

**Mieux gérer l'interculture pour
un bénéfice agronomique et environnemental**

Légumineuses, comment les utiliser comme cultures intermédiaires ?



Synthèse des travaux menés par la
Chambre Régionale d'Agriculture
sur la gestion de l'interculture et présentation
des références régionales



Janvier 2010



Cette brochure a été réalisée par la Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes dans le cadre du projet régional " Développement de Systèmes de Culture Innovants " et grâce au partenariat technique avec les Chambres départementales d'Agriculture et l'INRA.

Comité de lecture

- J.L. FORT, Chambre d'Agriculture de Poitou-Charentes
- O. GUERIN, Chambre d'Agriculture de Charente-Maritime
- P. BOUCHENY, Chambre d'Agriculture des Deux-Sèvres

Partenaires techniques



Financements

Les différentes actions du projet " Développement de Systèmes de Culture Innovants " bénéficient d'un appui financier de l'Etat (*FranceAgriMer*), du Compte d'Affectation Spéciale Développement Agricole et Rural (*CASDAR*), des Agences de l'eau Adour-Garonne et Loire-Bretagne, de l'Europe (*FEADER*) et de la fondation Xavier Bernard.

L'action portant sur les cultures intermédiaires à base de légumineuses a pu être réalisée plus particulièrement grâce aux financements de l'Etat, de l'agence Adour-Garonne et du Casdar.



SOMMAIRE

Introduction.....	1
Cultures intermédiaires à base de légumineuses – Principales conclusions.....	2
Pourquoi utiliser des légumineuses dans les couverts d'interculture ?	3
QUESTION 1 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quelle efficacité pour limiter les transferts d'azote ?.....	4
QUESTION 2 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quelle production de biomasse ?	5
QUESTION 3 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quelle quantité d'azote capitalisée ?.....	6
QUESTION 4 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quel effet sur la disponibilité en azote pour la culture suivante ?....	7
QUESTION 5 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quel effet sur le rendement de la culture suivante ?	8
Mise en œuvre des cultures intermédiaires avec légumineuses - Quelques exemples de couverts utilisés - Références disponibles en Poitou-Charentes	11
Quelques précautions à prendre pour réussir les cultures intermédiaires avec légumineuses :	11
Références Poitou-Charentes :	12
« MERCI » : Méthode d'Estimation des éléments Restitués par les Cultures Intermédiaires	14
I. Méthode de calcul de la fourniture en azote pour des couverts monospécifiques	14
II. Variante : méthode basée sur la mesure de la hauteur du couvert.....	16
III. Méthode de calcul de la fourniture en phosphore et potassium.....	17
IV. Adaptation aux couverts plurispécifiques	17
Comparaison récapitulative des différents types de couverts	19
Pour résumer... ..	20
Les références bibliographiques sur les cultures intermédiaires de la Chambre d'Agriculture de Poitou-Charentes	20

INTRODUCTION

Décriée, parfois perçue comme une contrainte par certains agriculteurs, l'implantation de cultures intermédiaires pendant la période d'interculture présente des intérêts environnementaux (*protection des eaux contre les fuites de nitrates et des sols contre l'érosion*) et agronomiques (*restitution d'azote et d'autres éléments minéraux à la culture suivante, apport de matière organique, stimulation de l'activité biologique des sols, diversification de la rotation, rupture des cycles de maladies et de ravageurs, ...*) **indéniables**.

Etudiées en Poitou-Charentes depuis une dizaine d'années, les cultures intermédiaires « classiques » (*moutarde, avoine, phacélie*) ont d'ores et déjà démontré ces intérêts. Cependant, elles représentent un investissement non négligeable (*coût des semences et frais de mécanisation*) alors que les bénéfices agronomiques sont souvent minimes (*restitutions maximales en azote à la culture suivante de 15-20 kg/ha*) et se produisent surtout à long terme.

Une solution envisagée pour améliorer les performances agronomiques et économiques des cultures intermédiaires est d'inclure des légumineuses dans les mélanges « pièges à nitrate ». Ceci permet de réintroduire cette famille dans des rotations où elle a souvent disparue et de bénéficier d'une source d'azote supplémentaire plus économique que les engrais de synthèse.

Ces mélanges assurent ainsi un double rôle : **piéger l'azote minéral du sol** pendant l'interculture et **capitaliser de l'azote atmosphérique** (légumineuses) pour la culture suivante par fixation symbiotique.

Dans un contexte où le prix des engrais azotés est élevé, cette source d'azote supplémentaire permet de réaliser des économies de fertilisation et de compenser les coûts d'implantation du couvert.

Cette synthèse rassemble les conclusions des travaux menés par la Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes sur la gestion de l'Interculture avec des légumineuses et les données bibliographiques disponibles sur le sujet au niveau national.



Cultures intermédiaires à base de légumineuses – Principales conclusions

Les légumineuses, un plus pour les couverts d'interculture...

9 avantages par rapport aux espèces « classiques » (moutarde, radis, avoine, seigle, phacélie...):

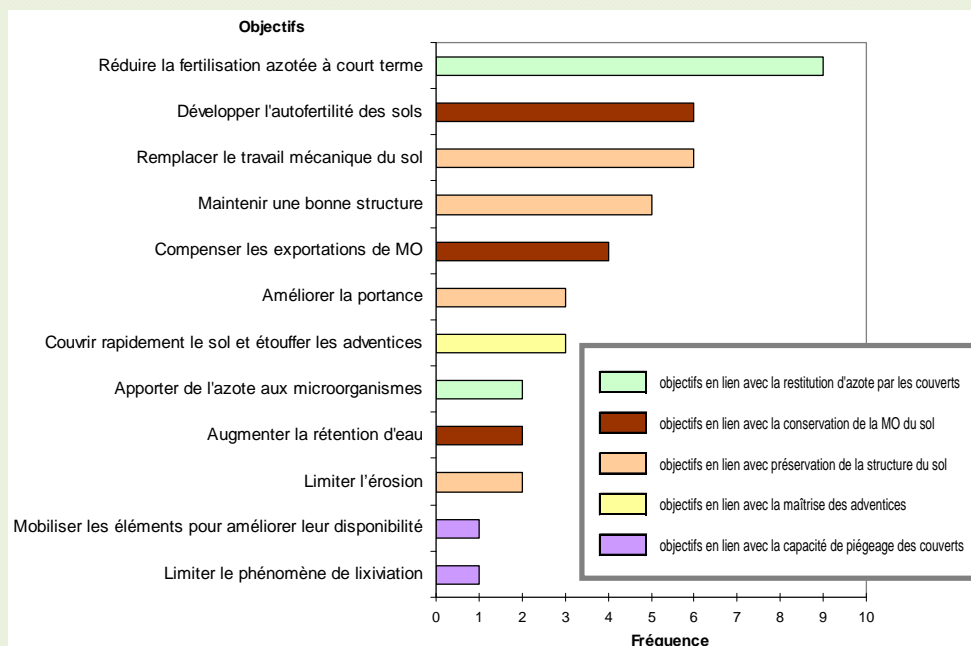
1. Capacité des légumineuses à **fixer l'azote de l'air** (*fixation symbiotique*) : restitutions pour la culture suivante plus importantes.
2. **Réintroduction des légumineuses dans la rotation** (*permet de rompre les cycles des ravageurs ou des maladies et de mieux gérer le salissement par les adventices*).
3. **Excellent précédent** pour les céréales à paille, maïs, tournesol, ...
4. **Amélioration** et/ou maintien du **rendement** de la culture suivante combiné à une **diminution de la fertilisation azotée**.
5. **Minéralisation** des résidus plus **rapide** (*en raison du rapport carbone/azote faible*) : **meilleure disponibilité de l'azote** pour la culture suivante et **absence ou diminution de la faim en azote**.
6. **Développement plus important** du couvert limitant le développement des adventices sur la parcelle.
7. **Dégradation des résidus du couvert et des pailles du précédent plus rapide**.
8. **Rendement** de la culture suivante **non pénalisé par une destruction tardive** du couvert.
9. Amélioration de la **structure** et stimulation de l'**activité biologique du sol** plus importante.

... mais 6 limites tout de même par rapport aux autres types d'espèces :

1. **Vitesse de croissance plus lente** qui limite la production de biomasse, donc leur capacité à piéger les nitrates du sol, mais aussi leur compétitivité vis-à-vis des adventices.
2. Mobilisation de l'azote de l'air par fixation symbiotique **au détriment** de l'absorption racinaire de l'azote minéral du sol (*piégeage non optimal de l'azote du sol*).
3. Minéralisation des résidus plus rapide **suite à leur enfouissement** qui peut engendrer un **risque de lixiviation** si aucune culture n'est en mesure d'utiliser les nitrates libérés.
4. **Date de semis précoce** (*début à mi-août*) pour bénéficier de températures clémentes et de sommes de températures élevées, mais limitant le temps d'interventions sur la parcelle pour d'autres objectifs (*restructuration du sol, déchaumages, désherbage chimique, ...*).
5. **Technique de semis** parfois **plus délicate** et « **soignée** » (*technique de semis à la « volée » possible mais délicate, roulage après semis souvent nécessaire*) pour favoriser une levée optimale entraînant un coût d'implantation supérieur (*par rapport à la moutarde par exemple*).
6. **Coûts de semences et/ou doses de semis** souvent **plus élevés**.

