



Atelier de co-conception de systèmes de culture innovants intégrant des légumineuses dans la région agricole du plateau Langrois (Bourgogne)

Compte rendu de la journée

Quétigny – Lundi 11 Mai 2015

Version intermédiaire du 10 Juillet 2015. A compléter avec les acteurs présents le jour de l'atelier.

Rédaction : Marion Soulié

UMR Agronomie
INRA / AgroParisTech
BP 01-78850 Thiverval-Grignon

Table des matières

Liste des abréviations	3
Contexte de la journée	4
Objectifs et organisation de l'atelier de co-conception de SDC en Bourgogne	5
Phase de réflexion individuelle (post-it)	6
Conception des systèmes de culture innovants	8
SDC numéro 1 : système conventionnel céréalier	8
SDC numéro 2 : système AB céréalier	9
SDC numéro 3 : système conduit selon le cahier des charges de l'agriculture biologique, adapté à une activité de polyculture - élevage laitier → description du système déjà mis en place par l'éleveur présent à l'atelier	10
SDC numéro 4 : système conventionnel, adapté à une activité de polyculture – élevage laitier	11
SDC numéro 5 : système conventionnel, adapté à une activité de polyculture – élevage laitier	12
Annexes.....	13

Liste des abréviations

IC = interculture

ITK = itinéraire technique

N = Azote

SDC = Système de culture

U = Unité

TCS = Techniques Culturelles Simplifiées

Contexte de la journée

Cette journée a été organisée dans le cadre du projet ANR LEGITIMES (<http://www6.inra.fr/legitimes>). Ce dernier a pour objectif d'étudier et de construire les conditions d'une plus grande insertion des légumineuses dans les systèmes agricoles, dans l'optique d'une gestion durable des territoires et des ressources. Le projet LEGITIMES est mené en parallèle dans 3 régions françaises : Bourgogne, Midi-Pyrénées et Pays de la Loire. Au sein de ces différentes régions, des territoires d'étude plus restreints ont été identifiés par les partenaires du projet. En Bourgogne, il s'agit de la région agricole du plateau Langrois (figure 1).

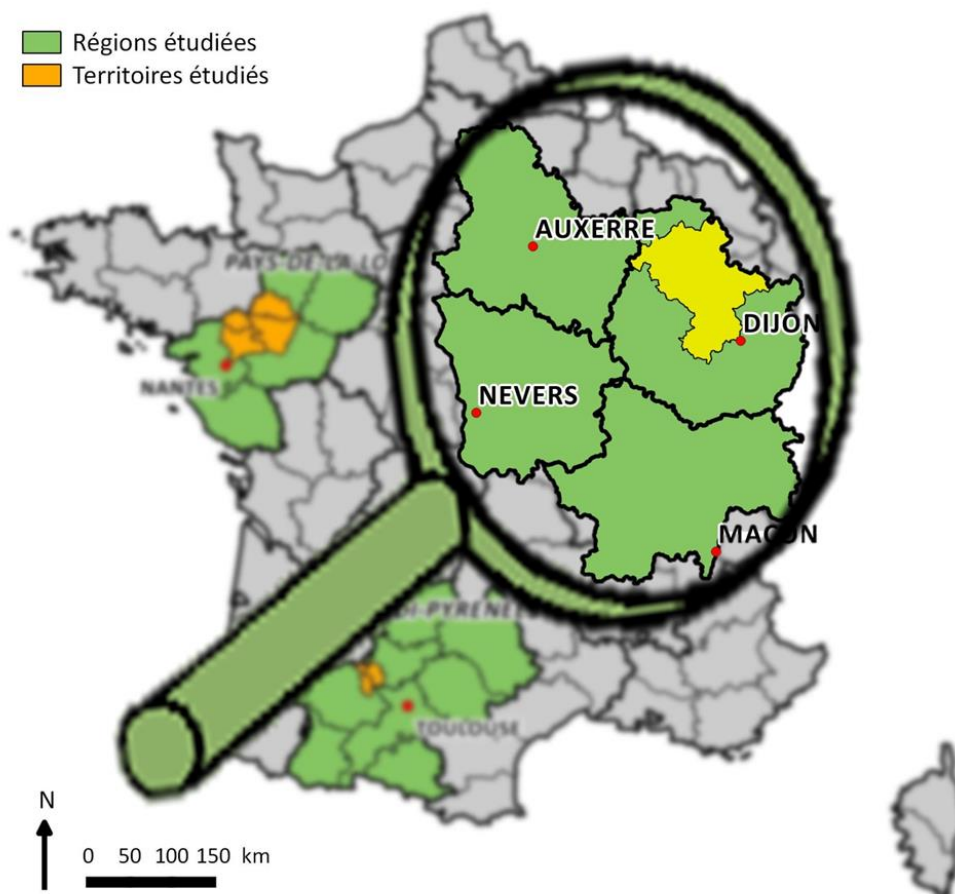


Figure 1 : Localisation du territoire bourguignon étudié pour le projet ANR-LEGITIMES

Le projet ANR- LEGITIMES est divisé en 3 tâches, dépendantes les unes des autres :

- *Tâche 1* : analyse historique des raisons de la disparition des légumineuses et identification de voies de déverrouillage du système sociotechnique actuel, au niveau des exploitations agricoles et des filières ;
- *Tâche 2* : identification et quantification des services écosystémiques fournis par les légumineuses selon les espèces cultivées et les modes de culture dans les territoires d'étude ;
- *Tâche 3* : conception et évaluation *ex ante* de systèmes de culture et de scénarios territoriaux d'insertion de légumineuses avec les acteurs des territoires concernés. L'atelier présenté dans ce rapport s'insère dans la tâche 3. Cette dernière est divisée en 3 sous-tâches :
 - co-construire, avec les acteurs, des systèmes de culture (SDC) incluant des légumineuses ;
 - évaluer *ex ante* ces SDC (caractérisation multicritère de leurs performances) et les comparer aux SDC actuels, reconstitués grâce à des bases de données Agreste (enquêtes pratiques culturelles, enquêtes Teruti-Lucas) ;
 - co-construire, avec les acteurs, des scénarios agronomiques de réintroduction des légumineuses dans les territoires et les évaluer.

Les trois tâches sont menées en parallèle dans les 3 régions impliquées dans le projet LEGITIMES.

