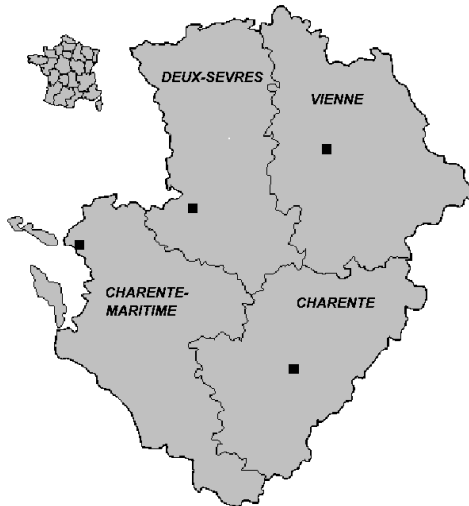


Caractéristiques des principales cultures intermédiaires



*Références disponibles pour
la région Poitou-Charentes*



Réalisé à partir :

- des essais conduits en Poitou-Charentes 2000 -2008
- résultats de simulation
- compilation bibliographique

S. Minette
05.49.55.61.74

Décembre 2009

Implantation

- densité de semis : 8 à 10 kg / ha
- PMG : 1.8 à 2 g
- type de sol : adapté à tous les types de sols
- semis délicat : graine nécessitant d'être bien enterrée (2 à 3 cm, germination à l'obscurité) dans un « lit de semence » fin et rappuyé (roulage conseillé)
 - ⇒ semis à la « volée » déconseillée (PMG faible, semis)
- date de semis conseillée : 20/08 au 5/09

Développement

- seuil de température de croissance : 4.5 à 5.5 °C
- croissance rapide, floraison 50 à 60 jours après semis (*floraison étagée, longue*)

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
1.8 (0.2 à 4.1)	2.30%	58 (17 à 84)	58*1.1 = 64	15	80

Destruction

- destruction avant ou au stade « floraison » pour éviter tout risque de ré-ensemencement
- plante gélive à partir de « - 4 °C »
- destruction par broyage, roulage en période de gel, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 à 35 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- coupure dans la rotation (famille non cultivée)
- potentiel de piégeage de l'azote élevé
- plante mellifère
- bonne restructuration du sol, système racinaire « mixte » (*pivot + »fasciculé «*)
- plante étouffante si bien développée (peu d'adventices dans la parcelle)
- effet répulsif contre les altises / pucerons est évoqué dans la bibliographie (*à confirmer !*)
- prix des semences élevées (*4.50 €/kg, 45 €/ha*)
- semence fermière délicate à produire (*floraison étagée, récolte délicate, rendement faible*)
- semis soigné impératif
- difficulté de développement en début de cycle si période sèche **ou** concurrence avec adventices et repousses

MOUTARDE BLANCHE

Sinapis Alba - Crucifères

Implantation

- densité de semis : 8 à 10 kg / ha
- PMG : 6 à 8 g
- type de sol : adapté à tous les types de sols
- semis très facile (fort pouvoir germinatif), à réaliser « à la volée », roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 20/08 au 5/09

Développement

- germination et croissance très rapide, floraison 50 à 60 jours après semis
- seuil de température de croissance : 3 °C
- floraison étagée (2 à 3 semaines)

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
1.9 (0.5 à 4.1)	2.50%	45 (20 à 139)	45*1.1 = 50	25	80

Destruction

- destruction avant ou au stade « floraison » pour éviter tout risque de ré-ensemencement
- plante gélive à partir de « - 7 °C » (*pendant plusieurs jours*)
- destruction par broyage, roulage en période de gel, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 à 35 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- vitesse d'installation rapide (*protection du sol*) et plante étouffante si bien développée (*fort pouvoir concurrentiel, peu d'adventices dans la parcelle*)
- potentiel de piégeage de l'azote élevé
- prix faible : 1.50 € / kg, 15 à 20 € / ha (semence pouvant être facilement produite sur l'exploitation)
- bonne restructuration du sol, système racinaire « pivotant »
- destruction simple : gel, broyage, roulage,
- impacts favorables sur les maladies des céréales (fusarioses, piétin, ...) ⇨ *moutarde brune*
- à éviter dans les rotations avec colza (revenant tous les 3 à 4 ans)
- sensible aux tenthrèdes (chenilles)
- craint les stress hydriques (sécheresse) provoquant une montée à graine anticipée
⇨ respecter la période de semis (*éviter les semis précoces*)

Implantation

- densité de semis : 8 à 12 kg / ha
- PMG : 8 à 10 g
- type de sol : adapté à tous les types de sols
- semis très facile (*fort pouvoir germinatif*), à réaliser « à la volée », roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 10/08 au 5/09

Développement

- germination et croissance très rapide, floraison 50 à 60 jours après semis
- seuil de température de croissance : 3.5 à 4.5 °C
- floraison étagée (2 à 3 semaines), mais faible risque de « montée à graines »

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
1.4 (0.6 à 2.3)	2.9% (2.3 à 4.4)	36 (19 à 57)	36*1.2 = 43	20	80

Destruction

- destruction avant ou au stade « floraison » pour éviter tout risque de ré-ensemencement
- plante gélive à partir de « - 8 à 10 °C » (*pendant plusieurs jours*) ⇒ *peu sensible au gel*
- destruction par broyage, roulage en période de gel, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 à 35 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- vitesse d'installation rapide (*protection du sol*) et plante étouffante si bien développée (*fort pouvoir concurrentiel, peu d'adventices dans la parcelle*)
- potentiel de piégeage de l'azote élevé
- prix faible : 3.50 € / kg, 25-35 € / ha *semence pouvant être facilement produite sur l'exploitation*)
- bonne restructuration du sol, système racinaire « pivotant »
- impacts favorables sur les maladies des céréales (*fusarioses, piétin, ...*)
- à éviter dans les rotations avec colza (revenant tous les 3 à 4 ans)
- destruction délicate si pivot bien développé (redémarrage possible)
- craint les stress hydriques (sécheresse) provoquant la floraison, puis la montée à graine
⇒ *respecter la période de semis (éviter les semis précoces)*
- espèce déconseillée avant une culture de maïs (*impact sur développement du maïs ?*)

Remarques complémentaires

- Autre variété : « radis chinois » (PMG ~8 g, gel -8°C) : très fort développement du pivot (25-30 cm), fort « pouvoir restructurant » (*destruction du couvert délicate mais broyage simplifié*), tarif : 4,10 euros / kg

NAVETTE FOURRAGERE D'HIVER

Brassica rapa - Crucifères

Implantation

- densité de semis : 10 à 15 kg / ha
- PMG : 4 à 6 g
- type de sol : adapté à tous les types de sols
- semis très facile (fort pouvoir germinatif), à réaliser « à la volée », roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/08 au 5/09

Développement

- germination et croissance rapide, peu de risques de floraison ou montée à graines
- seuil de température de croissance : 4.5 à 5.5 °C
- pas de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote mais **sensiblement** identique au radis fourrager ou au colza

Destruction

- destruction à partir de décembre
- plante gélive à partir de « - 8 à 10 °C » (*pendant plusieurs jours*) ⇒ *peu sensible au gel*
- destruction par broyage, roulage en période de gel ou désherbage chimique
⇒ *sur plusieurs essais, destruction facilement réussie par « broyage + labour »*

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 à 35 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- vitesse d'installation rapide (*protection du sol*) et plante étouffante si bien développée (*fort pouvoir concurrentiel, peu d'adventices dans la parcelle*)
- potentiel de piégeage de l'azote élevé
- prix faible : 1.80 à 2.00 € / kg, 20-30 € / ha (semence pouvant être facilement produite sur l'exploitation)
- bonne restructuration du sol, système racinaire « pivotant »
- impacts favorables sur les maladies des céréales (fusarioses, piétin, ...)
- pâturage possible du couvert (fourrage apprécié)
- à éviter dans les rotations avec colza (revenant tous les 3 à 4 ans) ou avant tournesol
- destruction délicate si pivot bien développé, *mais plus facile que le radis*
- craint les stress hydriques (sécheresse) provoquant la floraison, puis la montée à graine
⇒ *respecter la période de semis (éviter les semis précoces)*
- espèce déconseillée avant une culture de maïs

COLZA D'HIVER

Brassica Napus - Crucifères

Implantation

- densité de semis : 8 kg / ha
- PMG : 6 g
- type de sol : adapté à tous les types de sols
- semis très facile (fort pouvoir germinatif), à réaliser « à la volée », roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/08 au 5/09

Développement

- germination et croissance rapide, pas de risques de floraison ou montée à graines
- seuil de température de croissance : 3 °C

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
1.5 (0.65 à 3.7)	2.7%	36 (14 à 64)	36*1.2 = 43	25	80

Destruction

- destruction à partir de décembre
- plante très peu gélive (- 10 °C », *pendant plusieurs jours*)
- destruction par broyage, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 à 35 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- vitesse d'installation rapide (*protection du sol*) et plante étouffante si bien développée (*fort pouvoir concurrentiel, peu d'adventices dans la parcelle*)
- potentiel de piégeage de l'azote élevé
- prix faible : 2.00 € / kg, 15-20 € / ha (semence fermière utilisable)
- bonne restructuration du sol, système racinaire « pivotant »
- impacts favorables sur les maladies des céréales (fusarioses, piétin, ...)
- à éviter dans les rotations avec colza (revenant tous les 3 à 4 ans) ou avant tournesol
- destruction délicate si pivot bien développé (redémarrage)
- craint les stress hydriques (sécheresse) ⇒ démarrage hétérogène du couvert
- espèce déconseillée avant une culture de maïs

Remarques complémentaires

- essayer du colza de printemps ⇒ *sensibilité au gel plus importante ?*

CAMELINE

Camelina sativa - Crucifères

Implantation

- densité de semis : 2 à 4 kg / ha (*en pure*)
- PMG : 1.5 à 2 g
- type de sol : adapté à tous les types de sols
- semis facile à réaliser (mais semence de très petite taille) :
 - possible « à la volée »
 - conseillé en « ligne » + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/08 au 5/09

Développement

- fort pouvoir germinatif
- croissance rapide de la culture

Destruction

- destruction à partir de décembre
- **plante très peu gélive (- 10 °C », *pendant plusieurs jours*)**
- destruction par broyage, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 à 35 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- vitesse d'installation rapide (*protection du sol*) et plante étouffante si bien développée (*fort pouvoir concurrentiel, peu d'adventices dans la parcelle*)
- potentiel de piégeage de l'azote élevé
- bonne restructuration du sol, système racinaire « pivotant »
- Production de semences fermières possibles (*objectif : 10-15 qx/ha*)
- « crucifère » donc à éviter dans les rotations avec colza (*revenant tous les 3 à 4 ans*) ou avant tournesol
- disponibilité en semences ??

TOURNESOL

Hélianthus annuus - Composées

Implantation

- densité de semis : 30 à 40 kg / ha
- PMG : 40 à 55 g
- type de sol : adapté à tous les types de sols
- semis facile à réaliser :
 - possible « à la volée »
 - conseillé en « ligne » + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 01/08 au 20/08

Développement

- germination et croissance moyenne, mais pas de couverture totale du sol
- seuil de température de croissance : 6 - 8 °C

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
3.3 (1.6 à 4.9)	1.90 %	60 (30 à 90)	60*1.1 = 65	?	?

Destruction

- plante gélive à partir de « - 2 à 4 °C » (*pendant plusieurs jours*)
- destruction par broyage, roulage en période de gel, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- résiste à la sécheresse
- enracinement profond, restructuration du sol (système racinaire « pivotant »)
- faible coût de la semence (0.30 € / kg), possibilité de la produire sur l'exploitation
- faible pouvoir concurrentiel sur adventices, couverture non totale du sol
 - ⇒ à associer à d'autres espèces
- à éviter dans les rotations avec du tournesol (revenant tous les 3 à 4 ans)
- sensible en fin de cycle aux maladies (sclérotinia, phomopsis, phoma)
 - ⇒ destruction du couvert si apparition des maladies

NYGER (niger)

Guizotia abyssinia - Composées

Implantation

- densité de semis : 8 à 10 kg / ha
- PMG : 3.2 g (250 grains / m² pour 8 kg/ha)
- type de sol : tous types de sol
- semis facile à réaliser :
 - possible « à la volée »
 - conseillé en « ligne » } *semis à 1 cm de profondeur*
- + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/07 au 20/08 (date limite 01/09) ⇔ *semis précoce*

Développement

- germination rapide et croissance moyenne (*levée délicate si nombreuses repousses ou adventices*)
- seuil de température de croissance : 6°C (*cf. tournesol*)

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
1.05	2.55 %	27	27*1.1 = 30	?	?

Destruction

- plante gélive à partir de « - 1 °C » (*destruction très rapide*)
- destruction par broyage, roulage en période de gel, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- supporte les conditions climatiques sèches de fin d'été (*juillet/août*)
- enracinement profond, bonne restructuration du sol (*système racinaire « pivotant »*)
- observations d'effet allélopathique (*à préciser*) = non développement des adventices mais aussi des plantes associées si nyger en « mélange »
- espèce facilement détruite par le gel, un broyage et/ou sensible aux herbicides totaux (*glyphosate*)
- coût de la semence moyen : 3.20 € / kg, 25-30 € / ha
- sensible aux limaces en début de développement de la culture
- pouvoir concurrentiel moyen sur adventices, couverture non totale du sol (*port dressé de la plante*)
- à éviter dans les rotations avec du tournesol (*revenant tous les 3 à 4 ans*)
- observation de développement hétérogène du couvert sur les parcelles

LIN (printemps ou hiver)

Linum usitatissimum - Linaceae

Implantation

- densité de semis : 20 kg / ha (5 à 10 kg si en mélange)
- PMG : 4 à 7 g
- type de sol : tous types de sol
- semis facile à réaliser :
 - possible « à la volée »
 - conseillé en « ligne » } semis à 1 cm de profondeur
- + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/07 au 20/08 (date limite 01/09) ⇨ *semis précoce*

Développement

- germination rapide et croissance moyenne (*levée délicate si nombreuses repousses ou adventices*)
- seuil de température de croissance : printemps : 5°C ; hiver : 0°C
- espèce à privilégier en association pour augmenter la diversité des familles dans les mélanges

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
0.75	2 %	15	15*1.1 = 17	?	?

Données issu d'un essai : semis le 05/08, biomasse réalisée le 26/09 (mesure précoce)

Destruction

- Printemps : plante gélive « 0 °C » (*destruction très rapide*) ; Hiver : très résistante au gel « - 13°C »
- destruction par broyage, roulage en période de gel, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- 0 à 15 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- supporte bien les conditions climatiques sèches de fin d'été (*juillet/août*)
- enracinement profond si développement important
- Peu d'adventices dans le couvert si développement important
- espèce facilement détruite mécaniquement ou chimiquement
- coût faible de la semence si « semence fermière »
- effet « suicide » sur l'orobanche du colza => provoque la germination de l'orobanche qui dépérit ensuite (*mécanismes « régulateurs » à préciser, mais diminution de l'orobanche dans le sol*)
- peu appétent pour les limaces
- **faible compétitivité de la culture par rapport aux adventices => à associer en « mélange »**

MAIS (grain ou fourrage)

Zea mays - Poacées

Implantation

- densité de semis : 80 000 grains / ha (25 à 30 kg en pure, si en mélange : 15-20 kg/ha)
- PMG : 310 à 350 g
- type de sol : tous types de sol
- semis facile à réaliser :
 - possible « à la volée »
 - conseillé en « ligne » } semis à 2-3 cm
de profondeur
- + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/07 au 20/08 (date limite 01/09) ⇨ *semis précoce*

Développement

- germination rapide et croissance moyenne
- seuil de température de croissance : 6°C
- espèce à privilégier en association pour augmenter la diversité des familles dans les mélanges

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
1.55	1.3 %	20	20*1.1 = 22	?	?