Dix agriculteurs de Poitou-Charentes justifient leur motivation pour les cultures intermédiaires avec légumineuses :

Principales motivations d'utilisation des cultures intermédiaires classées par priorité



Source : enquêtes réalisées au printemps 2009 auprès de 10 agriculteurs de Poitou-Charentes qui ont opté pour des cultures intermédiaires avec légumineuses

Même si dans l'enquête l'**apport d'azote à court terme** par les cultures intermédiaires ressort comme l'objectif n° 1 et justifie à lui seul le choix des 10 agriculteurs de privilégier les légumineuses, c'est en réalité un ensemble de raisons qui les a motivé à introduire des cultures intermédiaires avec légumineuses dans leur rotation.

Ce choix est avant tout le fruit d'une réflexion sur les moyens de **gagner en autonomie à moyen et long terme** en augmentant la **fertilité des sols**. A l'unanimité, ils ont constaté en quelques années seulement, une nette amélioration de la structure de leurs sols et une intensification de l'activité biologique. De plus, la (re)constitution d'un stock de matière organique leur permet d'améliorer la disponibilité en eau et éléments minéraux et agit comme un véritable « plan d'épargne azote ».

Leur choix se porte donc, non pas pour des légumineuses pures, mais pour un **ensemble d'espèces complémentaires** parmi lesquelles les légumineuses, autonomes pour leur nutrition azotée, ont parfaitement leur place.

Des essais en Poitou-Charentes et à l'échelle nationale ont permis de comparer les intérêts de trois types de couverts :

- des **cultures intermédiaires « classiques »**,
c'est-à-dire sans légumineuses

*Ex : moutarde, avoine, seigle + phacélie
sarrasin + tournesol, ...*

- des **légumineuses « pures »**

Ex : féverole, pois + vesce, gesse, ...

- des **légumineuses « en association »**,
c'est-à-dire mélangées à des espèces
non légumineuses

*Ex : avoine + vesce,
féverole + moutarde + tournesol, ...*



De gauche à droite : une culture intermédiaire classique (moutarde), une légumineuse pure (vesce) et une association (avoine strigosa + féverole)

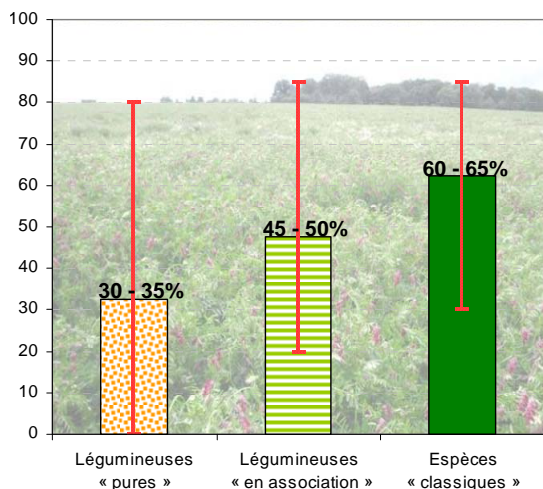
Ces essais ont permis de répondre aux cinq questions présentées dans les pages suivantes :

QUESTION 1 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quelle efficacité pour limiter les transferts d'azote ?

Entre juillet-août et décembre, **tous les couverts piègent de l'azote** pour leur croissance et **diminuent donc la quantité de nitrates lessivables du sol** par rapport à un sol laissé nu MAIS dans des proportions variables.

Des légumineuses, oui... mais en mélange

Réduction du reliquat avant drainage
(en % du reliquat sous sol nu)



Compilation de données nationales de 1983 à 2008

Les couverts « classiques » sont les plus efficaces pour réduire le reliquat d'azote minéral **avant drainage** (diminution moyenne du reliquat « sol nu » de 60%).

Les légumineuses « pures » sont les moins efficaces et, dans certaines situations, leur effet est nul. Cependant, **en aucun cas, elles n'augmentent la quantité d'azote minéral avant drainage.**

Le comportement des couverts avec légumineuses « en association » est intermédiaire voire parfois très proche des espèces « classiques » et permet de diminuer significativement la quantité d'azote du sol avant drainage (- 50%).

Ces résultats peuvent expliquer la décision d'interdire, dans certains départements, **l'utilisation de légumineuses pures** comme CIPAN en zones vulnérables dans le cadre de la Directive Nitrates. Toutefois, les légumineuses y sont **autorisées** lorsqu'elles sont **mélangées** à des espèces « classiques ».



Le piégeage d'azote plus faible des *légumineuses pures* s'explique par :

- leur **croissance plus lente** que les autres familles
- leur besoins en N en partie assurés par **fixation symbiotique** de l'azote de l'air qui entre en **compétition avec le piégeage racinaire** de l'azote du sol
- une couverture du sol moins réussie dans certains essais

Une culture intermédiaire **peu développée** (moins de 1t de MS/ha) **ne remplit pas son rôle** de piège à nitrates (*sauf en situations avec très peu de reliquats laissés par le précédent et une faible minéralisation automnale*). Pour réduire efficacement le reliquat d'azote du sol, il est donc conseillé de **laisser le couvert se développer le plus longtemps possible.**

Pour un développement identique, les différentes espèces « classiques » ont une capacité de piégeage équivalente. Les **espèces qui « réussissent » le mieux localement** (adaptées au sol de la parcelle et au climat) sont également les plus efficaces pour piéger les nitrates et pourront donc être privilégiées.

Ce qu'il faut retenir :

Efficacité en termes de piégeage de l'azote minéral avant drainage :

Couverts classiques > Légumineuses en association > Légumineuses pures

Interculture courte (colza – blé, blé – orge) :

« couverts classiques » conseillés (ou repousses de colza)

Interculture longue (blé - maïs, blé – tournesol) :

Légumineuses en association ou couverts classiques recommandés

Maintenir le couvert le plus longtemps possible pour privilégier la production de biomasse et le piégeage de l'azote.

Ex : Succession « blé-tournesol » : maintenir une couverture jusqu'à début décembre voire plus si possible.

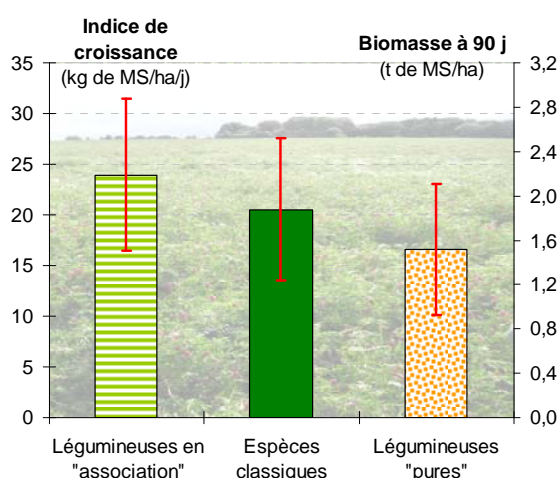
QUESTION 2 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quelle production de biomasse ?

Pourquoi chercher à maximiser la production biomasse ?

Un couvert très développé :

- **explore un volume de sol important** avec ses racines => mobilisation importante des éléments (en particulier des nitrates) et action sur la structure du sol optimale ;
- **assure une couverture dense** du sol => protection du sol contre l'érosion et/ou la battance et maîtrise des adventices efficace par étouffement ;
- **restitue au sol un maximum** de matière organique et d'azote.

Production de biomasse moyenne des différents types de couverts



Compilation de données Poitou-Charentes de 1983 à 2008

Les couverts **associent des légumineuses à d'autres espèces** ont tendance à être **plus productifs** que les espèces pures.

Ce gain de productivité peut s'expliquer par un **effet de synergie** entre les différentes espèces (*voir encadré*).

De plus, en situation où l'azote est limitant pour le développement des espèces classiques (*faible reliquat à la récolte, faible minéralisation du sol*), les couverts avec légumineuses sont moins pénalisés et atteignent des biomasses supérieures.

En revanche, **pures**, les légumineuses sont **moins productives**. Ces espèces sont plus exigeantes et leur levée plus aléatoire. En conditions très défavorables, le pourcentage de couverture du sol peut même être nul.

Intérêt des mélanges à base de légumineuses : un effet de synergie

- **fixation symbiotique** des légumineuses **stimulée** par la compétition entre espèces pour la ressource azotée (*l'azote d'origine atmosphérique des légumineuses passe d'environ 35 % en culture pure à plus de 80% en mélange*).
- **apport d'azote complémentaire** assuré par la légumineuse qui améliore le développement du couvert (*l'azote devient moins limitant*)
- **utilisation optimale des ressources disponibles :**
 - **dans l'espace** grâce à la diversité des systèmes racinaires et des architectures aériennes (*meilleure exploration des différents horizons du sol, couverture du sol excellente et interception de l'énergie lumineuse plus efficiente*)
 - **dans le temps** (espèces d'été à croissance rapide, espèces d'hiver à croissance plus lente et résistantes au gel).
- **levée et développement du couvert sécurisés** grâce à la diversité des espèces et de leurs adaptations aux différentes contraintes du milieu (sécheresse, froid, maladies, ravageurs)

Principaux facteurs limitant la production des couverts :

- **azote**
(*si reliquat post-récolte < 50 kg de N/ha*)
- **eau**
(*si cumul des précipitations du 15 août au 1^{er} octobre < 50 mm*)
- ☞ *un apport d'effluent organique fournissant 30 à 40 kg de N /ha peut être intéressant au semis du couvert si le précédent laisse peu de reliquats (ex : blé ayant atteint l'objectif de rendement).*
- ☞ *la simplification du travail du sol avant l'implantation (semis direct du couvert dans les résidus du précédent ou semis à la volée dans les chaumes suivi d'un déchaumage pour créer un contact sol / semence) permet de mieux conserver l'humidité.*

QUESTION 3 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quelle quantité d'azote capitalisée ?

