

Sommaire

- Objectifs
- Généralités & principes
- Intérêts agronomiques, environnementaux et économiques
- Modalités pratiques de mise en œuvre

Objectifs

La recherche de solutions innovantes dans les systèmes de culture est un défi aussi bien chez les céréaliers, qui veulent réduire l'utilisation d'intrants, que chez les éleveurs, qui souhaitent diversifier et sécuriser les systèmes fourragers actuels. **Les associations céréales / légumineuses pourraient être une piste pour une agriculture conciliant productivité, qualité et réduction des intrants** dans différents systèmes de production.

Bien qu'elles connaissent un regain d'intérêt, ces associations sont toutefois encore peu cultivées en France.

L'objectif principal d'une association est de mutualiser les atouts de différentes espèces, il n'existe pas d'associations culturelles types mais de multiples combinaisons.

Nous avons fait le choix d'aborder l'association de cultures **sous l'angle de son usage alimentaire** (animal ou humain). Le cas type sera l'association céréales / légumineuses.

Généralités et principes

Définition : L'association d'espèces consiste en la culture simultanée de 2 espèces ou plus sur une même surface pendant une période significative de leur croissance mais sans nécessairement être semées et récoltées en même temps.

Les plantes peuvent être mélangées dans la parcelle (semis d'un mélange de graines ou semis en plusieurs fois – cas des méteils blé-féverole par exemple), ou cultivées en rangs ou bandes alternées (cas de légumineuses implantées sous des cultures fourragères espacées).

L'association d'une céréale et d'une légumineuse (C/L) est la plus courante. Les cultures peuvent être récoltées en grains secs, en foin, voire en ensilage par les éleveurs.

D'autres associations existent telles que colza / trèfle, lentille (ou pois) / cameline. Le maraîchage, l'agroforesterie mais aussi les systèmes prairiaux fonctionnent sur la base d'association de cultures qui améliorent l'efficacité du système à différents niveaux (production de biomasse supérieure, fertilité du sol, lutte contre les ravageurs, etc.). Les mélanges d'espèces offrent donc de nombreuses possibilités selon les objectifs fixés.

Quelques repères sur les cultures associées :

- Le statut des cultures associées n'est pas défini au niveau de la PAC : déclaration en tant que céréale ou protéagineux.
- Surface concernée par des associations C/L en France :
 - > 50 000 ha environ, destinés principalement à l'autoconsommation dans les élevages en AB en vue d'optimiser leur autonomie alimentaire (Perfcom, 2012).
 - > En AB : 13,5 % de la surface des grandes cultures est dédiée aux « mélanges céréaliers et mélanges céréaliers-pois » (Source : Agence Bio - 2011).

Intérêts agronomiques, environnementaux et économiques

Intérêts agronomiques

Rendement global de la culture	Teneur en protéines des céréales	Maîtrise des bio-agresseurs
<ul style="list-style-type: none"> Rendement supérieur de 20 % en comparaison de la culture pure¹ en conventionnel et en conduite à bas niveau d'intrants Biodisponibilité plus importante de l'azote et des autres éléments minéraux (P, K) pour la céréale Complémentarité des espèces vis-à-vis des autres facteurs de croissance (eau, lumière). 	<ul style="list-style-type: none"> Gain de près de 5 points en protéines en comparaison d'une « céréale pure » <i>Epis moins nombreux mais plus riche en protéines</i> Diminution du risque de mitadinage 	<ul style="list-style-type: none"> Effet barrière de l'association diminuant l'attaque des ravageurs (nématodes, sitone du pois, pucerons des crucifères) Moindre sensibilité aux maladies, notamment fongiques (densité du semis plus faible et choix de variétés résistantes) Propriétés allélopathiques et d'étouffement combinés du couvert.
Fertilité du sol	Résistance à la verse	Réduction du stress hydrique
<ul style="list-style-type: none"> Effets positifs des mélanges sur la structure du sol grâce à leurs systèmes racinaires complémentaires et à l'action mécanique des racines. 	<ul style="list-style-type: none"> Effet tuteur des céréales limitant les risques de verse de l'association. Exemple de la vesce sensible à la verse. 	<ul style="list-style-type: none"> Meilleure résistance à la sécheresse du mélange d'espèces par rapport à la culture d'espèce unique (meilleure utilisation de l'espace ; prospection racinaire)

¹ Il s'agit du LER, ou Land Equivalent Ratio, coefficient de rendement équivalent qui permet d'approcher le différentiel de rendement entre une culture pure et une culture en association.