Données issu d'un essai : semis le 05/08, biomasse réalisée le 26/09 (mesure précoce)

Destruction

- plante gélique « 0 °C » (*destruction très rapide*)
- destruction par broyage ou gel

Impact sur la culture suivante

- 0 à 15 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (30 % de l'azote piégé)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- supporte bien les conditions climatiques sèches de fin d'été (*juillet/août*)
- enracinement profond si développement important,
- biomasse aérienne potentiellement importante, plante « tuteur » pour d'autres espèces
- peu d'adventices dans le couvert si développement important
- espèce facilement détruite mécaniquement ou par le gel
- possibilité de réaliser du semis direct d'une céréale d'automne (blé, orge) => couvert détruit par le gel pendant l'hiver
- coût faible de la semence si « semence fermière »
- effet « suicide » sur l'orobanche du colza => provoque la germination de l'orobanche qui dépérit ensuite (*mécanismes « régulateurs » à préciser, mais diminution de l'orobanche dans le sol*)
- espèce à associer en « mélange »
- déconseiller si la rotation comporte du maïs en culture principale

Implantation

- densité de semis : 70 à 80 kg / ha (50 kg/ha en mélange)
- PMG : 35 à 50 g
- type de sol : tous types de sol
- semis facile à réaliser : } *semis à 2 cm*
 - conseillé en « ligne »
 - possible « à la volée » + enfouissement (hersage) } *de profondeur*
- + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 10/08 au 05/09 (date limite 15/09)

Développement

- germination rapide et croissance moyenne (*levée délicate si nombreuses repousses ou adventices*)
- seuil de température de croissance : 0 - 2 °C

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
1.6 (0.7 – 3.3)	2.7 %	42 (19-96)	42*1.2 = 50	?	?

Destruction

- avoine de printemps gélive : - 3 °C ⇒ *facilement détruite par le gel, pas de redémarrage*
- avoine d'hiver très peu gélive (- 13°C) : destruction délicate
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif d'avoine maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines
- supporte assez bien les conditions climatiques sèches de fin d'été (août/septembre)
- enracinement assez profond, bonne restructuration du sol sur 0-25 cm (système « fasciculé »)
- observations d'effet allélopathique (*à préciser*) = non développement des adventices
- coût de la semence faible : 0.35 €/kg, 25-30 €/ha (possibilité de « semences fermiers »)
- plante « hôte » pour les pucerons (réservoir)
- très sensible à la rouille couronnée ⇒ *surtout si peu d'azote à prélever dans le sol*
(non transmise au blé et à l'orge) ⇒ *avoine de printemps moins sensibles (observations)*
- pouvoir concurrentiel moyen à fort sur adventices (*couverture parfois non totale du sol*)
- à éviter dans les rotations avec nombreuses céréales (*blé tendre, blé dur, orge, ...*)
- observation de développement hétérogène du couvert derrière les andains de moissonneuse (*paille*)
- réchauffement / ressuyage pouvant être plus long au printemps si
 ⇒ *si couvert ou résidus laissés en surface (évaporation moins importante)*
 ⇒ *si sol sensible à l'hydromorphie*

Implantation

- densité de semis : 30 - 40 kg / ha (*pure ou 20-25 kg/ha en mélange*)
- type de sol : tous types de sol
- semis facile à réaliser : } *semis à 2 cm*
 - possible en « ligne »
 - possible « à la volée » + enfouissement (hersage) } *de profondeur*
 - + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 01/08 au 05/09 (date limite 15/09)

Développement

- germination et croissance rapide (*espèce très compétitive vis-à-vis des adventices*)
- démarrage lent si forte chaleur à la levée
- seuil de température de croissance : 0 - 2 °C

Destruction

- peu sensible au gel (*sauf si développement très important à l'automne*)
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- 10 à 25 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif d'avoine maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines
- pas sensible à la rouille et à la JNO
- supporte assez bien les conditions climatiques sèches de fin d'été (*août/sept. sauf à la levée*)
- enracinement assez profond, bonne restructuration du sol sur 0-25 cm (*système « fasciculé »*)
- observations d'effet allélopathique (*à préciser*) = non développement des adventices
- coût de la semence faible : 1.20 €/kg, 30 €/ha (*coût moyen, possibilité de « semence fermière »*)
- pouvoir concurrentiel moyen à fort sur adventices (*couverture quasi-totale du sol*), fort tallage
- association possible avec des légumineuses (*vesces, trèfle, féverole, lathirus, ...*)
- possibilité d'épandre des effluents organiques sur (ou avant) l'implantation du couvert (*si autorisé*)
- possibilité d'ensilage pour alimentation animal ou foin si semis très précoce (*couvert appétent*)
- plante « hôte » pour les pucerons (*éventuel réservoir, mais couvert pas sensible à JNO*)
- à éviter dans les rotations avec nombreuses céréales (*blé tendre, blé dur, orge, ...*)
- observation de développement hétérogène du couvert derrière les andains de moissonneuse (*paille*)
- réchauffement / ressuyage pouvant être plus long au printemps si
 - ⇒ *si couvert ou résidus laissés en surface (évaporation moins importante)*
 - ⇒ *si sol sensible à l'hydromorphie*

RAY GRASS

Lolium Multiflorum - Graminées

Implantation

- densité de semis : 15 à 25 kg / ha
- PMG : 2 à 3 g
- type de sol : tous types de sol
- semis facile à réaliser : > conseillé en « ligne »
> délicat « à la volée » + enfouissement (hersage) } semis à 2 cm
de profondeur
- + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 01/08 au 25/08 (date limite 05/09)

Développement

- germination rapide et croissance moyenne (*levée délicate si nombreuses repousses ou adventices*)
- seuil de température de croissance : 4.5 °C

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
2.3 (0.7 – 4.8)	1.8 %	38 (24-95)	38*1.2 = 45	10	50

Destruction

- couvert non gélif : destruction délicate
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif du Ray Grass maintenu tardivement (mars) sur la disponibilité en eau pour la culture suivante (tournesol ou maïs) par diminution de la réserve en eau du sol*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines
- supporte assez bien les conditions climatiques sèches de fin d'été (août/septembre)
- enracinement assez profond, bonne restructuration du sol sur 0-25 cm (système « fasciculé »), protection contre la battance (couverture du sol importante après installation du couvert)
- pouvoir concurrentiel fort sur adventices si couvert homogène et bien développé
- coût de la semence faible : 1.80 €/kg, 25-30 €/ha
- adapté pour la production de « dérobée » : couvert ensilé ou pâturé (ex. avant maïs)
- délicat à détruire, possibilités de repousses dans céréales de la rotation (déconseiller dans les rotations céréalières)
- observation de développement hétérogène du couvert derrière les andains de moissonneuse (*paille*)
- plante « hôte » pour les pucerons (réservoir) et vecteur de maladies pour les céréales (*piétin, ...*)

MOHA

Setaria Italica Moharia - Graminées

Implantation

- densité de semis : 20 à 25 kg / ha
- PMG : 2 à 3 g
- type de sol : tous types de sol
- semis facile à réaliser : > conseillé en « ligne »
> possible « à la volée » + enfouissement (hersage) } semis à 1 cm
+ roulage conseillé (*rappuyage*) } de profondeur
- date de semis conseillée : 01/08 au 25/08 (*date limite 05/09*)

Développement

- germination rapide et croissance moyenne (*levée délicate si nombreuses repousses ou adventices*)
- floraison 50-60 jours après semis
- sensible au stress hydrique en début de cycle
- seuil de température de croissance : 4.5 à 5.5 °C (*nécessite des températures assez élevées*)
- pas de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote

Destruction

- couvert gélif : 0°C (*destruction facile*)
- destruction par broyage, roulage en période de gel, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol

Atouts / faiblesses

- risque de floraison et de montée à graines, pas de repousses
- après installation du couvert, supporte assez bien les conditions climatiques sèches de fin d'été
- enracinement assez profond, bonne restructuration du sol sur 0-25 cm (*système « fasciculé »*)
- pouvoir concurrentiel moyen sur adventices (*couvert homogène et bien développé*)
- destruction facile
- adapté pour la production de « dérobée » : couvert ensilé ou pâturé (*ex. avant maïs*) ou la récolte de graines (*graineterie, 25-30 qx/ha récoltés au 10-20 octobre pour semis au 1-10 juillet ex. après pois*)
- **risque de floraison et de montée à graines, pas de repousses**
- **production de biomasse aérienne moyenne**
- **coût de la semence moyen : 1.50 €/kg, 30-38 €/ha**
- **observation de développement hétérogène du couvert derrière les andains de moissonneuse (*paille*)**

Remarques complémentaires

- couvert à inclure dans les mélanges
- bon développement sur terrains calcaires (groies) à faible potentiel

SEIGLE

Secala Cereale - Graminées

Implantation

- densité de semis : 60 à 100 kg / ha
- PMG : 40 à 50 g
- type de sol : tous types de sol
- semis facile à réaliser : > conseillé en « ligne »
> possible « à la volée » + enfouissement (hersage) } semis à 1 cm
+ roulage conseillé (*rappuyage*) } de profondeur
- date de semis conseillée : 01/08 au 30/08 (date limite 15/09)

Développement

- germination et installation du couvert lente (*levée délicate si nombreuses repousses ou adventices*)
- seuil de température de croissance : 0 - 2 °C

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
1.4 (0.9 – 2.0)	2.5 %	35 (19-43)	35*1.2 = 42	15	45

Destruction

- couvert non gélif : destruction délicate
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- 5 à 20 unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines
- supporte assez bien les conditions climatiques sèches de fin d'été (août/septembre)
- enracinement assez profond, très bonne restructuration du sol sur 0-25 cm (système « fasciculé »)
- adapté pour la production de « dérobée » : couvert ensilé ou pâturé (ex. avant maïs)
- couvert appétant pour les limaces grises
- semis : **nécessité de recouvrir les graines** (*hersage si semis à la volée*)
- plante « hôte » pour les pucerons (réservoir), vecteur de maladies pour les céréales (*piétin, ...*)
- coût de la semence moyen : 0.80 €/kg, 36 €/ha
- pouvoir concurrentiel moyen sur adventices, couverture non totale du sol
- à éviter dans les rotations avec nombreuses céréales (blé tendre, blé dur, orge, ...)
- observation de développement hétérogène du couvert derrière les andains de moissonneuse (*paille*)

SORGHO FOURRAGER (papetier, grain)

Sorghum Sudanense - Graminées

Implantation

- densité de semis : 15 kg / ha (*en « pure », 8-10 kg en mélange*)
- PMG : 25 à 35 g
- type de sol : tous les sols
- semis facile à réaliser : } *semis à 2 cm*
 - conseillé en « ligne »
 - déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage) } *de profondeur*
- + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 05/08 au 05/09 (date limite 15/09)

Développement

- germination et installation du couvert moyenne : *levée délicate*
- forte biomasse produite après installation
- seuil de température de croissance : 6 °C
- pas de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote

Destruction

- couvert gélif : 0°C (*destruction facile*)
- destruction par broyage, roulage en période de gel, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- **5 à 20** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇔ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de montée à graines
- supporte très bien les conditions climatiques sèches de fin d'été (août/septembre)
- enracinement profond (système «pivotant + fasciculé»), bonne restructuration du sol
- concurrence forte avec adventice
- **couvert valorisable tardivement en alimentation animale** (*hauteur > 70 cm, en raison de glucosides cyanogènes*)
- **développement hétérogène du couvert, attention à la qualité du semis**
- **prix de la semence important, mais possibilité de semence fermière** (*ou après récolte*)

SARRASIN

Fagopyrum Esculentum - Polygonacées

Implantation

- densité de semis : 30-40 kg / ha
- PMG : 20-30 g
- type de sol : tous les sols, adaptés aux sols « pauvres » (*superficiels, acides, ...*)
- semis facile à réaliser : } *semis à 2 cm*
 - conseillé en « ligne »
 - possible « à la volée » + enfouissement (hersage) } *de profondeur*
 - + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 05/08 au 05/09 (date limite 15/09)

Développement

- germination et installation du couvert moyenne, forte biomasse produite après installation
- seuil de croissance : 7°C
- pas de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote

Destruction

- couvert gélif : -2 °C (*destruction facile*)
- destruction par broyage, roulage en période de gel, désherbage chimique

Impact sur la culture suivante

- **5 à 20** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**30 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇔ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- famille non cultivée = coupure dans la rotation, famille non vecteur de maladies
- supporte assez bien les conditions climatiques sèches de fin d'été (août/septembre)
- enracinement profond (système mixte «pivotant + fasciculé»), bonne restructuration du sol
- concurrence forte avec adventice : *étouffement + effet allélopathique (à confirmer)*
- semis à la volée possible
- *risque de montée à graines si semis trop précoce (sauf si récolte et valorisation des graines)*
- *couvert peu appétent pour alimentation animale*
- *prix de la semence important : 2.50 €/ha, 75-100 €/ha (possibilité de semence fermière)*
 - ⇔ *espèce à inclure dans des mélanges, possibilité de produire des semences fermières*

Lathyrus (gesce)

Lathyrus Sativus - Légumineuses

Implantation

- densité de semis : 40 à 60 kg / ha en pure (25-30 kg en mélange avec graminées)
- PMG : 200 g
- type de sol : tous les sols
- semis facile à réaliser : } semis à 3 cm
 > conseillé en « ligne »
 > déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage) } de profondeur
 + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 05/08 au 05/09 (date limite 15/09)

Développement

- germination et installation du couvert moyenne
- peu de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote (1 essai en 2006)

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)
1.8	3.14 %	56	56*1.3 = 73

Destruction

- couvert peu gélif (-7°C)
- destruction mécanique possible : broyage + travail du sol (déchaumage ou labour)
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 %** de l'azote piégé)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- peu de risque de floraison ou montée à graines
- supporte très bien les conditions climatiques sèches de fin d'été (août/septembre)
- enracinement sur 0-25 cm (système « fasciculé »), restructuration du sol
- très bon précédent pour la culture suivante : restitution d'azote, structuration et vie du sol,
- possibilité de « semence fermière » : semis 50 kg/ha au 15/04, récolte au 15/08 (*désherbage si nécessaire*)
- **couvert non valorisable en alimentation animale (toxines dans la plante)**
- **développement parfois hétérogène du couvert, attention à la qualité du semis**
- **prix de la semence important : 1.50 à 2 €/ha, 75 à 100 €/ha (possibilité de semence fermière)**
- **souvent interdite par la réglementation (Directives Nitrates) ou contrats environnementaux (MAE, ...)**

Implantation

- densité de semis : 40 à 50 kg / ha (en « pure » ou 25 kg /ha en mélange)
- PMG : 45 à 75 g
- type de sol : éviter les sols superficiels et limons très battants à pH > 6.
- semis facile à réaliser :
 - conseillé en « ligne »
 - déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage) } semis à 3 cm de profondeur
 - + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/08 au 05/09 (date limite 15/09)

Développement

- germination et installation du couvert lente (*levée délicate si nombreuses repousses ou adventices*)
- pas de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote (souvent supérieur à 4 %)
 - ⇒ *la vesce est majoritairement utilisée dans les mélanges (vesce/seigle, vesce/avoine) où elle donne des résultats très intéressants en production de biomasse*