En raison de la richesse en azote des légumineuses et de leur potentiel de productivité élevé, **les mélanges avec légumineuses permettent de stocker plus d'azote que les couverts « classiques ».**

Teneurs en azote moyennes

(% de N de la MS totale)

- légumineuses pures : 3,5 %
- associations : 3 %
- classiques : 2,5 %

Quantité d'azote des parties aériennes moyenne

(MS aérienne x % de N)

- associations : 60-65 kg de N_{MSa}/ha
- légumineuses pures : 50-55 kg de N_{MSa}/ha
- classiques : 40-45 kg de N_{MSa}/ha



L'azote capitalisé par les couverts n'est **pas restitué dans son intégralité** à la culture suivante : seule une partie est minéralisée dans les 4 mois suivants la destruction du couvert, le reste étant stocké sous forme de matière organique stable dans l'humus du sol et restitué progressivement les années suivantes.

(Pour exemple, d'après Chapot, INRA Colmar : un couvert de moutarde relargue environ 25% de son azote dès la 1^{ère} année puis 5% la 2^{ème} et la 3^{ème} année, 2,5% la 4^{ème} et la 5^{ème} année, 2% la 6^{ème} et la 7^{ème} année...)

Seulement 20 à 50% de l'azote stocké par les couverts est libéré rapidement, dans les mois qui suivent l'enfouissement. Ce pourcentage de minéralisation est conditionné par le **rapport Carbone/Azote** des résidus (C/N).

carbone/azote (C/N) de la plante	% d'azote minéralisé & potentiellement disponible pour la culture suivante
C/N < 15	50%
15 < C/N < 20	40%
20 < C/N < 25	30%
25 < C/N < 30	25%
C/N > 30	20%



+ légumineuses, associations avec légumineuses

moutarde, phacélie, ...

- avoine, seigle, ...

Source : Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes (d'après des simulations STICS)

Restitutions moyennes d'azote (kg de N / ha):

- associations : 30 - 40
- légumineuses pures : 30 - 40
- classiques : 15 - 25

Dilution de l'azote dans les couverts développés et lignifiés

La teneur en azote des couverts (*toutes espèces confondues*) diminue lorsque leur biomasse augmente :

- biomasse < 1 t de MS => entre 2 et 6 % de N
- biomasse de 1 à 2 t de MS => entre 1,5 et 5 % de N
- biomasse > 2 t de MS => entre 1 et 4 % de N.

La teneur en carbone, quant à elle, ne varie quasiment pas (42%).

Conséquence : Un couvert très développé ne restitue pas forcément plus d'azote à la culture suivante qu'un couvert moins développé, surtout s'il est lignifié. En effet, son C/N est plus élevé et la minéralisation de ses résidus moins importante. L'azote stocké, plus « stable » sera libéré progressivement sur plusieurs années.

Toutefois, cet effet de dilution semble moins marqué pour les légumineuses qui se lignifient moins rapidement.



Mélange avoine strigosa / vesce semé le 27/07/09 à Paizay-le-Sec (86) : Au 26 novembre 2009 : 2,7 t de MS et 75 kg de N piégés / ha (environ 35 U disponibles pour la culture suivante)

QUESTION 4 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quel effet sur la disponibilité en azote pour la culture suivante ?

Des reliquats mesurés en mars-avril (en Poitou-Charentes et à l'échelle nationale) mettent en évidence :

- un gain d'azote pour les couverts avec légumineuses par rapport au sol nu
En moyenne : + 20% avec légumineuses en association et + 30% avec légumineuses pures
- pas ou peu d'impact positif sur la disponibilité en azote pour la culture suivante avec **couverts classiques** voire un effet pénalisant (sol appauvri en azote)

De plus, en sortie d'hiver, les couverts à base de légumineuses enrichissent le sol en azote, essentiellement en surface. Cet azote est donc facilement disponible pour la culture suivante.

A l'origine de ces différences : la quantité d'azote contenue dans les différents types de couverts et la vitesse de minéralisation des résidus qui varie suivant ces types de couverts.

Dynamique de minéralisation des résidus pour les différents types de couverts

Type de couvert	Minéralisation des résidus du couvert	Délai moyen de retour à l'état du sol nu*
Légumineuse pure	Rapide	2 à 3 mois (75-90 jours) après destruction
Association	Moyennement rapide (phase d'immobilisation peu marquée)	3 à 4 mois (100-115 jours) après destruction
Classique	Lente (phase d'immobilisation marquée au début)	plus de 4 mois (135-150 jours) après destruction

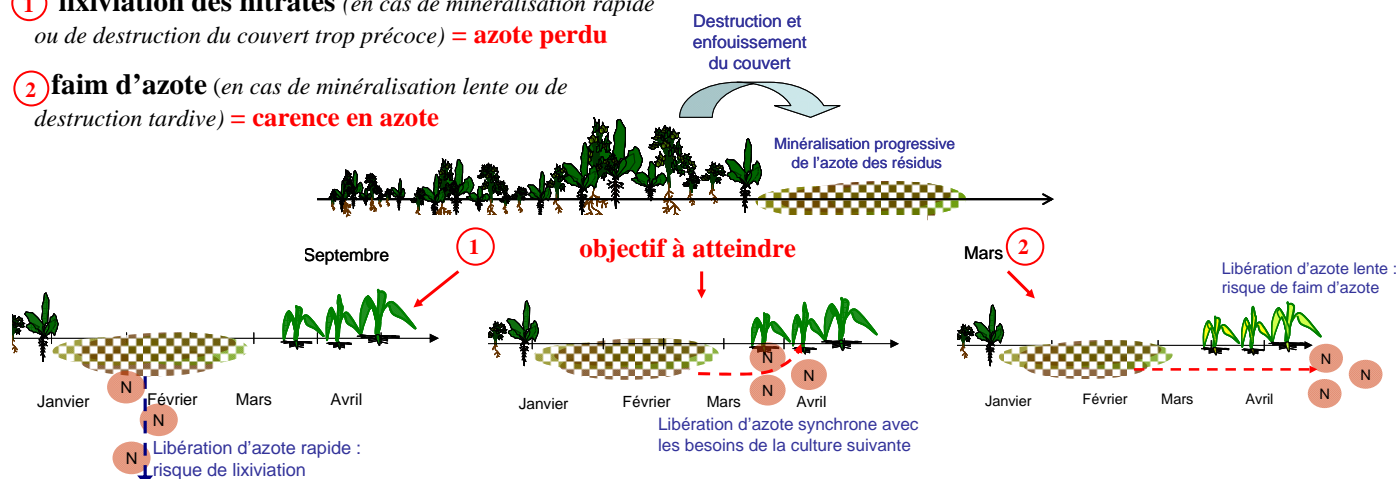
* Durant sa croissance, le couvert a prélevé les éléments du sol dont il avait besoin et l'a appauvri en azote par rapport à un sol laissé nu. La minéralisation des résidus du couvert se traduit donc par un gain d'azote mais seulement une fois qu'elle a permis de « rattraper » le niveau d'azote du sol nu. C'est ce délai de retour à l'état du sol nu que nous avons estimé à l'aide d'un grand nombre de mesures de reliquats.



Si la minéralisation de l'azote des résidus n'est pas synchronisée avec les besoins de la culture suivante, il peut se produire différents phénomènes :

① **lixiviation des nitrates** (en cas de minéralisation rapide ou de destruction du couvert trop précoce) = **azote perdu**

② **faim d'azote** (en cas de minéralisation lente ou de destruction tardive) = **carence en azote**



Importance d'adapter la date de destruction en fonction :

- du type de couvert
- de la culture suivante

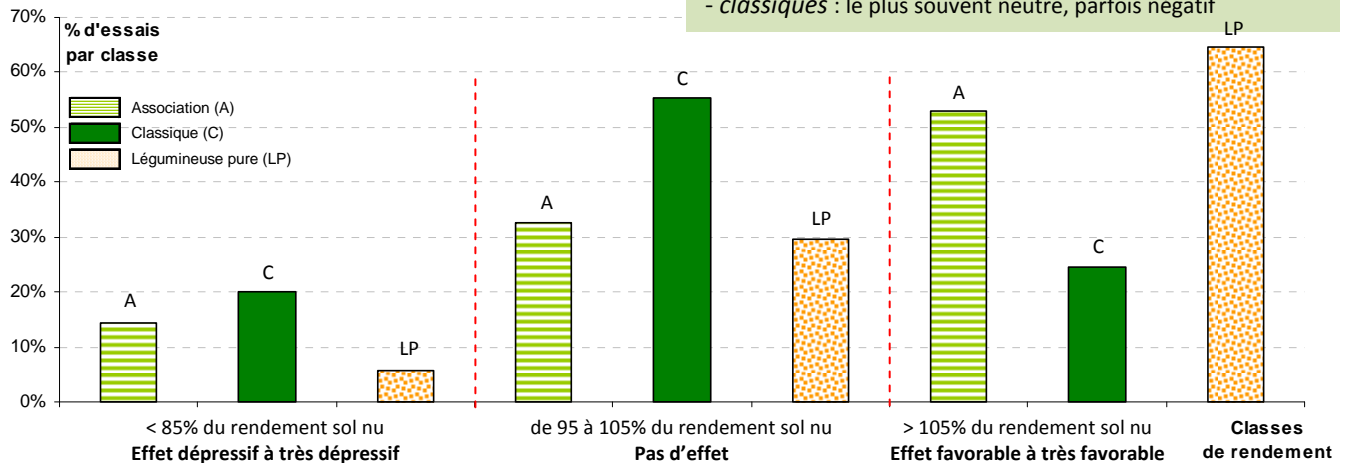
Dates de destruction préconisées en Poitou-Charentes (en fonction du type de couvert et de la culture suivante)

Période de semis de la culture suivante	Type de couvert		
	Classique	Association	Légumineuse pure
Février-mars : Ex : orge, pois ou féverole de printemps	15/11	15/12	15/01
Avril : Ex : tournesol, maïs	15/12	15/01	15/02

QUESTION 5 : Légumineuses en cultures intermédiaires : quel effet sur le rendement de la culture suivante ?

