Réduire les dégâts de bruches.  
Faciliter la récolte de lentille grâce à un tuteur.

→ **GERS ET HAUTE-GARONNE, FRANCE**

Coteaux argilo-calcaires  
En agriculture biologique

→ **DÉBOUCHÉS DES ESPÈCES**

Lentilles vendues à la coopérative ou en directe à la ferme en sachets.

Cameline vendue en coopérative pour huilerie ou cosmétique, ou pressée sur la ferme pour vente directe d'huile.

→ **EVALUATION PAR L'AGRICULTEUR**

La lentille verse moins et la récolte s'en trouve facilitée.  
La cameline couvre bien le sol et concurrence bien les mauvaises herbes.

Pas de perte de rendement en lentille (5-15 q/ha) et un peu de cameline (jusqu'à 3 q/ha) qui compense lors de mauvaises années pour la lentille.

La cameline qui sort n'est pas très propre et nécessite plus de travail au triage.

Pas d'effet observé sur les bruches.

**CONDITIONS DE RÉUSSITE, FACTEURS D'ÉCHEC ET RISQUES LIÉS À LA PRATIQUE :**

- Maintenir la densité de semis de lentille à 100% (100 kg/ha) et ne pas dépasser 3 kg/ha de cameline. Les semences peuvent être mélangées au malaxeur avec un peu d'huile de tournesol pour faire adhérer la cameline sur la lentille et faciliter le semis.
- Cultures sensibles aux excès climatiques après le semis (fortes pluies ou sécheresse prolongée).
- En coupe basse, risque de récolter de la poussière qui adhère aux graines de cameline la rendant impropre à une valorisation à la ferme.



## Production :

Grains pour Alim. Humaine  Grains pour Alim. Animale  Fourrage  Service pour une culture



## Blé tendre améliorant + Lentille

*Triticum aestivum + Lens culinaris*

## Semis :

Simultané

Décalé

## Récolte :

Simultané

Décalé

### ITINÉRAIRE TECHNIQUE

#### 1. Semis tardif (février)

lentille à 100 kg/ha et blé d'hiver à 50kg/ha dans un semoir à céréales

#### 2. Désherbage

à la herse-étrille et écrouteuse  
Possibilité de passer l'écimeuse si chardon ou folle-avoine

#### 3. Récolte

début août et séparation à la coopérative

#### 4. Triage

difficile à réaliser à la ferme avec le trieur alvéolaire



#### OBJECTIF :

#### SÉCURISER LA PRODUCTION DE LENTILLE ET AUGMENTER LA MARGE ÉCONOMIQUE

Faciliter la récolte de lentille grâce à un tuteur  
Récolter une culture en cas d'échec de la lentille  
Améliorer la qualité du blé meunier



#### GERS, FRANCE

Terres de vallées et coteaux argilo-calcaires en Agriculture Biologique  
Potentiel en blé bio de 2-3 t/ha



#### DÉBOUCHÉS DES ESPÈCES

Mélange livré à la coopérative pour séparation et vente des produits pour l'alimentation humaine  
Blé à haute valeur boulangère  
Lentille pour l'alimentation humaine, mais à risque de contamination en gluten



#### EVALUATION PAR L'AGRICULTEUR

Gain de production : 8 q/ha de lentille en culture pure, et 8 q/ha de lentille + 8 q/ha de blé à 15.2% en association

En moyenne, cette pratique améliore la marge à l'hectare (essais INRA) surtout en cas d'année défavorable à la lentille (verse, bruches)

Le coût de triage est plus élevé en association et absorbe partiellement le gain de rendement de l'association

#### CONDITIONS DE RÉUSSITE, FACTEURS D'ÉCHEC ET RISQUES LIÉS À LA PRATIQUE :

- Choix de variété de blé à forte alternativité (ex. variétés Togano ou Valbona) pour un semis de fin d'hiver.
- Densité de blé inférieure à 25% de la dose en culture pure pour ne pas impacter le rendement de la lentille.

## Production :

Grains pour Alim. Humaine  Grains pour Alim. Animale  Fourrage  Service pour une culture



## Semis :

 Simultané Décalé

## Récolte :

 Simultané Décalé

## ITINÉRAIRE TECHNIQUE

## 1. Implantation de la céréale

à l'automne, comme en culture pure (même préparation de sol, semis et désherbage mécanique)

## 2. Semis des trèfles

au stade tallage, en rangs à 10 kg/ha en semoir à céréales combiné à l'écrouteuse

## 3. Récolte

barre de coupe réglée au dessus des trèfles, 20 cm en dessous des épis

## 4. Destruction des trèfles par labour

à l'hiver ou printemps suivant



## Grand épeautre (ou blé tendre d'hiver) + Trèfle violet et trèfle d'Alexandrie

*Triticum spelta* ou *T. aestivum*  
+ *Trifolium alexandrinum* ou *T. pratense*



## OBJECTIF :

### ASSURER UNE COUVERTURE DU SOL APRÈS LA RÉCOLTE

Protéger et couvrir le sol.

Contrôler les adventices en interculture.

Fixer l'azote pour la culture suivante.



## GERS, FRANCE

Vallées et coteaux argilo-calcaires.

En Agriculture Biologique.

Potential en blé bio de 20-30 q/ha.



## DÉBOUCHÉS DES ESPÈCES

Grand épeautre et blé vendus à la coopérative mais saturation du marché local suite à de nombreuses conversions à l'AB.

Trèfle-semences pour re-semis ou vente.

Biomasse de trèfles restituée au sol ou récoltée en foin pour les ânes.



## ÉVALUATION PAR L'AGRICULTEUR

Bonne implantation des trèfles sous le couvert de céréales.

Couverture du sol rapide et durable pendant l'interculture, grâce aux deux espèces de trèfles avec des dynamiques de croissance complémentaires.

Opportunité de récolter le trèfle d'Alexandrie en semences en fin d'été ou en fourrage pendant l'automne, selon le climat.

Blé tendre à 12.5-13 % de protéine sans apport de matière organique.

## CONDITIONS DE RÉUSSITE, FACTEURS D'ÉCHEC ET RISQUES LIÉS À LA PRATIQUE :

- Choix d'espèces de trèfles à cycles de vie complémentaires pour assurer une couverture du sol importante pendant tout l'automne.
- Choix d'une espèce/varété de céréales haute, à paille longue, pour dominer les trèfles et éviter la compétition.
- Utilisation d'espèces et variétés de trèfles non grimpants (e.g. trèfle de Perse), sinon matière verte dans la moissonneuse.





# LES CULTURES ASSOCIÉES, UNE SOLUTION ?

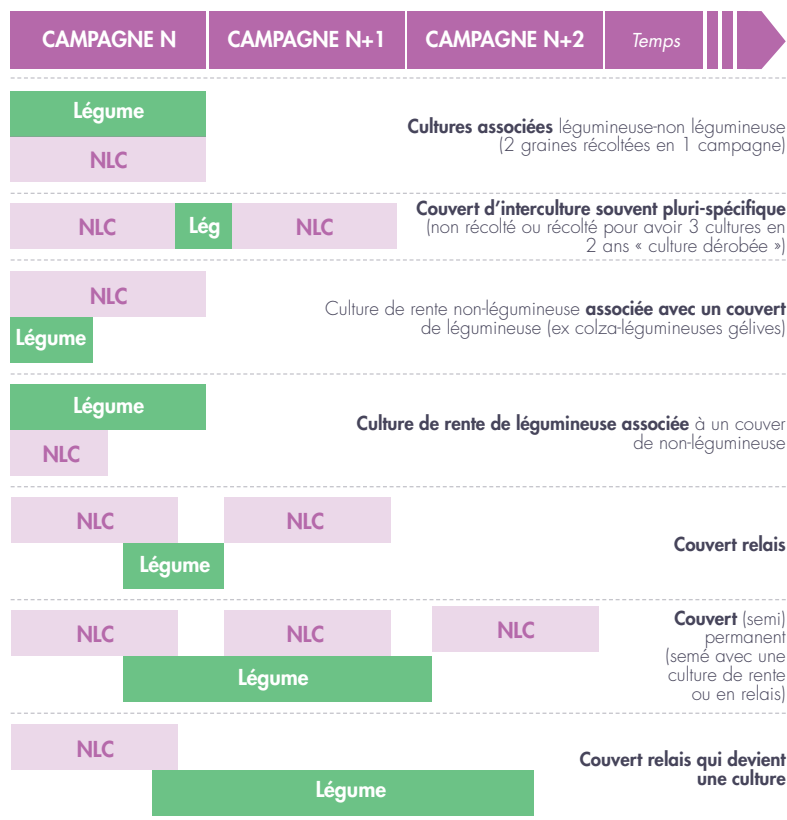
## Définition :

La culture associée est une pratique agricole qui consiste à implanter dans une parcelle au moins deux espèces pendant une période significative de leur croissance.

## Une diversité d'associations :

Il existe une grande diversité de cultures associées qui peuvent viser à produire

- Des graines (ex: blé-pois ou triticale-féverole)
- Du fourrage (ex: mélange fourrager de vesce-avoine)
- Dans certains cas la récolte d'une seule espèce (le colza dans une association avec une légumineuse gélive ou le maïs semé sous couvert de sainfoin).
- Les cultures associées peuvent être utilisées pour la production de services comme dans le cas de cultures intermédiaires pluri-spécifiques pour remplir des fonctions d'engrais vert et de piège à nitrate.



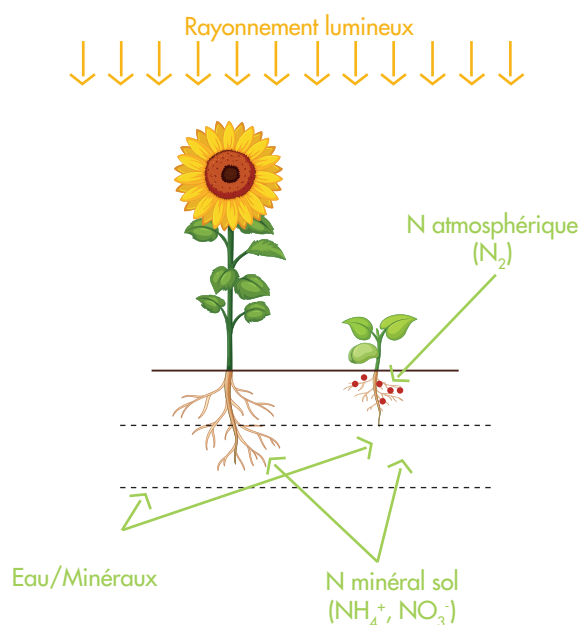
D'après Schneider & Huyghe, 2015

## Intérêts :

De façon globale le principe même de la culture associée est d'utiliser plus efficacement les ressources disponibles en valorisant la complémentarité entre les espèces pour augmenter la production et la qualité des produits récoltés, réduire l'application d'engrais azoté, mais aussi lutter contre les maladies, ravageurs et adventices pour réduire l'usage des pesticides.

## Principe de fonctionnement :

L'efficacité des associations est fortement liée au processus dit de complémentarité de niche.



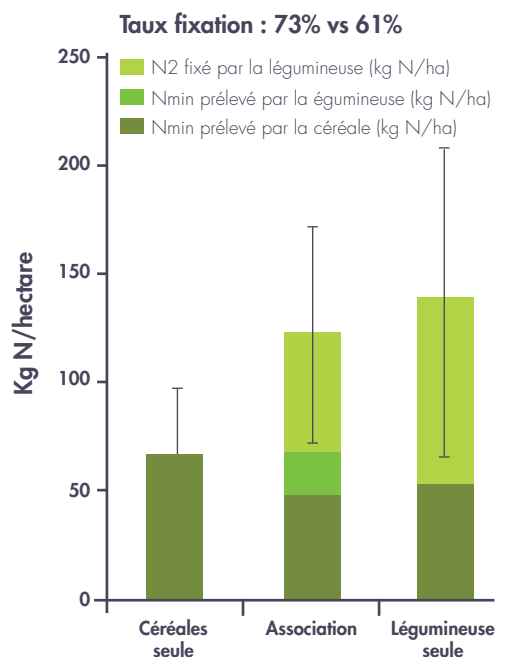
- Ce principe correspond à l'exploitation de ressources différentes entre les espèces, comme le fait que dans les mélanges avec des légumineuses ces dernières peuvent utiliser l'azote atmosphérique contrairement aux céréales qui ne peuvent valoriser que l'azote minéral du sol.
- Cette complémentarité de niche peut aussi être liée à des enracinements différenciés quand certaines espèces exploitent les horizons superficiels alors que d'autres valorisent les horizons profonds, ou que les vitesses d'exploration du sol sont différentes entre espèces.
- Il en va de même pour l'utilisation de l'énergie lumineuse lorsque l'on associe par exemple une plante qui vient couvrir le sol comme un pois ou un trèfle avec une espèce qui se développe plutôt verticalement comme du blé.
- Ces principes s'appliquent aussi aux associations dont les besoins des espèces qui la composent sont asynchrones par exemple pour l'eau ou la lumière entre une espèce précoce et une tardive.