Intérêts environnementaux

Economie en intrants	Pollinisateurs favorisés	Réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES)
<ul style="list-style-type: none"> ☛ Stimulation par la céréale de la fixation symbiotique de la légumineuse (fixation de l'N d'autant plus élevée que l'N disponible dans le milieu est faible) ☛ Réduction des risques de lixiviation des nitrates et autres polluants ☛ Limitation des fongicides et dans une moindre mesure des herbicides 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Cultures mellifères attractives pour les pollinisateurs (colza, tournesol, légumineuses annuelles, sarrasin, etc.). <i>Ex : Association orge / pois favorable au carabe prédateur des parasites de l'orge.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Emission de l'association blé / pois 30 à 60% inférieur à celle en cultures pures (effet de la réduction du N min)

Intérêts socio-économiques

Sécurisation du rendement	Réduction des charges opérationnelles et de mécanisation	Autonomie alimentaire des élevages
<ul style="list-style-type: none"> ☛ La diversité des espèces sécurise un rendement minimum. 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Moindre utilisation de produits phytosanitaires et/ou d'engrais azotés ☛ Utilisation de semences fermières 	<ul style="list-style-type: none"> ☛ Amélioration de la qualité nutritionnelle et de la teneur en protéines de la ration ☛ Marché porteur lié au développement de l'élevage biologique en porcs/volailles.

Modalités pratiques de mise en œuvre

En fonction des objectifs poursuivis par l'agriculteur, voici les principales cultures associées de type céréales-légumineuses :

Objectifs	Associations utilisées	Commentaires
<p>En système céréalier</p> <p>Améliorer le taux de protéines du blé meunier ou du blé semoulier en limitant l'apport d'azote</p>	<p>Blé tendre ou blé dur associés à des pois protéagineux ou à des féveroles</p>	<p>Nécessite du matériel de tri performant sur l'exploitation.</p> <p>Meilleure valorisation économique du blé</p>
<p>En système polyculture-élevage</p> <p>Améliorer le taux de protéines d'un mélange de grains de céréales fourragères et de protéagineux</p>	<p>Céréales fourragères (triticale, orge, avoine) associées à des féveroles, à des pois protéagineux ou fourragers, ou à des vesces</p> <p>Méteils de plusieurs espèces céréalières et de légumineuses</p>	<p>Majoritairement autoconsommés en élevage ou livrés directement à des éleveurs</p>
<p>En système polyculture-élevage</p> <p>Produire du fourrage de cultures annuelles riches en protéines</p>	<p>Céréales fourragères (avoine, triticale) associées à des pois fourragers ou à des vesces</p>	<p>Récolte immature en fourrage enrubonné pour une production abondante et de qualité, tout en limitant la fertilisation azotée.</p>

Source : Perfcom 2012.

La différence dans la conduite de l'association – selon sa destination en fourrage ou grain – repose essentiellement sur le choix des espèces et variétés et la densité de semis.

Quelques principes de pilotage des associations céréales / légumineuses

Place dans la rotation

Les mélanges céréaliers sont caractérisés par leur grande flexibilité. Ils s'adaptent à des types de sols variés moyennant un pH > 5,5 et non hydromorphes.

Il est conseillé néanmoins de les placer derrière une céréale à paille ou une plante sarclée, voire en 3^{ème} paille et d'éviter un précédent correspondant à une espèce du mélange et/ou laissant des reliquats azotés importants. L'association peut être placée en fin de rotation, avant une prairie ou une luzerne, essentiellement pour des raisons de maîtrise des parasites présents dans le sol.

Choix des espèces

Plusieurs associations sont possibles en fonction du système d'exploitation, du contexte pédoclimatique et des caractéristiques technologiques du mélange attendues par l'agriculteur.