⇒ Effet des trois types de couverts sur le rendement (toutes cultures et tous sols confondus)

Répartition des rendements obtenus en % du sol nu après différents types de couverts (toutes cultures confondues)



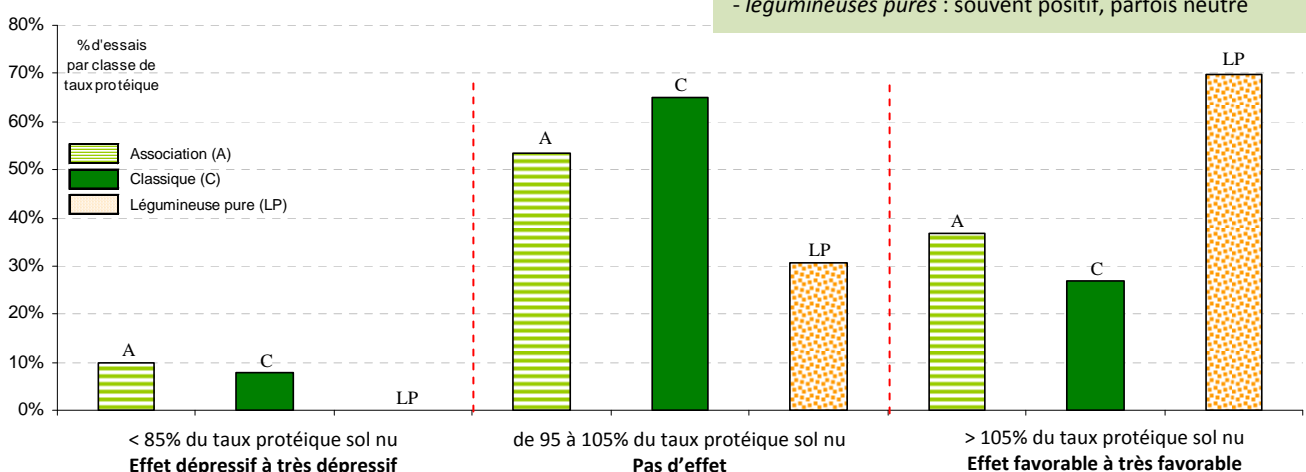
Compilation d'essais régionaux de 1983 à 2009 (cultures suivantes : blé tendre d'hiver, maïs grain et ensilage, tournesol, pois de printemps et orge de printemps - couverts classiques : 54 valeurs, légumineuses en associations : 27 valeurs, légumineuses pures : 14 valeurs - sources : CRA PC et Arvalis)

Les cultures intermédiaires avec **légumineuses** (pures et en association) présentent un **effet positif sur le rendement** de la culture suivante.

⇒ Effet des trois types de couverts sur la qualité du grain



Répartition des taux protéiques obtenus en % du sol nu après différents types de couverts (blé tendre d'hiver et orge de printemps)



Compilation d'essais nationaux de 2006 à 2009 (cultures suivantes : blé tendre d'hiver et orge de printemps - couverts classiques : 37 valeurs, légumineuses en associations : 30 valeurs, légumineuses pures : 36 valeurs - sources : CRA PC, CA 10, CA 89 et Creab)

Les cultures intermédiaires présentent aussi un **effet qualitatif sur le rendement** et notamment la **teneur en protéines des grains** : les **légumineuses pures** l'améliorent sensiblement tandis que les **légumineuses en association** et les **couverts classiques** ont peu d'effet.

⇒ Effet des couverts sur différentes cultures

Culture suivante	Type de couvert	Rendement moyen (en % du sol nu)
Blé tendre d'hiver	Association	126 (de 100 à 177%)
	Classique	95 (de 75 à 110%)
	Légumineuse	118 (de 106 à 141%)
Maïs	Association	122 (de 91 à 154%)
	Classique	100 (de 85 à 160%)
	Légumineuse	118 (de 111 à 131%)
Tournesol	Association	96 (de 77 à 111%)
	Classique	97 (de 65 à 116%)
	Légumineuse	97 (de 75 à 107%)

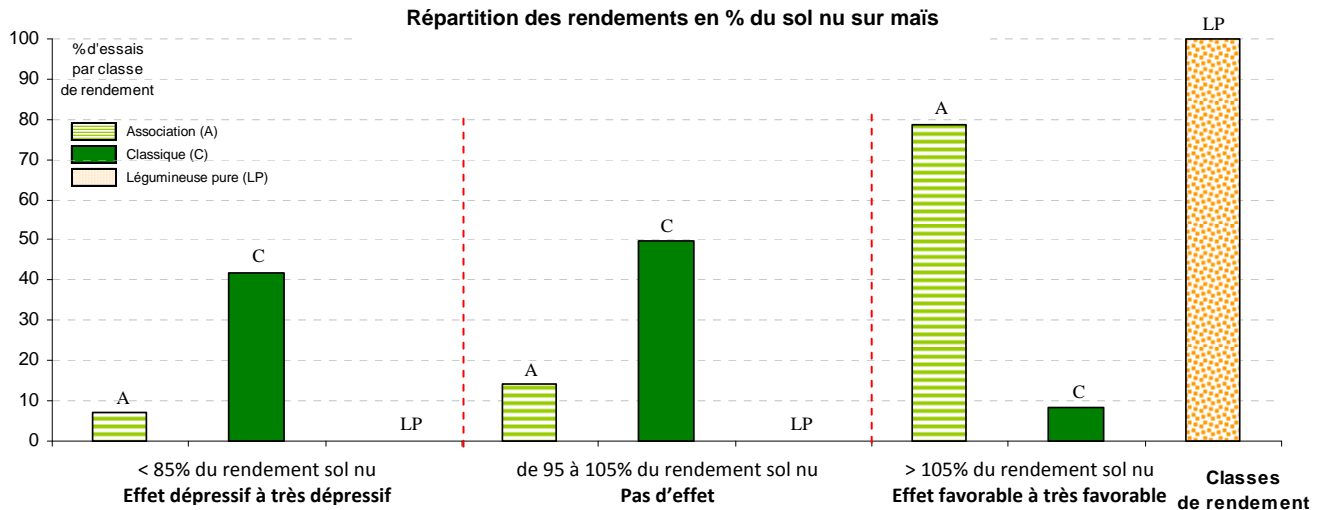
Moyenne (mini -maxi)

Effet des couverts sur les principales cultures picto-charentaises

Culture suivante	Type de couvert	
	Association ou légumineuse pure	Classique
Blé, maïs	😊 😊	😞 à 😊
Tournesol	pas d'effet	pas d'effet

Légende : 😞 : défavorable 😊 : favorable

Tableau de gauche et graphique ci-dessous : compilation d'essais régionaux de 1983 à 2009 (sources : CRA PC et Arvalis)



Les effets des cultures intermédiaires ne sont **pas les mêmes pour toutes les cultures** : les effets positifs sont davantage observés **sur maïs et blé** et peu marqués ou absents sur tournesol (voir graphique et tableau suivants).

⇒ **Quelques couverts à la loupe** (tous types de sols et tous niveaux de fertilisation confondus)

Rendements obtenus en Poitou-Charentes pour des cultures implantées derrière cultures intermédiaires

Culture	Couvert implanté pendant l'interculture	Rend. moyen (en % du sol nu)	gain de rendement moyen par rapport au sol nu (q/ha)	Nombre d'essais	Niveaux de fertilisation azotée testés
Blé tendre d'hiver	Crucifères + légumineuses (gesse + moutarde + radis + trèfle d'Alexandrie)	177	+17	1	0 kg de N / ha
	Légumineuses (gesse ou vesce)	112	+7 (0 à +22)	6	0, 120 & 170 kg de N / ha
	Composées (nyger)	105	+3 (0 à +6)	4	0, 120 & 170 kg de N / ha
	Crucifères (repousses de colza ou moutarde)	92	-4 (-12 à +1)	9	0 kg de N / ha
Maïs	Graminées + légumineuses (avoine + vesce, féverole ou gesse)	122	+13 (-5 à +24)	12	0, 50 & 170 kg de N / ha
	Complexe (radis - sorgho - vesce - gesse)	120	+19 (+12 à +26)	2	0 & 50 kg de N / ha
	Légumineuses (vesce, gesse ou trèfle incarnat)	119	+11 (+7 à +19)	12	0, 50, 90 & 170 kg de N / ha
	Graminées (avoine strigosa, seigle ou ray-grass hybride)	104	+4 (-10 à +52)	9	0, 50, 90, 170 & 200 kg de N / ha
	Composées (nyger)	90	-11	1	50 kg de N / ha
	Crucifères (moutarde)	89	-11 (-14 à -8)	2	0 & 50 kg de N / ha
Orge de printemps	Crucifères (moutarde)	102	0	1	0 kg de N / ha
	Graminées + légumineuses (seigle + vesce)	92	-2	1	0 kg de N / ha
	Graminés (avoine)	83	-4	1	0 kg de N / ha
Pois de printemps	Crucifères (colza)	87	-7 (-17 à 0)	5	0 kg de N / ha
Tournesol	Phacélie + légumineuse (trèfle d'Alexandrie)	106	+1	1	0 kg de N / ha
	Légumineuses (vesce, pois de printemps, lentille ou trèfle d'Alexandrie)	97	-1 (-7 à +2)	5	0 à 75 kg de N / ha
	Crucifères (colza ou moutarde)	97	-1 (-6 à +5)	13	0 à 80 kg de N / ha
	Graminées (avoine strigosa, repousses de blé ou ray-grass italien)	96	-1 (-11 à +2)	10	0 à 75 kg de N / ha
	Graminées + légumineuses (avoine ou seigle + vesce ou gesse)	94	-1 (-5 à +2)	8	0 kg de N / ha

Sources : Compilation d'essais Arvalis et Chambres d'Agriculture de Poitou-Charentes de 1983 à 2009

☞ La présence de cultures intermédiaires occasionne des gains ou des pertes sur la culture suivante. Les écarts moyens peuvent masquer variabilité importante.