## Performances observées :

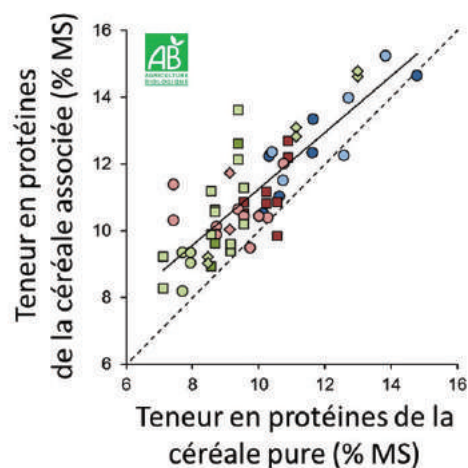
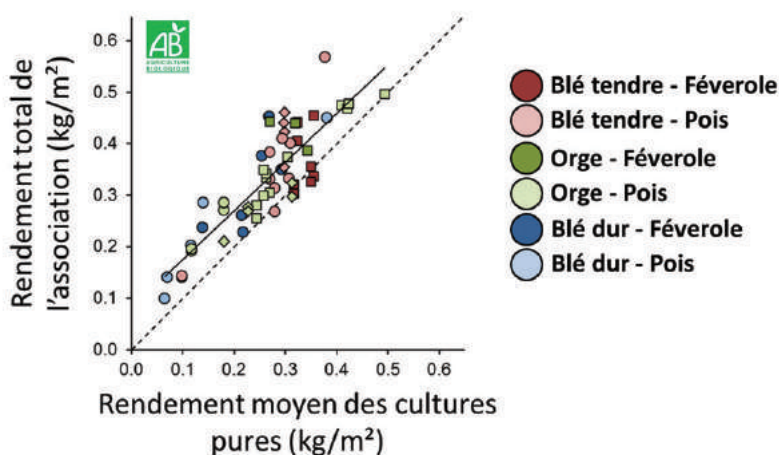
Un des systèmes les plus étudiés est celui de l'association entre une ou des légumineuses et une ou des céréales. Comme l'a montré une synthèse de 58 expérimentations conduites sur 10 ans dans différents pédoclimats européens, dans ce type d'association :

- Les légumineuses fixent une proportion plus grande d'azote atmosphérique qu'elles ne le font quand elles sont cultivées seules (73 % versus 61 % de ses apports azotés en moyenne).
- Ce phénomène s'explique par le fait que la céréale épuise rapidement l'azote minéral disponible dans l'horizon superficiel en raison d'une croissance plus rapide que celle de la légumineuse.
- Dès lors la céréale associée dispose de la même quantité d'azote, voir de plus d'azote minéral que lorsqu'elle est cultivée seules, généralement à plus forte densité.
- Par contre, en raison de la présence de la légumineuse et d'une densité de semis plus faible, son rendement en association est inférieur à celui mesuré en culture pure.

Un taux de fixation plus élevé en association avec plus de N<sub>2</sub> fixé par plant e mais moins par hectare (AB)



Ces deux mécanismes conjoints font que la quantité d'azote disponible par kilo de grain produit est de l'ordre de 50 % supérieur pour la céréale associée par rapport à la céréale cultivée seule ce qui contribue à une augmentation de la teneur en protéine (11,1 % versus 9,8 %). A noter que cette amélioration ne s'observe que quand la disponibilité en azote minéral est faible dans le sol. In fine, la production des cultures associées est en moyenne 1,27 fois supérieure à celle des cultures pures avec des rendements plus stables et aussi une réduction des adventices notamment comparativement à des légumineuses pures.



## Un levier pour l'agroécologie mais pas une solution universelle :

Les cultures associées sont un levier agronomique mobilisable pour diversifier les assolements et réduire l'usage des intrants et leurs impacts négatifs sur l'environnement mais aussi accroître la résilience face aux aléas. Néanmoins, il ne s'agit pas d'une solution universelle car leur introduction dans les systèmes de cultures doit être pensée en fonction des contextes pédoclimatiques et des espèces cultivées en tenant compte de leur gestion (proportion au semis, désherbage, fertilisation si besoin) ainsi que des intercultures.

## Les freins qu'il reste à lever :

Aujourd'hui l'un des principaux freins au développement de ces cultures associées concerne le tri des grains quand le mélange n'est pas utilisé tel quel pour l'alimentation animale. L'élaboration de trieurs spécifiques et l'abaissement des coûts sont aujourd'hui un enjeu majeur pour le développement de cette pratique et des recherches doivent aussi être poursuivies pour identifier les meilleures associations en termes d'espèces et de variétés adaptées ainsi que des densités de semis optimales.

PARTIE 5

# L'INTÉGRATION DES LÉGUMINEUSES DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE ET LES TERRITOIRES





- COMMENT INTÉGRER LES LÉGUMINEUSES  
DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE ? **44**  
*M. Soulié, E Pelzer, M-H Jeuffroy*
- QUELS SONT LES SYSTÈMES DE CULTURE  
D'AUJOURD'HUI ET QUE SERONT-ILS DEMAIN ? **48**  
*R Ballot, M Soulié, E Pelzer, L Guichard*
- COMMENT INSÉRER DES LÉGUMINEUSES  
DANS LES TERRITOIRES ? **50**  
*M Bonifazi, L Guichard, E Pelzer, M Soulié*

# COMMENT INTÉGRER LES LÉGUMINEUSES DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE ?

Plusieurs modes d'insertion des légumineuses dans les systèmes de culture existent :

(a) légumineuse à graine semée en pur ou associée à une autre espèce récoltée (généralement une céréale); (b) légumineuse en interculture pour produire un engrais vert; (c) légumineuse pluriannuelle implantée en tant que couvert permanent pour les cultures de rente; (d) couvert de légumineuse gélive associé à une culture de rente ; etc.

Les légumineuses permettent de répondre à **plusieurs objectifs** au sein de l'exploitation agricole : (i) production de fourrage riche en protéines, (ii) réduction de la fertilisation azotée des cultures de la rotation, (iii) amélioration de la structure du sol, (iv) gestion des bioagresseurs (maladies telluriques, adventives, ...), etc..

Ces 4 pages présentent les modes d'insertion des légumineuses dans les systèmes de culture travaillés dans le projet LEGITIMES, en **Bourgogne, Midi-Pyrénées et Pays de la Loire** : soit observés dans les parcelles des agriculteurs, soit conçus dans les ateliers participatifs de co-conception de systèmes de culture, soit testés en expérimentations.

Des **exemples de « motifs de rotation »** (Culture > Suivant ou Culture > couvert pendant l'interculture > Suivant) sont présentés.

Trois grands **types de « finalité »** de la légumineuse sont présentés :



### Culture de vente :

Légumineuse cultivée pour être vendue en dehors de l'exploitation agricole



### Culture autoconsommée :

Légumineuse cultivée pour l'alimentation du troupeau, autoconsommée sur l'exploitation où elle est produite. La culture peut être récoltée ou directement pâturée par le troupeau

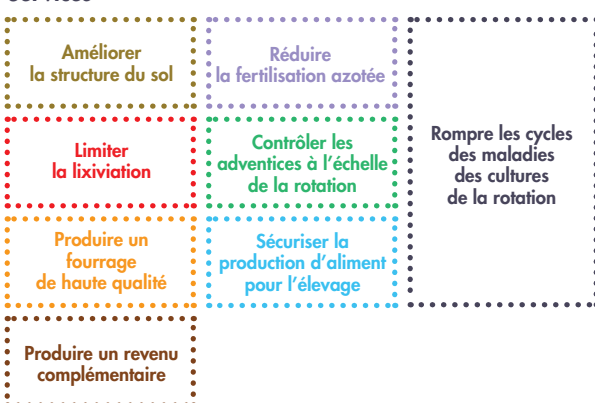


### Culture de service :

Légumineuse cultivée pour rendre des services écosystémiques, non récoltée

Les légumineuses peuvent rendre **divers services / dis-services** dans les systèmes de culture. Pour chacun des motifs de culture présentés dans cette rubrique, ces services et dis-services sont représentés par les symboles détaillés ci-dessous.

### Services



### Dis-services



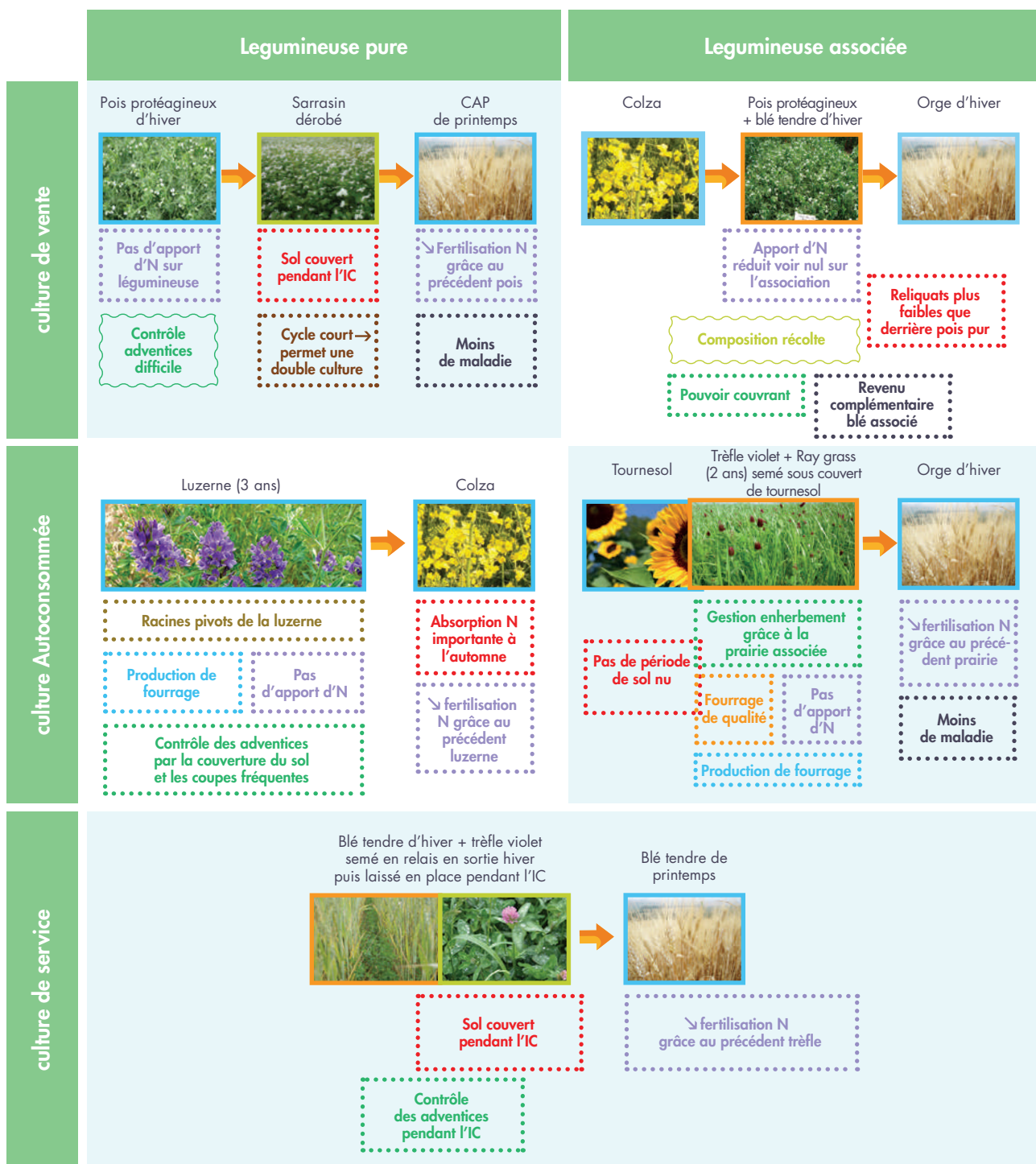
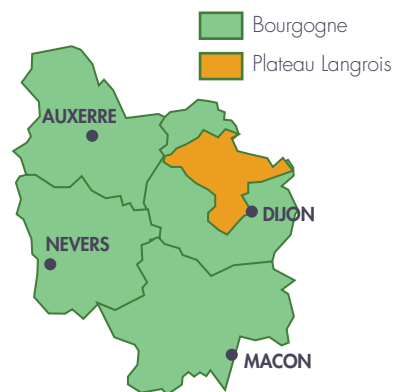
Le plus souvent, les légumineuses à graines sont insérées dans une rotation avant un blé, parfois avant un colza. En effet, l'azote apporté par la minéralisation des résidus de légumineuses à la culture qui suit permet de réduire l'apport d'engrais N minéral sur le suivant. Dans les trois régions, la conception de systèmes de culture incluant des légumineuses a abouti à des rotations généralement plus longues (en moyenne 8 ans) que les rotations actuelles (en moyenne 4 ans). De plus, en agriculture conventionnelle, les légumineuses n'excèdent pas, dans la majorité des cas, 25 % de la rotation du fait de leur plus faible rentabilité par rapport aux espèces dominantes des assolements et des risques de maladie tellurique sur légumineuse. En agriculture biologique, elles peuvent représenter jusqu'à 50 % de la rotation car elles sont un réel outil de gestion de la nutrition azotée des cultures et de l'enherbement des parcelles. Au-delà de 50 % de légumineuses dans la rotation, le risque de maladie devient trop important.