Objectifs et organisation de l'atelier de co-conception de SDC en Bourgogne

Les objectifs de l'atelier étaient de concevoir des SDC innovants i) permettant la réintroduction d'un maximum de légumineuses, ii) adaptés au contexte pédoclimatique du plateau Langrois, iii) guidés par des objectifs de réintroduction de légumineuses sous différentes formes (cultures principales pures/associées, culture intermédiaire, en relai...), iv) en limitant les risques (maladies, lessivage de nitrates...) et l'usage des produits phytosanitaires (ne pas dépasser l'IFT de la rotation la plus courante sur le territoire, c'est-à-dire colza – blé – orge, $IFT_{moyen} = 4$). Lors de cet atelier, nous avons réuni différents acteurs techniques/scientifiques, sensibles aux contraintes locales : agriculteurs, conseillers agricoles, ingénieurs, chercheurs. Ils sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : liste des participants à l'atelier de co-conception de systèmes de culture innovants en Bourgogne

PRENOM	NOM	ORGANISME
Céline	Bourlet	INRA Grignon, UMR Agronomie
Florian	Celette	ISARA Lyon
Gérard	Duc	INRA Dijon, UMR Agroécologie
Elodie	Fayel	Chambre d'agriculture de Bourgogne
Michaël	Geloën	Chambre d'agriculture de la Nièvre
Stéphane	Grippon	SEDARB
Laurence	Guichard	INRA Grignon, UMR Agronomie
Hubert	Hebinger	Terres Inovia (anciennement CETIOM)
Sylvain	Lacombe	Agriculteur en bio (éleveur)
Joséphine	Peigné	ISARA Lyon
Elise	Pelzer	INRA Grignon, UMR Agronomie
Marie-Sophie	Petit	Chambre d'agriculture de Bourgogne
Nicolas	Porcherot	Agriculteur céréalier
Wiefried	Queyrel	AgroSup Dijon
Marion	Soulié	INRA Grignon, UMR Agronomie
Vincent	Vaccari	Dijon Céréales
Anne-Sophie	Voisin	INRA Dijon, UMR Agroécologie

Les SDC innovants seront par la suite utilisés pour la construction de scénarios territoriaux de réintroduction des légumineuses. La méthodologie de conception impose aux acteurs d'imaginer les SDC innovants en faisant abstraction des contraintes territoriales (par exemple, absence de débouché) et des contraintes économiques liées aux légumineuses (par exemple, prix de vente des légumineuses peu compétitifs par rapport à ceux des céréales). Les SDC co-conçus ne doivent pas forcément être économiquement viables dans le contexte actuel et leur faisabilité/acceptabilité sera analysée sur la base de leur évaluation multicritère, dans une prochaine étape du projet.

L'atelier de conception mené à Quétigny était le troisième organisé dans le cadre du projet ANR-LEGITIMES. Il était organisé en 3 grandes phases :

- Une phase de partage des connaissances, pendant laquelle nous avons présenté i) la méthodologie de la boucle de conception, ii) l'historique des assolements et des successions bourguignonnes, iii) les objectifs/contraintes identifiés à l'échelle du territoire et chez un échantillon d'agriculteurs de la zone d'étude et iv) les services/dis-services rendus par les légumineuses ;

- Une phase de réflexion individuelle, divisée en 2 parties, appelée « phase post-it », détaillée dans la partie qui suit ;
- Une phase de réflexion collective, pendant laquelle les acteurs ont construit des SDC innovants.

Des premières modifications de déroulement de l'atelier, détaillées dans le compte-rendu de l'atelier midi-pyrénéen, avaient été réalisées entre le premier (Angers) et le deuxième (Montauban) atelier (à savoir : décalage de la phase post-it avant le partage des connaissances sur les légumineuses et modification des leviers à inscrire sur les post-it). Ces modifications ont été conservées et complétées pour l'atelier bourguignon. Elles sont explicitées dans le paragraphe suivant.

Lors de l'atelier midi-pyrénéen, les acteurs étaient gênés par le manque de précision des contraintes et objectifs de l'atelier. L'objectif principal des premiers ateliers, comme pour celui-ci, étaient d'introduire des légumineuses dans les systèmes innovants sous la seule contrainte de ne pas dégrader les performances environnementales. Les contraintes ont été un peu plus précisées pour cet atelier (limiter les maladies, l'IFT du nouveau système de doit pas être supérieur à l'IFT moyen de la rotation colza-blé-orge, dominante en Bourgogne, certaines contraintes techniques ne doivent pas être totalement oubliées (machinisme disponible, sols superficiels et caillouteux dans le territoires d'étude...)).

Phase de réflexion individuelle (post-it)

Cette phase avait pour objectif de faire exprimer individuellement par écrit (sur des post-it) les acteurs afin qu'ils proposent différentes idées en lien avec l'objectif principal de l'atelier (*i.e.* introduire des légumineuses dans les SDC), utilisables pendant la phase collective de conception. Elle était divisée en deux séquences.

La première séquence, également mise en oeuvre lors des deux précédents ateliers, a été réalisée avant l'apport de connaissances sur les légumineuses, comme lors de l'atelier midi-pyrénéen. L'objectif était de permettre aux acteurs de s'exprimer librement sur les fonctions ou les objectifs qu'ils pourraient attendre (/assigner à) d'un système de culture intégrant des légumineuses. Sur chaque post-it, les acteurs devaient indiquer i) une fonction ou un objectif à atteindre par le SDC, ii) le/les moyen(s) pour atteindre cet objectif (quelle culture ? quelle technique ? quelle culture*technique ?...) (figure 2).

*Objectif : produire de la lentille
en réduisant le risque de verse
Solution : lentille associée à du blé*

Figure 2: exemple de post-it pouvant être rédigé pendant la première phase de réflexion individuelle

A l'issue de la première séquence de réflexion individuelle, 51 post-it ont été rédigés. Ils ont été regroupés en 7 catégories, présentées ci-dessous par ordre décroissant de nombre de post-it. Tous les post-it rédigés lors de l'atelier sont mis à disposition dans l'annexe 1 et seul *un exemple par objectif* est présenté ci-dessous :

- gestion de l'azote (limiter les pertes d'azote derrière une légumineuse, réduire l'utilisation d'intrants azotés...) (ex : « Adapter au mieux la/les culture(s) suivant une légumineuse pour capter l'N et le restituer de manière équilibrée sur l'ensemble de la rotation) ;
- gestion durable des adventices (ex : « Limiter le salissement des parcelles en TCS en assurant un couvert de légumineuses au pouvoir très couvrant sur l'ensemble de la rotation ») ;
- productivité du système fourrager (produire du fourrage, atteindre l'autonomie protéique...) (ex : « interculture ou culture dérobée à base de légumineuses ») ;
- productivité du colza (ex : « Colza associé à une légumineuse gélive (lentille / féverole / fénugrec) ») ;
- gestion des aléas climatiques (ex : « recherche de nouvelles variétés de pois résistantes au gel ») ;
- valoriser les légumineuses (ex : « développer une logistique de stockage ») ;
- autres objectifs (autonomie protéique des élevages, développer le soja...).