☞ L'effet des légumineuses sur le rendement, observé pour de faibles niveaux de fertilisation azotée (0 à 50 kg de N/ha), de la culture suivante, est moins marqué lorsque la fertilisation est plus élevée (120 kg et plus) car l'azote est alors moins limitant.

☞ La présence de mélange avec des légumineuses n'induit pas forcément une augmentation significative du rendement, par contre il permet de diminuer la fertilisation minérale de la culture suivante.

Mise en œuvre des cultures intermédiaires avec légumineuses - Quelques exemples de couverts utilisés - Références disponibles en Poitou-Charentes

QUELQUES PRECAUTIONS A PRENDRE POUR REUSSIR LES CULTURES INTERMEDIAIRES AVEC LEGUMINEUSES :

1 ⇒ Privilégier une date de semis précoce (fin juillet - début août)

L'utilisation de légumineuses nécessite un semis précoce (fin juillet - début août) afin d'obtenir un **développement important** du couvert et de **bénéficier des avantages** de cette famille.

En effet, les légumineuses ont une vitesse de croissance plus lente que les autres types de cultures intermédiaires et nécessitent des « jours longs » et des températures clémentes (plus élevées).

2 ⇒ Soigner la technique d'implantation

Un semis du couvert à la « volée » est **possible** mais il est alors conseillé de le faire suivre par un **déchaumage ou un roulage** pour enfouir légèrement les semences. Les techniques du semis direct ou du semis « en ligne » classique permettent de **mieux maîtriser** la profondeur, la densité et l'homogénéité du semis mais sont moins économiques.

En effet, les exigences de semis des légumineuses sont, selon les espèces, moyennes (ex : féverole, vesce) à fortes (trèfles). La germination des semences laissées en surface est délicate et un bon contact de la graine avec le sol est préférable pour maximiser les chances de levée.



De gauche à droite : distributeur de granulés anti-limaces monté sur un cover-crop pour semer à la volée des petites graines lors du déchaumage, épandeur pneumatique (DP 12) pour le semis « à la volée », outil de semis direct pour un semis plus soigné.

3 ⇒ Ne pas détruire le couvert trop tôt (pas avant décembre)

Il est conseillé de **maintenir le couvert au moins jusqu'en décembre** pour favoriser son **développement**, bénéficier de ses **avantages** le plus longtemps possible (en particulier la **capacité des légumineuses à fixer de l'azote**) et **éviter tout risque de lixiviation** dû à une minéralisation rapide des résidus (*risque environnemental et non valorisation de l'azote capitalisé par le couvert*).

En effet, les années à automnes doux et humides sont favorables aux légumineuses qui poursuivent leur croissance et leur activité de fixation symbiotique jusqu'aux gelées.

De plus, une destruction trop anticipée combinée à la vitesse de minéralisation rapide des résidus de légumineuses peut provoquer la libération d'azote minéral trop précocement et conduire à un risque de lixiviation.



Quelques contraintes techniques peuvent apparaître avec les mélanges qui complexifient parfois la conduite du couvert :

- la **date de semis** optimale n'est **pas** forcément **la même** pour toutes les espèces du mélange

☞ Privilégier la date de semis des espèces les plus « délicates » mais attention aux semis trop précoces si présence dans le mélange d'espèces qui montent rapidement à graine (moutarde, phacélie, sarrasin).

- la **diversité des formes et tailles de graines** peut s'avérer contraignante lors du semis (2 dispositifs de semis sont parfois nécessaires pour obtenir une répartition homogène possible des espèces)

☞ Les outils de semis direct sont souvent équipés de plusieurs caissons de semences ; l'un d'eux peut être utilisé pour les grosses graines, l'autre pour les petites : le tri « gravitaire » est ainsi évité.

☞ Pour un semis « à la volée », préférer les épandeurs pneumatiques type « DP12 » aux centrifuges qui projettent les graines à des distances variables suivant leur densité et leur forme.

- les différentes espèces d'un mélange ne présentent **pas nécessairement une sensibilité identique aux différents modes de destruction** (gel, travail du sol, herbicides) et il est parfois difficile de trouver un mode de destruction efficace.

☞ Choisir des variétés de printemps plus sensibles au gel.



REFERENCES POITOU-CHARENTES :

Coûts de gestion de l'interculture

Coût et temps de travail à ajouter à un itinéraire "classique"
(c'est-à-dire interculture conduite en sol nu)

Poste de dépense	Surcoût moyen (€/ha)		Temps de travail supplémentaire (min/ha)
	Sans légumineuses	Avec légumineuses	
Semences (prix à l'achat)	15 (moutarde, avoine) à 70 (phacélie, sarrasin)	40 (trèfle) à 100 (gesse, vesce)	/
Implantation	5 (semis à la volée + déchaumage pour enfouir les graines) à 40 (déchaumage + semoir combiné avec herse rotative)*		10 à 35
Destruction	0 (uniquement par le gel) à 40 (broyage ou glyphosate)*		0 à 35
TOTAL	20 à 150 €/ ha	55 à 180 €/ ha	10 à 70 min / ha

* Coûts de mécanisation (carburant + usure + amortissement) + main d'œuvre (15€/h, barème entraide) + glyphosate (uniquement en cas de destruction chimique)

Remarques :

Le mode de destruction le plus long et le plus coûteux reste le labour (en moyenne 1h et 50 €/ha) mais il n'a pas été pris en compte car ce n'est pas un passage "en plus" par rapport à l'itinéraire "classique".

L'autoproduction de semences est une solution pour **réduire leur prix**, en particulier pour le sarrasin (20 €/ha dans les meilleurs cas) et les légumineuses (de 10 à 30 €/ha pour du pois, de la féverole ou de la vesce).

Source : enquêtes réalisées au printemps 2009 auprès de 10 agriculteurs de Poitou-Charentes qui utilisent des cultures intermédiaires depuis plusieurs années



Semis à la volée : un mode d'implantation rapide et économique



Le broyage : une destruction coûteuse à réserver aux couverts très développés



Une alternative économique à la destruction chimique : le roulage par temps de gel. En photo : rouleau fauca

Exemples de couverts



Avoine strigosa – pois – vesce



Avoine strigosa – vesce – phacélie – radis chinois



Avoine strigosa – vesce

Exemples de mélanges (+ densité en kg / ha)	Prix des semences (€/ ha)	Période de semis	Biomasse produite (moy. en t de MS/ha)	Azote parties aériennes (moy. en kg / ha)
tournesol (15 kg) + vesce (25 kg)	35	05/07 au 10/08	4,1	125
avoine strigosa (15 kg) + vesce (20 kg) + trèfle d'Alexandrie (6 kg) + phacélie (2 kg)	60	20/07 au 25/08	3,7	120
pois (25 kg) + vesce (25 kg)	55	15/07 au 20/08	3,6	115
seigle (30 kg) + trèfle d'Alexandrie (20 kg)	50	20/07 au 25/08	3,2	80
avoine strigosa (20 kg) + pois (30 kg)	50	20/07 au 25/08	3,2	80
avoine strigosa (15 kg) + pois (20 kg) + vesce (15 kg)	50	20/07 au 25/08	2,9	75
avoine strigosa (15 kg) + phacélie (2 kg) + radis chinois (1 kg) + vesce (20 kg)	55	20/07 au 25/08	2,7	70
avoine strigosa (25 kg) + moutarde (5 kg)	35	05/08 au 10/09	2,6	65
moutarde (8 kg)	12	05/08 au 10/09	2,5	70
seigle hybride (15 kg) + trèfle d'Alexandrie (15 kg)	55	20/07 au 25/08	2,5	85
avoine strigosa (20 kg) + gesse (25 kg)	70	20/07 au 25/08	2,4	65
avoine strigosa (20 kg) + vesce (25 kg)	50	20/07 au 25/08	2,3	65
phacélie (3 kg) + trèfle incarnat (10 kg)	35	20/07 au 25/08	2,3	60
phacélie (5 kg) + seigle (35 kg)	35	30/07 au 05/09	2,2	50
avoine strigosa (20 kg) + féverole (80 kg)	100	20/07 au 25/08	2,2	65
seigle forestier (15 kg) + vesce (25 kg)	50	20/07 au 25/08	2,2	75
phacélie (10 kg)	45	05/08 au 10/09	2,1	55
avoine strigosa (40 kg)	45	30/07 au 05/09	2,0	40
avoine (40 kg) + vesce (25 kg)	40	20/07 au 25/08	1,9	60
ray-grass (10 kg) + vesce (25 kg)	50	20/07 au 25/08	1,6	45
avoine strigosa (25 kg) + phacélie (5 kg)	50	30/07 au 05/09	1,6	40
seigle (30 kg) + vesce (20 kg)	30	20/07 au 25/08	1,6	50
nyger (10 kg) + vesce (20 kg)	55	05/07 au 10/08	1,3	40
phacélie (3 kg) + seigle forestier (20 kg)	45	30/07 au 05/09	1,3	35
avoine strigosa (25 kg) + navette (5 kg)	45	20/07 au 25/08	1,3	40
moutarde (6 kg) + sorgho (10 kg)	35	20/07 au 25/08	1,2	25
moutarde (5 kg) + nyger (10 kg)	40	20/07 au 25/08	1,2	20

En vert : mélanges avec légumineuses, en jaune : mélanges sans légumineuses, en violet : espèces pures « références ».