La plus répandue est l'**association POIS FOURRAGER et TRITICALE** en fourrage comme en grain, du fait de 2 avantages importants : la compétition féroce vis-à-vis des adventices ainsi que la concordance dans les dates de récolte et semis.

Il existe des mélanges d'hiver et de printemps. Les mélanges d'hiver préfèrent des implantations précoces (avant le 15 novembre) permettant un bon développement du pois et une reprise rapide au printemps. Les mélanges de printemps s'échelonnent de début février (blé / féverole) à fin avril (orge / pois protéagineux).

Conduite des associations

- 🌿 **Fertilisation** : Du fait de la présence d'une légumineuse, l'apport d'azote n'est pas toujours nécessaire. L'association permet de manière générale de faire l'impasse sur la fertilisation phospho-potassique ; néanmoins, un apport de compost (5 à 20 t/ha) à l'automne peut être envisagé si aucune prairie ou légumineuse n'a été présente sur la parcelle depuis au moins 2 ans (Source : Gab/Frab Bretagne).

La fertilisation peut être un levier pour orienter la composition du mélange à la récolte : un apport précoce sera favorable à la céréale, a contrario d'un apport après tallage plus favorable à la légumineuse.

- 🌿 **Désherbage** : si les associations concurrencent rapidement les adventices, il est conseillé de réaliser des faux-semis au préalable et de passer la herse étrille de manière superficielle avant la levée et à la sortie de l'hiver. Cette dernière est déconseillée lorsque les légumineuses ont formé des vrilles (risque de pertes par arrachage).

Objectif fourrage : recommandations pour la conduite de l'association

Objectifs visés

Dans les systèmes d'élevage, les services attendus des cultures associées (modèle triticales – pois fourrager) sont de produire un fourrage à forte biomasse, stable face aux aléas climatiques, économe en intrants (eau, azote, produits phytosanitaires) et riche en fibres et en MAT (Matières Azotées Totales).

Les associations de culture ou cultures associées à visée alimentaire

Choix des espèces et variétés

- ☛ Céréales utilisées en fourrages : triticales, avoine, blé, seigle.
- ☛ Légumineuses utilisées : pois fourrager, féverole, vesce (fort développement végétatif et sensibilité à la verse).

Critères à prendre en compte :

- ☛ Type de sol (densités de semis à diminuer en sols profonds et fertiles),
- ☛ Résistance des variétés à la verse,
- ☛ Hauteur des 2 espèces,
- ☛ Pour la céréale : complémentarité nutritionnelle du mélange et éventuels facteurs antinutritionnels de certains protéagineux.

Par exemple : sur les sols hydromorphes, les associations peuvent rencontrer un problème de pertes hivernales de pieds de légumineuses qui déséquilibre le mélange.



*Association féverole-triticales
(mai 2013) (Solagro)*

Le semis :

Il s'effectue généralement de fin septembre à fin octobre, en fonction des contextes pédoclimatiques.

La céréale est favorisée par un semis tardif, la légumineuse par un semis précoce.

Pour éviter tout problème de verse, il faudra veiller à limiter la proportion de légumineuse dans la dose à hauteur de 13 à 25 % du mélange (maximum de 20 grains / m²). Par exemple : 25 à 30 kg/ha pour le pois fourrager.

Technique : mélanger les semences avant de mettre dans le semoir à céréales, en veillant à bien homogénéiser la répartition des 2 espèces. Possibilité de semer le pois à la volée, de passer la herse (recouvrement) puis de semer la céréale avec le semoir (notamment lorsque la féverole fait partie du mélange).

Profondeur : Pour les associations à base de pois (3-4 cm). Dans le cas de la féverole, profondeur de 6-8 cm. Semis en 2 fois (céréale à 2-3 cm).

La récolte :

En fourrage, l'objectif est de récolter lorsque la céréale est au stade laiteux pâteux et le pois au stade pâteux. La paille doit être encore verte au niveau des entre-noeuds. Cette récolte peut s'échelonner de fin juin à mi-juillet suivant les années.

Il est conseillé d'aller au-delà de 40 % de MS pour éviter tout problème de conservation.