Données bibliographiques

Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
60-75	20-30	50-75

Destruction

- couvert peu gélif (-10 °C) : destruction moyennement délicate
- destruction mécanique possible : broyage + travail du sol (déchaumage ou labour)
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 %** de l'azote piégé)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol
 - ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines
- enracinement sur 0-25 cm (système « fasciculé »), restructuration du sol
- adapté pour la production de « dérobée » : couvert ensilé ou pâturé (ex. avant maïs)
- très bon précédent pour la culture suivante : restitution d'azote, structuration et vie du sol,
- semis : **nécessité de recouvrir les graines** (*hersage si semis à la volée*)
- sensible aux conditions climatiques sèches de fin d'été (août/septembre)
- coût de la semence important : 1.00 à 2.00 €/kg, 50-100 €/ha (*semis 20-25 kg/ha si en « mélange »*)
- pouvoir concurrentiel moyen sur adventices en début de cycle
- parfois interdite par la réglementation (*Directives Nitrates*) ou contrats environnementaux (*MAE, ...*)
- sensible à orobanche mais variété différente de orobanche du colza

Remarques complémentaires

- Possibilité d'utiliser des variétés de printemps => « sensible » au gel (-2 °C)
- « **Vesce velue** » : développement plus lent, moins compétitive, production de biomasse inférieure

LOTIER CORNICULE

Lotus corniculatus – Légumineuses

Implantation

- densité de semis : 20 à 25 kg / ha (*en pure, ou 10 kg/ha en association avec graminées*)
- PMG : 0.9 à 1.5 g
- type de sol : tous types de sols mais non hydromorphes
- semis facile à réaliser : } *semis à 3 cm*
 - conseillé en « ligne »
 - déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage) } *de profondeur*
- + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 01/07 au 15/08 (date limite 15/08)

Développement

- germination et installation du couvert lente (*levée délicate si nombreuses repousses ou adventices*)
- pas de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote (souvent supérieur à 4 %)
 - ⇒ *le lotier est majoritairement utilisé dans la constitution des mélanges prairiaux avec des graminées de type dactyle, féтуque élevée, brôme*
 - ⇒ *son développement lent et sa faible compétitivité limite son intérêt comme culture intermédiaire*

Destruction

- couvert peu gélif (-10 °C) : destruction moyennement délicate
- destruction mécanique possible : broyage + travail du sol (déchaumage ou labour)
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines
- espèce adaptée aux sols pauvres, superficiel, séchant à faible potentiel
- adapté pour la production de « dérobée » : couvert ensilé ou pâturé (ex. avant maïs)
- très bon précédent pour la culture suivante : restitution d'azote, structuration et vie du sol,
- utilisé en semis direct pour implanter céréales d'hiver (*blé tendre*)
 - ⇒ *destruction ou régulation chimique du lotier après semis (limitation des apports d'azote, maladies, adventices)*
- développement lent, espèce peu compétitive
- sensible à l'excès d'eau en hiver
- souvent interdite par la réglementation (*Directives Nitrates*) ou contrats environnementaux (*MAE, ...*)

LE SAINFOIN

Onobrychis sativa - Légumineuses

Implantation

- densité de semis : 40-45 kg/ha (*graines décortiquées*) ou 120-130 kg/ha (*semence en cosses*)
- PMG : 20 à 22 g
- type de sol : éviter les sols acides et/ou hydromorphes
- semis facile à réaliser : } *semis à 3 cm*
 - conseillé en « ligne »
 - déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage) } *de profondeur*
- + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 01/07 au 15/08 (*date limite 15/08*)

Développement

- germination et installation du couvert moyenne
- pas de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote (souvent supérieur à 4 %)
 - ⇒ *utilisation du sainfoin en mélange*

Destruction

- couvert peu gélif (-10 °C) : destruction moyennement délicate
- destruction mécanique possible : broyage + travail du sol (déchaumage ou labour)
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- espèce rustique, poussant sur des sols divers et pauvres (*faible potentiel, superficiel*), résistant à la sécheresse
- pas de risque de floraison ou montée à graines
- espèce concurrentielle vis à vis des adventices si développée (*plante « couvrante »*)
- fourrage appétant non météorisant (espèce appréciée par les ovins et équins)
- plante mellifère
- semis : **nécessité de recouvrir les graines** (*hersage si semis à la volée*)
- **pouvoir concurrentiel moyen sur adventices en début de cycle** (*problème si repousses du précédent*)
- **souvent interdite par la réglementation** (*Directives Nitrates*) ou **contrats environnementaux** (*MAE, ...*)

LA MINETTE

Medicago Lupulina - Légumineuses

Implantation

- densité de semis : 25 kg / ha (*en pure, ou 10 kg/ha en association avec graminées*)
- PMG : 1.8 g
- type de sol : tous types de sols (*éviter sols acides et hydromorphes*)
- semis facile à réaliser : } *semis à 3 cm*
 - conseillé en « ligne »
 - déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage) } *de profondeur*
- + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/07 au 25/08 (date limite 01/09)

Développement

- germination et installation du couvert rapide, bonne concurrence sur adventices
- pas de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote (souvent supérieur à 4 %)
⇒ *la minette est utilisée dans les mélanges de cultures intermédiaires avec des graminées (avoine, seigle), des composées (tournesol, niger), crucifères (moutarde), phacélie, ...*

Données bibliographiques

Azote piégé " partie aérienne" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
25 -35	5-15	20-30

Destruction

- couvert peu gélif : destruction moyennement délicate
- destruction mécanique possible : broyage + travail du sol (déchaumage ou labour)
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (*60 % de l'azote piégé*)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- espèce rustique, poussant sur des sols divers et pauvres (*faible potentiel, superficiel*), résistant à la sécheresse
- pas de risque de floraison ou montée à graines
- espèce concurrentielle vis à vis des adventices si développée (*plante « couvrante »*)
- plante « sociable » supportant les mélanges multi-espèces
- semis : *nécessité de recouvrir les graines (hersage si semis à la volée)*
- souvent interdite par la réglementation (*Directives Nitrates*) ou contrats environnementaux (*MAE, ...*)

TREFLE INCARNAT

Trifolium incarnatum - Légumineuses

Implantation

- densité de semis : 20-25 kg / ha (*en pure, 10-15 kg/ha en association avec graminées*)
- PMG : 2 à 3 g
- type de sol : sol profond sain, pH neutre à légèrement acide (*moins productif en sols calcaires*)
- semis facile à réaliser : > conseillé en « ligne »
 - > déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage)
 - + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/07 au 25/08 (date limite 01/09)

Développement

- germination et installation du couvert lente
- seuil de température de croissance : 3.5 – 4.5 °C

Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	Azote piégé "partie aérienne" (kg / ha)	Azote piégé "plante entière" (kg / ha)
1.6 (0.07 – 2.7)	3.4 % (2.4-4.9)	46 (3-80)	46*1.3 = 60

Destruction

- couvert peu gélif (-10 °C) : destruction moyennement délicate
- destruction mécanique possible : broyage + travail du sol (déchaumage ou labour)
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines
- enracinement sur 0-25 cm (*système « fasciculé-pivotant »*), restructuration du sol
- adapté pour la production de « dérobée » : couvert ensilé ou pâturé
 - ⇒ *production correcte 3-4 t/ha si couvert maintenu pendant l'hiver, ex. avant maïs, tournesol*
- très bon précédent pour la culture suivante : restitution d'azote, structuration et vie du sol,
- **semis : nécessité de recouvrir les graines** (*hersage si semis à la volée*)
- **pouvoir concurrentiel moyen sur adventices en début de cycle**
- **sensible aux conditions climatiques sèches** (*juillet / août*)
- **coût de la semence important** : 2.20 - 2.50 €/kg, 50 €/ha (*semis 20-25 kg/ha*)
- **souvent interdite par la réglementation** (*Directives Nitrates*) ou **contrats environnementaux** (*MAE, ...*)

TREFLE d'ALEXANDRIE

Trifolium alexandrinum - Légumineuses

Implantation

- densité de semis : 20-25 kg / ha (*en pure, 10-15 kg/ha en association avec graminées, ...*)
- PMG : 2 à 3 g
- type de sol : sol profond sain, pH neutre à légèrement acide (*moins productif en sols calcaires*)
- semis facile à réaliser : > conseillé en « ligne »
 - > déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage)
 - + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/07 au 25/08 (date limite 01/09)

Développement

- germination et installation du couvert assez rapide
- seuil de température de croissance : 3 - 5 °C

Destruction

- couvert gélif : destruction par le gel
- destruction mécanique possible : broyage + travail du sol (déchaumage ou labour)

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines
- enracinement sur 0-25 cm (*système « fasciculé-pivotant »*), restructuration du sol
- adapté pour la production de « dérobée » : couvert ensilé ou pâturé
 - ⇒ *production correcte 3 t/ha si couvert maintenu pendant l'hiver, ex. avant maïs, tournesol*
- très bon précédent pour la culture suivante : restitution d'azote, structuration et vie du sol,
- semis : **nécessité de recouvrir les graines** (*hersage si semis à la volée*)
- **pouvoir concurrentiel moyen sur adventices en début de cycle**
- **sensible aux conditions climatiques sèches** (*juillet / août*)
- **couvert appétent pour les limaces** (*couvert détruit si forte pression « limace »*)
- coût de la semence moyen : 1.75 €/kg, 50 €/ha (*semis 25-30 kg/ha*)
- parfois interdite par la réglementation (*Directives Nitrates*) ou contrats environnementaux (*MAE, ...*)

TREFLE DE PERSE

Trifolium incarnatum - Légumineuses

Implantation

- densité de semis : 10-15 kg / ha (*en pure, 8-10 kg/ha en association avec graminées*)
- PMG : 2 à 3 g
- type de sol : sol profond sain, pH neutre à légèrement acide (*moins productif en sols calcaires*)
- semis facile à réaliser : > conseillé en « ligne »
 - > déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage)
 - + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 15/07 au 25/08 (date limite 01/09)

Développement

- germination et installation du couvert moyenne (*plus rapide que trèfle Incarnat, Alexandrie*)
- seuil de température de croissance : 3.5 – 4.5 °C

Destruction

- couvert peu gélif (-10 °C) : destruction moyennement délicate
- destruction mécanique possible : broyage + travail du sol (déchaumage ou labour)
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage du couvert

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines
- enracinement sur 0-25 cm (*système « fasciculé-pivotant »*), restructuration du sol
- adapté pour la production de « dérobée » : couvert ensilé ou pâturé
 - ⇒ *production correcte 3-4 t/ha si couvert maintenu pendant l'hiver, ex. avant maïs, tournesol*
- très bon précédent pour la culture suivante : restitution d'azote, structuration et vie du sol, ...
- assez résistante aux conditions climatiques sèches de l'été
- **semis : nécessité de recouvrir les graines** (*hersage si semis à la volée*)
- **pouvoir concurrentiel moyen sur adventices en début de cycle**
- **souvent interdite par la réglementation** (*Directives Nitrates*) ou **contrats environnementaux** (*MAE, ...*)

FEVEROLE *hiver ou pts*

Vicia Sativa - Légumineuses

Implantation

- densité de semis : 80 à 120 kg/ha (*en pure : viser 15-20 gr/m², 30-50 kg en association*)
- PMG : 480 à 650 g (*PMG très variable selon les variétés*)
- type de sol : tous types de sols (*éviter sol hydromorphe et/ou à pH < 6*)
- semis facile à réaliser : } *semis à 3-4 cm*
 - conseillé en « ligne »
 - déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage) } *de profondeur*
 - + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 01/08 au 25/08 (date limite 01/09)

Développement

- germination et installation du couvert moyenne
- peu de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote (souvent supérieur à 4 %)

Données bibliographiques

Azote piégé " partie aérienne" (kg / ha)	P2O5 (kg / ha)	K2O (kg / ha)
30- 100	10-35	25-120

Destruction

- couvert peu gélif (*variété d'hiver*) à gélif (*variété de printemps*)
- destruction mécanique possible par roulage (*port dressé de la plante et tige « cassante »*)

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 % de l'azote piégé**)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de montée à graines (*et de re-semis*)
- enracinement superficiel et moyennement profond : bonne restructuration du sol
- très bon précédent pour la culture suivante : restitution d'azote, structuration et vie du sol,
- espèce à utiliser en association avec graminées, phacélie, tournesol, maïs, sorgho, ou gestion des repousses après récolte d'une culture de féverole
- la féverole de printemps gélive : destruction facilitée
- semis : **nécessité de recouvrir les graines** (*hersage si semis à la volée*)
- sensible aux conditions climatiques sèches de fin d'été (*août/septembre*)
- coût de la semence important ⇒ *espèce à privilégier dans les mélanges*
- mélange délicat car graine de féverole très grosse (*homogénéisation des mélanges délicats pour le semis*)
- pouvoir concurrentiel moyen sur adventices (*port dressé, plante non couvrante*)
- souvent interdite par la réglementation (*Directives Nitrates*) ou contrats environnementaux (*MAE, ...*)

Implantation

- densité de semis : 50-70 kg/ha (si en mélange : 25 à 30 kg/ha)
 - PMG : 100 à 300 g (PMG très variable selon les variétés)
 - type de sol : tous types de sols (éviter sol hydromorphe et/ou à pH < 6)
 - semis facile à réaliser :
 - conseillé en « ligne »
 - déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage)
 - + roulage conseillé (*rappuyage*)
- } semis à 3-4 cm
de profondeur
- date de semis conseillée : 15/07 au 25/08 (date limite 01/09) => **semis précoce recommandé**

Développement

- germination et installation du couvert lente à moyenne
- Espèce à associer en mélange

	Biomasse moyenne produite (tonne / ha)	Teneur moyenne en azote (%)	azote piégé "partie aérienne" (kg/ha)	azote piégé "plante entière" (kg/ha)
pois fourrager "pure"	0,8 (0,4 - 1,1)	3,2 (2,6 - 3,6)	26 (14 - 37)	26 x 1,3 = 34
mélange "pois four. / vesce"	2,3 (1,6 - 3,6)	3,1 (3,0 - 3,6)	70 (48 - 110)	70 x 1,3 = 93

Destruction

- couvert peu gélif (*variété d'hiver*) à gélif (*variété de printemps*)
- destruction mécanique possible par broyage ou roulage (ou destruction chimique)

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 %** de l'azote piégé)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇨ *impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs*

Atouts / faiblesses

- pas de risque de montée à graines (*et de re-semis*)
- enracinement superficiel et moyennement profond : bonne restructuration du sol
- très bon précédent pour la culture suivante : restitution d'azote, structuration et vie du sol,
- espèce à utiliser en association avec graminées, phacélie, tournesol, maïs, sorgho,
- pois de printemps très « gélif » : destruction facilitée, possibilité de semis direct d'une céréale d'automne dans le couvert (*qui sera détruit par le gel pendant l'hiver*)
- possibilité d'utiliser du pois protéagineux
- semis : nécessité de recouvrir les graines (*hersage si semis à la volée*)
- sensible aux conditions climatiques sèches de fin d'été (*août/septembre*)
- coût de la semence important ⇨ « semence fermière » à produire + privilégier les mélanges
- mélange délicat car graine de pois souvent grosse (*homogénéisation des mélanges délicats pour le semis*)
- pouvoir concurrentiel moyen sur adventices (*port dressé, plante non couvrante*)
- souvent interdite par la réglementation (*Directives Nitrates*) ou contrats environnementaux (*MAE, ...*)

Implantation

- densité de semis : 25 kg / ha (en pure, ou 15 kg/ha en association avec graminées)
- PMG : ?
- type de sol : sols non hydromorphes, pH > à 6-6.5 (neutre à basique)
- semis facile à réaliser : } semis à 3 cm
 > conseillé en « ligne »
 > déconseillé « à la volée » + enfouissement (hersage) } de profondeur
 + roulage conseillé (*rappuyage*)
- date de semis conseillée : 01/07 au 15/08 (date limite 15/08)

Développement

- germination et installation moyenne
- pas de références régionales pour la biomasse produite, % d'azote (souvent supérieur à 4 %)
 - ⇒ production moyenne à forte de biomasse aérienne
 - ⇒ espèce à associer en mélange à des graminées (avoine, seigle)

Destruction

- couvert moyennement gélif
- destruction mécanique possible : broyage + travail du sol (déchaumage ou labour)
- destruction chimique à conseiller pour éviter tout redémarrage

Impact sur la culture suivante

- **30 à 60** unités d'azote restituées suivant le développement du couvert (**60 %** de l'azote piégé)
- pas d'impact sur l'alimentation en eau du suivant si destruction avant le 1^{er} février pour maïs ou tournesol ⇒ impact négatif si couvert maintenu tardivement (février) avant tournesol ou maïs

Atouts / faiblesses

- pas de risque de floraison ou montée à graines (*plante bi-annuelle*)
- espèce résistante à la sécheresse en été (*peu exigeante en eau*)
- très bon précédent pour la culture suivante : restitution d'azote, structuration et vie du sol,
- bonne couverture du sol en cours de culture
- développement moyen au démarrage (espèce peu compétitive)
- espèce à associer en mélange avec des graminées
- sensible à l'excès d'eau en hiver (*déconseiller sur sols hydromorphes*)
- souvent interdite par la réglementation (*Directives Nitrates*) ou contrats environnementaux (*MAE, ...*)

Données générales sur les cultures intermédiaires

Mobilisation et
recyclage des
éléments nutritifs
du sol



Gestion des
adventices



Lutte contre l'érosion

Production de
Biomasse

- Moins de compactage
- Plus de réserves en eau

Maintien d'une
biodiversité

Flore et Faune



Engrais Vert

Légumineuses

Structuration des sols

*Enracinement
Porosité
Humus
Activité Biologique
Ressuyage*

Lutte contre des
maladies

Cultures intermédiaires : 1 espèce = 1 fonctionnalités particulières

- **Graminées** : ray-grass d'Italie, seigle, avoine, millet, moha, sorgho fourrager ou sucrier, maïs grain ou fourrage, ...