Source : compilation d'essais réalisés par les Chambres d'Agriculture de Poitou-Charentes et de l'Indre

👉 Quelle règle suivre pour choisir la dose de semis de chaque espèce dans un mélange ?

- Définir la proportion souhaitée de chaque espèce dans le mélange (*Attention, la somme doit être égale à 100% !*)
- Multiplier la dose préconisée pour chaque espèce en pure par cette proportion souhaitée
- La valeur obtenue est la dose de semis à adopter

Espèces à associer dans le mélange	Proportions souhaitées	Dose utilisée en pure (kg/ha)	Dose dans le mélange (kg/ha)
Vesce	50%	40 kg	20 kg (0,5 x 40 kg)
Avoine strigosa	40%	40 kg	16 kg (0,4 x 40 kg)
Radis chinois	10%	10 kg	1 kg (0,1 x 10 kg)

Biomasse produite par deux types de couverts sur les principaux sols régionaux (Références actuelles)

(Valeurs moyennes en tonne de MS/ha)

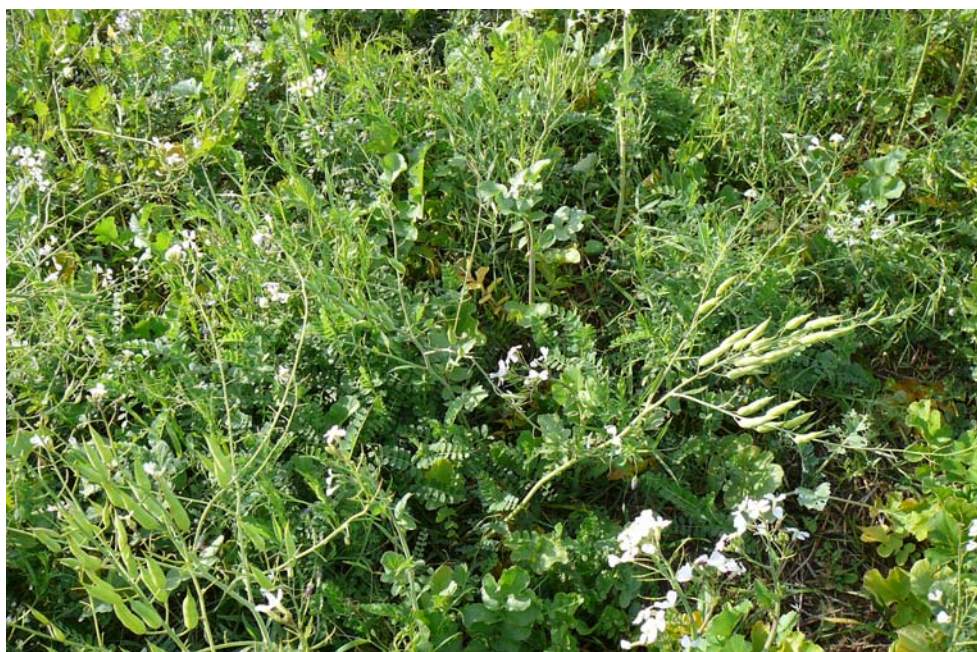
Type de couvert	Groie superficielle (RU = 75 mm)	Groie moyenne (RU = 100 mm)	Groie profonde (RU = 125 mm)	Champagne /Aubue	TRC	Limon sain	Moyenne tous types de sol
Couvert "classique" (moutarde, avoine, phacélie, ...)	1,9	1,5	1,7	1,5	2,7	2,3	1,9
Couvert "association" (légumineuse + autre espèce)	1,9	2,5	2,5	1,8	3,4	3,2	2,4

Source : Chambre d'Agriculture de Poitou-Charentes, compilation d'essais de 1983 à 2009 et simulations (STICS)
TRC : Terres Rouges à Châtaigniers

Quelques éléments explicatifs des différences de développement des cultures intermédiaires pour les différents sols

Types de sols	Réserve utile du sol	Minéralisation de la matière organique du sol à l'automne (disponibilité en azot pour le couvert)	Facilité d'implantation	Développement du couvert (accès à l'eau disponible, réchauffement du sol)
Argilo-calcaire superficiel	☹️	😊	😊	😊 à 😊
Argilo-calcaire moyen	😊	😊 à 😊	😊	😊 à 😊
Argilo-calcaire profond	😊	😊	😊	😊
Argile	😊	😊	😊 à 😊	😊
Argilo-sableux ou sablo-argileux	😊	😊	😊	😊
Aubue / Champagne	😊 à 😊	😊	😊 à 😊	😊
Terres rouges à châtaigniers	😊😊	😊😊	😊	😊😊
Limon sain	😊😊	😊😊	😊	😊😊

Légende : ☹️ : défavorable 😊 : aucun effet ou limité 😊 : favorable à très favorable



Mélange radis – vesce – gesse

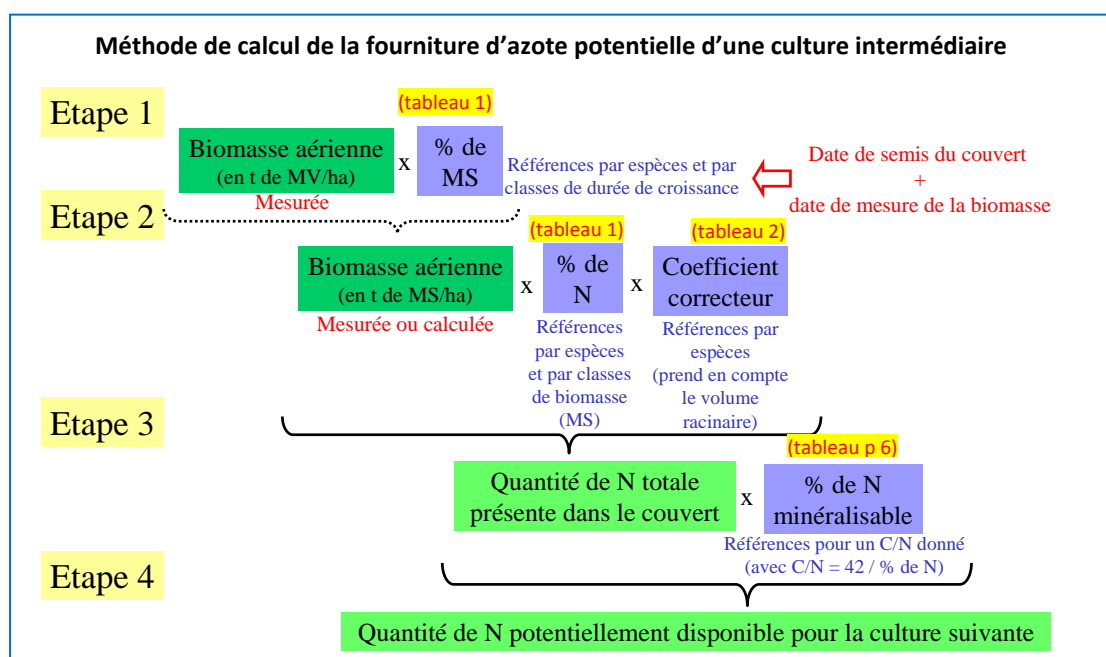
« MERCI » : Méthode d'Estimation des éléments Restitués par les Cultures Intermédiaires

Les références acquises après plusieurs années d'études des cultures intermédiaires par la Chambre d'Agriculture de Poitou-Charentes ont permis de mettre au point une Méthode d'Estimation des Restitutions potentielles de N P K par les Cultures Intermédiaires « MERCI ». Cette méthode se veut simple et opérationnelle pour être facilement utilisée sur le terrain. Basée sur la mesure de la biomasse verte, elle s'inspire de la méthode du Cétiom pour estimer l'azote piégé en sortie hiver par le colza.

Méthode de calcul de la fourniture en azote pour des couverts monospécifiques

La méthode est composée de **quatre étapes** :

1. mesure de la matière verte produite
2. estimation de la matière sèche produite correspondante
3. calcul de la quantité totale d'azote stockée par le couvert (aérienne + racinaire)
4. évaluation de l'azote potentiellement disponible



Remarques :

- les étapes 1 et 2 sont facultatives si l'on dispose de mesures de biomasse en matière sèche.
- une variante de la méthode est basée sur une mesure de la hauteur des couverts (*disponible pour un nombre limité d'espèces seulement : colza, moutarde, radis, avoine, seigle et phacélie*).

N. B. :

- **Mesure de biomasse aérienne verte** : très simple à mettre en œuvre mais nécessitant des précautions car la mesure peut être facilement faussée par la présence de rosée ou d'eau de pluie
- **Mesure de biomasse aérienne sèche** : plus contraignante à mettre en œuvre puisqu'elle exige un passage de : 48 h en étuve mais plus précise.