### Liste des abréviations :

CAP : Céréale à paille, IC : Interculture, CI : Couvert intermédiaire, N : Azote, SDC : Système de culture, SH : Sortie d'hiver

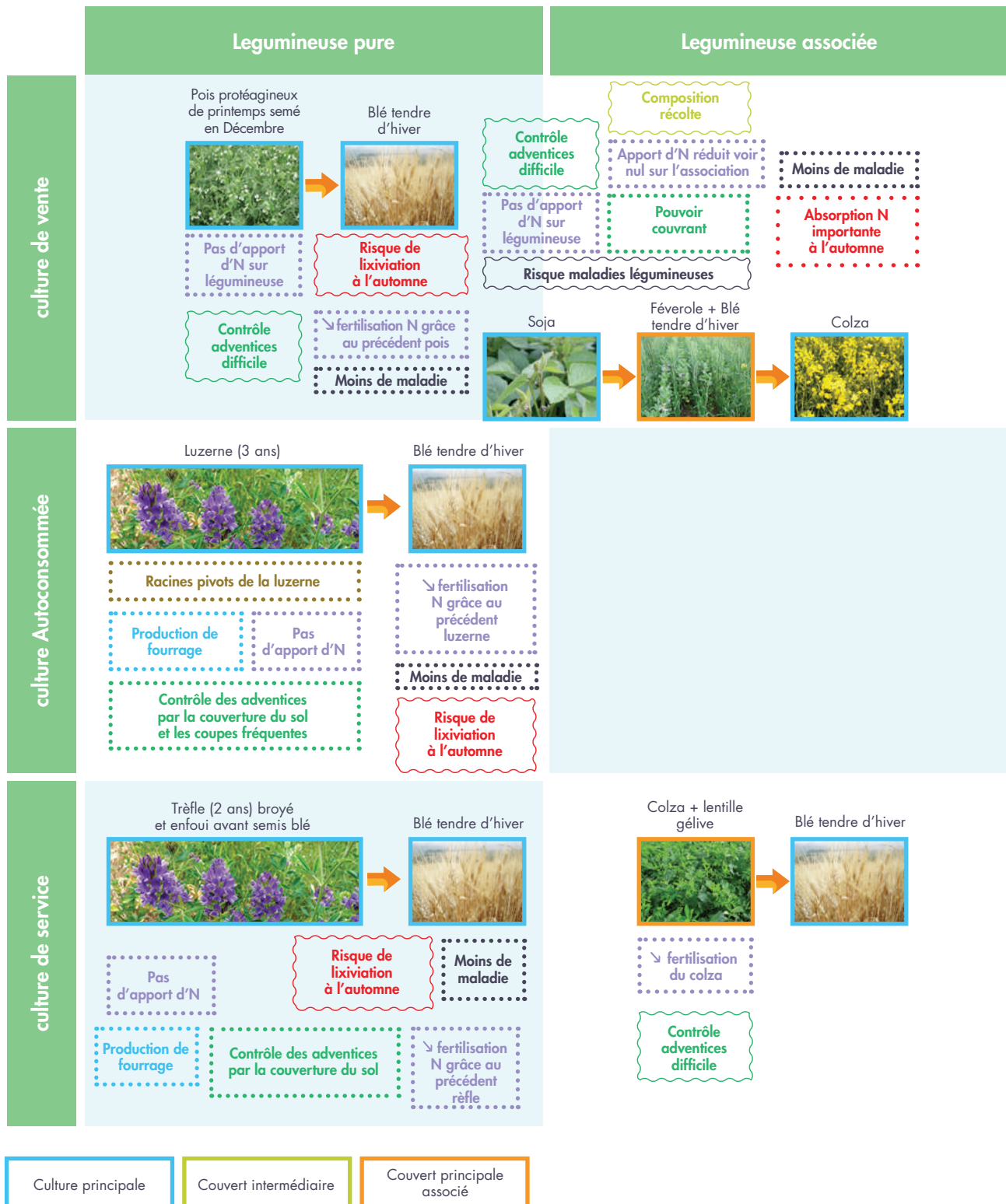
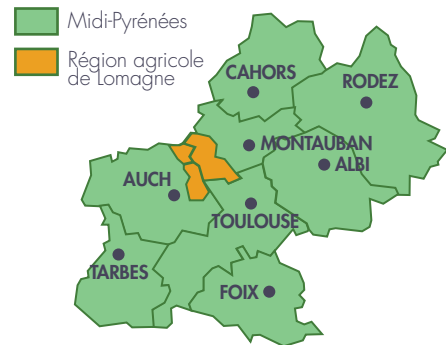
# Insérer des légumineuses dans les systèmes de culture bourguignons : application au plateau Langrois

Sur le plateau Langrois, de nombreux motifs de rotation incluant des légumineuses ont été décrits dans le cadre du projet LEGITIMES. Seuls quelques exemples sont présentés ci-dessous. De plus, d'autres espèces de légumineuses que celles présentées dans les motifs peuvent être cultivées sur ce territoire : lentille, lotier corniculé, pois de printemps, sainfoin. En revanche, les légumineuses telles que le soja et la féverole sont peu adaptées aux conditions pédo-climatiques du plateau (températures trop faibles et/ou sols séchant).



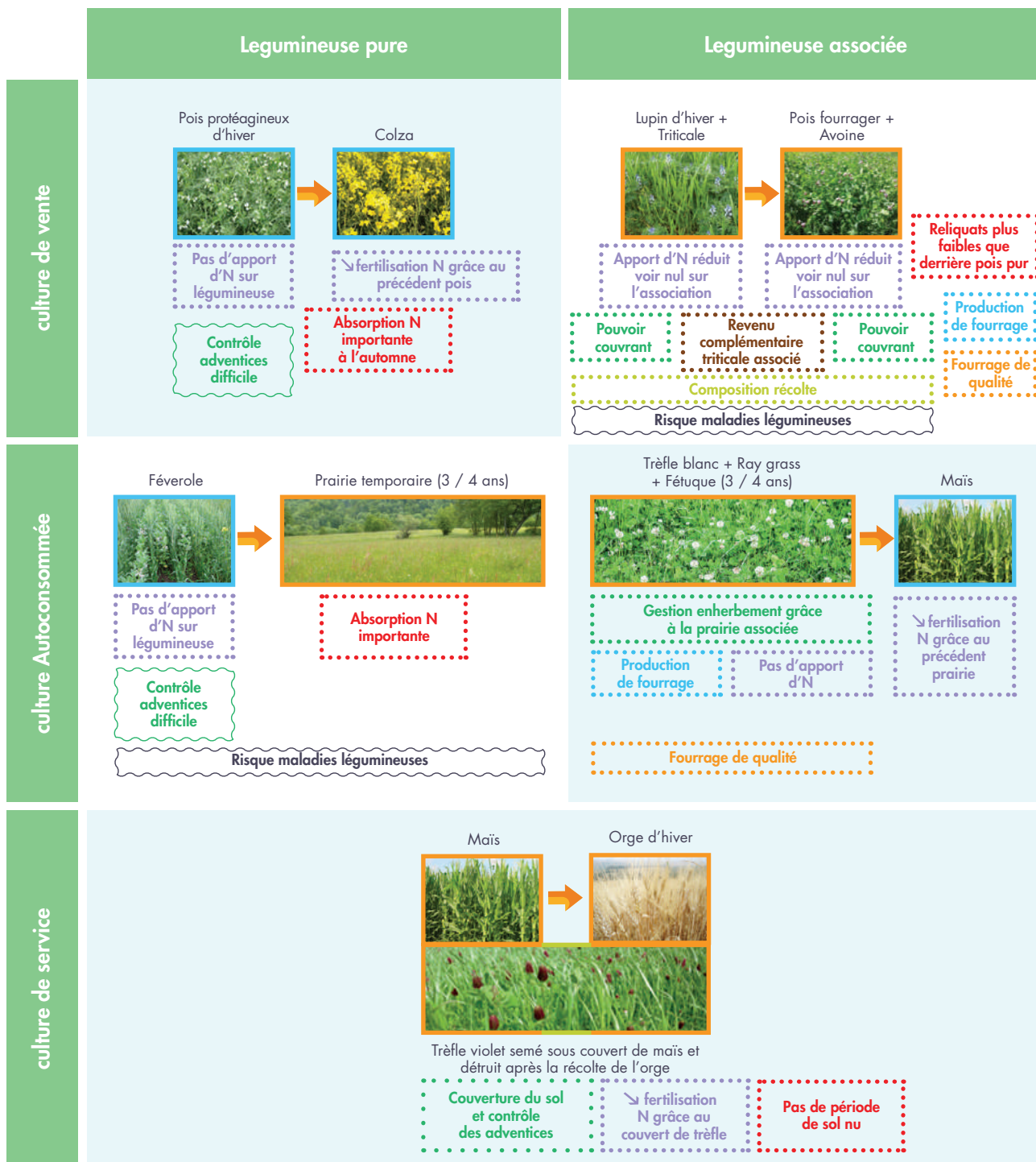
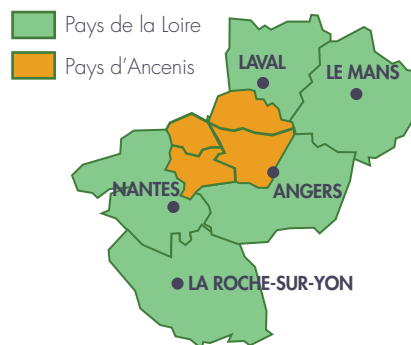
## Insérer des légumineuses dans les systèmes de culture midi-pyrénéens : application à la région agricole de Lomagne

Dans la région agricole de Lomagne, de nombreux motifs de rotation incluant des légumineuses ont été décrits dans le cadre du projet LEGITIMES. Seuls quelques exemples sont présentés ci-dessous. De plus, d'autres espèces de légumineuses que celles présentées dans les motifs peuvent être cultivées sur ce territoire : haricot, lentille, lotier, lupin, pois chiche, pois d'hiver, sainfoin, vesce.



# Insérer des légumineuses dans les systèmes de culture ligériens : application au pays d'Ancenis

Dans le pays d'Ancenis, de nombreux motifs de rotation incluant des légumineuses ont été décrits dans le cadre du projet LEGITIMES. Seuls quelques exemples sont présentés ci-dessous. De plus, d'autres espèces de légumineuses que celles présentées dans les motifs peuvent être cultivées sur ce territoire : lupin de printemps, luzerne, pois de printemps, sainfoin, vesce.



Culture principale	Couvert intermédiaire	Couvert principale associé
--------------------	-----------------------	----------------------------



# QUELS SONT LES SYSTÈMES DE CULTURE D'AUJOURD'HUI ET QUE SERONT-ILS DEMAIN ?

## → Systèmes de culture actuels caractérisés à l'échelle de la région par analyse de données d'enquête parcellaires

Les résultats complets de cette analyse sont disponibles dans un **livrable** et font l'objet d'une **synthèse**.

(source : enquête « Pratiques culturales » grandes cultures 2011 – Ministère en charge de l'Agriculture – entre 1000 et 2000 parcelles enquêtées par région)

## → Systèmes de culture innovants conçus pour chaque territoire d'étude grâce à des ateliers de conception.

Dans chaque région, un atelier de conception a été organisé, rassemblant une dizaine de personnes : agriculteurs, conseillers agricoles locaux, chercheurs...

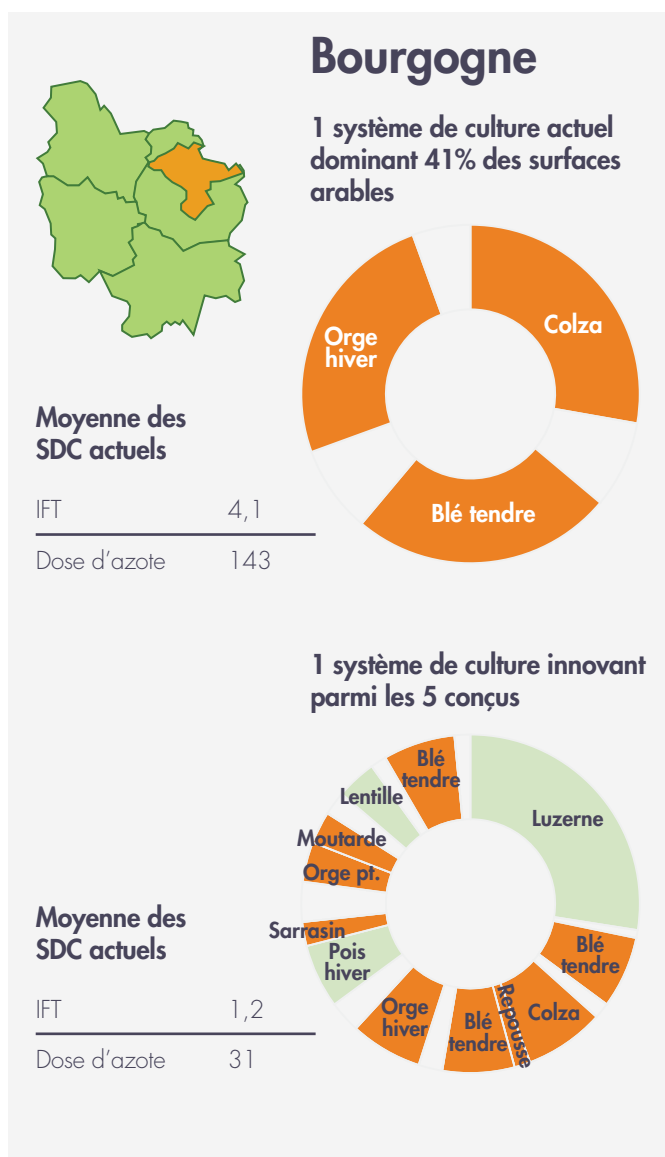
Les résultats complets de ces ateliers sont disponibles dans un **livrable** (une évaluation comparée des performances des systèmes de culture actuels et innovants est également présentée dans ce document)