Suite au bilan des deux premiers ateliers, nous avons ajouté une seconde phase post-it pour l'atelier bourguignon, ayant pour but de proposer de courts motifs de successions (2 – 3 cultures) incluant au moins une légumineuse. L'idée de ce questionnement était de disposer ensuite pour l'atelier de conception de SDC d'un jeu de motifs de successions pouvant ensuite être combinés en fonction des objectifs et limites de ces motifs pour imaginer les SDC (par exemple, ne pas mettre bout à bout 2 motifs qui présentent un risque de lessivage des nitrates important). Ainsi, sur chacun des post-it, les acteurs avaient pour consigne de noter i) 1 motif de succession avec 1 légumineuse (pure, associée, culture principale, culture de service...), ii) le/les avantage(s) espéré(s) de ce motif, iii) le/les risque(s)/limite(s) supposé(e)(s) de ce motif et iv) le type de débouché envisagé (alimentation animale ou alimentation humaine). La figure 3 présente un exemple de post-it attendu pour cette phase (issu des discussions lors de l'atelier Midi-Pyrénées).

Motif de succession	<i>Pois protéagineux de printemps Semé en Décembre</i>	<i>Sarrasin en dérobé (interculture) Semé en Juin et récolté en grain en Septembre</i>	<i>Blé tendre d'hiver Semé en Octobre</i>
Avantage(s)	<i>S'affranchir des risques de sécheresse au printemps</i>	<i>Limiter les risques de lixiviation pendant l'interculture et permettre 3 récolte en 2 ans</i>	
Risque(s) / Limite(s)	<i>Risque de gel du pois de printemps</i>		
Débouché	<i>----- Alimentation humaine -----</i>		

Figure 3 : exemple de motif de succession pouvant être proposé lors de la 2^{ème} partie de réflexion individuelle de l'atelier bourguignon

31 motifs de successions présentant différents avantages et inconvénients ont été proposés à l'issu de cette deuxième séquence de réflexion individuelle. Différents types d'insertion des légumineuses ont été proposés dans les motifs, certains motifs en contenant plusieurs. Pour chaque type d'insertion, un exemple de motif de succession est présenté ci-dessous :

- motifs avec légumineuse associée (légumineuse récoltée avec la culture associée ou légumineuse de service uniquement) (hors culture relais) (proposé 10 fois) (ex : « Colza + Lentille → Blé ») ;
- motifs avec légumineuse annuelle pure (proposé 9 fois) (ex : « Pois → Colza → Blé ») ;
- motifs avec légumineuse en relai (implantée dans la culture principale et laissée pendant l'interculture jusqu'au semis de la culture suivante) (proposé 7 fois) (ex : « Céréale + Trèfle semé dans la céréale → Trèfle laissé pendant l'interculture et récolté en dérobé → Céréale de printemps ») ;
- motifs avec légumineuse en interculture (implantée entre la récolte de la culture n et le semis de la culture n+1) (proposé 4 fois) (ex : « Blé → mélange Vesce + Phacélie pendant l'interculture → Orge de printemps ») ;
- motifs avec légumineuse pluriannuelle (1 ou plusieurs espèces de légumineuses annuelles) (proposé 4 fois) (ex : « Luzerne (± 3 ans) → Colza + Sarrasin + Lentille → Blé ») ;
- motifs avec légumineuse pluriannuelle en association avec une culture de rente pour créer une couverture permanente du sol (proposé 3 fois) (ex : « Succession Colza → Blé → Orge sur un couvert permanent de Luzerne + Trèfle + Lotier »).

Pour chacun des 31 motifs de successions, les acteurs ont indiqué des avantages et des inconvénients. La totalité des motifs ainsi que leurs avantages/inconvénients sont présentés en annexe 2. Les principaux avantages mis en évidence sont les suivants (classés par ordre d'importance) :

- gestion des adventices (cité 15 fois) ;
- apport d'azote dans la rotation (cité 11 fois) ;
- gestion des bioagresseurs (maladies et ravageurs) (cité 4 fois) ;
- diminution du risque de lessivage des nitrates (cité 3 fois) ;
- amélioration de la fertilité du sol (cité 3 fois).

Les inconvénients/risques pour chacun des motifs sont plus variés et seuls ceux cités au moins 3 fois sont listés ci-dessous :

- concurrence entre les cultures associées (cité 6 fois) ;

- difficulté de récolte pour les cultures associées (cité 3 fois) ;
- risque ravageur (cité 3 fois) ;
- besoin de matériel spécifique (récolte et/ou semis) (cité 3 fois).

Conception des systèmes de culture innovants

Pour rappel, les objectifs de l'atelier sont de concevoir des SDC innovants i) permettant la réintroduction d'un maximum de légumineuses, ii) adaptés au contexte pédoclimatique du plateau Langrois, iii) guidés par des objectifs de réintroduction de légumineuses sous différentes formes (cultures principales pures/associées, culture intermédiaire, en relai...), iv) en limitant les risques (maladies, lessivage de nitrates...) et l'usage des produits phytosanitaires (IFT max rotation = 4). Les objectifs complémentaires cités dans la partie précédente peuvent être pris en compte dans la phase de conception.

Pour la conception des SDC innovants, nous avons proposé deux possibilités aux acteurs :

- Soit décliner un SDC actuel couramment mis en place sur le territoire et en dériver un SDC innovant avec plus de légumineuses ;
- Soit concevoir un SDC en partant de zéro en s'appuyant sur les idées proposées lors de la phase des post-it.

La première solution a été retenue par les acteurs et 4 systèmes de culture ont été décrits lors de cet atelier, dont 1 déjà mis en place tel quel par l'éleveur présent à l'atelier.

Les parties qui suivent présentent les différents SDC innovants imaginés et décrits lors de l'atelier. Tous les systèmes de culture décrits ci-dessous sont adaptés aux sols superficiels (15 – 30 cm de profondeur) et caillouteux de la région agricole du plateau Langrois.