Les rendements observés en fourrage (moyenne de conduite en bio et à bas niveau d'intrant) se situent entre de 8 à 12 T MS/ha. *Source : Réseaux d'essai d'associations C/L entre 2005 et 2011 (Itab 2011).*

	Précoce	Tardive
%MS	27,3	41,8
%MS triticale	36	42,9
%MS pois	26	47,4
RDT	6,7	9,4
RDT triticale	2,5	5,9
RDT pois	4,1	3,7
%pois	55	35
%MAT	11,9	8,6

Effet de la date de récolte de l'association triticale-pois sur les performances de rendement et de qualité (source : Casdar association céréale légumineuse 2013)

La date de récolte est également un moyen d'influencer la qualité de la production : une récolte précoce si elle fait perdre entre 1 et 2 tonnes de biomasse, permet de gagner des points en MAT en augmentant la proportion de pois.

		Mélange 1		Mélange 2		
		Triticale **	Pois fourrager*	Triticale **	Pois fourrager*	Vesce*
Date de semis		Fin septembre à fin octobre suivant les régions				
Densités de semis ***	Gr/m ²	300	15	300	10	15
	PMG (g)	45	190	45	190	65
	Kg/ha	135	28	135	20	10

Dates et densités de semis pour l'objectif fourrage (Source ITAB - 2011)

* pois fourrager d'hiver et vesce d'hiver peuvent se semer à la date de semis habituelle du triticale

** les variétés de triticale sont choisies pour leur résistance à la verse et leur rusticité.

*** diminuer les densités de semis en sol profond et fertile.

Objectif grains : recommandations pour la conduite de l'association

Objectifs visés :

- Avec moins d'intrants, produire des grains de blé riches en protéines et obtenir un rendement égal ou supérieur.
- Produire des protéagineux sans les difficultés rencontrées en culture pure.

Choix d'espèces et variétés

- Céréales utilisées en grain : Blé tendre d'hiver, triticale.
- Légumineuses utilisées : Pois protéagineux d'hiver (dimension des graines similaire à celle des céréales mais maturité précoce), féverole d'hiver (grosses graines et maturité proche de celle du blé). Éviter la vesce qui a tendance à verser.



Association blé-pois
(mai 2013 - Solagro)

Si l'objectif majoritaire est la production de céréale :	Si l'objectif majoritaire est la production de protéagineux :
Part du blé dans le semis à hauteur de 60-70% de la culture pure et 30 % pour le pois.	Part du pois dans le semis à hauteur de 60-70% de la culture pure et 40 % pour la céréale. L'incorporation de 2 espèces de légumineuses dans le mélange optimise les chances de récolter des légumineuses. <i>La céréale sert de tuteur au protéagineux et freine le développement des adventices et de certaines maladies.</i>

Impératifs : Faire correspondre la hauteur des pailles des 2 espèces et leur période de maturité.

Quelle que soit la structure du peuplement, le blé a un avantage compétitif sur le protéagineux. Il est donc difficile d'atteindre une part importante de protéagineux.

Si la proportion de chaque espèce dans le mélange à la récolte reste variable, il est possible néanmoins d'orienter la proportion de l'une ou l'autre des espèces par un choix approprié des combinaisons d'espèces et/ou de variétés, des dates et densités de semis.

Par exemple, l'association d'une céréale (blé ou triticale) avec de la féverole permet d'obtenir une plus forte part de protéagineux dans le mélange par rapport à une association avec du pois, mais nécessite 2 passages de semoir pour respecter les profondeurs de semis optimales de chaque espèce (source : Casdar 8058).

La disponibilité en azote du milieu quant à elle, joue également un rôle : plus le milieu est pauvre en N, plus la légumineuse est favorisée.

	Mélange 1		Mélange 2	
	Objectif blé meunier majoritaire		Objectif grains protéagineux majoritaires	
	Blé tendre d'hiver	Pois protéagineux d'hiver**	Triticale***	Féverole d'hiver***
Date de semis	Fin octobre à mi novembre		Fin septembre à fin octobre	
Critères variétaux recherchés	Résistance verse et maladies	Tenue de tige	Résistance verse rusticité	Hauteur modérée (compétition limitée / céréale, verse limitée)
Densité de semis (kg/ha)*	75-88	50-60	55	75-100

Objectif grains : dates et densités de semis (Source : ITAB 2011).