Si les prélèvements sont réalisés en conditions humides (cf. photo), la méthode par pesée de la matière sèche après passage à l'étuve est fortement conseillée.

Attention ! Prélever toute la biomasse aérienne, y compris les parties racinaires au-dessus du sol, par exemple pour le radis chinois (cf. médaillon).

1. Mesure de la matière verte produite

La mesure de biomasse verte au champ sera réalisée **au moment de la destruction** du couvert en réalisant des prélèvements sur 1 m² en au moins trois points différents (3 fois 1 m² ou 6 fois 0,5 m²) pour tenir compte de l'hétérogénéité du terrain. On prendra soin de réaliser les prélèvements dans des **conditions météorologiques favorables** (un jour ensoleillé, de préférence en fin de matinée ou l'après-midi) pour éviter une surestimation de la biomasse due à la rosée ou aux précipitations (humidité supplémentaire). La pesée devra être réalisée dès que possible (au champ serait l'idéal) pour éviter les pertes de poids par évaporation.

2. Estimation de la matière sèche produite correspondante

La teneur en matière sèche est estimée en fonction de la durée de croissance (ou de développement) des couverts :
durée de croissance (en jours) = date de mesure - date de semis (ou de levée pour les repousses)
(références pour des durées de croissance < 60 j, comprises entre 60 et 90 j ou > 90 j : tableau 1, colonnes 3 à 5).

Famille	Espèces	% de MS (en fonction de la durée de croissance)			% d'azote de la MS (en fonction de la MS totale du couvert)				% de P ₂ O ₅	% de K ₂ O
		< 60 j	< 90 j	> 90 j	< 1 t	< 2 t	< 3 t	> 3 t		
crucifères	choux fourrager	22	22	22	4,2	2,7	2,6	2,3	0,6	3,5
	colza d'hiver	14	15	18	3,4	2,5	2,0	2,0	0,6	3,5
	moutarde blanche	13	16	18	3,6	2,8	2,5	2,3	0,5	3,0
	navette	10	13	21	2,9	2,6	2,4	2,1	0,6	4,0
	radis	11	13	15	3,3	3,0	2,7	2,4	0,6	4,0
	radis chinois	12	12	12	2,4	2,4	2,3	2,2	0,6	4,0
	repousses de colza d'hiver	20	23	25	3,2	2,5	2,5	2,5	0,6	3,5
	autres crucifères (moyenne)	16	17	18	3,1	2,7	2,6	2,3	0,4	3,4
graminées	avoine de printemps	16	19	21	3,0	2,7	2,4	2,3	0,3	2,5
	avoine d'hiver	16	19	21	3,7	2,8	2,6	2,5	0,3	2,5
	avoine fourragère (strigosa)	18	18	20	2,3	2,3	1,5	1,5	0,4	2,5
	blé tendre d'hiver	23	23	23	3,0	2,1	2,1	2,1	0,4	2,5
	orge (printemps / hiver)	12 / 17	14 / 19	17 / 24	3,1	2,6	2,2	1,6	0,4	2,5
	ray-grass d'Italie	16	16	19	2,8	2,5	2,0	1,7	0,5	0,3
	ray-grass hybride	16	16	19	2,2	2,0	1,8	1,7	0,5	0,3
	repousses de blé tendre	18	18	23	2,7	2,4	2,1	1,7	0,4	2,5
	seigle classique	16	16	17	3,7	2,9	2,3	2,3	0,5	2,5
	seigle hybride (J.D.)	23	23	24	3,3	2,7	2,3	2,1	0,5	3,3
	sorgho fourrager	14	14	14	3,0	3,0	2,4	1,9	0,4	2,5
	autres graminées (moyenne)	18	20	21	3,1	2,6	2,2	2,1	0,3	2,2
composées	nyger	13	17	21	2,5	2,5	1,6	1,2	0,4	3,0
	tournesol	12	13	16	1,9	1,9	1,9	1,6	0,4	3,0
linéacées	lin	22	22	22	2,5	2,2	2,0	2,0	0,3	2,6
hydrophyllacées	phacélie	8	9	11	3,1	2,7	2,5	2,4	0,6	5,0
polygonnacées	sarrasin	22	23	25	2,6	2,2	2,0	1,8	0,6	2,3
légumineuses	fenugrec	16	16	16	3,2	3,2	3,2	3,2	0,6	3,5
	féverole (hiver & printemps)	14	14	14	4,0	4,0	4,0	3,2	0,6	3,5
	gesse	16	16	14	4,4	4,1	3,9	3,4	0,6	3,5
	lentille	18	18	15	4,3	3,5	3,5	3,2	0,6	3,5
	luzerne	32	32	32	2,3	2,3	2,3	2,3	0,6	3,5
	méliot	30	30	30	2,0	2,0	2,0	2,0	0,6	3,5
	minette	19	19	19	3,0	3,0	3,0	2,4	0,6	2,5
	pois (protéagineux / fourrager)	19 / 12	19 / 12	19 / 12	3,2	3,2	3,2	3,2	0,4	1,9
	trèfle blanc	24	24	24	2,0	2,0	1,9	1,8	0,4	3,3
	trèfle d'Alexandrie	10	11	13	3,7	3,2	3,0	2,5	0,4	3,3
	trèfle incarnat (et trèfle hybride)	21	21	22	3,3	3,3	2,7	2,2	0,4	3,3
	trèfle souterrain	24	24	24	1,8	1,8	1,8	1,8	0,4	3,3
	trèfle violet (et trèfle de Perse)	17	17	17	3,3	3,3	2,7	2,2	0,4	3,3
	vesce (hiver & printemps)	21	21	15	4,1	3,9	3,9	3,7	0,5	3,5
autres légumineuses (moy.)	16	16	14	3,6	3,5	3,3	3,2	0,4	3,2	

Tableau 1. Références régionales des teneurs en MS, N, P et K des différentes espèces de cultures intermédiaires.

Source : compilation d'essais Poitou-Charentes de 1982 à 2009 (Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes), complétée par des essais de la Chambre Régionale de Bretagne, des CA 03, 10, 26, 36, 59, 63, 67 et 89.

3. Calcul de la quantité d'azote stockée par le couvert

La teneur en azote est estimée par classe de biomasse pour prendre en compte l'effet de « dilution de l'azote » dans les couverts développés.

(références pour des biomasses < 1, 2 ou 3 t ou > 3 t de MS/ha : tableau 1, colonnes 6 à 9).

=> On peut en déduire la quantité d'azote stockée dans les parties aériennes.

🔑 Coefficients d'azote plante entière

L'azote racinaire ne doit pas être négligé : des coefficients déterminés par grand groupes d'espèces permettent de convertir l'azote des parties aériennes en azote plante entière (azote aérien + racinaire).

Coefficient correcteur azote racines	Espèces
1,1	lin, moutarde, phacélie, sarrasin, nyger, tournesol, vesce
1,2	colza, navette, radis, graminées
1,3	radis chinois, légumineuses (sauf vesce et méliilot)
1,5	méliilot

Tableau 2. « Coefficients d'azote plante entière » des principales espèces de cultures intermédiaires.

Source : compilation d'essais de la Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes, des CA 03, 26, 29 et 80 et d'Arvalis.

=> On peut en déduire la quantité d'azote totale stockée par la culture intermédiaire.

4. Estimation de l'azote potentiellement disponible

L'azote contenu dans la biomasse du couvert n'est pas restitué à la culture suivante dans son intégralité. Seule une part d'azote des résidus de couverts rapidement minéralisée est disponible. Elle est estimée à partir du C/N, sachant que la teneur en carbone des couverts est relativement stable (42 % en moyenne).

Des correspondances entre le C/N des résidus de cultures intermédiaires et leur pourcentage d'azote facilement minéralisable ont été établies par simulations, grâce au modèle STICS (correspondances présentées dans le tableau p 6).

=> On peut en déduire la quantité d'azote potentiellement disponible pour la culture suivante.

Variante : méthode basée sur la mesure de la hauteur du couvert

Pour un nombre limité d'espèces, une relation entre la hauteur du couvert et sa biomasse a été mise en évidence (équations présentées dans le tableau 3).

La pesée de biomasse peut alors être remplacée par une simple mesure de la hauteur du couvert à sa destruction répétée en **au moins trois placettes différentes** de la parcelle.

La suite de la procédure (étapes 2, 3 et 4) reste la même.



Tableau 3. Relation entre la hauteur et la biomasse produite de quelques espèces de cultures intermédiaires

Source : compilation d'essais de la Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes et de la CA 67.

Espèces	Equation	Domaine de validité (hauteur max en cm)
Colza d'hiver et repousses de colza	$y = 0,1107 x^{0,8474}$ $R^2 = 0,77$ (10 valeurs)	50
Moutarde blanche	$y = 0,0607 x^{0,8446}$ $R^2 = 0,80$ (55 valeurs)	130
Radis	$y = 0,1446 x^{0,7786}$ $R^2 = 0,7501$ (14 valeurs)	100
Avoine d'hiver et de printemps	$y = 0,059 x$ $R^2 = 0,82$ (18 valeurs)	60
Avoine fourragère (strigosa)	$y = 0,0409 x$ $R^2 = 0,72$ (11 valeurs)	90
Seigle classique	$y = 0,0925 x$ $R^2 = 0,5821$ (11 valeurs)	35
Seigle hybride (J.D.)	$y = 0,0925 x$ $R^2 = 0,5821$ (11 valeurs)	35
Phacélie	$y = 0,0536 x$ $R^2 = 0,76$ (12 valeurs)	80

Méthode de calcul de la fourniture en phosphore et potassium

L'effet de dilution avec l'augmentation de la biomasse produite est négligeable pour le phosphore et le potassium. Pour le calcul des restitutions de ces deux éléments, la teneur de référence est donc la même quelque soit la biomasse produite (références : tableau 1, colonne 10 pour P_2O_5 et 11 pour K_2O).