SDC numéro 1 : système conventionnel céréalier

Le système de culture adapté à un système céréalier conventionnel est une modification du système colza – blé – orge, dominant en Bourgogne. Il démarre par 3 ans de luzerne, comme c'est le cas dans les systèmes biologiques. La luzerne dans un tel système présente plusieurs intérêts :

- Elle permet une gestion efficace du salissement de la parcelle ;
- Elle permet d'allonger le délai de retour du colza → d'après les acteurs, lorsque le délai de retour du colza avoisine les 8/10 ans, une augmentation de rendement de 10 – 15 quintaux est observée, par rapport au rendement moyen du colza dans un système colza – blé – orge ;
- Elle permet de limiter l'apport d'azote minéral dans la rotation puisqu'après les 3 ans de luzerne, la fertilisation azotée peut être réduite pour les deux cultures suivantes.

Deux options sont envisagées après la luzerne :

- Option 1 : luzerne suivie par un colza → l'intérêt de cette option est que le colza, implanté à la fin du mois d'Août, permet de limiter le risque de lessivage des nitrates en automne. L'inconvénient de cette option est que le colza est semé fin Août, ce qui empêche de réaliser la dernière fauche de la luzerne (inconvénient économique). Cependant, une baisse de fertilisation de 30 ou 40 U d'azote sur le colza est espérée grâce à la luzerne. Les repousses de colza sont laissées avant l'implantation de la culture suivante (directive nitrate, limiter le risque de lessivage des nitrates) ;
- Option 2 → luzerne suivie par un blé d'hiver puis un colza → l'intérêt d'implanter un blé après la luzerne est qu'il permet de réaliser la troisième fauche de la luzerne (intérêt économique). Le blé est implanté en semis direct dans la luzerne et cette dernière est détruite chimiquement au moment du semis du blé. Une baisse de la fertilisation de 30 ou 40 U d'azote sur le blé est espérée grâce à la minéralisation de l'azote fixé par la luzerne. D'après les acteurs, l'azote de la luzerne minéralise mieux la seconde année après sa destruction, c'est pourquoi un colza est implanté après le blé de luzerne (valorisation efficace de l'azote, diminution des risques de lessivage

à l'automne). De même que pour le colza de luzerne (première option, ci-dessus), une diminution de l'apport d'azote minéral est espérée sur le colza de blé, à raison de 30 ou 40 U d'azote en moins. Les repousses de colza sont laissées avant l'implantation de la culture suivante (directive nitrate, limiter le risque de lessivage des nitrates).

A la suite des 2 options post-luzerne (colza ou blé – colza) est implanté un blé tendre d'hiver, afin de maintenir des cultures de rente dans la rotation. Dans l'option 1 (luzerne → colza), nous pouvons espérer diminuer la fertilisation azotée sur le blé de colza de 20 ou 30 unités d'azote grâce à la luzerne. Dans l'option 2 (Luzerne → Blé → Colza), il n'y a plus d'effet luzerne sur le blé et la fertilisation azotée « habituelle » sera appliquée.

Pour les deux options, le blé de colza est suivi par une orge d'hiver puis par un pois d'hiver. Le pois d'hiver permet de répondre à l'objectif de réintroduction des légumineuses dans les SDC et de diversifier les cultures de la rotation. Il y a un risque de gel pour le pois d'hiver mais les travaux pour développer de nouvelles variétés plus adaptées s'intensifient. Le pois est suivi par une orge de printemps. L'introduction d'une culture de printemps dans la rotation permet de rompre le cycle des graminées d'hiver et ainsi de gérer les adventices de la rotation. L'orge permet également de valoriser une partie des reliquats d'azote apportés par le pois.

L'interculture entre le pois (récolté mi-juillet) et l'orge (semée mi-février) étant longue, un sarrasin peut être implanté en culture dérobé (récolté ou broyé selon la maturité). Cette culture est adaptée aux sols superficiels et est une culture « nettoyante » (gestion des adventices). En plus de l'intérêt économique s'il est récolté (3 récoltes en 2 ans), le sarrasin permet de limiter les risques de lessivage de l'azote à l'automne (environ 30 U d'azote prélevées par le sarrasin), ce qui est particulièrement important après un pois car les reliquats azotés à l'automne peuvent être importants (> 70 U d'azote). Il est toutefois récolté en Novembre afin de pouvoir labourer la parcelle en Décembre et permettre à l'action du gel et du dégel d'améliorer la structure du sol avant le semis de l'orge de printemps. L'azote restitué par le pois et non valorisé par le sarrasin devrait permettre de réduire la fertilisation azotée sur l'orge de printemps de 20 ou 30 U d'N.

Une lentille est implantée à la suite de l'orge de printemps, malgré le risque de difficulté de récolte dans les sols caillouteux du plateau Langrois. De même que le pois et la luzerne, elle permet de répondre à l'objectif de réintroduction des légumineuses dans les SDC et de réduire l'apport d'azote minéral dans la rotation. Une réduction de 10 U d'azote est espérée sur le blé d'hiver suivant (dernière culture de la rotation) grâce à la minéralisation de l'azote fixé par la lentille.

A schématiser :

Luzerne (3 ans) → Blé d'hiver → Colza → Blé d'hiver → Orge d'hiver → Pois d'hiver → Sarrasin en dérobé → Orge de printemps → Lentille → Blé d'hiver

Luzerne (3 ans) → Colza → Blé d'hiver → Orge d'hiver → Pois d'hiver → Sarrasin en dérobé → Orge de printemps → Lentille → Blé d'hiver

SDC numéro 2 : système AB céréalier

Le système céréalier en agriculture biologique a été décrit en apportant quelques modifications par rapport au système décrit précédemment (SDC n°1). Ainsi, la plupart des avantages et inconvénients de ce système sont les mêmes que le système précédent.

Les modifications apportées à la rotation du SDC numéro 1 afin de l'adapter à l'agriculture biologique sont les suivantes :

- Remplacement du colza post-luzerne par un blé tendre d'hiver, car le colza présente des difficultés techniques en agriculture biologique (maîtrise des méligèthes...);

- Suppression de l'orge d'hiver pour éviter la succession de 3 cultures d'hiver dans la rotation et les problèmes d'adventices pouvant en découler ;
- Remplacement du pois pur par une association tritcale + pois d'hiver.

De plus, mis à part pour le sarrasin et la lentille, les estimations de rendement sont divisées par deux par rapport au système céréalier conventionnel.