### Pour en savoir plus

Elise Pelzer : [elise.pelzer@inra.fr](mailto:elise.pelzer@inra.fr)  
 Rémy Ballot : [remy.ballot@inra.fr](mailto:remy.ballot@inra.fr)  
<https://www6.inra.fr/legitimes>

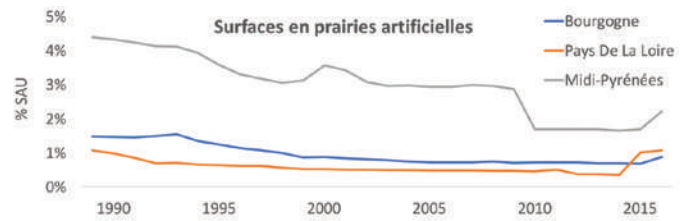
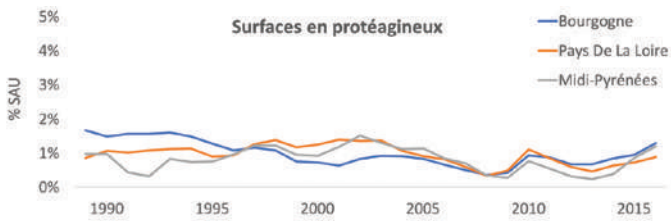
Aujourd'hui

Demain



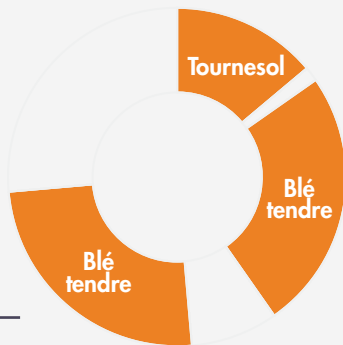
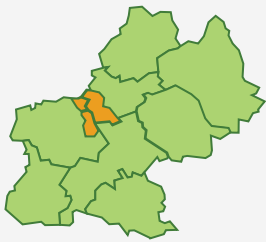
→ Des systèmes de culture plus longs et diversifiés, intégrant plus de légumineuses

→ Plus économes en azote et produits phytosanitaires



## Midi-Pyrénées

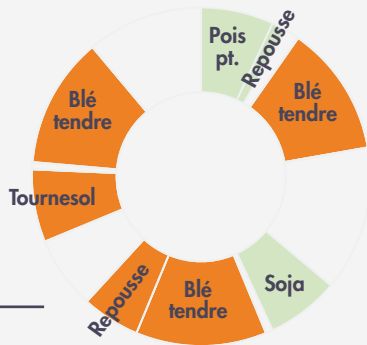
1 système de culture actuel dominant 26% des surfaces arables



Moyenne des SDC actuels

IFT 1,7  
Dose d'azote 111

1 système de culture innovant parmi les 3 conçus

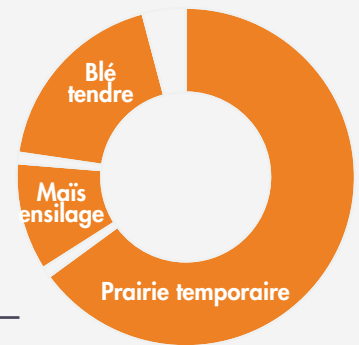
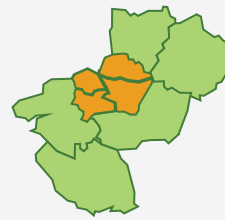


Moyenne des SDC actuels

IFT 1  
Dose d'azote 55

## Pays de la Loire

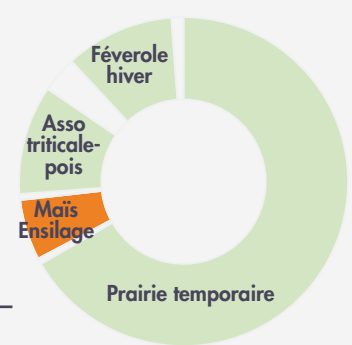
1 système de culture actuel dominant 14% des surfaces arables



Moyenne des SDC actuels

IFT 1,6  
Dose d'azote 81

1 système de culture innovant parmi les 3 conçus



Moyenne des SDC actuels

IFT 1  
Dose d'azote 41

	DURÉE DE LA ROTATION	CULTURES DIFFÉRENTES	PART DE LÉGUMINEUSES
SDC ACTUELS	1 à 5 ans	1 à 4	0 à 20 %
SDC INNOVANTS	4 à 13 ans	4 à 7	33 à 89 %

# COMMENT INSÉRER DES LÉGUMINEUSES DANS LES TERRITOIRES ?

## Démarche mise en œuvre

### Quel est l'objectif de la démarche ?

La démarche vise à imaginer avec les acteurs locaux des scénarios d'évolution du territoire agricole, pour répondre à leurs problématiques grâce au développement des légumineuses (plus de surfaces, plus d'espèces et/ou de manière de cultiver).

### Qu'entend-on par scénario ?

Un scénario est une représentation du territoire sous forme d'assolement de cultures et de manières de cultiver. Un scénario est le résultat d'une simulation par l'application Co-click'eau. Chaque scénario est évalué grâce à des indicateurs technico-économiques et environnementaux définis par l'utilisateur.

### Qui participe à la démarche

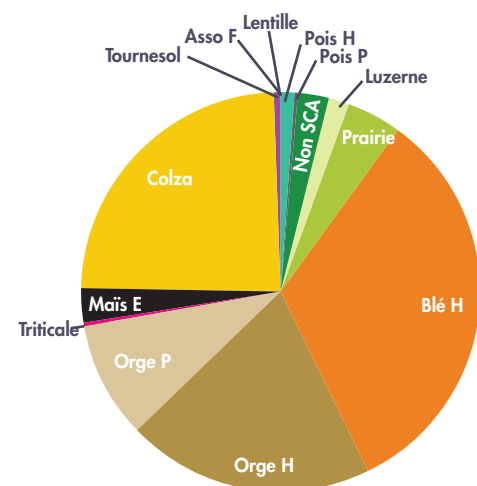
Une quinzaine d'acteurs (conseillers de chambre d'agriculture et de coopérative, agriculteurs, agence de l'eau, ingénieurs d'instituts techniques, chercheurs...) ont contribué à la démarche, soit lors d'enquêtes individuelles, soit lors d'ateliers pluri-acteurs de co-conception. Leur rôle a été de décrire le territoire actuel (pédologie, contraintes agronomiques, assolement actuel, itinéraires techniques des cultures), d'apporter des pistes à explorer pour la simulation des scénarios prospectifs, et de discuter des résultats obtenus.

## En entrée du simulateur

- Le **territoire actuel** : son assolement, ses principales rotations et les modes de conduites
- Une **base de données techniques** : un tableau Excel qui décrit des conduites culturales actuelles et « alternatives », et leurs performances au travers d'indicateurs simples
- Les **paramètres de simulations** : pour chaque scénario, un **jeu d'objectifs et de contraintes** portant sur des surfaces et/ou des indicateurs de performances et de production, que les acteurs proposent et que l'outil cherche à satisfaire

### LE TERRITOIRE ACTUEL

Plateau : 89 800 ha



**5,9% légumineuses**  
 4 % d'agriculture biologique  
 52 % de conventionnel intrants –  
 44 % de conventionnel intrants +

### MODE DE CONDUITE

	Tous modes	AB	Conv
Marge (€/ha/an)	299	242	301
Charges (€/ha/an)	583	352	593
Temps travail (h/ha/an)	3,6	2,8	3,6
Conso fuel (G/ha/an)	3,2	2,6	3,2
Dose N minéral (kg/ha/an)	129	0	134
Risque azote (note quantitative, 5=risque élevé)	2,3	2,2	2,3
IFT total	3,4	0,0	3,6
PDI zone Lait (gN/UGB/j)	646	843	637
PDI zone Viande (gN/UGB/j)	585	854	569
UFL (/UGB/j)	8	9	8
UFV (/UGB/j)	7	8	6

## Quelques spécificités du territoire

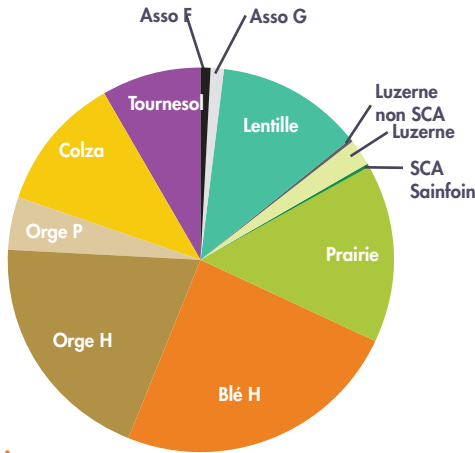
Sols argilo-calcaires superficiels, caillouteux / Diversité de systèmes agricoles (céréaliers, polyculteur-éleveurs bovin lait et viande) / Usine de déshydratation de la luzerne (SCA) / Capacité de collecte de blé AB / Projet de développement du sainfoin AB

« La céréaliculture telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui, très dépendante des produits phytosanitaires et de l'azote minéral et peu productive, n'est pas compétitive sur ce territoire de terres intermédiaires. »

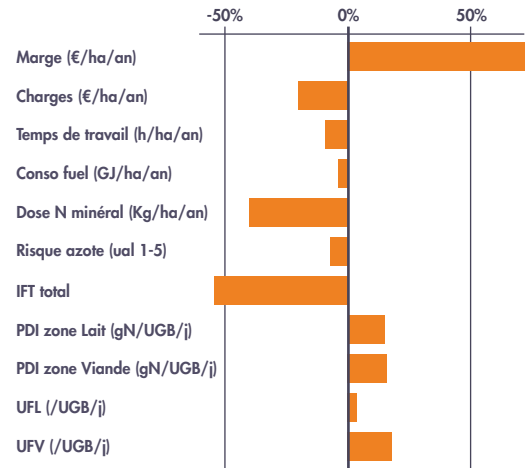
## Scénarios simulés et discutés avec les acteurs du territoire

### SCÉNARIO « PRODUIRE LOCALEMENT DE LA FARINE DE BLÉ BIO DE QUALITÉ »

Ex. de contrainte : produire 10 000 t de blé AB en culture pure et association.



15,2% légumineuses  
21 % d'agriculture biologique  
79 % de conventionnel intrants –

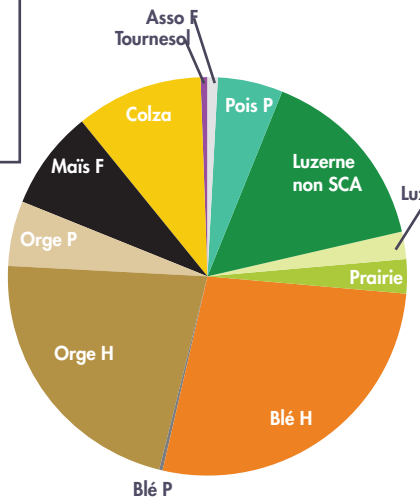


Evolution des indicateurs par rapport au territoire actuel

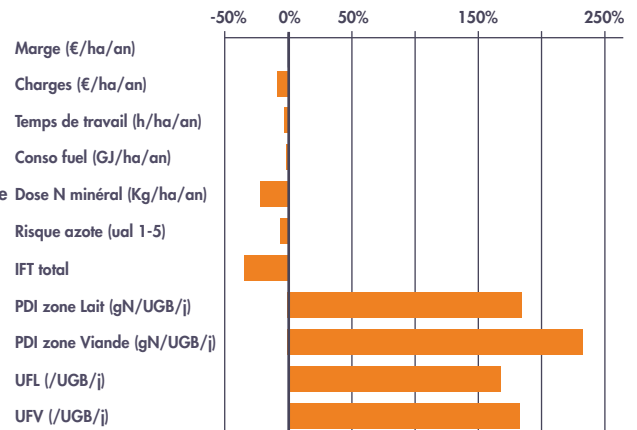
« Il faudrait développer des rotations à fortes valeurs ajoutées avec par exemple le label du Parc National et l'AB. On pourrait mobiliser les moulins locaux, développer des malteries AB... »

### SCÉNARIO « ACCROITRE LA PRODUCTION DE FOURRAGE ET CULTURES RICHES EN PROTÉINES »

Ex. de contrainte : maximiser la production de PDI pour le territoire



22,8% légumineuses  
4 % d'agriculture biologique  
78% de conventionnel intrants –  
18% de conventionnel intrants +



Evolution des indicateurs par rapport au territoire actuel

« Il serait bien de favoriser les complémentarités entre les élevages et les céréaliers : vente de fourrage, mise à disposition de prairie temporaire, etc. »

### SCÉNARIO « RÉDUIRE L'IMPACT DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SANS AUGMENTER LES SURFACES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE »

### SCÉNARIO « AUGMENTER LES SURFACES EN AB ET L'AUTONOMIE PROTÉIQUE DES ÉLEVAGES TOUT EN RÉDUISANT L'IMPACT DE L'AGRICULTURE SUR L'EAU »

## La suite

Ces scénarios de développement des légumineuses se sont avérés être une bonne base de discussion pour réfléchir au(x) futur(s) de l'agriculture du plateau Langrois. Ils pourraient permettre de sensibiliser les pouvoirs publics aux problématiques de ce territoire et plus largement des zones intermédiaires. Les participants ont jugé nécessaire de poursuivre la réflexion amorcée.