=> structurant pour le sol, biomasse produite importante, couverture du sol importante mais risque de parasitisme et destruction délicate

- **Légumineuses** : trèfle incarnat, trèfle d'Alexandrie, féverole, pois fourrager, vesces, gesce, lentille, fenugrec, ...

=> fixation de l'azote de l'air (apport d'azote) mais implantation lente

- **Crucifères** : moutardes, radis, navette, colza, caméline, ...

=> faciles et économiques, implantation rapide (piège à nitrates, implantation et destruction assez facile, production de biomasse), mais problème dans rotation avec crucifère

- **Autres** : phacélie, nyger, tournesol, sarrasin

=> croissance assez rapide, effet de coupure dans la rotation, structure du sol, ... mais prix souvent élevées



Ray-grass d'Italie



Trèfle d'Alexandrie



Moutarde, radis



Phacélie

Espèces pures ou en mélange ?

Intérêts des couverts simples (1 espèce) :

- **Technique de semis & destruction souvent plus simple** (+ disponibilité des semences)
- **Coût des semences « pouvant » être limité**
- **Impact souvent plus limité sur le sol ou/et culture suivante** (ex. disponibilité en azote)

Intérêts des d'un couvert plurispécifique :

- **Production de biomasse supérieure**
- **Meilleure assurance d'une couverture quelles que soient les conditions** (climat, maladies, ravageurs) => régularité dans le développement
- **Gestion positive du salissement : utilisation maximum des niches écologiques, pouvoir étouffant et allélopathique des différentes espèces complémentaires**
- **Exploration de tout le potentiel nutritif du sol & amélioration de la structure du sol superficielle et en profondeur**
- **Apport de biodiversité sur la parcelle**

Quelques exemples de cultures intermédiaires

Période de semis

Densité de semis & coût des semences

période semis	Espèces gélives			Espèces non gélives		
	nom	densité (kg/ha)	Coût (euros/ha)	nom	densité (kg/ha)	Coût (euros/ha)
"précoce" 05/07 au 05/08	moha	20	30	seigle hybride (JD)	30	45
	sorgho fourrager	15	45	vesce velue	40	92
	sarrasin	35	87.5			
	nyger	8	26			
	Trèfle d'Alexandrie	25	56.25			
	fenugrec	40	60			
	tournesol	30	11			
	maïs	25-30	./			
"intermédiaire" 05/08 au 25/08	phacélie	10	45	avoine strigo. + vesce hiver	25 + 25	60
	sarrasin	35	87.5	avoine hiver	75	12
	vesce commune <i>ptps</i>	40	56	seigle classique	80	32
	gesce (<i>lathirus</i>)	40	80	seigle hybride (JD)	30	45
	pois fourrager <i>ptps</i> (<i>Arka, Arvika</i>)	50	50	ray-grass Italien	20	36
	avoine printemps	75	12	vesce velue	40	92
	tournesol	30	11	trèfle Incarnat	25	60
	féverole printemps	115	./	féverole hiver	115	./
	lin printemps	20	./	vesce commune <i>hiver</i>	40	56
	avoine strigosa (" <i>brésillienne</i> ")	40	48	lin hiver	20	./
	avoine strigo. + gesce	25 + 25	80			
	"tardive" 25/08 au 10/09	moutarde blanche ou jaune	8	16	navette	8
phacélie		10	45	radis	8	30
avoine printemps		75	12	avoine hiver	75	12

Les couverts non (peu) gélifs : avoine hiver, radis, navette, vesce d'hiver, trèfle, pois hiver, phacélie

Les « + » :

- développement plus important
- plus d'azote piégé
- meilleure protection du sol en hiver
- meilleure restructuration du sol
- plus d'assèchement du sol au printemps

Les « - » :

- difficulté de destruction
- reprise de végétation au printemps

Les couverts gélifs : avoine *ptps*, sorgho, niger, vesce *ptps*, féverole *ptps*, sarrasin, tournesol, pois *ptps*, moutarde, gesce

Les « + » :

- facilité de destruction (rien à faire)
- coût de la destruction

Les « - » :

- développement moins important (moins d'azote, moins de protection en hiver, ...)
- risque de destruction précoce (novembre)

Quelques exemples de cultures intermédiaires pour une succession « blé tendre – culture de printemps »

Succession considérée	
Précédent	Suivant
Céréales à pailles automne (blé tendre, orge hiver, blé dur)	maïs

CI possible	date semis	densité	date destruction	mode destruction possible
moutarde blanche	20/08 au 10/09	8-10 kg/ha	01/12 au 01/03	1. broyage du couvert + déchaumage (ou labour)
phacélie	15/08 au 05/08	8-10 kg/ha		2. roulage du couvert + déchaumage (ou labour)
sarrasin	15/08 au 05/09	30 kg/ha	01/12 au 01/03	3. destruction chimique + déchaumage (ou labour)
avoine printemps	15/08 au 05/09	75 kg/ha	01/12 au 01/03	1. destruction par le gel + déchaumages (ou labour) 2. destruction chimique + déchaumage (ou labour)
avoine ptps / vesce ptps	01/08 au 25/08	50 + 25	15/01 au 15/03	1. destruction par le gel + déchaumages (ou labour)
avoine ptps / féverole ptps	01/08 au 25/08	50 + 70	15/01 au 15/03	2. destruction chimique + déchaumage (ou labour)
niger + pois + vesce ptps + sarrasin	01/08 au 25/08	8+25+15+15	15/01 au 15/03	
moutarde + pois ptps + sarrasin	01/08 au 25/08	8 + 40 + 15	15/01 au 15/03	
avoine strigosa (brésilienne)	15/08 au 05/09	40 kg/ha	01/12 au 01/03	1. broyage du couvert + déchaumage (ou labour)
avoine hiver	15/08 au 05/09	75 kg/ha	01/12 au 01/03	1. destruction chimique + déchaumage (ou labour)
avoine hiver / vesce hiver	01/08 au 25/08	50 + 25	15/01 au 15/03	1. broyage du couvert + desherbage chimique + déchaumage (ou labour)
avoine hiver / gecse (lathirus)	01/08 au 25/08	50 + 25	15/01 au 15/03	
avoine strigosa + vesce hiver	01/08 au 25/09	25 + 25		2. desherbage chimique + déchaumages (ou labour)
vesce hi. + pois + navette + avoine strig.	01/08 au 25/08	15+25+3+15	15/01 au 15/03	3 à 5 semaines après destruction chimique

couverts gélifs
couverts non gélifs

possibilité de remplacer le sarrasin par sorgho, moha, maïs, ...

Quelques exemples de cultures intermédiaires pour d'autres successions de cultures

Succession considérée	
Précédent	Suivant
Céréales à pailles automne <i>(blé tendre, orge hiver, blé dur)</i>	Céréales automne <i>(blé tendre, orge hiver, blé dur)</i>

CI possible	date semis	densité	biomasse produite	date destruction	mode destruction (par ordre de préférence positive "agro-environnementale")
moutarde blanche phacélie	20/08 au 05/09	8-10 kg/ha	++ +	15/10 au ...	1. semis direct du blé dans couvert + destruction par gel <i>(ou herbicide sur céréales sortie hiver)</i> 2. roulage du couvert + semis direct du blé tendre dans couvert 3. broyage du couvert + déchaumage + semis céréale 4. destruction chimique + déchaumage + semis céréale <i>(ou semis direct après destruction chimique)</i>
radis	10/08 au 05/09	8 kg/ha	++	15/10 au ...	1. destruction chimique + déchaumage + semis céréale <i>(ou semis direct après destruction chimique)</i>
repousses	./	./	+/-	15/10 au ...	1. destruction chimique + déchaumage + semis céréale

Succession considérée	
Précédent	Suivant
Colza d'hiver	Céréales automne <i>(blé tendre, orge hiver, blé dur)</i>

CI possible	date semis	densité	biomasse produite	date destruction	mode destruction (par ordre de préférence positive "agro-environnementale")
repousses	./	./	+++	01/10 au 01/11	1. destruction chimique <i>(avant ou après semis) + semis direct du blé dans couvert</i> 2. broyage du couvert + déchaumage + semis de la céréale 3. destruction chimique + déchaumage + semis de la céréale

Succession considérée	
Précédent	Suivant
Pois, lupin féverole, <i>(légumineuses annuelles)</i>	Céréales automne <i>(blé, orge hiver)</i>

CI possible	date semis	densité	biomasse produite	date destruction	mode destruction (par ordre de préférence positive "agro-environnementale")
repousses + moutarde		5 kg/ha	+++	15/10 au ...	1. semis direct du blé dans couvert + destruction par gel <i>(ou herbicide sur céréales sortie hiver)</i>
repousses + colza <i>(si pas dans rotation)</i>	pdt déchaumage après récolte	2 kg/ha	+++	15/10 au ...	2. roulage du couvert + semis direct du blé tendre dans couvert
repousses + sorgho fouurrager		15 kg/ha	+++		3. broyage du couvert + déchaumage + semis de la céréale 4. destruction chimique + déchaumage + semis céréale <i>(ou semis direct après destruction chimique)</i>

Exemples de mélanges possibles

Mélange	densité du couvert (kg/ha)	date semis
féverole ptps + phacélie + tournesol	70+6+10	août
vesce hiver + phacélie + tournesol	20+6+10	août
vesce hiver + phacélie + tournesol + sarrasin	10 + 3 + 10 + 4,5	août
féverole ptps + phacélie + radis	70+6+3	août
avoine hiver + vesce hiver	45+20	août
avoine ptps + féverole ptps	45+70	août
avoine ptps + trèfle Incarnat	45+8	août
moutarde + avoine ptps + féverole ptps + vesce hiver + tournesol + sorgho fourrager	3+20+30+10+5+5	mi-août
vesce ptps + phacélie + lin + tournesol + sarrasin	20 + 4 + 6 + 10 + 10	août
vesce ptps + pois ptps + phacélie + tournesol	20 + 40 + 6 + 10	août
phacélie + sarrasin	5 + 35	août
lupin + phacélie	120 + 5	août
phacélie + tournesol	8 + 25	août
moutarde + vesce hiver + phacélie + sarrasin	6 + 10 + 5 + 4	mi-août
moutarde + gesce + phacélie + sarrasin	6 + 10 + 5 + 4	mi-août
avoine hiver + féverole ptps + vesce hiver + phacélie + sorgho fourrager	25 + 40 + 20 + 4 + 15	août
vesce velue + radis fourrager	15 + 5	août
avoine ptps + vesce ptps + trèfle de perse + phacélie + tournesol + sarrasin	15 + 6 + 3 + 2 + 5 + 5	août
vesce hiver + lin + niger	15 + 8 + 6	juillet / août
vesce hiver + niger + moha	15 + 6 + 10	juillet / août
vesce hiver + sarrasin + niger	15 + 8 + 6	juillet / août
féverole ptps + gesce + phacélie + sarrasin	40 + 15 + 4 + 10	juillet / août
avoine ptps + vesce hiver + phacélie + tournesol + sarrasin + radis	10+10+1,5+4+2,5+1,5	juillet / août

D'autres espèces pouvant être utilisées comme cultures intermédiaires

Légumineuses : fénugrec, soja, lupin, lentille fourragère, mélilot

Graminées : triticales, orge

Crucifères : caméline

Autres (références à acquérir) : souci (commercialisation fleurs), topinambour (commercialisation racines), coriandre, alpiste, grande ortie (fourrage, riche en azote)

Azote, phosphore & potassium piégés par différentes cultures intermédiaires

Synthèse de différents essais + extrapolation pour les cultures intermédiaires de même famille

	Couvert	% N du couvert	N kg par tonne de MS/ha	P ₂ O ₅ kg par tonne de MS/ha	K ₂ O kg par tonne de MS/ha
<i>composée</i>	nyger	2,55	15 à 20	/	/
<i>composée</i>	tournesol	2	20 à 25	/	/
<i>crucifères</i>	colza	2,5	30	6 à 7	40 à 50
<i>crucifères</i>	moutarde	2 à 3	25 à 35	3 à 5	20 à 35
<i>crucifères</i>	navette	2 à 2,5	25 à 30	6 à 7	40 à 50
<i>crucifères</i>	radis fourrager	2 à 2,5	25 à 30	6 à 7	40 à 50
<i>graminée</i>	avoine	1,5 à 3	15 à 25	3 à 4	25
<i>graminée</i>	avoine brésilienne	2	15 à 25	3 à 4	25
<i>graminée</i>	maïs grain	1,3 à 1,5	15 à 20	/	/
<i>graminée</i>	ray grass italien	1,8	18	5 à 6	25
<i>graminée</i>	seigle fourrager	2,5	20 à 25	3 à 4	25
<i>graminée</i>	sorgho fourrager	1,9	15 à 25	3 à 4	25
<i>graminée</i>	triticale	1,5 à 2,5	15 à 25	3 à 4	25
<i>hydrophyllacée</i>	phacélie	2,5	25 à 35	5 à 7	55 à 65
<i>légumineuse</i>	féverole	4	35 à 40	5 à 6	35
<i>légumineuse</i>	lathirus (gesse)	4	40	5 à 6	35
<i>légumineuse</i>	lupin	3,5	25 à 30	3 à 5	30 à 35
<i>légumineuse</i>	luzerne	4	40	5 à 6	35
<i>légumineuse</i>	minette	4	30	5 à 6	30
<i>légumineuse</i>	pois d'hiver + vesce	3,5 à 4	40 à 45	5 à 6	35 à 40
<i>légumineuse</i>	pois fourrager	3 à 3,5	30 à 35	/	/
<i>légumineuse</i>	trèfle d'Alexandrie	3 à 3,5	25 à 30	3 à 5	30 à 35
<i>légumineuse</i>	trèfle Incarnat	3 à 3,5	25 à 30	3 à 5	30 à 35
<i>légumineuse</i>	vesce commune	3,5 à 4	35 à 40	4 à 5	35
<i>légumineuse</i>	vesce velue	3,5 à 4	35 à 40	5 à 6	35
<i>oléagineux</i>	lin	2	20 à 30	3 à 4	25
<i>polygonacée</i>	sarrasin	1,5 à 2	15 à 25	5 à 6	25

Sources :

- Aubert C., 1980 : les engrais verts.
- revue TCS : nov 06, nov/dec 07
- essais : CA26 (2002/03)
- essais : CRA-PC (2000/2008)

Périodes de semis / destruction optimales de différents couverts en Poitou-Charentes

Le choix des espèces pour les cultures intermédiaires dépend des caractéristiques des exploitations.