A schématiser :

Luzerne (3 ans) → Blé tendre d'hiver → Blé tendre d'hiver → Pois d'hiver + tritcale → Sarrasin en dérobé → Orge de printemps → Lentille → Blé d'hiver

SDC numéro 3 : système conduit selon le cahier des charges de l'agriculture biologique, adapté à une activité de polyculture - élevage laitier → description du système déjà mis en place par l'éleveur présent à l'atelier

Le système présenté ici est un système de culture déjà mis en place tel quel par l'éleveur présent à l'atelier. Ce système est autonome (voire excédentaire) en protéines et permet à l'exploitant agricole d'être autonome pour l'alimentation de son troupeau laitier.

Année 1 à 3 si luzerne	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9
Année 1 à 2 si trèfle	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8
Trèfle violet + Ray grass (2 ans)	Blé printemps/hiver + Trèfle violet en relai	Blé tendre de printemps	Pois fourrager + Triticale	Orge de printemps	Pois fourrager + Triticale	Orge de printemps
<i>ou</i>			<i>ou</i>	<i>ou</i>	<i>ou</i>	<i>ou</i>
Trèfle violet + Sainfoin + Ray Grass (2 ans)			Pois fourrager + Blé tendre	Orge de printemps + Avoine	Féverole + Triticale	Orge de printemps + Avoine
<i>ou</i>						<i>ou</i>
Luzerne + Dactyle (3 ans)					Tournesol	
					<i>ou</i>	
					Sarrasin	

La succession commence par une prairie artificielle (c'est-à-dire une prairie temporaire dont l'espèce principale est une légumineuse), qui peut être de nature différente :

- Association trèfle violet + ray grass (2 ans) ;
- Association trèfle violet + sainfoin + une petite proportion de ray grass (2 ans) ;
- Association luzerne + dactyle (3 ans).

Afin d'allonger le délai de retour de la luzerne et du trèfle, la nature de la prairie artificielle qui démarre la rotation change à chaque début de rotation (trèfle → cultures annuelles → luzerne → cultures annuelles → trèfle...). L'association trèfle violet – ray grass est une association intéressante pour démarrer la rotation car elle permet une gestion des adventices facilitée grâce à la rapidité de son implantation. De plus, le trèfle est un aliment intéressant pour les vaches laitières car il est riche en sucre et il se conserve facilement. Le sainfoin, qui commence seulement à être testé sur l'exploitation, est également un aliment intéressant : ses protéines sont plus digestibles (protéines tannées) et permettraient ainsi d'améliorer l'efficacité d'utilisation des protéines, malgré un rendement plus faible que le trèfle.

La prairie artificielle est suivie par un blé tendre d'hiver ou de printemps, selon la météo et selon la date de la dernière récolte de la prairie artificielle. Un trèfle violet est semé au printemps dans ce blé afin de servir d'engrais vert et de couvrir le sol à l'automne suivant. Le premier blé étant suivi par un blé tendre de printemps (interculture longue), le trèfle violet permet de limiter les risques de lessivage des nitrates pendant l'interculture. Le second blé est de préférence un blé de printemps (en particulier si le premier blé implanté dans la rotation était un blé d'hiver) car

l'implantation d'une céréale de printemps dans la rotation permet d'aider à la gestion du vulpin, qui est particulièrement problématique dans la région d'après l'agriculteur. Ces deux blés sont destinés à être vendus.

Une association d'hiver tritcale (ou blé tendre) + pois fourrager est implantée à la suite des deux blés. Cette association permet une gestion des adventices facilitée car elle est très couvrante. Généralement, les pertes de pois à la récolte sont conséquentes : l'agriculteur en tire profit en favorisant les repousses (déchaumage) qui serviront d'engrais vert pour la culture suivante. Cette association peut avoir deux débouchés possibles : si le stock fourrager de l'exploitation est suffisant, l'association est menée à maturité et est récoltée pour être vendue ; sinon, elle est récoltée avant maturité afin de produire du fourrage pour le troupeau laitier.

Vente de l'association : triée ou en mélange ? A faire préciser aux acteurs.

Après l'association pois-céréale, les reliquats azotés peuvent être importants (même si cela est moins vrai qu'avec un pois pur) : l'agriculteur plante donc dans la rotation une culture qui tirera profit de ces reliquats. Ainsi, une orge de printemps pure ou associée avec de l'avoine suit l'association tritcale + pois. L'association est intéressante car elle permet de gérer les maladies et les céréales, récoltées à maturité, sont utilisées pour l'alimentation du troupeau (possibilité de vente également).

Une nouvelle association d'hiver tritcale + pois fourrager (ou féverole) est mise en place après l'orge de printemps. Cette association peut être suivie par les cultures suivantes :

- Comme précédemment, par une orge de printemps pure ou associée à de l'avoine. C'est ce qui est actuellement fait par l'agriculteur qui nous a décrit son système ;
- Un tournesol;
- Un sarrasin qui a l'avantage d'être une culture peu exigeante et « nettoyante », idéale en fin de rotation.

Quelle que soit l'option choisie, la prairie artificielle qui redémarre la rotation est semée sous couvert de la culture annuelle. Dans le cas de l'orge et en cas de printemps humide, il y a un risque que la luzerne concurrence l'orge en hauteur. Si c'est le cas, l'ensemble est récolté avant maturité pour servir de fourrage au troupeau laitier.

Prairie artificielle semée sous couvert de la dernière culture de la rotation : même sous sarrasin ? A faire préciser aux acteurs.

Dans ce système adapté à une activité de polyculture-élevage, la contrainte épandage est importante. Ainsi, toutes les cultures annuelles, mis à part le premier blé qui bénéficie de la prairie artificielle précédente, permettent à l'agriculteur d'épandre du fumier dans la rotation. Les acteurs se sont posé la question du risque de lessivage des nitrates du fait de l'apport régulier de fumier dans ce SDC : ce point sera vérifié grâce à l'évaluation multicritère du SDC.

Ce système est labouré chaque année afin de gérer les adventices et pour enfouir les engrais verts, présents presque chaque année dans la rotation.

SDC numéro 4 : système conventionnel, adapté à une activité de polyculture – élevage laitier

Au cours de l'atelier, nous avons demandé aux participants d'imaginer comment le système précédent serait adaptable à un système polyculture-élevage céréalier « conventionnel ». La conversion du système précédent biologique (SDC n°3) en système conventionnel passe par la perte des associations de culture et des légumineuses à graine :

Prairie artificielle à base de luzerne ou de trèfle violet → Blé d'hiver → Colza → Blé d'hiver → Orge de printemps.