PARTIE 6

# MARCHES ET ACTIONS DES POUVOIRS PUBLICS POUR LE DÉVELOPPEMENT DES LÉGUMINEUSES





- QUELS MARCHÉS D'AVENIR  
POUR LES LÉGUMINEUSES ? **54**  
*M-B Magrini*
- LA CONTRACTUALISATION,  
UN LEVIER POUR DÉVELOPPER LES LÉGUMINEUSES ? **56**  
*C Cholez*
- QUEL EST LE POINT DE VUE  
DES ACTEURS INSTITUTIONNELS ? **57**  
*C Cholez*
- LE POINT DE VUE DE TERRESINOVIA **58**  
*TerresInovia*
- QUELLES ACTIONS PRIORITAIRES  
POUR LES POUVOIRS PUBLICS ? **59**  
*M-B Magrini*

## QUELS MARCHÉS D'AVENIR POUR LES LÉGUMINEUSES ?

Les graines de légumineuses sont aussi bien utilisées en alimentation animale qu'humaine. Alors que les protéagineux étaient quasi-exclusivement orientés (et soutenus en ce sens par les pouvoirs publics) vers l'alimentation animale jusqu'à la fin du 20ème siècle, de nouveaux marchés se développent, depuis le début des années 2000, offrant de nouvelles opportunités en alimentation humaine que nous avons explorées. Les importations de grains restent encore très élevées pour l'ensemble de ces marchés.

Principaux usages ou destinations à l'exportation des légumineuses à graines en France sur les cinq dernières années

	ALIMENTATION ANIMALE > 1 200 000 t (HORS TOURTEAU SOJA)	ALIMENTATION HUMAINE < 600 000 t		
<b>VOLUME MOYEN DES 5 DERNIÈRES ANNÉES (2015-2010)</b>	Graines entières	Graines entières	Graines entières	Fonctionnement ingrédients
	Pois/feverole : 450 000 t consommées à la ferme ou utilisées par les Fabricants d'Aliments du Bétail ; 150 000 t exportés en UE  Soja : 700 000 t triturées (dont 620 000 t gaines importées)	300 000 t exportées hors UE	100 000 t consommées (dont 80 000 t importées)	180 000 t utilisées (dont 122 000 t de pois/feverole, 50 000 t de soja) Part exportée inconnue
<b>PRINCIPALES ESPÈCES CONCERNÉES</b>	Pois, Féverole, Soja	Pois, Féverole	Lentille, Haricots, Pois cassés, Pois chiche...	Pois, Soja, Féverole; marchés de niche sur lupin, pois chiche...

Les nouveaux marchés à l'exportation répondent essentiellement aux besoins de pays comme l'Inde ou l'Égypte qui ne parviennent pas à être auto-suffisants pour leur consommation traditionnelle en féveroles ou pois, face à leur croissance démographique. En France (comme dans le reste des pays occidentaux), de nouveaux marchés se développent en réponse au contexte de la seconde transition nutritionnelle, qui se traduit par un rééquilibrage des sources de protéines animales et végétales dans l'alimentation quotidienne.

### TRANSITION NUTRITIONNELLE DES PAYS OCCIDENTAUX ET NOUVELLES OPPORTUNITÉS POUR LES LÉGUMINEUSES

La première transition nutritionnelle des pays occidentaux, marquée par un accroissement des protéines animales (PA) et une diminution des protéines végétales (PV), s'est opérée progressivement au cours du 20ème siècle, atteignant un palier en France dans les années 1980 autour d'un ratio de l'ordre de 70 % de PA et 30 % de PV. Depuis la crise de la « vache folle » de la fin des années 1990, toutes les études convergent pour montrer **une diminution de la consommation de PA, et à l'inverse une progression des PV**. Les déterminants de cette nouvelle transition sont variés selon les consommateurs (conscience environnementale, raisons de santé, raisons économiques, éthique et bien-être animal...). Aujourd'hui, les recommandations nutritionnelles en matière de santé et de nutrition sont de parvenir à un équilibre 50/50 de la part des protéines animales et végétales dans le régime quotidien. Cette tendance à la réduction de la consommation de viande pour augmenter la durabilité de nos systèmes de production agricole et de notre alimentation, favorise le développement des légumineuses à deux égards :

- Les légumineuses présentent **une efficacité environnementale élevée pour produire des protéines et leur profil en acides aminés se combine efficacement avec celui des céréales**, en sus des autres atouts nutritionnels que ces espèces présentent tels que leur faible index glycémique ou apports en fibres.
- Renforcer la place des légumineuses produites localement dans les formulations de l'alimentation animales contribue à **réduire l'impact environnemental des productions animales**.

Pour autant, l'accélération de ces tendances et l'importance de la place qu'occuperont les légumineuses dans les futurs régimes alimentaires et systèmes d'élevage, restent dépendantes des actions collectives que les acteurs des secteurs agricoles et agro-alimentaires pourront entreprendre pour renforcer ou non la place des légumineuses.

En France, **plusieurs voies de développement en alimentation humaine co-existent** :

→ **Un marché de consommation traditionnelle de légumineuses secs** (lentilles, haricots, pois cassés, pois chiches...) autour de 100 000 t depuis 2000, qui se répartit à hauteur de 65 % sous la forme usinée (conserverie, plats préparés...) et le reste dans une vente directe (dite « en vrac ») au consommateur. Sur ce marché, en légère progression depuis l'année internationale 2016, 80 % des légumineuses secs consommés reste importée.

On observe aujourd'hui la volonté de plusieurs opérateurs des coopératives agricoles ou groupes agro-industriels d'**augmenter l'approvisionnement d'origine nationale**. Des stratégies de nouvelles labellisations (marques collectives territoriales) sont à l'étude pour compléter le paysage actuel des signes officiels d'origine géographique déjà existants ; ainsi que des stratégies de modernisation de la préparation des légumineuses à graines, comme par exemple des mélanges de graines de céréales et de légumineuses prêtes à cuire sur un temps uniforme de cuisson pour en faciliter l'usage. Ces marchés déjà présents dans l'alimentation biologique, tendent à se développer désormais dans l'alimentation conventionnelle. Quelques-uns de ces nouveaux produits ont été étudiés au cours du projet.

**Un marché de consommation fondée sur les MPV** (Matières Protéiques Végétales) à base de légumineuses). Ces MPV constituent des ingrédients (de concentration protéique variable selon le procédé utilisé) qui sont incorporés : en substitution d'autres ingrédients dans la formulation de produits existants (ex. la farine féverole en panification pour éclaircir la mie du pain ou de lupin en pâtisserie pour remplacer les œufs) ; ou entrant dans la formulation de nouveaux produits agro-alimentaires (ex. les fractions protéiques de pois utilisées de plus en plus dans des aliments ciblant des segments très spécifiques comme l'alimentation sportive, diététique ou senior...).

Ces nouveaux produits sont des opportunités importantes pour le développement des légumineuses en alimentation humaine, dont l'augmentation de leur consommation régulière est aujourd'hui fortement encouragée par les pouvoirs publics (rapport de l'ANSES de 2017 et future PNNS 2017-2021).

## LA RESTAURATION COLLECTIVE UN MARCHÉ D'AVENIR ?

La croissance du marché de la restauration collective depuis les années 1980 en font un débouché potentiel pour nombre de produits. Pour autant, est-ce une solution pour les Légumineuses ?

Nos enquêtes dans les lycées en Bourgogne montrent que les légumineuses principalement utilisées sont les lentilles et les haricots blancs ou rouges. Les légumineuses sont servies en utilisant des recettes traditionnelles (lentilles saucisses ou petit salé) ; en moyenne une fois par semaine, ce qui reste inférieur aux recommandations nutritionnelles. Un des arguments principaux pour en servir peu concerne le gaspillage alimentaire dû au manque de goût des élèves pour ce produit.

Les points de verrouillage qui freinent l'introduction des légumineuses sont nombreux. Toutefois, des éléments de déverrouillage apparaissent également. Les légumineuses se substituent à la viande dans certains lycées dont le budget est contraint. Toutefois, cette introduction serait alors une introduction par défaut et elle serait remise en cause dans les cas où la contrainte budgétaire se desserrerait.

Le principal verrouillage reste relatif aux habitudes alimentaires actuelles. Le rôle des protéines végétales en substitution à la viande est critiqué. Le modèle végétarien apparaît comme un "repoussoir" pour de nombreux personnels de cuisine, tout comme une partie de la population en France. Toutefois, les élèves participant à l'élaboration des menus font évoluer ce modèle en demandant parfois plus de menus végétariens. De même, les problèmes de gaspillage dus au manque de goût des élèves pour les légumineuses est une contrainte qui peut être levée : les cuisiniers qui modifient leur recette et ou leur mode de cuisson ne constatent pas ce problème de gaspillage. Nous avons testé un effet de l'introduction, via des recettes issues des cuisines du monde (comme les dahl indiens) pour essayer de lever cette contrainte, mais les effets sont contrastés car le dahl est un plat végétarien. De nombreuses pistes d'amélioration des recettes sont possibles par des cuisiniers pour aider à un changement d'habitudes alimentaire et devraient être encouragées.



## LA CONTRACTUALISATION, UN LEVIER POUR DÉVELOPPER LES LÉGUMINEUSES ?

### La structuration des filières de légumineuses est essentielle pour :

- Encadrer efficacement les transactions commerciales entre opérateurs
- Consolider des investissements productifs

L'allongement des filières agro-alimentaires et la mondialisation (entraînant son lot d'incertitudes) ont renforcé le recours à la contractualisation pour organiser les filières et garantir les qualités répondant aux attentes sociétales. Dans le secteur des grandes cultures, une diversité de contrats encadre aujourd'hui les échanges entre les agriculteurs, les organismes stockeurs (coopératives et négoce) et les industries de la transformation. Les filières légumineuses n'échappent pas à cette tendance, d'autant plus que ces cultures nécessitent de lever d'importantes incertitudes et d'engager collectivement les opérateurs dans leur développement.

### Des contrats de production pour encadrer les conditions de vente et de production des cultures

D'après une enquête que nous avons réalisée auprès de vingt coopératives leaders en France, les contrats de production en grandes cultures concernent de 0 à 40 % de leur collecte respective. Ces contrats se distinguent des contrats de commercialisation qui eux ne définissent que les conditions de mise en marché et de rémunération de la culture. Dans les filières légumineuses à graines, ces contrats sont caractérisés par :

- Un engagement sur des volumes ou des surfaces
- Des **prix garantis avant le semis**, selon différentes modalités : prix fixé avant le semis et non renégocié pendant la campagne (cas du lupin); tunnel de prix fixé avant le semis puis détermination du prix définitif en fin de campagne au travers de négociations ou selon une formule de prix indexée sur le cours de marché d'autres matières premières (cas de la féverole et du pois)
- Des **spécifications concernant les conditions de production** contraintes sur les choix variétaux et les critères qualitatifs de la graine récoltée
- Des **formes d'accompagnement technique variées**

### L'INTÉRÊT D'UNE COORDINATION COLLECTIVE DES CONTRATS AU NIVEAU DES TERRITOIRES

La mise en place des contrats est souvent à l'initiative des industries de la transformation pour sécuriser leurs approvisionnements. Ceci étant l'efficacité des contrats à structurer une filière dépend aussi de la gouvernance collective organisant ces contrats, le plus souvent à l'échelle des bassins de production.

L'étude de cas d'une filière de féverole initiée par un fabricant d'aliment du bétail – Valorex – montre ainsi une forte complémentarité entre les contrats formels bilatéraux et les autres arrangements connexes à leur mise en œuvre. **En effet, les dispositifs d'organisation des contrats favorisent une dynamique de création et d'échange des connaissances techniques nécessaires à la relance des productions légumineuses.**

Le regroupement de Valorex et de plusieurs organismes stockeurs concurrents au sein d'une même association (Graines Tradition Ouest) traduit une volonté de coopération d'acteurs concurrents pour développer la filière grâce

- À des contrats simples et flexibles, de court terme (1 an)
- À plusieurs rencontres annuelles en cours de campagne pour s'adapter collectivement aux aléas de production

**Plusieurs mécanismes liés à ces contrats permettent à l'ensemble des acteurs de monter en compétences :**

- Les prix garantis incitent à des **investissements immatériels** autant chez les agriculteurs que chez les organismes stockeurs (ex : mise en place de parcelles témoins, formation des technico-commerciaux)
- La définition collective des exigences contractuelles et la mise en œuvre de fiches de suivi technique contribuent à **échanger et accumuler des connaissances localisées** sur les choix variétaux et les conditions de production
- La création d'un **budget commun (via une cotisation dans les contrats)** soutient l'organisation d'événements de type "bout de champs", afin d'encourager le partage d'expérience entre agriculteurs appartenant à des structures coopératives concurrentes

*Les dispositifs organisationnels favorisant le partage de références techniques occupent ainsi une place toute aussi importante que les contrats eux-mêmes pour réussir le développement de la filière. L'étude montre l'importance de bien définir les conditions de partage de ces connaissances techniques, pour inciter d'avantage les partenaires à y investir collectivement.*

# QUEL EST LE POINT DE VUE DES ACTEURS INSTITUTIONNELS ?

*Les acteurs institutionnels du secteur agricole peuvent jouer un rôle de pourvoyeurs de normes, voire de prescripteurs auprès des acteurs de la production. Dès lors, ils sont susceptibles d'influencer de manière indirecte le développement des légumineuses dans les systèmes de culture.*

Afin de comprendre les perceptions que ces acteurs entretiennent sur les légumineuses, nous avons mené une enquête en 2014 sur la base d'entretiens semi-directifs. Ces entretiens visaient tout d'abord à mettre en discussion les facteurs ayant contribué à un verrouillage du système agricole autour de quelques cultures céréalières; ils visaient ensuite à déterminer les enjeux prioritaires associés au développement des légumineuses, puis à identifier des leviers de relance de ces cultures.