Pour réaliser ce choix, il convient de se poser un certain nombre de questions :

Critères de choix :



1. Type de succession : IC courte / longue, couple « précédent-suivant »

2. Objectifs du couvert

- répondre à la réglementation (« à moindre coût »)
- limitation transfert + capitalisation azote
- protection ou amélioration du sol (battance, érosion, restructuration, assèchement, ...)
- valorisation (vente, fourrages)

3. Mode / date de destruction = définir les « possibilités » en fonction

- du type de sol (destruction mécanique difficile en hiver sur sol argileux ou limon hydromorphe)
- matériel disponible sur exploitation (ex. broyeur)
- du travail du sol et mode de conduites des cultures (labour, TCS, semis direct)

4. Coût des semences // technique de semis

- prix des espèces très variables (moutarde ⇔ phacélie)
- technique de semis plus ou moins délicate (moutarde ⇔ phacélie) et matériel disponible (Delimbe, DP12, semoir semis direct) => choix des densités de semis
- possibilité de « production » de semences fermières (moutarde, avoine, vesce, ...)

Succession de cultures :

Exemple

précédent: blé tendre d'hiver

		crucifères	graminées	légumineuses	composées	Autres
cultures suivantes	céréales semées à l'automne	moutarde, radis, navette, cameline	A proscrire	Développement faible	=> éviter si rotation courte avec tournesol	phacélie, sarrasin, lin
	céréales semées au printemps	=> éviter si rotation courte avec colza		en mélange		
	tournesol	moutarde, radis, navette, cameline	avoine, orge, moha, seigle	en mélange	A proscrire	maïs, sorgho, phacélie, sarrasin, lin
	maïs	moutarde, radis, navette, cameline => viser destruction précoce (décembre)	avoine, orge, moha, seigle	en mélange	tournesol, nyger	phacélie, sarrasin, lin
	pois, féverole, soja, lupin	moutarde, radis, navette, cameline	avoine, orge, moha, seigle	A proscrire	tournesol, nyger	maïs, sorgho, phacélie, sarrasin, lin

Périodes de semis / destruction optimales de différents couverts en Poitou-Charentes

Choix en fonction de l'objectif de l'agriculteur et du couvert, quelques exemples :

1. Répondre à la réglementation : couvert « réglementaire » :

- semis/destruction rapide, simple (01-05 sept au 15 nov.)
- semence prix mini
- favoriser les autres objectifs pendant l'interculture (déchaumages, restructuration du sol, ...) : **couvert à développement rapide, courte durée**

☞ **couvert à développement rapide, possible en pure et gélif** : colza, sarrasin (30 kg), ou moutarde (8 kg), ou phacélie (8 kg), ou avoine H/Ptps (70 kg), ou radis (6 kg)

2. Limitation transfert + capitalisation azote

- couvert piégeant l'azote disponible (crucifères, graminées, hydrophyllacées, ...)
- capitalisation d'azote par fixation symbiotique (légumineuses)
- production de biomasse importante (mélange)
- date de destruction « tardive » pour capitaliser au maximum de l'azote et éviter tout risque de pertes dû à une minéralisation rapide des résidus

☞ **mélange à base de légumineuses** : « avoine fourragère + vesce d'hiver »
« moutarde + féverole »
« vesce + avoine + pois + moutarde »

3. Restructuration du sol, lutte contre battance ou hydromorphie

- couverts avec différents systèmes racinaires (fasciculé / pivot)
- production de biomasse importante
- couvert en majorité non gélif et protégeant le sol en hiver
- réfléchir à destruction pour sols à ressuyage lent (graminée)

☞ **mélanges de crucifères, composées, graminées avec peu de légumineuses** : tournesol, sorgho, moutarde, avoine, seigle, phacélie

4. Production de fourrage sur l'exploitation ou vente (culture dérobée)

- couverts intéressants pour animaux ou avec débouchés
- cycle assez court pour récolte à l'automne
- cycle long / non gélif pour récolte au printemps
- effet limité sur la culture suivante

☞ **culture le plus souvent en pure et pouvant être valorisée** :

- vente : moha, millet, sarrasin (ex. oisellerie)
- fourrages : avoine à l'automne, RGI, colza fourrager au printemps, RGI + trèfle incarnat

Périodes de semis / destruction optimales de différents couverts en Poitou-Charentes

Destruction des cultures intermédiaires :

Attention !

L'utilisation de « légumineuses » comme cultures intermédiaires impose une destruction plus tardive des couverts, en raison de :

- *un développement plus lent des légumineuses qui obligent à maintenir le couvert plus longtemps afin d'obtenir un développement suffisant pour avoir une bonne restitution en azote à la culture suivante (retour sur l'investissement en semences = gain en azote significatif)*
- *la présence de légumineuses dans le mélange entraîne un pourcentage moyen en azote du couvert assez élevé (% N ~ 3.5 à 4). La restitution en azote (minéralisation des résidus après destruction du couvert) sera donc rapide et importante : ~ 50-55 % de l'azote piégé. Une destruction trop précoce entraînerait des risques de lessivage de cet azote restitué, c'est-à-dire une perte pour l'agriculteur et un risque de transfert vers les eaux.*

⇒ destruction du couvert « tardive »

Préconisations

Interculture courte : « blé tendre / blé tendre » ou « blé tendre / orge d'hiver »

- Privilégier les cultures intermédiaires à développement rapide et piégeant rapidement l'azote disponible (*crucifères, phacélie*)
- Si implantation de « légumineuses », privilégier
⇒ espèces gélives pour le couvert (variétés de printemps) + semis direct du blé (ou orge) dans le couvert + pas de destruction du couvert qui sera détruit par le gel

Interculture longue : « blé tendre / tournesol », « blé tendre / maïs »

- Si pas de « légumineuses » dans le mélange : **destruction possible à partir du 1/12**
- Si « légumineuses » dans le mélange : **destruction possible à partir du 01-15/01**
⇒ broyage, roulage lors de période de gel, utilisation d'espèces gélives, ...

Périodes de semis / destruction optimales de différents couverts en Poitou-Charentes

Méthode de destruction des couverts végétaux

Espèce implantée	Techniques des destruction					
	gel	roulage	broyage	labour	déchaumage	chimique
moutarde blanche	- 7 °C	<i>par gel</i>		<i>si faible biomasse</i>	<i>si faible biomasse</i>	
navette, radis	- 8 °C					
phacélie	- 8 °C	<i>par gel</i>		<i>si faible biomasse</i>	<i>si faible biomasse</i>	
avoine d'hiver	non efficace	non efficace				
avoine de printemps	0 °C	non efficace				
seigle	non efficace	non efficace				
trèfle Alexandrie						
vesce hiver	non efficace					
vesce printemps	0 °C					
niger, moha, sorgho	0 °C			<i>si faible biomasse</i>	<i>si faible biomasse</i>	
sarrasin	0 °C			<i>si faible biomasse</i>	<i>si faible biomasse</i>	

efficace
efficacité moyenne
non efficace



- pas de technique de destruction « passe-partout »

- résonner le choix de l'espèce implantée en fonction des possibilités de destruction :

- matériel à disposition dans l'exploitation,
- type de sols (limon / argile),
- objectifs du couvert (« réglementaire » / « azote »)

Coûts indicatifs de différentes espèces de cultures intermédiaires

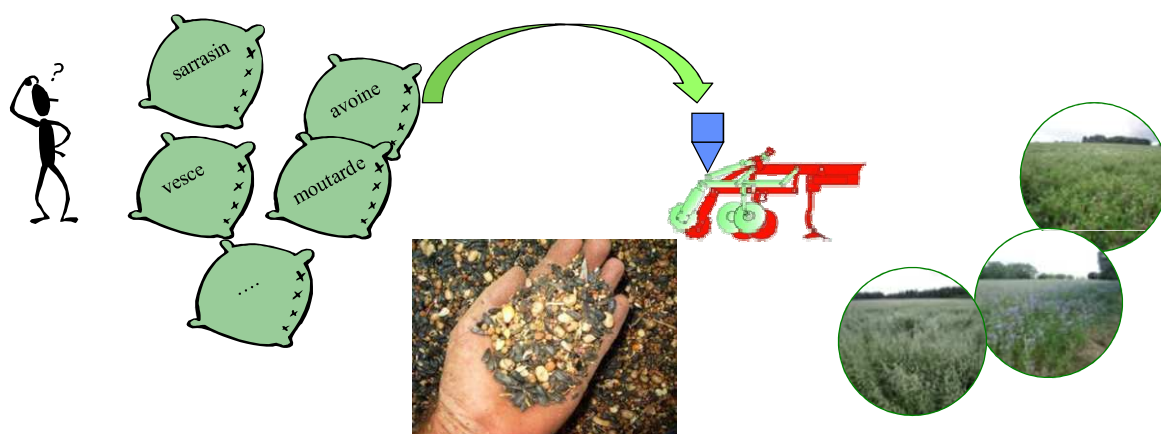
(tarifs 2008-09)



Espèces	Prix indicatif (euros/kg)	Densité (kg /ha)	Coût semence (euros/ha)
moutarde blanche ou jaune	2.00	8	16
navette	3.00	8	24
avoine strigosa ("brésilienne")	1.20	40	48
phacélie	4.50	10	45
sarrasin	2.50	35	88
moha (<i>rapido</i>)	1.50	20	30
sorgho fourrager	3.00	15	45
nyger	3.25	8	26
vesce commune (<i>printemps/hiver</i>)	1.40	40	56
gesce (<i>lathirus</i>)	2.00	40	80
pois fourrager printemps (<i>Arkta, Arvika</i>)	1.00	50	50
Trèfle d'Alexandrie	2.25	25	56
fenugrec	1.50	40	60
avoine strigo. + vesce hiver	./	25 + 25	60
avoine strigo. + gesce	./	25 + 25	80

- ⇒ semences fermières possibles pour certaines espèces (*avoine, moutarde, vesce, sarrasin, ...*) : *envisager de produire la semence sur la ferme pour réduire le coût de gestion* (1 ha par an, échange entre voisin)
- ⇒ repousses (*colza, céréales*), le prix est nul
- ⇒ semences achetées de 16 à euros par hectare

Comment réaliser un mélange ?



Pour les doses de semis des mélanges, le plus simple est de diviser la dose de semis « en pure » de chaque espèce en fonction du pourcentage voulu dans le mélange :

Ex. mélange 3 espèces, on désire : moutarde (25 %), féverole (50 %), phacélie (25 %)

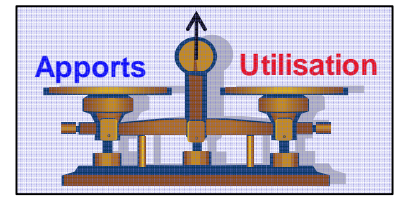
- ⇒ densité de semis :
- moutarde : $0.25 \times 10 \text{ kg} = 2.5 \text{ kg/ha}$
 - féverole : $0.5 \times 100 \text{ kg} = 50 \text{ kg/ha}$
 - phacélie : $0.25 \times 10 \text{ kg} = 2.5 \text{ kg/ha}$

Flux d'azote « simplifié » à l'échelle d'une succession de cultures

Apports (« entrées »)

- Fertilisation des cultures : minérales ou organiques
⇒ bilan prévisionnel, suivi en cours de culture (BDD, OAD), ...

- Minéralisation du sol



SOLS	Estimation de la minéralisation du sol (kg/ha)	RU (mm)	Prof. (cm)	pH	% CaCO ₃	Argile (%)	Profondeur Humification (cm)	MO
Groie superficielle	70 (50 - 80)	70	75	7.5	25.0	30	20	4%
Groie moyenne	105 (80 - 125)	100	75	7.5	25.0	30	25	4%
Groie profonde	130 (100 - 155)	135	100	7.5	25.0	30	30	4%
Terres Rouges à Châtaigniers	150 (115 - 180)	120	80	6.5	0.1	15	30	2%
Limon faiblement hydromorphe	140 (105 - 165)	135	90	5.5	0.1	15	30	1,7%
Champagne (aubue)	85 (60 - 100)	125	75	8	35.0	35	30	3%

Climat de Ruffec 1967-2002, valeurs médianes, décile 1 & 9 (simulations réalisées avec STICS)

⇒ 70 à 150 kg d'azote / an

Pour blé tendre : 60 % disponible

- Fixation symbiotique par les légumineuses

⇒ ré-introduction de protéagineux dans la rotation (pois, féverole, trèfle, luzerne, lupin, ...)

Utilisations (« sorties »)

- Besoins des cultures (ex. Blé tendre 3 quintal x Rdt « objectif ») : définition de l'objectif de Rdt
⇒ « potentiel réel » de la culture en fonction du sol et climat

- Pertes lors de la fertilisation (en cours de culture) : volatilisation, ré-organisation

⇒ choix des « formes » d'engrais apportés et des dates d'apports

⇒ optimiser les dates d'apports d'azote (BDD, suivi) et les conditions climatiques lors des apports

- Pertes d'azote pendant la période d'interculture (lessivage)

⇒ limiter au maximum les risques de transferts d'azote vers la ressource en eau

Contexte agricole actuel - Objectifs :

- prix de l'azote minéral (ou organique + disponibilité?)