Ce changement s'explique par le fait qu'en agriculture conventionnelle, il est autorisé d'utiliser de l'azote minéral et la problématique n'est pas la même qu'en agriculture biologique. De plus, en agriculture biologique, les associations permettent de maîtriser en partie les bioagresseurs, ce qui peut être contrôlé par l'usage de produits phytosanitaires en agriculture conventionnelle. Pour cette raison également, les céréales d'hiver sont réintroduites dans

la rotation, plus adaptées au plateau à cause du risque d'échaudage sur les céréales de printemps (sécheresse au printemps).

Pour répondre à l'objectif principal de l'atelier, à savoir introduire des légumineuses dans les SDC, les acteurs ont proposé la rotation suivante

Prairie artificielle à base de luzerne ou de trèfle violet → Blé tendre d'hiver → Pois → Blé tendre d'hiver → Orge de printemps → Pois → Blé tendre d'hiver.

Dans cette nouvelle rotation, le colza et l'orge de printemps sont remplacés par un pois.

Pois fourrager/protéagineux, printemps/hiver ? → à préciser avec les acteurs.

SDC numéro 5 : système conventionnel, adapté à une activité de polyculture – élevage laitier

Un autre système polyculture-élevage conventionnel a été imaginé et décrit lors de l'atelier, en déclinant le SDC céréalier conventionnel décrit dans la première partie (SDC 1). Ainsi, les avantages et inconvénients de ce système sont décrits dans le paragraphe sur le SDC n°1 :

Luzerne (3 ans) → Blé → Colza → Blé d'hiver + Pois → Orge d'hiver → Trèfle (2 ans) → Blé d'hiver → Pois d'hiver → Sarrasin en dérobé (interculture) → Orge de printemps → Blé d'hiver.

Cette rotation répond bien à l'objectif de réintroduction des légumineuses dans les SDC (7 ans de légumineuses dans une rotation de 13 ans). De plus, la présence de luzerne (3 ans) et de trèfle (2 ans) dans la rotation permettent une gestion efficace des adventices.

Ce système permet également aux polyculteurs-éleveurs d'être autonome pour l'alimentation du troupeau (cultures fourragères) tout en maintenant une certaine proportion de cultures de vente (blé, orge, colza, sarrasin).

Du fait de la présence de légumineuses dans le système et des apports de fumier, les apports en azote minéral pourront être réduits.

Annexes

Annexe 1 : Retranscription des post-it rédigés par les acteurs lors de la première partie de réflexion individuelle (objectif & solution(s))

Idée générale	Post-it : objectif et solution(s) (<i>copier-coller identique mot à mot aux post-it</i>)
Gestion durable de l'azote	<p>Amener de l'N dans le SDC :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 ans luzerne / trèfle ; - Couverture permanente de luzerne / trèfle / lotier ; - Association graminées-légumineuses (ex : blé + féverole)
	Amener de l'N dans la rotation via l'implantation de légumineuses pluriannuelles : restituer au moins 1 coupe de luzerne au sol
	Enfouir un engrais vert (culture dérobée)
	Effet du système racinaire des légumineuses : exsudats N et C pour augmenter la matière organique et le stock de C dans les sols : couvert multispécifique avec légumineuses si possible
	<p>Introduire de l'N dans le système :</p> <ul style="list-style-type: none"> - cultures dérobées de type orge d'hiver – luzerne ; - cultures dérobées de type orge d'hiver – soja ; - mélange céréales – légumineuses (de type pois)
	Réduction des intrants azotés : une association blé – pois d'hiver
	Limiter la dépendance aux engrais (azote) : rotation avec luzerne et pois
	Rotation : apport d'azote pour culture suivante
	Alimenter en azote les plantes : raisonner la fertilisation azotée en intégrant les effets précédents et arrière-effet
	<p>Diminuer les quantités d'azote minéral apportées (augmentation reliquats azotés) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tête de rotation avec légumineuses (pois / féverole) ; - Couverture permanente en légumineuse pérenne (luzerne / trèfle / lotier) ; - Association céréales / colza avec une légumineuse (lentille / féverole) ; - Interculture à base de légumineuse (féverole / gesse) en mélange
	Réduction des intrants : 1 pois d'hiver en culture pure, résistant au gel
	Couverture – espèce fixatrice de N ₂ : 1 légumineuse à graines - variété à cycle court (pois ? féverole ?) en 2 ^{ème} culture derrière orge d'hiver
	Optimiser la fixation symbiotique : choix de l'espèce de légumineuse la plus adaptée aux conditions climatiques
	Limiter les pertes d'azote suite à la légumineuse : faire suivre d'une interculture
	Limiter les pertes de nitrates (lessivage) après légumineuses (prairies artificielles) après retournement : adapter au mieux la ou les cultures qui suivent pour capter l'azote et le restituer de manière équilibrée sur l'ensemble de la rotation
	<p>Luzerne → fort reliquat N post-récolte vers le mois d'Octobre – devenir de ce reliquat en sortie hiver ??</p> <p>→ Apport de la diversité dans la luzerne : ex = semis de féverole de printemps pour apporter une bonne couverture du sol pendant l'arrêt de végétation de la luzerne</p>
	Maîtriser le risque de lessivage : CIPAN en mélange pluri-espèce/en mélange bi-espèce, dont légumineuses
Limiter la résistance aux herbicides	<p>Utiliser des légumineuses pour allonger la rotation classique colza – blé – orge et utiliser des matières actives non sujettes à la résistance : proposer une conduite herbicide adaptée à la flore adventice présente. Ex : Kerb Flo en luzerne et pois hiver</p>
Gestion des adventices	<p>Limiter la résistance aux phytos : allongement de la rotation avec des nouvelles cultures</p> <p>Maîtriser les adventices : mélange céréales – légumineuses de type pois</p> <p>Limiter le salissement d'une fourragère à l'implantation et gagner du temps sur cette implantation → maximiser fixation N :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Semis en relais sous couvert de blé ; - Mélanges d'espèces pour limiter les risques (avec plusieurs légumineuses et crucifères ou graminées) <p>Désherbage des pois d'hiver face aux risques de gel hivernal ? : le désherbage de post-semis PL est obligatoire en pois d'hiver</p> <p>Limiter le salissement des parcelles : récolte avant montée à graines</p> <p>Limiter la compétition avec les adventices pour la légumineuse : utiliser une culture associée</p> <p>Limiter le salissement en TSC : assurer un couvert de légumineuses, au pouvoir très couvrant, sur l'ensemble de la rotation</p> <p>Meilleure gestion des adventices : prairie temporaire mélange → introduction dans les mélanges de graminée, d'une luzerne ou d'un trèfle</p> <p>Gestion des adventices : semis de luzerne + implantation céréale d'hiver dans le couvert</p>