* à moduler suivant le type de sol.

** ou féverole d'hiver.

*** ou blé- pois protéagineux d'hiver ou orge de printemps / pois de printemps.

La récolte et tri des graines

Les opérations de récolte et de tri du mélange sont facilitées pour des espèces dont les tailles de semences sont bien différentes. Un compromis est à trouver dans le réglage de la moissonneuse batteuse afin d'éviter de casser des grains (difficiles à trier par la suite). Une ventilation appropriée permettra d'assurer une bonne conservation des mélanges.



Méteil avoine-féverole
(Solagro)

🌿 Récolte en grains secs :

- > Il est impératif d'attendre la maturité de l'espèce la plus tardive avant de récolter le mélange. Les céréales sont en général les plus précoces et il est possible d'attendre 1 à 2 semaines sans perte.
- > Taux d'humidité : 15% (ce qui exclut la féverole qui nécessite d'être séchée).
- > Rendement moyen : 30 à 60 qtx / ha (fonction de la région pédo-climatique).

🌿 Récolte en grains inertés (grains écrasés après récolte et mis en silo bâché).

- > Elle dépend de la plante ayant la maturité la plus tardive (généralement la féverole).
- > Taux d'humidité : 18 % à 22 %.

🌿 Le tri du mélange est une opération délicate qui nécessite un équipement adapté (trieurs performants, densimétriques). Elle s'effectue chez l'agriculteur ou le collecteur s'il accepte les mélanges (préférer alors une association binaire pour faciliter les opérations logistiques).

Coût du tri estimé à 15 euros la tonne comprenant l'opération stricte de démélange (6 euros / t) et 8 euros de pertes de protéagineux (non séparés du blé) et donc non valorisés au prix du protéagineux. (Sources : PerfCom 2012 et Casdar 8058).

Autres conduites de cultures associées

Associations céréale-légumineuse :

Légumineuse non récoltée avec 2 perspectives :

- 🌿 *La légumineuse est détruite pendant la montaison* : elle joue le rôle de « plante de service ». L'objectif est la restitution de l'azote à la céréale par minéralisation des parties aériennes et du système racinaire (jusqu'à 80 kg N/ha),
- 🌿 *Elle est semée dans le blé au printemps* (cas d'une espèce fourragère) : la légumineuse joue le rôle d'engrais vert. L'objectif est la restitution d'azote à la culture suivante, évaluée à 40 à 50 kg N/ha pour une quantité totale apportée par le couvert de l'ordre de 40 à 100 kg / ha suivant les espèces (source : Casdar 8058).

Association légumineuse-oléagineux :

Exemple du mélange Cameline et Pois protéagineux

(Source : Suisse Cameline, 2013).

La cameline est une crucifère couvrante à végétation rapide dont les spécificités sont :

- 🌿 Meilleure résistance au manque d'eau et aux fortes chaleurs que le colza,
- 🌿 Graines riches en huile (30-40%) oméga 3 et vitamines,
- 🌿 Rôle de tuteur pour l'espèce associée.

Elle est utilisée en huile pressée à froid pour l'alimentation humaine et valorisée en tourteaux pour le bétail.



Association lentille-cameline (Solagro)

Intérêt de l'association :

Concurrentielle face aux adventices et stabilité du rendement.

Autres possibilités d'association : Cameline-céréales de printemps, cameline-lentille, cameline-pois protéagineux-orge de printemps (date de semis, interligne et fumure à adapter en fonction de la culture associée). Densité de semis de 100 % pour l'autre espèce. Date de récolte fonction de la maturité de l'autre culture.