- incertitude sur les cultures « protéagineux »

- pression environnementale forte

+ prix agricoles « relativement » fluctuants

« nécessité » de

- valoriser toutes les ressources en azote disponibles,

- optimiser les entrées,

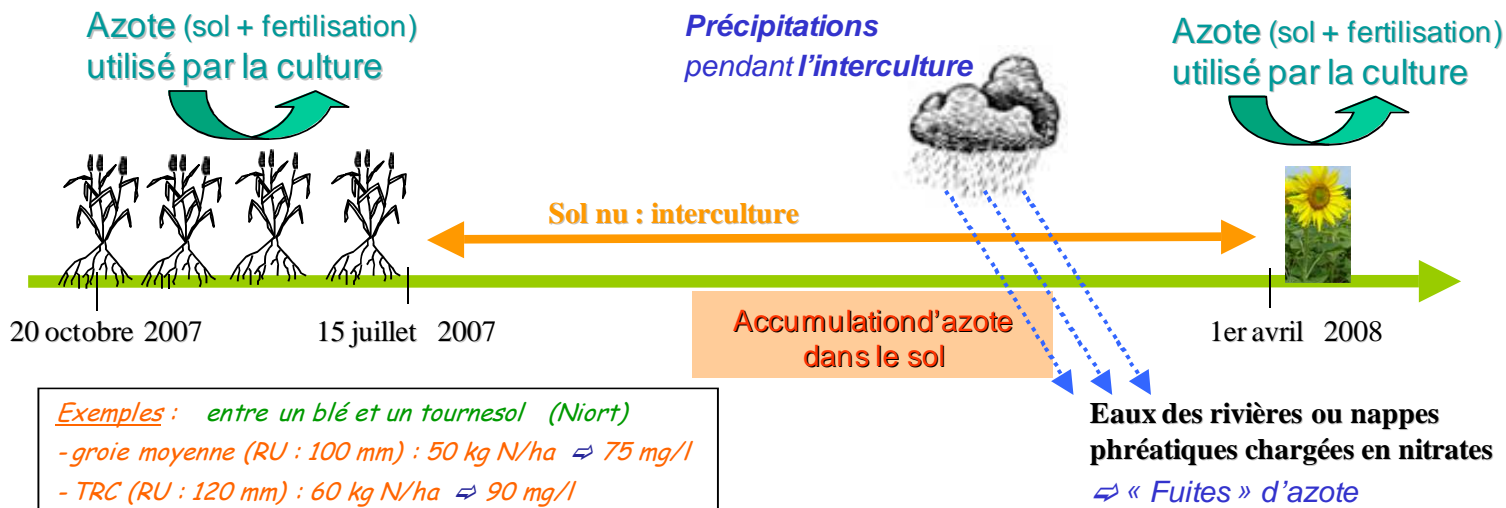
- limiter les pertes



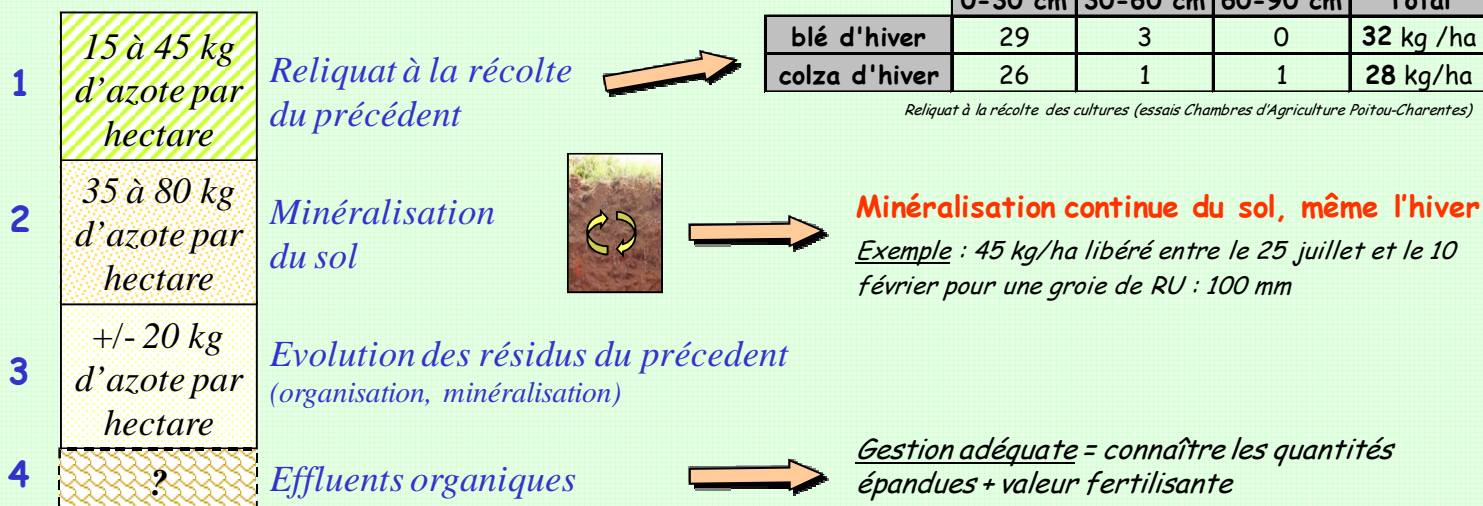
Implantation de cultures intermédiaires

= moyen le plus efficace pour diminuer la fertilisation azotée, limiter le lessivage d'azote

Que se passe-t-il pendant l'interculture ?

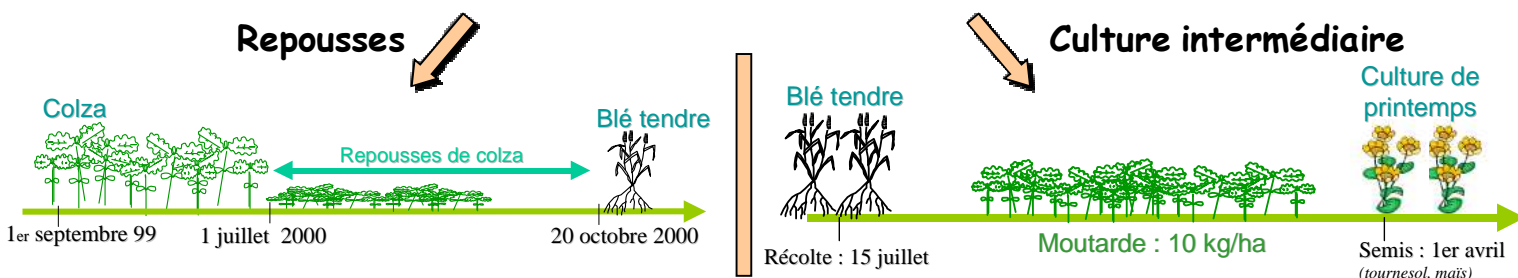


D'où provient l'azote accumulé ?



Comment gérer l'interculture pour limiter les fuites de nitrates ?

- incorporer les résidus de cultures à fort C/N (pailles)
- gérer les repousses de la culture précédente
- implanter une « culture intermédiaire piège à nitrates » (CIPAN)
- choisir une culture prélevant l'azote disponible (ex. colza)



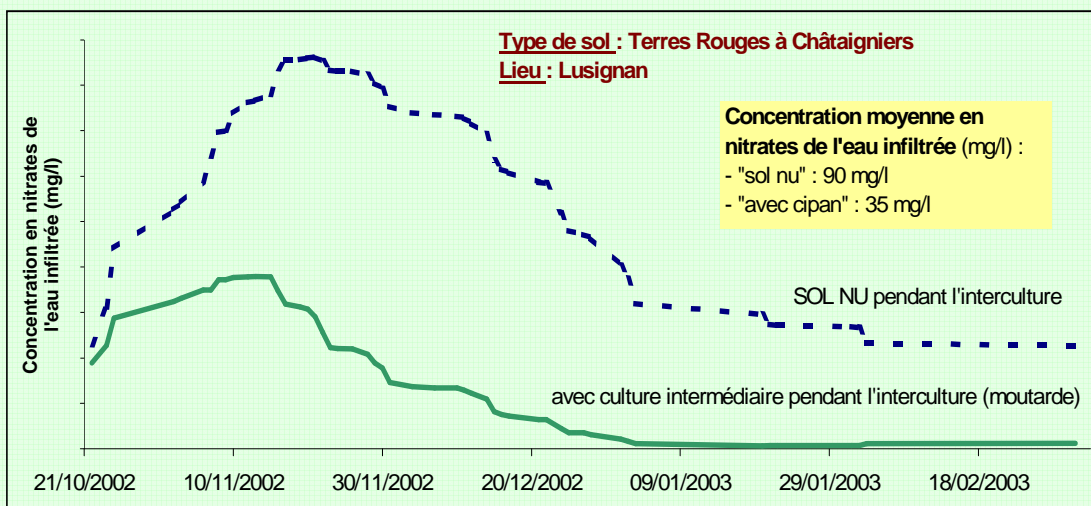
Piégeage d'azote par les couverts :

- 20 kg N / tonne : tournesol, RGI
- 25 kg N / tonne : moutarde, phacélie, avoine, seigle, colza

25 à 80 kg d'azote piégé par hectare

Effet d'une culture intermédiaire « classique » sur la qualité de l'eau

Concentration en nitrates de l'eau infiltrée (mg/l) en fonction de la gestion de l'interculture



- Diminution importante de la quantité d'azote perdue par lessivage (- 75 %)

Effet d'une culture intermédiaire « classique » sur la culture suivante

Restitution d'azote

- Minéralisation **rapide** (3-4 mois) et **partielle** (35 %) des résidus enfouis de cipan
- Restitution de **0 à 25** kg d'azote / hectare à la culture suivante

Succession : « blé tendre - tournesol »

Moutarde : semis 1/09 ; destruction 1/12

Sol : groie moyenne (RU : 100 mm)

Période de destruction	Matière sèche aérienne (t/ha) de la moutarde			
	< 1 t/ha	1 à 2 t/ha	2 à 3 t/ha	> 3 t/ha
Avant le 1/12	+ 0	+ 0	+ 0	+ 5
Du 1/12 au 15/01	+5	+ 10	+ 10	+ 15
Après le 15/01	+ 5	+ 15	+ 15	+ 20

Azote supplémentaire disponible pour la culture suivante après moutarde

Disponibilité en eau (réserve utile)

- Pas d'impact négatif si destruction 1 à 2 mois avant semis du suivant
 - ⇒ avant le 15 janvier pour semis de pois, féverole ou orge de printemps
 - ⇒ avant le 15 février pour tournesol, maïs

Rendement de la culture suivante après une culture intermédiaire

- pas d'augmentation significative du rendement les premières années

Autres impacts des cultures intermédiaires

- limitation de la battance et ruissellement : *difficilement mesurable, mais observable*
exemple : enracinement de la moutarde : 80 à 110 cm sous TRC, 60 à 80 cm sous groie
- restitution / mise en disponibilité d'autres éléments : *phosphore, potasse*
- gestion des adventices : *compétitivité, non germination, allélopathie, ...*

Espèces ?

Date de semis
ou de destruction

Choix de l'espèce : **A raisonner individuellement**

- succession de cultures, type de sol
- objectif de la culture intermédiaire (*nitrates, structure, ...*)
- matériel disponible sur l'exploitation pour semis/destruction
- coût de semence, destruction, ...

Conduite des cultures intermédiaires (objectif « azote »)

=> **Ne pas semer trop tôt les cultures intermédiaires, pour :**

- gérer les adventices/ravageurs
- restructurer le sol (*décompactage*)
- ne pas pénaliser la recharge en eau des aquifères
- éviter la " montée à graines " de certains couverts (*moutarde, phacélie*)

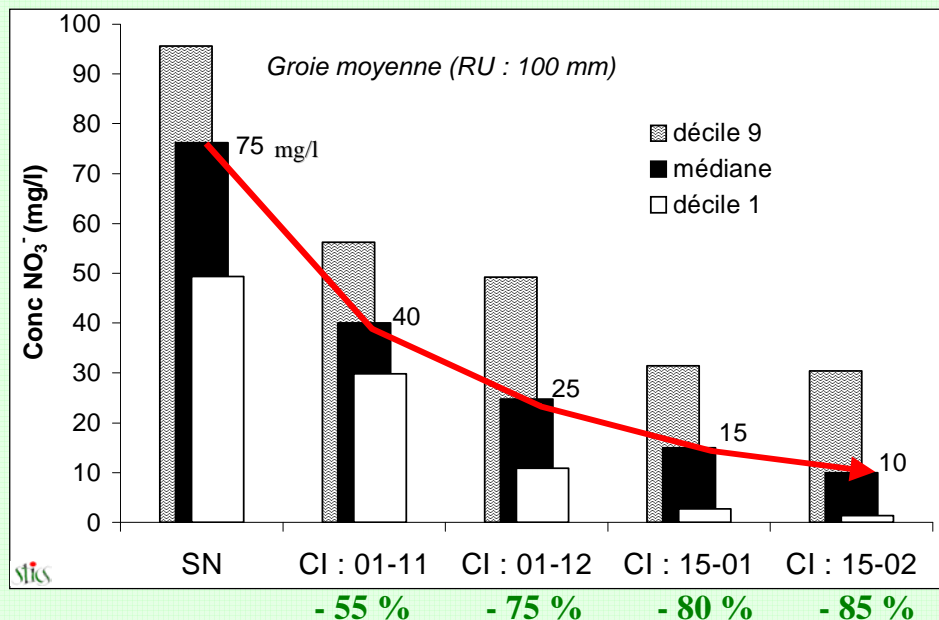


Couvert	Période de semis
Moutarde, radis, avoine, phacélie, moha, sarrasin	25/08 au 05/09
Seigle, tournesol, niger, sorgho	Août
RGI (pour éleveurs)	15/08 au 10/09

=> **Ne pas détruire trop tard les cultures intermédiaires : 1-15 décembre**

- piégeage important en octobre/novembre, très faible en hiver
- éviter les difficultés de destruction (*labour*) et les effets négatifs sur le suivant

Date de destruction
& Concentration en nitrates
de l'eau infiltrée



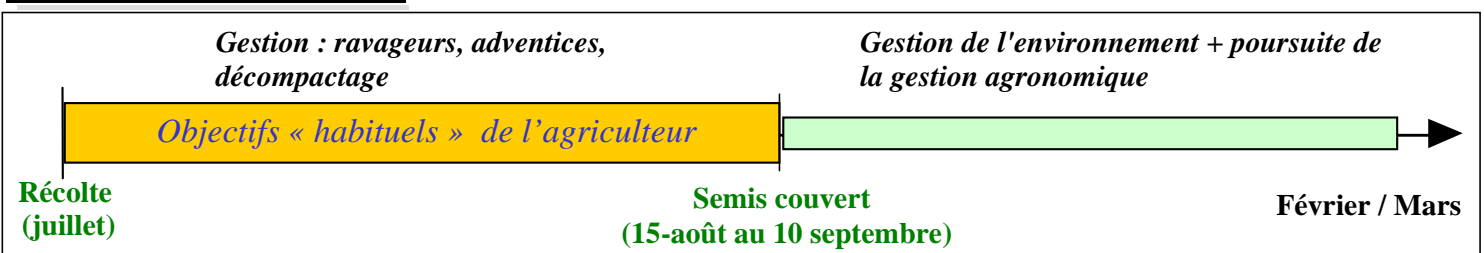
Moutarde :
⇒ 10 kg/ ha
⇒ levée 1/09

Station :
⇒ Ruffec

Sol :
⇒ groie moy.