	<p>Casser le cycle des adventices (graminées) : introduction de légumineuses de printemps</p> <ul style="list-style-type: none"> - Date de semis précoce : pois / féverole ; - Date de semis tardive : soja
Productivité du système fourrager	Favoriser l'autonomie alimentaire des élevages : mélange céréales – légumineuses, type pois
	Utiliser les protéagineux en interculture pour les valoriser en fourrage → Enrubannage. Semer des pois d'hiver (récolte précoce) et garder de la semence pour semer en interculture et valoriser en enrubannage. Très bonne valeur alimentaire
	Valeur énergétique (trèfle). Ajouté à des effluents
	Atteindre l'autonomie protéique dans les exploitations élevage : <ul style="list-style-type: none"> - Prairie temporaire Ray-grass + trèfle ; - Luzerne / trèfle en couvert permanent + récolte en interculture ; - Interculture / culture dérobée à base de légumineuses
	Alimentation d'animaux : récolte précoce en vue de qualité alimentaire
	Source autonome de protéines pour un atelier volailles : 1 féverole d'hiver zéro tanins résistantes au gel
Améliorer les performances du colza	Améliorer / favoriser le contrôle des adventices dans le colza (démarrage rapide et couverture du sol pour augmenter la concurrence) : faire succéder un colza après un précédent légumineuse (pois / féverole)
	Associer des légumineuses au colza pour faire du colza AB : <ul style="list-style-type: none"> - Avant / après semis colza, semis de luzerne / pois de printemps / autres (avec gel des légumineuses à l'hiver) ; - Protection colza durant la 1^{ère} phase du cycle
	Se servir des services fournis par la légumineuse pour améliorer les performances du colza (moins de maladie et azote supplémentaire) : semis du colza en même temps qu'un couvert avec fourragère gélive (ex : trèfle d'Alexandrie, lotier) et lentille et d'autres familles végétales (ex : crucifère)
	Améliorer l'enracinement du colza (améliorer la valorisation des ressources du sol) : colza associé à une légumineuse gélive (lentille / féverole / fénugrec)
Gestion des aléas climatiques	Limiter le risque de gel des pois d'hiver : recherche de nouvelles variétés
	Limiter les risques climatiques : utiliser des mélanges de variétés avec différentes précocités
Valorisation des légumineuses	Valoriser les cultures en mélange (céréales – protéagineux) : <ul style="list-style-type: none"> - Assurer les débouchés avec une certification (ex : sans OGM) ; - Points de collecte d'organisme stockeur
	Développer de (nouveaux) débouchés : développer une logistique de stockage
Autres objectifs	Stabiliser les rendements des légumineuses : <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser une culture associée ; - Utiliser des mélanges de variétés
	Réduire la présence de luzerne (ou trèfle) seule en tête de rotation (problème de débouchés) : <ul style="list-style-type: none"> - Apport d'N plus « régulier » ; - Valorisation des céréales <p>→ Introduire sous couvert des légumineuses sur l'ensemble de la rotation</p>
	Utilisation de légumineuse pour couverture permanente du sol : <ul style="list-style-type: none"> - Implantation de blé dans une luzernière ; - Légumineuse roulée avec rouleau cranteur et semis direct culture dans le couvert
	Tête d'assolement : trèfle implantation rapide. Luzerne plus productive.
	Implantation soja dans la rotation : <ul style="list-style-type: none"> - En dérobé après culture d'hiver récoltée tôt (ex : orge) ; - Association en bandes
	Réintroduire des fourragères sans bloquer des surfaces sur cultures moins rentables : <ul style="list-style-type: none"> - En association simultanée avec céréales à pailles ; - En relais avec céréales à paille ou sous maïs à 6 – 8 feuilles
	La récolte des protéagineux = difficile en terre à cailloux → c'est un constat : Il existe des coupes spécifiques pour ramasser ces protéagineux → achat de coupe en CUMA
	Limiter les risques de verse de la légumineuse (pois) : utiliser une culture associée (céréale)

Annexe 2 : retranscription des post-it rédigés par les acteurs lors de la deuxième partie de réflexion individuelle (motifs de succession)