L'enquête ciblait trois catégories d'acteurs:

- 1) des syndicats agricoles généralistes;
- 2) des organisations publiques
- 3) des associations.

Ces entretiens font émerger :

## Une vision consensuelle sur le manque de compétitivité de ces cultures...

Dû à des facteurs techniques (manque de références et de produits phytosanitaires), à une structure de marché très concurrentielle (importations de soja et de légumes secs) et à des phénomènes de distorsion de concurrence (réglementation induisant des pratiques productives très différentes d'un pays à l'autre).

## Des perceptions divergentes des intérêts des légumineuses à graines...

### L'autonomie protéique ?

Diminuer la dépendance des élevages français aux importations grâce à la culture des légumineuses semble un défi majeur pour tous les acteurs de l'enquête. Néanmoins, derrière cet enjeu fédérateur, les positionnements divergent sur l'échelle à laquelle doit être pensée cette recherche d'autonomie: européenne (FNSEA), nationale au travers d'une politique interventionniste (Coordination rurale) ou strictement locale pour favoriser l'autonomie des exploitations polyculture élevage et l'autonomie alimentaire des ménages (Confédération paysanne, réseaux CIVAMs et AIRFAFs).

### Les bénéfices agro-environnementaux ?

Les intérêts reconnus par les acteurs de l'enquête : la capacité des légumineuses à synthétiser l'azote atmosphérique, la possibilité de réaliser des économies d'engrais azotés, et de diversifier les rotations. Les points de vigilance évoqués par les Agences de l'eau : la consommation de phytosanitaires, les risques de lixiviation de nitrates, et enfin l'impact des cultures sur la ressource quantitative en eau. Les bénéfices indirects absents dans les discours: la diminution de gaz à effet de serre et la baisse de consommation d'énergie fossile.

## Deux grands leviers de relance évoqués par les acteurs...

### Les politiques publiques agricoles ?

Premier levier évoqué par les syndicats agricoles, les politiques publiques restent un objet de controverse. Le système de soutien direct à la production est défendu par certains acteurs « on ne peut pas faire confiance qu'au marché » ou au contraire critiqué du fait des effets d'aubaines qu'il peut engendrer « les primes se sont des feux de paille ». Les mesures en faveur de pratiques environnementales (SIE, MAEC) sont appréhendées comme une opportunité ou au contraire fortement remises en question selon la sensibilité environnementale des acteurs.

### La R&D et les partenariats public/privé ?

L'ensemble des acteurs de l'enquête s'accordent sur le besoin de R&D sur les variétés, les systèmes de culture innovants, la transformation et la valorisation des graines. Ils mettent en avant des dispositifs impliquant aussi bien le secteur public que privé. Plusieurs dispositifs collectifs ont été évoqués (Projets Casdar, PAT, PEI) ainsi que la nécessité de rattacher ces projets au développement de nouveaux marchés valorisateurs. Notons ici que le marché de l'alimentation humaine, pourtant porteur reste très peu évoqué par les acteurs de notre enquête.

*Au regard de la multiplicité des enjeux soulevés par les acteurs institutionnels, notre enquête interroge la capacité des acteurs à collaborer sur une vision commune de relance des légumineuses dans les territoires. Le besoin de R&D ressort comme un levier essentiel. Néanmoins le décalage entre connaissances scientifiques et perceptions des acteurs institutionnels interroge aussi les modalités d'acquisition, de diffusion et de partage des connaissances.*



## LE POINT DE VUE TERRESINOVIA



Depuis 2017, **TerresInovia** [1] s'engage à ce que les cultures d'oléagineux et de protéagineux contribuent davantage à respecter l'environnement et aussi à apporter – ou bénéficier – des services écosystémiques [2] au sein

du système cultivé. Avec son programme « **Utiliser les services écosystémiques pour une agriculture durable** », Terres Inovia entend mettre en œuvre des leviers agroécologiques avec les acteurs agricoles pour contribuer à réduire la dépendance aux intrants et éviter (ou mieux anticiper ou dépasser) les impasses techniques, en valorisant les services écosystémiques au sein des systèmes agricoles. Et cela permet en même temps d'apporter des réponses aux attentes sociétales en lien avec l'environnement et la santé.

Dans ce cadre, **bénéficier des services liés aux légumineuses en situations agricoles** est un des enjeux auxquels s'attèle Terres Inovia : entrée d'azote symbiotique, approvisionnement en protéines, robustesse des systèmes, atténuation du changement climatique, valeur ajoutée environnementale des produits finaux, etc. Ces orientations contribuent au Plan de filière 2018-2022 sur les Protéines Végétales, portée par l'interprofession des huiles et protéines végétales. Un point de départ est l'expérimentation analytique en 2 sites contrastés, complémentaire des autres essais de LEGITIMES.

### Cultivons l'agilité pour apprendre à gérer l'azote symbiotique, et les services associés, dans les systèmes cultivés

En prolongation des actions telles que le projet collaboratif LEGITIMES, Terres Inovia propose de mutualiser les observations et retours d'expérience et d'avancer dans la compréhension des dynamiques de l'azote issu de la fixation symbiotique des légumineuses pour mieux utiliser cette voie d'entrée naturelle de l'azote dans les systèmes cultivés. Trois axes sont programmés :

- Adapter le conseil localement pour bénéficier des effets « légumineuse » sur la culture suivante ou compagne selon l'espèce le mode d'insertion et le contexte pédoclimatique,
- Mutualiser les expériences et réussites avec des références contextualisées sur l'amélioration de la robustesse des agrosystèmes avec légumineuses,
- Attribuer une valeur de marché reconnaissant les services rendus par les légumineuses à graines.



### Diversifions les voies d'entrée azotée dans les systèmes en pensant autrement la gestion de l'azote

Alter'N, l'Unité Mixte Technologique animée par Terres Inovia avec deux unités de recherche de l'INRA de Grignon, s'attache aux dynamiques spécifiques et aux services rendus par les sources d'azote comme les légumineuses à graines et les produits résiduels organiques dans les systèmes de grandes cultures. La finalité est de renforcer la capacité à faire du conseil stratégique pour diagnostiquer, concevoir, évaluer et gérer des systèmes de culture productifs à faibles pertes azotées qui incluent ces sources complémentaires aux engrais minéraux industriels.

[1] l'institut technique de référence des professionnels de la filière des huiles et protéines végétales et de la filière chanvre : [www.terresinovia.fr](http://www.terresinovia.fr)

[1] C'est-à-dire les « bienfaits retirés des processus naturels de fonctionnement et de maintien des écosystèmes » (Nations Unies 2005)



### Pour des systèmes agricoles durables et des filières agroalimentaires à base de légumineuses dans l'UE

La finalité du projet européen LegValue (2017-21) est de favoriser le développement d'une agriculture durable et compétitive avec des systèmes agricoles à base de légumineuses destinées à l'alimentation animale et humaine, et de contribuer à améliorer l'autonomie protéique de l'Union Européenne. Pour ce faire, avec la coordination de Terres Inovia, les 24 partenaires associent leurs compétences pour évaluer les avantages agronomiques, économiques et environnementaux à produire et utiliser des légumineuses, aussi bien en agriculture conventionnelle qu'en agriculture biologique. En tenant compte de la diversité des marchés, LegValue analyse la valeur ajoutée des filières à base de légumineuses, et fournit une gamme de solutions alternatives permettant d'améliorer l'intérêt économique de chaque acteur impliqué, du producteur à l'utilisateur.

# QUELLES ACTIONS PRIORITAIRES POUR LES POUVOIRS PUBLICS ?

*Les légumineuses présentent de nombreuses potentialités pour répondre aux enjeux de la double transition agroécologique et nutritionnelle des systèmes de production occidentaux.*

Pour autant, du fait d'une situation initiale de verrouillage, le développement des légumineuses nécessite un appui des pouvoirs publics pour **pallier le différentiel de compétitivité** qui s'est initialement créé avec les céréales et le soja importé. Au fil des réflexions et des entretiens conduits avec différents opérateurs du secteur, les leviers suivants sont apparus comme essentiels, et montrent que **seule une approche multicritères**, intégrant l'ensemble des dimensions de la durabilité, permettra d'augmenter la place des légumineuses dans nos systèmes agricole et agro-alimentaire.

## Encourager la coordination des acteurs pour accroître leur coopération

Pour des espèces mineures comme les légumineuses, seule une coopération des acteurs sur le long terme permettra de consolider les investissements nécessaires à la structuration de ces filières qui passe par :

- La **création et l'évaluation variétale** ;
- Le développement des **connaissances techniques** nécessaires pour la production ;
- Le développement de nouvelles **infrastructures de transformation** dans des bassins régionaux ;
- Ou encore pour l'organisation de marques collectives...

L'exemple étudié d'organisation d'une **contractualisation** avec les agriculteurs à l'échelle d'un large bassin de production, initiée par un opérateur industriel de l'alimentation animale, a montré comment ce dispositif favorise de telles coopérations, dont la construction **d'apprentissages collectifs de proximité** adaptés aux conditions locales.

Cet exemple montre l'intérêt pour les pouvoirs publics d'encourager de telles initiatives organisationnelles :

- Des incitations à la **mise en œuvre de dispositifs contractuels** via une subvention initiale pour aider à organiser la structure porteuse de ce collectif (une association, un GIE ou autre statut) ;
- Des **subventions complémentaires aux investissements collectifs de la structure** (tout particulièrement pour les programmes de sélection variétale).

## Les multiples atouts des légumineuses peuvent être directement encouragés par les pouvoirs publics

- Encourager **l'évaluation des impacts environnementaux** d'insertion des légumineuses et la diffusion des résultats d'évaluation auprès des acteurs de terrain.
- Face à la diversité des voies d'insertion de ces légumineuses (culture de rente ou plante de service) et aux risques d'accroissement des pressions biotiques (liées aux délais de retours trop fréquent et/ou à un manque de diversification des variétés et espèces des légumineuses dans les systèmes), **construire un guide de bonnes pratiques décliné à l'échelle des bassins régionaux**.
- Soutenir **l'enrichissement des collections génétiques** mis à disposition des programmes de sélection.
- Relancer le **marché carbone** pour valoriser la réduction des gaz à effet de serre permise par l'augmentation des surfaces métropolitaines en légumineuses.
- Encourager **l'incorporation de légumineuses produites localement dans les rations de l'alimentation animale** pour augmenter la performance environnementale des élevages. Ces incitations peuvent s'accompagner d'une révision de certaines normes d'incorporation des céréales qui réduisent de fait la place des légumineuses ayant des teneurs en protéines moins élevées que le soja.
- Affirmer la place des légumineuses dans l'assiette du consommateur est une condition pour relancer leur consommation : comme source de protéines en diversification des apports de source animale (comme cela est fait dans d'autres pays comme le Canada, les USA, l'Angleterre, l'Espagne ou l'Italie) et de fibres. **Une harmonisation nutritionnelle européenne renforcerait la création d'une offre diversifiée en légumineuses par l'industrie agro-alimentaire**, favorisant des complémentarités entre les filières légumineuses et céréalières.
- Soutenir **l'innovation agro-alimentaire** pour proposer de nouveaux procédés et aliments à base de légumineuses. De nouveaux programmes de recherche et développement sont nécessaires pour renforcer les connaissances sur les propriétés nutritionnelles et technico-fonctionnelles des différentes légumineuses et les procédés de transformations de ces graines.
- **La restauration collective**, et tout particulièrement scolaire pour **sensibiliser les jeunes générations**, reste une cible privilégiée pour encourager la consommation des légumineuses. Nos travaux ont montré cependant la nécessité de mieux former les cuisiniers à l'utilisation des légumineuses et encourager des cahiers des charges favorisant le recours à des légumineuses produites localement.

# UN REGARD NEUF SUR LES LÉGUMINEUSES

- SIX THÈSES POUR ABORDER LES LÉGUMINEUSES **60**  
SOUS TOUS LES ANGLES  
*M Guinet, C Cernay, L Viguier, N Carton, C Cholez, A-F Monnet*
- QUELQUES IDÉES CULINAIRES POUR CONTRIBUER **64**  
AU DÉVELOPPEMENT DES LÉGUMINEUSES  
*M Astier, N Carton, L Bedoussac*
- CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES **68**  
*M-H Jeuffroy*
- LES PARTENAIRES ET CONTRIBUTEURS AU PROJET LEGITIMES **69**

# SIX THÈSES POUR ABORDER LES LÉGUMINEUSES SOUS TOUS LES ANGLES



MAÉ GUINET

## Quantification des flux d'azote induits par les cultures de légumineuses et étude des traits explicatifs

### DIRECTEUR(S) :

Bernard Nicolardot, Anne Sophie Voisin

**ECOLE DOCTORALE :** ES Bourgogne Franche-Comté

**DÉBUT / FIN THÈSE :** novembre 2015 - novembre 2018

**LABO :** UMR Agroécologie

Dans le contexte de la transition agroécologique en faveur de systèmes de culture plus économes en intrants azotés, la réintroduction des légumineuses a un rôle majeur à jouer pour atteindre la durabilité de ces systèmes agricoles. Cependant très peu de références sont disponibles sur une diversité d'espèce de légumineuses. Cette thèse porte sur la comparaison de 10 espèces de légumineuses aux caractéristiques morphologiques aériennes et racinaires contrastées.