Calendrier de travail :



=> semis des cultures intermédiaires à réaliser **avant** ou **après** implantation des colzas

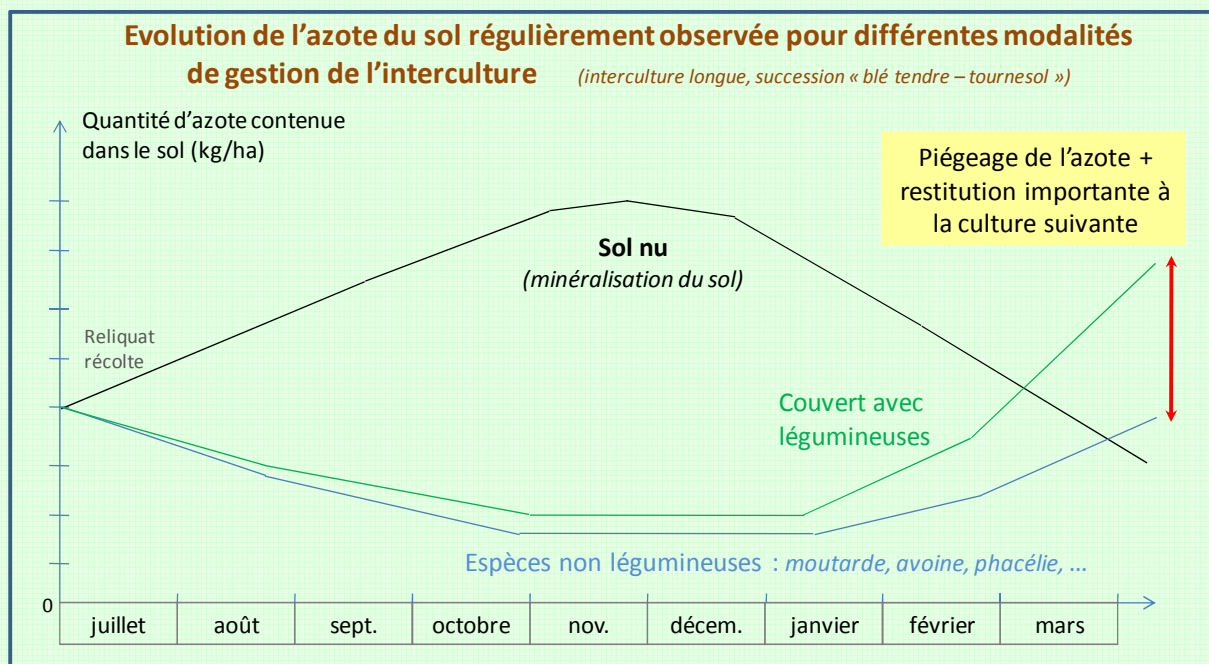
Améliorer les performances des couverts avec des légumineuses !

Le mélange d'espèces assure :

- Piégeage de l'azote disponible dans le sol et limitation des transferts
=> **gain environnemental** (non assuré avec légumineuse en pure !)
- Couverture rapide du sol car développement d'au moins 1 espèce
=> **gain agronomique** (concurrence adventices, restructuration, ...)

La légumineuse assure :

- Fourniture d'azote aux autres espèces par fixation symbiotique (meilleur développement en l'absence d'azote disponible dans le sol)
- Nette augmentation de la biomasse produite et de l'azote « capitalisé »
- Minéralisation très **rapide, partielle** (50 %) mais supérieure aux couverts « classiques »
- Restitution de **25 à 80** kg d'azote / hectare à la culture suivante
=> **gain agronomique et économique**



Conduite des couverts avec des légumineuses ! (semis // destruction)

Choix des espèces

- 2 à 5 espèces en fonction de la succession, des semences disponibles, de la taille des grains, technique de destruction, de l'objectif final du couvert

Date de semis plus précoce que les couverts « classiques » : avant le 20/08

- 1 à 2 déchaumages après récolte + semis
- rouler les couverts

Date de destruction plus tardives que les couverts « classiques »

- exemple : janvier/février avant maïs ou tournesol
- minéralisation des résidus plus importante en présence de légumineuses
- éviter tout risque de lessivage de l'azote « capitalisé » par le couvert

Effet sur le rendement de la culture suivante

- adaptation de la fertilisation => **diminution** (gain économique, 30-50 U/ha en moins pour un maïs)
- pas de diminution du rendement de la culture suivante, **voir** « déplafonnement » des rendements sur des essais par rapport au sol nu (observations à confirmer)

- ex. => + 5 à 7 qx/ha pour orge de printemps par rapport à la conduite classique (CA10, 2006)
 => + 5 qx/ha pour un blé tendre en agriculture biologique (CREAB Midi Pyrénées, 2006)
 => + 6 qx/ha pour un blé tendre après une gesce (succession blé dur - blé tendre, CA79, 2007)
 => + 3 à 4 t/ha pour un maïs ensilage après blé tendre (CA79, 2007)
 => Rendement équivalent sur tournesol avec « 0 » kg d'azote (CRA-PC, CA86, 2002)

Quelques exemples de mélange

(testés dans un réseau d'essais 2008/09)

	E1	Ds (kg/ha)	E2	Ds (kg/ha)	E3	Ds (kg/ha)	E4	Ds (kg/ha)
IC longue "Blé tendre - tournesol" "Orge - tournesol" "Blé tendre - orge printemps" "Blé tendre - maïs"	moutarde	8						
	avoine strigosa	40						
	avoine strigosa	25	vesce hiver	25				
	avoine strigosa	25	gesce (lathirus)	25				
	sorgho fourrager	8	gesce (lathirus)	10	radis	4	vesce hiver	5
	avoine strigosa	25	féverole ptps	100				
	avoine strigosa	25	pois fourrager ptps	130				

- Objectifs :
- piéger l'azote disponible à l'automne (éviter les pertes par lessivage)
 - concurrencer les adventices // limiter fortement leur développement
 - produire de la biomasse + protéger // restructurer le sol
 - capitaliser de l'azote (piégeage + fixation azote atmosphérique)
 - restituer le maximum d'azote à la culture suivante

Implantation couvert
avant le 15/08



destruction
après le 15/01

IC courte "blé tendre - blé tendre" "blé tendre - orge d'hiver"	niger	6	vesce ptps	25
	sorgho fourrager	8	vesce ptps	25
	moutarde blanche	8		
	moha	6	gesce (lathirus)	25

- Objectifs :
- piéger l'azote disponible à l'automne (éviter les pertes par lessivage)
 - concurrencer les adventices // limiter fortement leur développement
 - capitaliser de l'azote (piégeage + fixation azote atmosphérique + restitution au suivant)
 - pas de désherbage à l'automne pour éviter les risques de transfert d'herbicides

Implantation couvert
avant le 15/08



destruction
pas de destruction (couvert gélif) – Semis direct de la céréale dans le couvert

IC très courte
"blé tendre - colza"
"pois ou féverole - colza"

- Différentes techniques** :
- semis du colza dans un couvert avec légumineuse déjà implanté ou semis dans repousses (pois, féverole)
 - semis « colza + légumineuse » à la même date
- ⇒ utilisation de couvert « gélif » ou « non gélif » mais maîtrisé

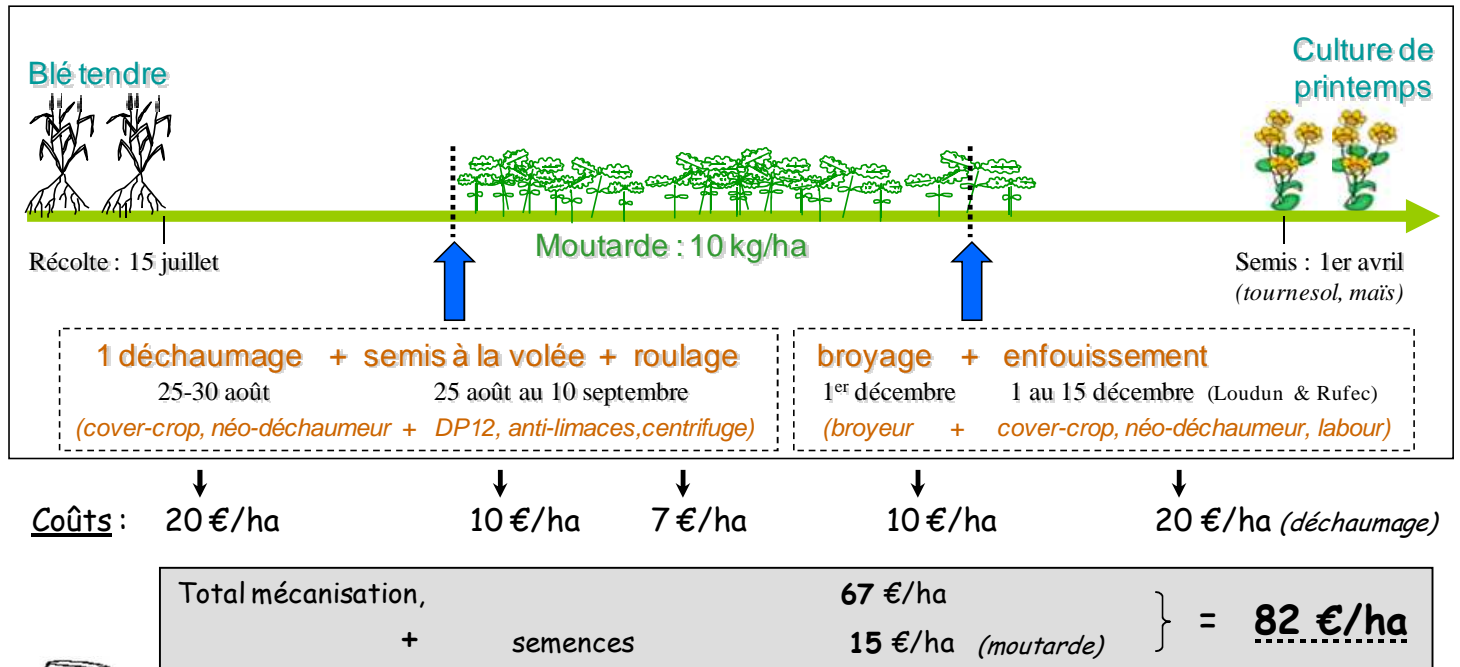
- Objectifs :
- piéger l'azote disponible à l'automne + apporter de l'azote pour le colza d'hiver
 - concurrencer les adventices // limiter fortement leur développement
 - limiter le désherbage de la culture

Gestion des cultures intermédiaires : « Faire simple et efficace »

Fonction de :

- espèce implantée
- techniques de semis/destruction choisies
- disponibilité du matériel sur l'exploitation

Exemple : succession « blé tendre - culture de ptps », moutarde



=> **Implantation d'un couvert représente un surcoût de 50 à 80 euros par rapport à la gestion « sol nu »**

=> « retour sur investissement » : possible, si valorisation (élevage, vente) ou capitalisation d'azote (légumineuses)

Nécessité de réduire les coûts de chaque poste

=> **Semis :** opter pour le semis à « la volée » (semoir anti-limace, pneumatique, DP12) limiter le nombre de passage



=> **Espèce :** - faible prix, possibilité de « semence fermière » (moutarde, avoine, tournesol, ...)

=> **Destruction :** 1. gel ex. Moutarde (T°C de -7.5°C)

- très peu probable avant le 1^{er} décembre (2 années sur 35 à Ruffec)
- possible entre le 1/12 et le 15/01 :
- 1 année sur 5 à Saintes (20 %)
- 1 année sur 3 à Loudun (30 %)
- 1 année sur 2 à Ruffec (50 %)

2. mécanique : - broyage (plus long mais meilleure décomposition des résidus)
+ enfouissement (ou maintien des résidus en surface)
- roulage des couverts pendant période de gel

3. chimique : attention à l'application des produits, attendre les conditions optimales

=> **Valorisation des couverts :** pâturage, ensilage, récolte si possible (débouchés à trouver ?)

Mieux gérer l'interculture pour un bénéfice agronomique et environnemental



Questions / Réponses

- 1. Si la fertilisation azotée de mes cultures est correctement ajustée, je n'aurais pas de lessivage de nitrates sur mes parcelles ?**
NON, une fertilisation bien ajustée permet d'avoir un faible reliquat d'azote à la récolte, cependant le sol libère, par minéralisation, de 30 à 80 kg d'azote pendant l'été et l'automne. Il est primordial de gérer cet azote afin de limiter les transferts vers les eaux.
- 2. La gestion de l'interculture permet-elle de résoudre les problèmes de pollution par les nitrates ?**
OUI, le lessivage, important en hiver sur un sol nu, entraîne les nitrates vers les eaux créant des **pollutions** mais aussi une **perte économique** pour l'agriculteur. Les pertes d'azote seront limitées (65 à 75 %) par la mise en place d'un couvert à l'interculture jouant le rôle de "piège à nitrates", capable de restituer une partie de l'azote absorbé à la culture suivante, ce qui permettra à l'agriculteur de réduire légèrement les apports d'azote sur la culture suivante.
- 3. Faut-il maintenir un couvert pendant tout l'hiver pour limiter le lessivage des nitrates ?**
OUI et NON, pour diminuer les fuites de nitrates, il apparaît logique de maintenir tardivement les cultures intermédiaires, cependant, au cours du temps, l'efficacité du couvert à piéger les nitrates est de plus en plus faible (développement ralenti). Pour limiter les difficultés de destruction et les effets négatifs sur la culture suivante, les cultures intermédiaires peuvent être détruites à partir **du 1^{er} décembre** (bon compromis entre exigences environnementales et agronomiques). Pour une bonne efficacité, le couvert doit être maintenu, impérativement, pendant les mois d'octobre et de novembre.
- 4. Il ne faut pas semer trop tôt une culture intermédiaire ?**
OUI, en Poitou-Charentes, un semis trop précoce (5-20 juillet) entraîne un mauvais développement du couvert en raison des faibles précipitations pendant l'été. Il est préférable d'attendre le retour des pluies et de semer les couverts **après le 20 août** (25/08 - 10/09). La période, sans couvert, permet éventuellement, la gestion des ravageurs et des adventices ou la restructuration mécanique du sol (décompactage).
L'utilisation de certaines espèces (seigle, sorgho, tournesol) peut nécessiter des semis plus précoces.
- 5. Les couverts favorisent-ils le développement de ravageurs ou maladies ?**
NON, en général, les agriculteurs implantant des couverts (ou gérant les repousses) ne constatent pas un développement supérieur de ravageurs sur leurs parcelles par rapport à un sol nu. La régulation des ravageurs, qu'il y ait implantation ou non d'un couvert, est à réaliser en juillet/août par des déchaumages. Cependant, après culture intermédiaire ou repousses, un travail du sol est fortement conseillé afin d'éviter tout développement de ravageurs (limaces) dans la culture suivante. Certaines espèces sont aussi plus sensibles que d'autres.
- 6. Une culture intermédiaire pénalise l'alimentation en eau ou en azote de la culture suivante ?**
NON, il est vrai que le développement d'une culture intermédiaire (ex. moutarde) influence les dynamiques de l'eau et de l'azote du sol. Cependant, si elle est détruite suffisamment tôt (maximum au 15 février pour un semis de maïs ou tournesol), elle n'a aucun impact sur la disponibilité en eau ou en azote de la culture suivante.
Au contraire, dans la majorité des cas, la culture intermédiaire occasionne un gain en azote pour la culture suivante : **+ 0 à 25 kg d'N/ha**.