Motifs de succession (IC = interculture)										Avantages	Inconvénients	Débouchés
IC	N1	IC	N2	IC	N3	IC	N4	IC	N5			
	Féverole d'hiver (binage mécanique)		Blé							<ul style="list-style-type: none"> - Réduction intrants N et herbicide - Ressource pour pollinisateurs - Fourniture protéique 	<ul style="list-style-type: none"> - Risque bruche en cas de débouché alimentation humaine - Risque de gel (privilégier les variétés les plus résistantes) - Privilégier les variétés zéro tanins ou faciles à développer 	Atelier volaille ou exportation alimentation humaine
	Colza + Lentille gélive		Blé							<ul style="list-style-type: none"> - Gestion enherbement 1^{ère} phase végétative - Maladies 	Inconvénients si lentille trop compétitive (au début et/ou si elle ne gèle pas)	
	Féverole		Blé							<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture azote 	- Rentabilité féverole	
	Pois de printemps		Blé d'hiver							<ul style="list-style-type: none"> - Facilité de travail du sol pour implanter tôt le blé - Fourniture azote 	- Risque de salissement si semis de blé précoce	
	Orge d'hiver	Pois semé en Août	Blé de printemps							<ul style="list-style-type: none"> - Restitution N pois pour blé de printemps 	- Broyage du pois avant hiver → lessivage	
	Luzerne			Blé						<ul style="list-style-type: none"> - Bonne fourniture d'N - Bonne propreté de la parcelle 	- Semis blé tardif après 3 ^{ème} ou 4 ^{ème} coupe, risque de lessivage	
	Blé ou Orge d'hiver + Luzerne semée en Avril	Luzerne	... ?							<ul style="list-style-type: none"> - Implantation précoce de la luzerne - Limite le salissement 	<ul style="list-style-type: none"> - Concurrence avec le blé - Risque récolte blé (luzerne trop développée) 	
	Colza avec couvert gélif (lentille, caméline, trèfle d'Alexandrie)									<ul style="list-style-type: none"> - Limite les adventices, maladies et ravageurs du colza (confusion) - Effet N 	- Si gel inefficace → concurrence	
	Soja + Maïs associés en bandes		Blé		...					<ul style="list-style-type: none"> - Intégrer le soja sans modifier la rotation 	<ul style="list-style-type: none"> - Faibles interactions entre maïs et soja - Sécheresse 	
	Soja		Blé + Trèfle violet semé en relai au printemps	Trèfle violet	Orge de printemps					<ul style="list-style-type: none"> - 1 protéagineux et une culture de service - Maximiser pousse culture couverture et ses services 	- Développement soja si manque d'eau	
	Céréale		Céréale		Céréale					<ul style="list-style-type: none"> - Concurrence adventices par couverture 	- Risque si couverture pas assez ou trop développée	
	Couverture permanente avec légumineuses sous la monoculture de céréales (par ex., trèfle)									ITK céréales : strip till + N localisé ou semis sous couvert		
	Blé + Trèfle blanc (semés en même temps)	Sur semis dans trèfle blanc, mélange crucifères / graminées								<ul style="list-style-type: none"> - Développement plus long de la légumineuse sans concurrence - Pas de légumineuse seule en hiver 		
	Blé		Pois d'hiver + graminée		Orge de printemps					<ul style="list-style-type: none"> - Limite les pertes en nitrates 		Enrubannage
	Blé tendre	Mélange vesce phacélie	Orge de printemps							<ul style="list-style-type: none"> - Phacélie sert de support à la vesce - Couvert lutte contre les adventices - Couvert en partie gélif 	- Broyage avant montée à graine de la phacélie	
	Colza		Blé		Orge					<ul style="list-style-type: none"> - Gestion des adventices - Permet avec la graminée de limiter les pertes de nitrates à l'interculture 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel agricole pour le semis - Bien planter la luzerne 	
	Couverture permanente sous C – B – O avec mélange luzerne + graminée											
	Méteil (pois, féverole, triticale) (sans herbicide)		Blé (semis tardif)		Maïs + Soja (sans herbicide)		Blé (semis tardif)			<ul style="list-style-type: none"> - Semis tardif du blé pour éviter les insectes - Gestion des adventices 	- Récolte en 2 fois maïs puis soja	Méteil en alimentation animale ou fabrication aliments avec tri
	Maïs + Soja		Blé		Prairie artificielle					<ul style="list-style-type: none"> - Introduction azote avec le soja 		
	Méteil (avoine, blé, vesce, féverole)		Blé		Maïs					<ul style="list-style-type: none"> - Apport de fourrage - Allongement de la rotation : lutte contre les adventices - Apport d'N 	<ul style="list-style-type: none"> - Semis du soja plus tardif - Nécessité de débouché soja 	Alimentation + fourrage
	Colza en semis direct + Lentille, fenugrec et vesce		Orge d'hiver en semis direct	Trèfle d'Alexandrie + tournesol + pois de printemps + moutarde	Blé en semis direct	Triticale + Pois fourrager en semis direct (ensilage)	Maïs en semis direct ou TCS		Blé en semis direct	<ul style="list-style-type: none"> - Apport d'N dans le système → diminution de l'N minéral - Stimulation de la vie biologique du sol - Maîtrise des adventices 	<ul style="list-style-type: none"> - Besoin de matériel spécifique - Besoin de semences de CIPAN 	Fourrage + alimentation humaine
	Colza		Blé		Blé ou orge d'hiver					<ul style="list-style-type: none"> - Moindre levée d'adventices - Apport d'N dans le système - Exportation de fourrage en interculture 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel spécifique - Surveillance des ravageurs (limaces) - Surveiller la croissance du couvert 	Alimentation
	Couvert permanent de luzerne + trèfle + lotier en couvert permanent									Eléments d'ITK : implantation en semis direct, semis à faible vitesse pour limiter les levées d'adventices (4 km/h)		
	Pois fourragé en association avec des céréales									<ul style="list-style-type: none"> - Très couvrant - Possibilité de récolte immature ou en grain - Voire pertes de récolte suffisantes pour faire un couvert après déchaumage 	- Difficulté de récolte possible	Alimentation animale
	Pois		Colza (pas d'anti-graminées, pas d'anti-limaces)		Blé					<ul style="list-style-type: none"> - Meilleure vigueur de départ du colza (concurrence vis-à-vis des adventices et moins de présence de limaces) 	- Succession de 2 têtes de rotation (pas trop apprécié par les agriculteurs)	Alimentation
	Trèfle (combien de temps ?)									<ul style="list-style-type: none"> - Pousse rapide, couverture rapide contre salissement - Riche en sucre, d'où intérêt dans l'alimentation animale 	- Nécessité de troupeau	Alimentation animale
	Pois	Couvert intermédiaire	Blé							<ul style="list-style-type: none"> - Valorisation N 	- Gestion adventices ?	
	Luzerne (combien de temps ?)		Colza + Lentille + Sarrasin		Blé					<ul style="list-style-type: none"> - Colza → piège à nitrate - Lentille → entretient les apports d'N - Sarrasin → effet allélopathique 	- Difficulté d'implantation	
	Seigle (roulé avant floraison avec									<ul style="list-style-type: none"> - Gestion de l'enherbement - Pas de labour 	- Couvert de seigle doit être bien développé → problème de variété adaptée	Soja alimentation humaine si AB

rouleau cranteur)													
	Blé + légumineuse semée dans le blé	Légumineuse	légumineuse	Légumineuse (dernière coupe pour le sol	Mais						- Augmentation de la fertilité du sol sans « monopoliser » trop de surfaces pour la légumineuse	- Moindre rentabilité	Luzerne en foin / déshydratée sauf la dernière coupe
	Blé	Couvert multispécifique avec légumineuses	Mais								- Couverture longue avec plusieurs fonctions : fertilité du sol, N, érosion...	- 1 ou 2 plantes dominent et problème de gestion de repousse	
ITK : cultures annuelles en semis direct - irrigation	Mais		Mais		Soja		Blé		Blé		- Maitrise des adventives - Stimulation de la vie du sol - Apport d'N - Allongement de la rotation - Possibilité exportation fourrage en interculture	- Surveiller la croissance du couvert - Surveillance des ravageurs	Alimentation
	Couvert permanent : luzerne + trèfle + lotier												
	Trèfle violet implanté sous couvert en vue dérobé										- Bonne implantation estivale - Bonne restitution en vue d'une céréale de printemps	- Risque de développement important gênant la récolte de céréale	Alimentation animale