Les associations de culture ou cultures associées à visée alimentaire

Préparation du sol	Travail sur des parcelles propres. Renoncer aux parcelles avec une forte présence d'adventices (cameline très peu concurrentielle) - Effectuer un faux semis - Lit de semences bien nivelé et plutôt fin.
Date de semis	Mi février – fin mars (proche de semis du pois).
Densité de semis	<ul style="list-style-type: none">  Cameline : entre 2 et 4 kg / ha (+ 20 % en conditions difficiles)  Pois : 80-100 graines / m² (80 à 100 % de la densité normale)
Profondeur de semis	Cameline en surface ; Pois à 3-4 cm
Interligne	Cameline : à la volée ; Pois : 12-20 cm
Technique de semis	<p>Selon le matériel disponible :</p> <ul style="list-style-type: none">  Semer les 2 cultures en même temps : semoir muni de 2 trémies indépendantes (pour semer chaque espèce aux bonnes densités et profondeur) ; demande un système de distribution précis de la trémie où se trouve la cameline  Semer les 2 cultures séparément : Installation le même jour. <ul style="list-style-type: none"> > Soit d'abord le pois puis la cameline > Soit d'abord la cameline en surface, puis le pois en couverture des semences de cameline par la herse du semoir. <p>Roulage après semis pour la cameline</p>
Désherbage	Aucun désherbage mécanique envisageable (la herse étrille déracine la cameline) Si nécessaire, désherbage manuel pour les chardons, rumex, chénopodes, etc.
Fumure	Culture peu exigeante, éventuellement 10 à 20 t compost / ha.
Récolte	Lorsque le pois est mûr (la cameline ne s'égrène pas à maturité)
Réglage batteuse	Régler le pois et surveiller les pertes en cameline. Si trop de pertes, baisser la ventilation. Préférer un peu de perte de cameline plutôt qu'un taux de charge très élevé dans la trémie.
Triage	1 ^{er} tri au centre collecteur : nettoyage du pois, récupération de la cameline et des déchets 2 ^{ème} tri au centre collecteur spécialement équipé pour séparer la cameline des déchets
Rendement	Cameline : très variable suivant les conditions et l'année. En moyenne 4 à 7 qtx / ha Pois : 30 qtx / ha si rapport pois/cameline au semis idéal.
Travail après récolte	Ne pas chaumer directement après récolte. <ol style="list-style-type: none"> 1. Laisser germer la cameline 2. Eventuellement, gratter superficiellement le sol dès que la cameline a commencé à germer pour faire germer le reste des graines et détruire celles déjà germées 3. Détruire la cameline par labour ou déchaumages successifs lorsqu'elle a bien germé.
Conservation	Stockage à 8 % d'humidité.

Ressources bibliographiques

- 🌿 Fiche technique ITAB (2012). Cultiver les associations Céréales / protéagineux en AB.
- 🌿 Fiche technique SOLAGRO-ENSAT (2010). Les associations de cultures.
- 🌿 Fiche technique CIVAM du Haut Bocage (2011). Miser sur les mélanges céréaliers.
- 🌿 Fiche technique Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou Charentes (2004). Mélanges céréaliers.
- 🌿 TCS 59 (2010). Dossier Association de cultures : doper la diversité intraparcellaire pour peser sur les coûts de production. P.18-28.
- 🌿 FUSTEC Joelle et CORRE-HELLOU Guenaelle (2009). Les associations annuelles céréales-protéagineux : quels potentiels agronomique et environnemental ? Colloque régional « Agriculture et biodiversité ».
- 🌿 BEDOUSSAC Laurent (2011). Analyse du fonctionnement des performances des associations blé dur-pois d'hiver et blé dur-féverole d'hiver pour la conception d'itinéraires techniques adaptés à différents objectifs de production en systèmes bas-intrants.
- 🌿 Fiche Agropep's RMT SCI – Cultiver des associations d'espèces annuelles.
- 🌿 Les cultures associées céréale / Légumineuse en agriculture « bas intrants » dans le Sud de la France. Projet PerfCom. Décembre 2012.
- 🌿 HELLOU Guenaelle. ESA. CASDAR projet 8058. 24/01/2013. Associations céréale-légumineuse « concilier productivité et services écologiques par des associations céréale-légumineuse multi services en agricultures biologique et conventionnelle ». Journée de restitution et d'échanges sur la thématique.