Pour les étapes 1 à 3, la procédure est la même que pour le calcul de la fourniture en azote.

De plus, on peut considérer que tout le phosphore et tout le potassium fixé par les cultures intermédiaires peut-être utilisé par la culture suivante. Dans l'étape 4, la proportion est donc de 100% pour ces deux éléments.

Adaptation aux couverts plurispécifiques

Pour les **couverts plurispécifiques**, la biomasse verte sera mesurée pour chaque espèce après un tri minutieux de celles-ci dans chaque prélèvement. Les quatre étapes de la méthode décrite dans le paragraphe précédent seront ensuite appliquées à chaque espèce et les quantités d'azote, de phosphore et de potassium obtenues seront cumulées pour donner les quantités potentiellement restituées par le couvert.



Dans l'étape 3, la teneur en azote est estimée par classe de biomasse en prenant la biomasse **totale** du couvert (somme des biomasses de toutes les espèces). Ceci permet de prendre en compte la compétition pour l'azote exercée par les autres espèces du mélange.



La méthode la plus pratique consiste à séparer les différentes espèces dès le prélèvement au champ.

Attention ! La variante basée sur la mesure de la hauteur n'est pas utilisable pour des couverts plurispécifiques : une pesée est nécessaire pour connaître la proportion de chaque espèce dans le mélange.

Exemple de calcul :

Données sur la culture intermédiaire.

- Association : avoine strigosa (25 kg/ha) + vesce d'hiver (25 kg/ha)
- Dates : d'implantation : 22/08/08
de destruction : 05/01/09 ☑ durée de croissance : 136 jours

Mesures réalisées au champ

- Biomasse totale (moyenne de 3 répétitions) : 1,6 kg / m²
dont : avoine strigosa = 0,95 kg / m² (60 %)
vesce d'hiver = 0,65 kg / m² (40 %)

Calcul de l'azote potentiellement disponible pour la culture suivante

Couverts	Avoine strigosa	Vesce d'hiver
Biomasse verte	0,95 kg/m ²	0,65 kg/m ²
% MS de référence	18 %	18 %
MS en tonne par ha	1,7 t MS /ha	1,2 t MS/ha
	1,7 + 1,2 = 2,9 t de MS/ha	
% N de référence (pour 2,9 t MS/ha)	1,5 %	3,9 %
N MSa en kg /ha	26 kg/ha	46 kg/ha
Coefficient multiplicatif (« racines »)	Graminée : 1,2	Vesce 1,1
Total N MS plante entière kg/ha	31 t MS /ha	50 t MS/ha
C/N de référence	28	11
% de restitution potentielle de référence	25	50
Azote potentiellement restitué	8	25
	8 + 25 = 33 => 30 kg/ha*	

* valeur arrondie au multiple de 5 inférieur



Un applicatif informatique de la méthode « MERCI » a été développé par la Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes pour réaliser ces calculs.

Pour obtenir cet outil contacter :

Sébastien Minette
05.49.55.61.74

sebastien.minette@poitou-charentes.chambagri.fr

Comparaison récapitulative des différents types de couverts

Appellation	Description	Piégeage de l'azote avant la période de drainage	Diminution du risque de lessivage tardif	Biomasse produite (t de MS/ha)	Quantité d'azote stocké (N en kg/ha)	Quantité d'azote restituée (N en kg/ha)	Effet sur le rendement de la culture suivante	
							gain de rendement	taux protéique
<i>Classique</i>	Cultures intermédiaires, monospécifiques ou plurispécifiques, sans légumineuses	😊😊😊	😊😊	😊😊	😊😊	😞 à 😊	😞 à 😊	😞 à 😊
<i>Légumineuse pure</i>	Cultures intermédiaires, monospécifiques ou plurispécifiques, à base de légumineuses pures	😞 à 😊	😞 à 😊	😊	😊😊	😊😊	😞 à 😊😊😊	😊😊
<i>Association</i>	Mélange de 2 espèces au minimum dont au moins une appartient à la famille des légumineuses et au moins une autre appartient à une famille classique	😊😊	😞 à 😊	😊😊😊	😊😊😊	😊😊	😞 à 😊😊😊	😞 à 😊

Légende : 😞 : défavorable 😞 : aucun effet ou limité 😊 : favorable à très favorable

Pour résumer ...



Les légumineuses peuvent être utilisées comme cultures intermédiaires à condition :

- 👉 D'être **associées** à d'autres **espèces** (*crucifères, graminée, ...*) afin de remplir correctement le rôle de « piège à nitrates » à l'automne
- 👉 De **semmer le mélange relativement tôt** (*début à mi-août*) afin de bénéficier des jours longs et des températures chaudes nécessaires au développement des légumineuses
- 👉 D'**avoir de l'eau** (*précipitations, orages, ...*) pendant les mois d'août et septembre
 - ⇒ *c'est aussi le cas pour les autres espèces de cultures intermédiaires (avoine, moutarde, ...) !!*
- 👉 De **maintenir les couverts le plus longtemps possible** afin de capitaliser le maximum d'azote par fixation atmosphérique et d'éviter tout problème de minéralisation rapide des résidus du couvert (*libération précoce d'azote pouvant être lessivé*)
 - ⇒ *maintien des couverts pendant les mois d'octobre, novembre, décembre*
 - ⇒ *destruction pertinente entre le 05/01 et le 15/02*
- 👉 D'éviter les problèmes de « phyto-rémanence » de certains produits, en particulier certaines sulfonilurées utilisées sur les précédents « céréale à pailles »
 - ⇒ *aucun ou mauvais développement des légumineuses et crucifères*
 - ⇒ *problème accentué si sol riche en matière organique, travail du sol simplifié, utilisation tardive des herbicides, ...*



Les références bibliographiques sur les cultures intermédiaires de la Chambre d'Agriculture de Poitou-Charentes

MINETTE S., 2005. Gestion de l'interculture et qualité de l'eau. Quatre années de références en Poitou-Charentes sur la gestion de l'Interculture. Agrotransfert Poitou-Charentes, 73p.

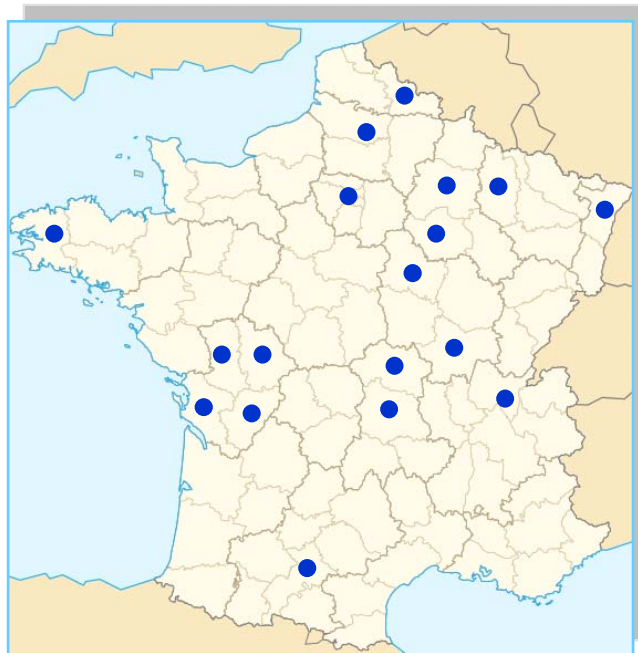
MINETTE S., 2009. Caractéristiques des principales cultures intermédiaires - Références disponibles pour la région Poitou-Charentes. Chambre d'Agriculture Poitou-Charentes, 48p.

VERICEL G., 2009. Concilier préservation de l'environnement et intérêts économiques : un double challenge pour les cultures intermédiaires. Synthèse bibliographique. 39 p.

VERICEL G., 2009. Utilisation de légumineuses comme couverts pendant la période d'interculture : étude de leurs impacts environnementaux, agronomiques et économiques. Mémoire de fin d'études, ENITA de Clermont-Ferrand. 45 p.

Sources des données

- Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes
- Chambre d'Agriculture de Charente
- Chambre d'Agriculture de Charente-Maritime
- Chambre d'Agriculture des Deux-Sèvres
- Chambre d'Agriculture de la Vienne
- Chambre d'Agriculture de l'Indre
- Chambre d'Agriculture de la Marne
- Chambre d'Agriculture de l'Allier
- Chambre d'Agriculture du Finistère
- Chambre d'Agriculture de la Meuse
- Chambre d'Agriculture du Nord
- Chambre d'Agriculture du Puy-de-Dôme
- Chambre d'Agriculture de la Drôme
- Chambre d'Agriculture de Saône et Loire
- Chambre d'Agriculture de l'Yonne
- Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin
- Chambre d'Agriculture de l'Aube
- FDGEDA de l'Aube
- INRA Grignon, Toulouse
- Centre Régional d'étude de l'agriculture biologique (CREAB)
- Agrotransfert Ressources et Territoires (Picardie)
- Institut Technique de la Betterave (ITB)
- Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA)



**CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE
DE POITOU-CHARENTES**

INRA Les Verrines

86 600 LUSIGNAN

Tél. : 05 49 55 61 74



**Secrétariat : Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes
Agropole - Route de Chauvigny
BP 50002 - 86550 MIGNALOUX-BEAUVOIR**