Les objectifs consistent à (i) quantifier les flux d'azote générés par les légumineuses à l'échelle de la succession de culture et (ii) identifier les « traits de plantes » explicatifs des fonctions liées à ces flux d'azote. Les différents flux azotés mesurés sont la fixation symbiotique en fonction du niveau d'azote minéral du sol disponible au moment du semis, la minéralisation de l'azote des résidus de légumineuses après enfouissement et les pertes d'azote en dehors du système sol-plante (lixiviation, émission de protoxyde d'azote). Pour atteindre ces objectifs les flux ont été quantifiés au cours d'une expérimentation au champ menée en 2014-2015 et reconduite en 2016-2017, avec l'implantation d'une culture de légumineuses en première année suivie par une culture de blé en année 2.



CHARLES CERNAY

## Identifier des légumineuses à graines productives en Europe par synthèses quantitatives de données à large échelle

### DIRECTEUR ET ENCADRANTE :

David Makowski, Elise Pelzer

**ECOLE DOCTORALE :** ABIES

**THÈSE SOUTENUE LE** 10 novembre 2016

**LABO :** UMR Agronomie INRA-AgroParisTech

Plusieurs études ont souligné la nécessité d'augmenter la production des légumineuses à graines en Europe. L'objectif était d'identifier des espèces de légumineuses à graines caractérisées par des niveaux élevés de production en Europe. Trois sources de données ont été utilisées à large échelle : des données statistiques, des données expérimentales en Europe et dans d'autres régions du monde, et des données sur les propriétés nutritionnelles des légumineuses à graines. Nous avons d'abord estimé la variabilité interannuelle des rendements des légumineuses à graines en Europe et Amérique. Nous avons ensuite construit un jeu de données expérimentales global incluant 173 articles publiés, 41 pays, et 8581 situations de culture. Au total, 29 espèces ont été comparées à partir de leurs niveaux de production et de leurs effets sur les rendements des céréales suivantes.

Les rendements des légumineuses à graines sont significativement plus variables que les rendements des non-légumineuses en Europe (données statistiques FAO). Le soja, le lupin à feuilles étroites, et la féverole présentent des niveaux de production similaires à ceux du pois protéagineux en Europe (données expérimentales et données sur les propriétés nutritionnelles). Les rendements des céréales cultivées après des légumineuses à graines sont en moyenne 29 % plus élevés que ceux des céréales de céréales (significatif pour 13 des 16 espèces de légumineuses). L'effet décroît en fonction de la dose de fertilisation N appliquée sur les céréales suivantes, et devient négligeable pour une dose supérieure à 150 kg N ha<sup>-1</sup> (données expérimentales).

# SIX THÈSES POUR ABORDER LES LÉGUMINEUSES SOUS TOUS LES ANGLES



LOÏC VIGUIÉ

**Analyse du fonctionnement des cultures associées lentille-blé conduites en agriculture biologique, pour la conception d'itinéraires techniques à hautes performances économiques et environnementales**

**DIRECTEUR(S) ET ENCADRANTS :**

Etienne-Pascal Journet, Laurent Bedoussac, Eric Justes

**ECOLE DOCTORALE :** SEVAB

**THÈSE SOUTENUE LE** 12 juillet 2018

**LABO :** INRA-UMR AGIR

**FINANCEMENT :** Coopérative Qualisol (CIFRE).

La lentille est une légumineuse qui suscite un intérêt croissant chez les consommateurs pour ses qualités gustatives et nutritives et par ricochet chez les agriculteurs biologiques du fait de sa capacité à fixer l'azote de l'air et de son prix de vente attractif. Cependant, sa sensibilité à l'enherbement, à la verse et aux bruches rend ses performances économiques aléatoires.

Associer la lentille avec du blé tendre (en semant la lentille à sa pleine densité et le blé à 15-20 % de sa densité normale) est un moyen efficace en agriculture biologique pour réduire l'enherbement et la verse de la lentille, ce qui améliore très nettement l'efficacité de la récolte (75 % des graines récoltées en association contre 50 % en culture pure). De plus, malgré des coûts de tri plus élevés pour l'association, la marge brute de cette dernière reste supérieure à celle de la moyenne des cultures pures grâce à la production d'un blé dont la teneur en protéines est plus élevée qu'en culture pure.

Nous avons également étudié la complémentarité entre blé et lentille dans l'utilisation des ressources azotées et la dynamique de leurs interactions tout au long du cycle cultural, en fonction des variétés utilisées et de la densité du peuplement, sur 2 années à météorologie contrastée.



NICOLAS CARTON

**Interactions induites par l'association du lupin avec une céréale, effets sur les adventices et conséquences sur la productivité**

**DIRECTRICE :** Guénaëlle Corre-Hellou

**ECOLE DOCTORALE :** VENAM

**THÈSE SOUTENUE LE** 18 décembre 2017

**LABO :** USC LEVA, INRA, ESA Angers

**FINANCEMENT :** Région Bretagne et Union Européenne

Avec ses grains très riches en protéines, le lupin présente un potentiel pour réduire la dépendance au soja importé. Cependant, ses rendements faibles et instables et sa faible compétitivité vis-à-vis des adventices freinent son intégration dans les systèmes de culture. L'association avec une céréale pourrait permettre de sécuriser la production globale et d'améliorer la gestion des adventices tout en réduisant l'utilisation d'herbicides, notamment via les complémentarités pour l'acquisition d'azote (air et sol).

L'étude d'un réseau de parcelles a démontré que l'ajout de triticale permettait d'augmenter la compétitivité vis-à-vis des adventices par rapport au lupin pur, d'obtenir un rendement supérieur et plus stable et de maintenir la production de protéines. Un essai en micro-parcelles a démontré le rôle majeur de la capture précoce d'azote (N) de la céréale pour accroître la compétitivité vis-à-vis des adventices. Nous avons montré que les rapports de compétition varient au cours du cycle et en fonction des espèces ou variétés ainsi que des conditions climatiques et influencent ainsi l'élaboration du rendement.

De forts contrastes entre lupin et céréale pour des traits liés à l'acquisition précoce d'N ont été décrits ainsi que leurs conséquences sur la mise en place de la complémentarité. Ce travail a mis en évidence que le choix d'espèces et de variétés aux traits complémentaires permettait d'orienter les interactions entre lupin, céréale et adventices et ouvre des perspectives pour l'optimisation des performances.

# SIX THÈSES POUR ABORDER LES LÉGUMINEUSES SOUS TOUS LES ANGLES



**CÉLIA CHOLEZ**

**Filières de diversification et arrangements contractuels : des contrats de production pour favoriser le développement de connaissances ?**

**DIRECTRICES :**

Marie-Benoît Magrini, Danielle Galliano

**ECOLE DOCTORALE :** TESC

**DÉBUT / FIN THÈSE :** octobre 2014- octobre 2018 / soutenance décembre 2018

**LABO :** UMR AGIR-Toulouse

**FINANCEMENT :** INRA-SAD/ ADEME

Parmi la diversité des arrangements organisationnels qui encadrent les échanges marchands entre agriculteurs, organismes stockeurs et industries, les contrats de production apparaissent comme un moyen privilégié pour développer des filières de diversification.

En mobilisant l'économie des coûts de transaction et l'économie de la connaissance, ma thèse analyse les liens entre la mise en œuvre des contrats de production et la construction de connaissances spécialisées sur les cultures de diversification. Nos travaux s'appuient sur la réalisation d'une enquête auprès du TOP 20 des coopératives françaises, puis sur deux études de cas approfondies: une filière de lin oléagineux déjà bien structurée et une filière de féverole en cours de construction. Nos résultats fournissent des enseignements génériques sur les modalités de coordination entre coopératives, agriculteurs et industries, utiles au développement des filières légumineuses à graines.



**ANNE-FLORE MONNET**

**Optimisation de la transformation de matières premières issues de cultures associées légumineuse/blé tendre par une bonne connaissance de la physico-chimie des ingrédients et du procédé de fabrication.**

**DIRECTRICES :**

Camille Michon, Marie-Hélène Jeuffroy

**ECOLE DOCTORALE :** ABIES

**DÉBUT / FIN THÈSE :** janvier 2015 - septembre 2018

**LABO :** UMR Ingénierie Procédés Aliments (GENIAL)

**FINANCEMENT :** Carnot Qualiment - AgroParisTech- MESR

Nutritionnellement le mélange céréale-légumineuse permet un apport en protéine plus équilibré en termes d'acides aminés que chaque espèce séparément. Le développement des cultures de légumineuses pourrait être favorisé en créant une synergie avec la filière céréalière en produisant des aliments de grande consommation à partir de mélanges de farines.

L'objectif de la thèse est de mettre en place une démarche de formulation raisonnée de gâteaux moelleux (cakes) comportant une proportion importante de farine de légumineuse, en supposant que ces farines puissent provenir d'une filière de culture et de transformation associées légumineuse-blé tendre. Un travail de récolte d'informations a été réalisé à partir de dires d'experts et de la littérature pour identifier les propriétés des farines impactées par la mise en place d'une telle filière. Un outil de formulation raisonnée a été conçu à partir de l'analyse des impacts de plusieurs leviers de procédé et de qualité des farines sur les propriétés de structure et de texture des gâteaux enrichis. Cet outil permet de corriger les variations des propriétés des farines par la modulation de leviers de procédé. Sa performance a été évaluée du point de vue sensoriel.



# IDÉES RECETTES ET AUTRES ASTUCES CULINAIRES

## Les bénéfiques des légumes secs

Source inestimable de protéines bien digestibles (20 à 35 % de leur poids sec soit le double du blé et le triple du riz) on dit d'elles qu'elles sont « le caviar du pauvre ».

- Leurs protéines sont constituées d'acides aminés dont 8 sont dit « essentiels » et la consommation simultanée des protéines issues de céréales permet un apport en acides aminés essentiels équilibré
- Elles sont riches en fibres alimentaires
- Elles sont riches en Vitamines B1, B2, B3, B9 et E
- Elles sont riches en minéraux: fer, magnésium, potassium, phosphore, zinc, manganèse, calcium.
- Elles ont une faible teneur en matière grasse et sans cholestérol.

Tous ces atouts ont fait que dans beaucoup de régions du monde, des plats traditionnels sont à base d'une légumineuse et d'une céréale :

- Maïs et haricots rouges en Amérique latine
- Pois chiches et semoule de blé dur en Afrique
- Lentilles et galettes de céréales en Inde



### INGRÉDIENTS (4 PERS)

- 300 g de haricots blancs
- 1 oignon moyen
- 1 poireau
- 1 pomme de terre
- 5 gousses d'ail pelées
- 1 carotte
- 1 bouillon de poule
- Huile d'olive, sel, poivre
- 3 tranches de jambon sec

## MENU LÉGUMINEUSE TRADITION FRANÇAISE

### ENTRÉE

#### CRÈME HARICOTS BLANCS ET CAROTTE

Source : <http://comerlegumbres.com>

### PRÉPARATION

Faire tremper les haricots blancs une nuit et les cuire jusqu'à ce qu'ils deviennent bien tendres puis égoutter.

Faire revenir les haricots, les légumes coupés et un peu d'huile d'olive à feu doux pendant quelques minutes, puis ajouter le bouillon de poule.

Couvrir et faire bouillir 10 à 15 minutes, salez et poivrez.

Passer au presse purée, refroidir et réserver au frigo.

Faire revenir les tranches de jambon à la poêle pour les rendre croustillantes puis les briser et les disposer au dernier moment sur la crème avec un filet d'huile d'olive.

## PLAT

### PÂTES COURGETTES À LA BOLOGNAISE LENTILLES

Source : <http://minimalistbaker.com>

#### PRÉPARATION

Faire revenir huile, échalote, ail pendant 2 à 3 minutes.

Ajouter les carottes et un peu de sel et cuire 3 à 4 min, puis ajouter la sauce tomate et couvrir à feu très doux.

Ajouter le basilic, l'origan, le sucre, l'eau, les lentilles. puis réduire à feu fort une vingtaine de minutes jusqu'à ce que les lentilles deviennent tendres (ajouter de l'eau si la mixture devient trop épaisse).

Pendant que la sauce mijote, faire des pâtes de courgettes à l'aide d'un économètre.

Servir la sauce bolognaise sur les pâtes de courgettes et ajouter parmesan et herbes fraîches selon votre goût.

#### INGRÉDIENTS (4 PERS)

- 1 cs d'huile d'olive
- 2-3 carottes râpées
- Sel et poivre selon goût
- 1 cc de basilic séché
- 1 cc d'origan séché
- 1 cs de sucre de coco
- 120 ml d'eau
- 150 g de lentilles rouges
- 2 courgettes moyennes
- 730 g de sauce tomate
- Sauce maianara



#### INGRÉDIENTS (4 PERS)

- 130 ml de jus de pois chiches récupéré d'une boîte ou d'un bocal
- 2 c. à c. de sucre blond de canne
- 2 ou 3 gouttes de jus de citron
- 200 g de chocolat pâtisseries
- 150 g de crème de soja
- 50 g de compote de pommes

## DESSERT

### MOUSSE AU CHOCOLAT AUX POIS CHICHES

Source : Kaizen magazine

#### PRÉPARATION

Verser le jus de pois chiches et le sucre dans le bol du batteur et fouetter à vitesse modérée pendant 5 minutes.

Quand les blancs commencent à monter, ajouter le jus de citron et augmenter la vitesse de battage jusqu'à l'obtention d'une masse dense et compacte.

Faire fondre le chocolat au bain-marie.

Hors du feu, ajouter la crème de soja et la compote et mixer l'ensemble finement.

Incorporer les « blancs en neige » au mélange chocolaté à l'aide d'une spatule souple.

Verser dans des ramequins individuels et placer au frais 4 heures avant de déguster.

# IDÉES RECETTES ET AUTRES ASTUCES CULINAIRES

## Nos conseils de préparation

- Si vous utilisez des graines sèches, surtout pour les grosses graines (pois chiche et haricot), il faut passer par une étape de trempage de 12h minimum...
- Si vous avez oublié de le faire la veille sachez qu'elles cuisent rapidement à la cocotte-minute
- Lors de la phase de trempage penser à bien remplir au-dessus du niveau des graines, car elles vont beaucoup gonfler.
- Ensuite, il faut vider l'eau de trempage et rincer les graines dans une passoire
- Pour la cuisson prévoir 1,5 ou 2 volumes d'eau froide non salée et laisser mijoter doucement.
- On peut ajouter du bicarbonate alimentaire, du bouillon, des herbes, de l'oignon, pour attendrir les graines, donner du goût et réduire la cuisson.
- La cuisson est terminée quand les graines sont bien fondantes et il est important de bien les cuire sinon elles sont plus difficiles à digérer.
- Pensez à en cuire une grande quantité pour en mettre des portions au congélateur.



### INGRÉDIENTS (4 PERS)

- 400 g de fèves
- 1 poignée d'amandes effilées
- Un peu de parmesan
- 2 cs de vinaigre balsamique
- 6 cs d'huile d'olive
- 1 bouquet de ciboulette
- 1 brin d'estragon
- Sel, poivre

## MENU LÉGUMINEUSE AUX PARFUMS D'AILLEURS

### ENTRÉE SALADE DE FÈVE

Source <http://cuisine-facile.com>

### PRÉPARATION

Préchauffer le four à 200°C.

Répartir 1 poignée d'amandes effilées sur une plaque et enfourner pour qu'elles soient un peu dorées. Retirer du four, saler et laisser refroidir.

Faire bouillir une casserole d'eau et y ajouter les fèves (4 minutes). Les retirer dès qu'elles sont tendres puis rafraîchir sous l'eau froide, égoutter et sécher.

Préparer la vinaigrette et la mélanger aux fèves, puis râper des copeaux de parmesan sur le dessus et ajouter herbes et amandes avant de servir.

## PLAT

### CURRY NOIX DE COCO-POIS CHICHES

Source : <http://minimalistbaker.com>

#### PRÉPARATION

Faire revenir huile, gingembre, ail et échalotes.

Ajouter la pâte de curry, le piment et cuire 1 min.

Ajouter poivron, aubergine puis lait de coco, pousses de bambou, curcuma, sucre et pois chiches.

Mélanger et faire chauffer à feu moyen. Puis réduire et mijoter 10 à 15 minutes sans couvrir.

Ajouter les petits pois et cuire 5 min.

Salez et sucez à convenance et servir le tout avec du riz en ajoutant les herbes avant service.

#### INGRÉDIENTS (4 PERS)

- 1 cs d'huile de coco (15g)
- 2 cs de gingembre haché
- 5 gousses d'ail haché (3 cc)
- 2 échalotes hachées
- 3 cs de pâte de curry
- 1 poivron rouge coupé en dés
- 1 petite aubergine émincée
- 400 ml de lait de coco
- 225 g de pousses de bambou
- 1 cs de curcuma
- 2 ou 3 cs de sucre de coco
- 400g de pois chiches cuits
- Facultatifs : piment, petit pois, basilic, coriandre fraîche
- 1 échalote et 4 gousses d'ail émincés

## DESSERT

### PAYASAM AUX HARICOTS MUNGO

Source : Terre Vivante

#### PRÉPARATION

Faire cuire les haricots dans 4 fois leur volume d'eau.

Ajouter le sucre et 5 min après dissolution le lait

Laisser mijoter jusqu'à ce que le mélange épaississe, puis ajouter les graines de cardamome finement moulues et retirer immédiatement du feu.

Faire griller les noix de cajou dans l'huile jusqu'à ce qu'elles colorent légèrement, puis à part les raisins secs jusqu'à ce qu'ils gonflent.

Ajouter les raisins et les noix de cajou dans le payasam.

Bien mélanger, laisser refroidir 15 min et servir.

#### INGRÉDIENTS (4 PERS)

- 200 g de haricots mungo
- 100g de sucre complet
- 33cl de lait
- 6 graines de cardamome
- 10 noix de cajou
- 1cs de raisins secs
- 1 cs d'huile

# CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

*Le projet LEGITIMES, qui a rassemblé des écophysiologistes, des agronomes, des écologues, des économistes, et des sociologues, s'est appuyé sur des partenaires dans les trois régions d'étude. Grâce à ces collaborations étroites, il a permis de mettre en évidence :*

- La nécessité de s'intéresser à la diversité des espèces disponibles et à la diversité des manières de les cultiver : le grand nombre d'espèces de légumineuses, et la diversité de leurs caractéristiques offrent une gamme très large d'insertion possible dans les systèmes de culture, qu'il faut mieux connaître pour mieux l'exploiter et la valoriser ;
- l'intérêt d'une analyse du système sociotechnique pour comprendre les éléments de fonctionnement, aux différents maillons de la chaîne de valeur, qui défavorisent la culture de légumineuses, et d'identifier les leviers à combiner et les coordinations entre acteurs à développer pour déverrouiller le système dominant autour des céréales et oléagineux, qui marginalise aujourd'hui les légumineuses ;
- l'importance d'ancrer les travaux de recherche dans la réalité agricole : les pratiques des agriculteurs et de l'ensemble des acteurs des filières, les performances des légumineuses, les services qu'elles fournissent dans les agro-écosystèmes, sont éminemment variables entre situations agricoles et entre espèces, et la prise en compte de cette diversité est essentielle pour accompagner le développement de ces espèces dans les systèmes agricoles ;
- l'importance d'analyser les pratiques innovantes des agriculteurs ; les agriculteurs qui cultivent (encore !) des légumineuses ont inventé des manières de produire, pratiques, des systèmes de culture, qui permettent de valoriser les propriétés de ces espèces, et d'en tirer des bénéfices agronomiques, environnementaux, et économiques: les innovations des agriculteurs constituent des sources déterminantes d'inspiration et de connaissances nouvelles pour accompagner l'évolution attendue des systèmes de culture, pour relever de nombreux défis posés à l'agriculture ;
- l'intérêt de recherches participatives : la conception de systèmes de culture et de scénarios territoriaux incluant des légumineuses, avec les acteurs concernés des territoires et des filières, bénéficie de l'hybridation des connaissances entre scientifiques et acteurs du monde agricole, indispensable pour concevoir des innovations réalistes, localement adaptées, et satisfaisant les performances attendues par les acteurs localement ;
- la nécessité de combiner des approches à différentes échelles : la combinaison de travaux permettant une quantification des services dans les parcelles agricoles, l'évaluation des systèmes de culture actuels (quasi-absence des légumineuses) et futurs (incluant davantage de légumineuses), la conception de scénarios territoriaux incluant des légumineuses, l'analyse des outils permettant de faire évoluer les marchés et les débouchés des légumineuses, a été fructueuse pour fournir aux acteurs une diversité de connaissances indispensables pour faire évoluer leurs activités relatives aux légumineuses.
- l'importance de coupler des innovations techniques, organisationnelles et socio-économiques pour permettre le développement de ces espèces, du champ à l'assiette : cultiver des légumineuses aujourd'hui nécessite d'innover à différents maillons des filières, des territoires, dans les champs comme dans les débouchés, dans les pratiques agricoles comme dans les politiques publiques. La coordination de ces innovations est indispensable pour la réussite d'une réinsertion des légumineuses dans les surfaces agricoles.

Le projet LEGITIMES a contribué à initier des changements, aussi bien dans les systèmes agricoles que dans les filières, pour soutenir le développement de ces espèces. Plusieurs perspectives de travaux de recherche, dans des dispositifs multi-acteurs, sont d'ores et déjà engagées dans 3 projets européens, ReMix, LegValue et DiverImpacts : un approfondissement sur le fonctionnement et la conception d'associations d'espèces incluant des légumineuses, la quantification des services fournis par les légumineuses à très large échelle, l'analyse de filières efficaces autour des légumineuses, l'analyse et la proposition de politiques publiques soutenant le développement des légumineuses, le développement

d'outils pour l'aide à la conception de systèmes agricoles incluant des légumineuses, les transformations nécessaires du machinisme agricole pour accompagner le développement des associations d'espèces, l'intérêt et les conditions de déploiement de la diversification des cultures, ... L'Europe construit un nouveau plan protéines. On peut donc s'attendre à une évolution significative de la place des légumineuses dans les systèmes agricoles dans les années qui viennent ! Le renouvellement des liens entre production et transformation, entre politiques agricoles et politiques alimentaires, et le soutien affirmé aux initiatives de terrain en faveur du développement durable seront indispensables pour soutenir ces dynamiques.

# LES PARTENAIRES ET CONTRIBUTEURS AU PROJET LEGITIMES

## LA RECHERCHE

### Agrosup Dijon (CESAER)

GALLAUD Delphine

### ESA LEVA

CORRE-HELLOU Guenaelle, MAWOIS Marie, NAUDIN Christophe, LORIN Mathieu

### INRA AGIR

BEDOUSSAC Laurent, DEBRIL Thomas, GALLIANO Danielle, JOURNET Etienne-Pascal, JUSTES Eric, MAGRINI Marie-Benoit, N'GUYEN Geneviève, PLUMECOCQ Gaël, PURSEIGLE François, TRIBOULET Pierre

### INRA Agroécologie

DUC Gérard, NICOLARDOT Bernard, VOISIN Anne-Sophie

### INRA Agronomie

BALLOT Rémy, GUICHARD Laurence, JEUFFROY Marie-Helene, MEDIENE Safia, PELZER Elise

### INRA ASTER

MIGNOLET Catherine, SCHOTT Céline

### INRA SADAPT (Agronomie)

MEYNARD Jean-Marc

### ISARA

CASAGRANDE Marion, CELETTE Florian, PEIGNE Joséphine

## MAIS AUSSI...

Mathieu BAZOT, Clément BLEYNIE, Aline BUFFAT, Arnaud BUTIER, Guillaume CANAL, Laure CROVA, Sébastien CUQ, Héroïse DE BORTOLI, Marie-Flore DOYEN, Yaëlle DUJARDIN, Anaïs FABRE, Thomas GOETZ, Quentin LAMBERT, Antoine PARISOT, Arnold RIVRON, Mathieu SAUGET, Lucile BRETIN, Amandine LAURENT, Louison LAISSUS, Héroïse FARGES, Baptiste COURILLEAU, Arthur BROGGIO, Yoann PENEL, Arthur POULAIN, Marjorie BRU, Clément COUTURIER, Charlotte HARDY, Alice LAME, Ghislaine LAROCHE, Timothée DE LA TEYSSONNIERE, Marion SUTTER, Michaël VERDIER, Martin BE, Adrien HERAUT, Rami NACCOUR, Camille NAVARETT

## LES ENTREPRISES

### Dijon-Céréales

DYMARSKI Pierre-Yves, MILLION Gérard

### Qualisol

LARRIBEAU Alain, GREVE Jeremy

### Terrena

LEROY Lancelot, SORIN Stéphane

### TerresInovia

BIARNES Véronique, SCHNEIDER Anne

### TerresUnivia

BLOSSEVILLE Nathalie

### Valorex

CHESNEAU Guillaume

## STAGIAIRES, INGÉNIEURS, DOCTORANTS ET POST-DOCTORANT

BLANCHARD Clarisse (stagiaire), BONIFAZI Mathilde (CDD ingénieur), BOUSSELIN Xavier (stagiaire), CAULE Charlene (stagiaire), CHERIERETimothée (stagiaire), CHOLEZ Celia (doctorante), COSTA-LIMA Filipe (stagiaire), FERNANDES Lisa (stagiaire), GASCUEL Quentin (stagiaire), GUIAVARC'H Yvan (stagiaire), JANUS François (CDD ingénieur), LAME Alice (stagiaire), MADRID Aurélie (stagiaire), MAULINE Martine (CDD ingénieure), MONTRONE Emilie, NIENABER Thérèse (stagiaire), PAULY Olivier (stagiaire), PLAZA-BONILLA Daniel (post-doctorant), PONCET Marion (stagiaire), PUECH Thomas (CDD ingénieur), QUINIO Maude (CDD ingénieurs), REDON Marie (stagiaire), REVOYRON Eva (stagiaire), ROUSSEAU Anaïs, SANNER Jonathan (stagiaire), SOULIE Marion (CDD ingénieure), TIREL Marine (stagiaire), VAKOUME Océane (Stagiaire), VIDAL Andréa

Merci à tous les agriculteurs des différents territoires  
qui ont contribué à la réussite du projet LEGITIMES



Comité de rédaction : MH Jeuffroy, Elise Pelzer, Laurent Bedoussac

Réalisation Graphique : Ctookom

Retrouvez toutes les ressources issues du projet : [www.inra.fr/legitimes](http://www.inra.fr/legitimes)