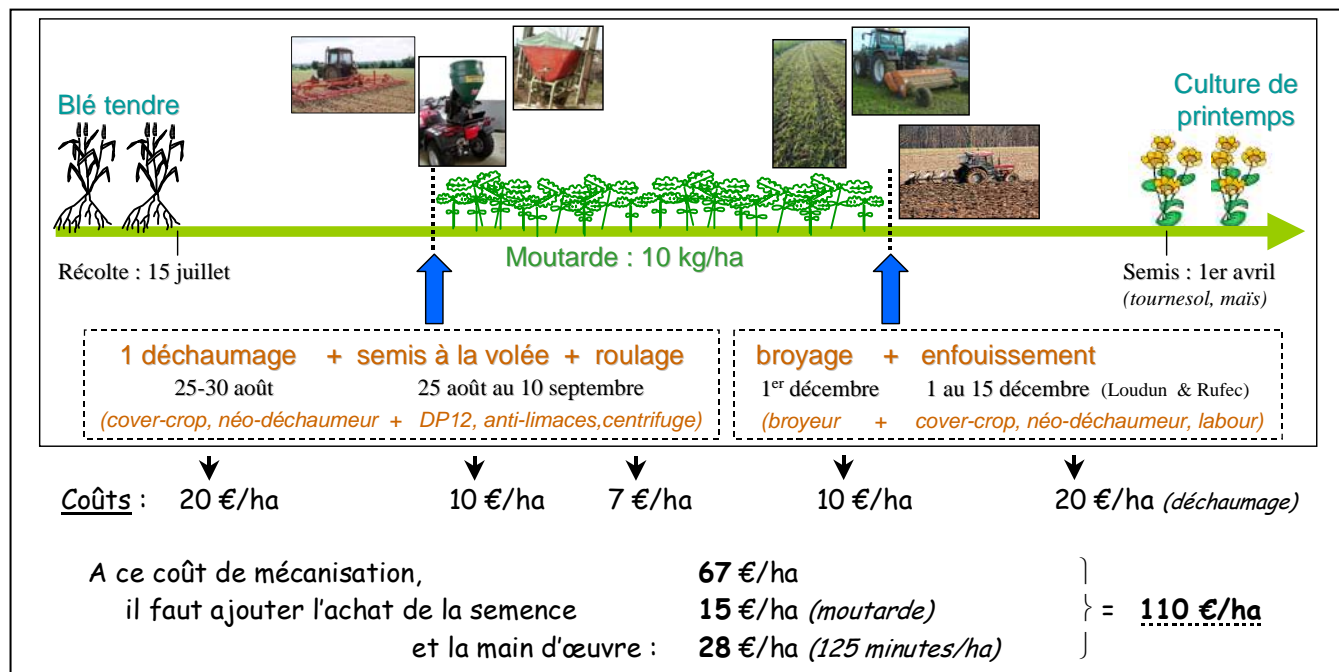
Types de sol	Matière sèche aérienne produite par la moutarde (semis 25/08, destruction 01/12)			
	< 1 t/ha	1 à 2 t/ha	2 à 3 t/ha	> 3 t/ha
groie moyenne	0	+5	+10	+10
groie profonde	0	+5	+10	+15
Terre Rouge à Châtaignier	0	+10	+15	+20

Gain en azote occasionné par l'implantation d'une moutarde pendant la période d'interculture (succession « blé tendre - tournesol », climat de Ruffec, moutarde à 10 kg/ha)

7. L'implantation des couverts peut-être rapide, simple et peu onéreuse ?

OUI, et c'est même une nécessité. De nombreux couverts peuvent être semés à la « volée » avec du matériel disponible sur l'exploitation (semoir anti-limaces, DP12, semoir centrifuge). Ces techniques n'occasionnent pas un coût important et sont très rapides.

« ITK classique » : 1 déchaumage + semis à la volée + 1 roulage (30 à 40 €/ha, 40 minutes/ha)



Exemple d'itinéraires techniques pour la moutarde

8. S'il fait trop sec fin août, cela vaut-il la peine de semer une culture intermédiaire ?

OUI, les essais et les simulations indiquent qu'une moutarde, même si elle ne lève qu'au 1^{er} octobre, limite significativement les fuites de nitrates. On peut tout à fait semer dans le sec (25/08 au 01/09) et les premières pluies permettront la levée du couvert. Une levée tardive, mi à fin septembre, permet encore d'avoir une bonne couverture du sol en octobre et novembre. Il est donc pertinent, de semer une crucifère, comme la moutarde, jusqu'au début octobre.

9. Peut-t-on compter sur le gel pour détruire les cultures intermédiaires en Poitou-Charentes ?

NON, l'analyse du climat sur la région Poitou-Charentes (1967 - 2002) indique que la destruction par le gel est :

- ⇒ peu probable avant le 1^{er} décembre (2 années sur 35 à Ruffec)
- ⇒ possible entre le 1/12 et 1/15 :
 - 1 année sur 5 à Saintes (20 %)
 - 1 année sur 3 à Loudun (30 %)
 - 1 année sur 2 à Ruffec (50 %)

10. Le choix des couverts est difficile ?

OUI, aujourd'hui, aucun couvert couramment étudié ne permet de satisfaire totalement les exigences environnementales, agronomiques et économiques. L'agriculteur doit travailler sur chaque poste de l'itinéraire technique « semence », « semis », « destruction » pour aboutir au meilleur compromis sur son exploitation en fonction principalement de ses sols et du matériel disponible.

S. Minette
Août 2006

Ces résultats et préconisations ont été établis dans le cadre du projet Agro-Transfert « Gestion de l'Interculture » (2000-2005) avec l'appui technique et scientifique des Chambres Départementales d'Agriculture de Poitou-Charentes, de l'INRA, des Instituts Techniques (Arvalis, Cétiom) et de l'École Supérieure d'Agriculture d'Angers.



Azote, Techniques Culturelles Simplifiées & Cultures Intermédiaires

1. Les techniques culturales simplifiées (TCS) ou le semis direct (SD) ont-elles un impact sur la dynamique de l'azote dans le sol ?

OUI. La dynamique de l'azote dans le sol est sous le contrôle des micro-organismes, influencés par la température, l'humidité, l'oxygénation du milieu, la quantité et le type de matière organique et les teneurs en argile et calcaire du sol.

Les TCS (et encore plus le semis direct), modifient ces paramètres (*réchauffement des sols plus long au printemps, matière organique accumulée dans les horizons supérieurs et aération du sol moins importante quand labour*) et par conséquent la dynamique de libération de l'azote dans les différents horizons.

En absence de travail du sol, le turn-over des matières organiques serait étalé sur l'année entière et non pas concentré sur une courte période comme c'est le cas pour le labour. La minéralisation serait ainsi plus active et importante en surface et diminuerait dans les horizons profonds (> 15 cm) par rapport à un sol labouré mais cette dynamique de l'azote « sous TCS » doit encore être précisée.

Cependant, les résultats, obtenus sur des essais à long terme (France, Suisse), montrent que les techniques de travail du sol ne modifient pas de façon significative les quantités totales d'azote minéralisées, ni les vitesses « moyennes » de minéralisation.

2. En TCS, je dois obligatoirement augmenter la fertilisation azotée des cultures ?

NON. Les sols cultivés en TCS peuvent fournir autant d'azote que les sols labourés, il n'y a donc pas lieu d'augmenter la dose totale d'azote apportée aux cultures. La fertilisation doit être raisonnée selon les règles habituelles de calcul de la fertilisation azotée. Les techniques de pilotage en cours de culture permettent de pallier d'éventuels effets négatifs et imprévisibles de telle ou telle technique de travail du sol.

Toutefois, les agriculteurs, pratiquant les TCS ou le SD, enfouissent couramment, voir systématiquement les résidus de cultures sur 10-15 cm (pailles de céréales). Dans les calculs de fertilisation, cette restitution conduit souvent, à court terme, à des doses d'azote supérieures de 20 à 30 unités par hectare par rapport aux agriculteurs exportant les pailles, cependant, à moyen-long terme (8-12 ans), un « volant d'azote » minéralisable supplémentaire permet de diminuer la fertilisation azotée.

3. L'abandon du labour permet de réduire le lessivage des nitrates ?

NON. La pratique des TCS seule ne permet pas de diminuer **significativement** les transferts d'azote pendant l'hiver, les pertes sont proches de celles observées avec labour. La couverture du sol est donc indispensable et représente le levier le plus performant. Il est donc nécessaire d'introduire des cultures intermédiaires dans les rotations ou de modifier les successions de cultures (*ex. colza d'hiver après un pois*) afin de limiter les risques de transfert d'azote.

4. L'interculture, une période décisive pour gérer l'azote dans la rotation ?

OUI. Le lessivage, important en hiver sur un sol nu, entraîne les nitrates vers les eaux créant des problèmes environnementaux mais aussi une perte économique pour l'agriculteur : 1 kg d'azote = 1 à 1.2 euro en 2008. L'implantation de cultures intermédiaires, pendant cette période, permet de diminuer les transferts d'azote par lessivage de 65 à 75 % et de capitaliser de l'azote pour les cultures suivantes.

5. Quelles cultures intermédiaires pour cumuler les effets environnementaux, agronomiques et économiques ?

De nombreuses références existent aujourd'hui sur la gestion des cultures intermédiaires « classiques » (*moutarde, avoine, phacélie*) et sur leurs avantages d'un point de vue environnemental et agronomique.

Couvert	Densité semis (kg/ha)	Période semis	Date limite semis	Date destruction pertinente
Moutarde	10	25/08 au 05/09	1 ^{er} octobre	mi-floraison ou 1/12
Avoine (<i>ptps ou hiver</i>)	70-80	10/08 au 05/09	15 septembre	1/12
sarrasin	30-40	01/08 au 25/08	5 septembre	1/12
Phacélie	8	15/08 au 25/08	5 septembre	1/12
Radis fourrager	10	15/08 au 05/09	1 ^{er} octobre	1/12
tournesol	30	01/08 au 15/08	5 septembre	1/12
Sorgho fourrager	20-25	01/08 au 15/08	5 septembre	1/12

Cependant, elles représentent un investissement non négligeable pour les agriculteurs alors que les bénéfices agronomiques sont souvent minimes et à long terme, ce qui conduit souvent à un refus de la technique face aux contraintes qu'elle engendre (*coût, semis, destruction*). En effet, les restitutions en azote pour la culture suivante sont souvent faibles de 5 à 20 kg/ha, voire nulles.

Matière sèche aérienne produite par la moutarde (semis 25/08, destruction 01/12)				
Types de sol	< 1 t/ha	1 à 2 t/ha	2 à 3 t/ha	> 3 t/ha
groie moyenne	0	+5	+10	+10
groie profonde	0	+5	+10	+15
Terre Rouge à Châtaignier	0	+10	+15	+20

Gain en azote occasionné par l'implantation d'une moutarde pendant la période d'interculture
(succession « blé tendre – tournesol », climat de Ruffec, moutarde à 10 kg/ha)

Pour améliorer les impacts agronomiques et économiques, il semble pertinent d'associer des légumineuses dans les couverts. D'après les essais, ces mélanges remplissent leur rôle de « pièges à nitrates », car ils utilisent en priorité l'azote du sol à l'automne, tout en accumulant de l'azote supplémentaire par fixation atmosphérique. La restitution de l'azote à la culture suivante permet de diminuer fortement la fertilisation minérale (40 à 80 unités / ha).

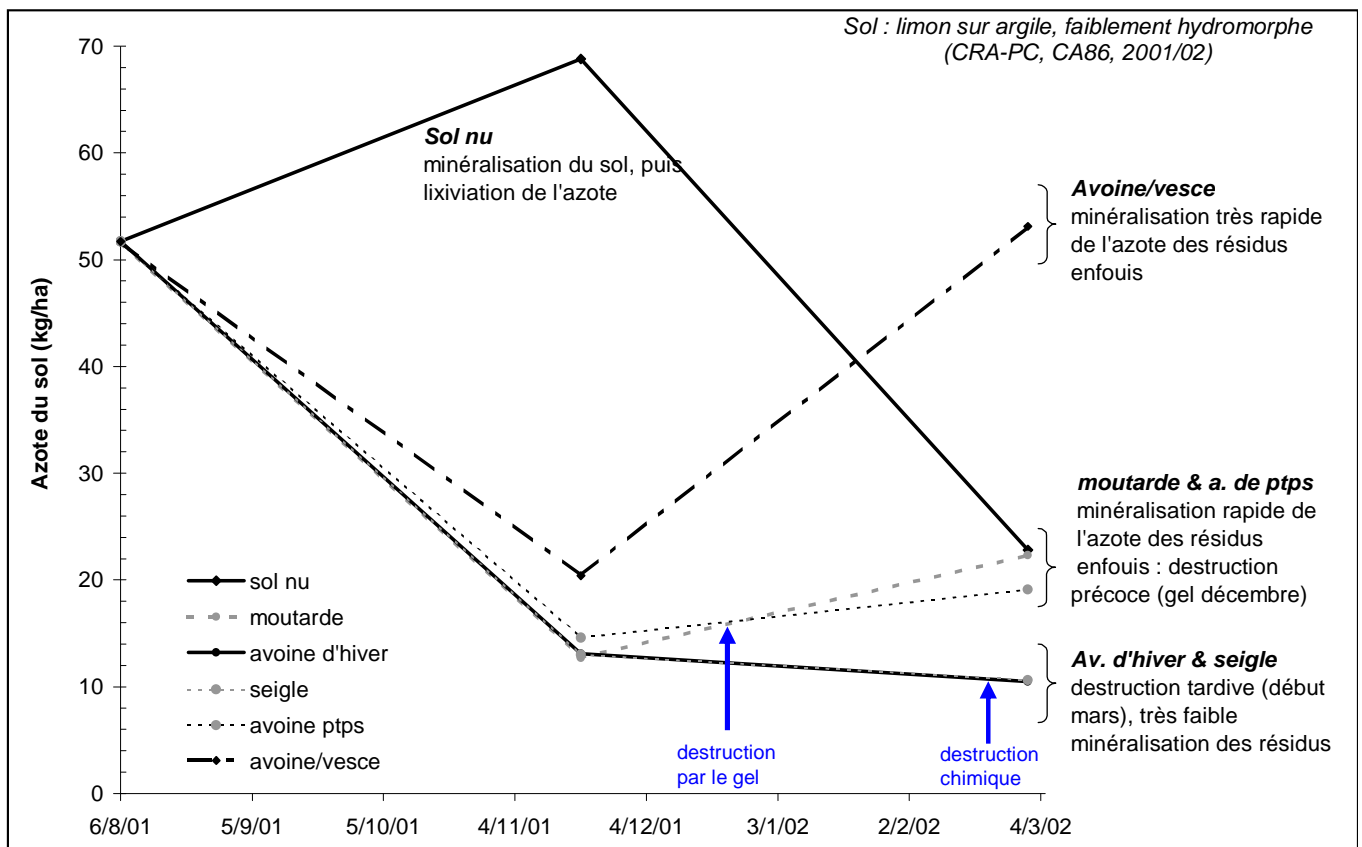
Le mélange « légumineuses / crucifères, graminées, composées » mise sur la complémentarité entre les espèces pour :

- 1. Un meilleur piégeage des nitrates : l'enracinement plus rapide et plus profond de la crucifère ou de la graminée augmente le volume de sol exploré et permet un meilleur piégeage par rapport à une culture de légumineuse pure
- 2. Une fixation symbiotique plus active pour la légumineuse : la compétition pour les nitrates dans le sol au profit de la plante non fixatrice entraîne chez la légumineuse un taux de fixation de l'azote de l'air plus élevé
- 3. Une couverture du sol plus rapide et une plus forte concurrence vis-à-vis des adventices du fait de la complémentarité des systèmes foliaires pour la lumière et une plus grande utilisation de l'azote du sol
- 4. Une restitution de l'azote après destruction plus lente et mieux maîtrisée (augmentation du rapport Carbone/Azote (C/N) des résidus restitués)

Dans un contexte où les prix des engrais azotés augmentent (50 à 60 % des charges opérationnelles sur blé tendre), cet impact positif devrait relancer l'intérêt des agriculteurs à couvrir les sols pendant l'interculture et à planter des « engrais verts ». Les légumineuses présentent aussi d'autres avantages difficilement chiffrables mais souvent observés sur la vie du sol, la structuration, ...

Un essai pour illustrer l'utilisation d'un mélange avec une légumineuse (succession « orge d'hiver – tournesol »

Sur cet essai, le mélange « avoine/vesce » se comporte comme les autres cultures intermédiaires et permet de diminuer la quantité d'azote présente dans le sol avant la période de lixiviation. Par contre, une forte restitution d'azote pour la culture suivante a été observée, ici un tournesol qui a été conduit sans apport d'azote.



Commentaires :

- **sol nu** : observation de la minéralisation du sol (août – novembre) et augmentation de la quantité d'azote dans le sol. A partir de novembre, lixiviation de l'azote pour atteindre une valeur faible d'azote dans le sol, de l'ordre de 23 kg/ha.

- **avoine de printemps et moutarde** : semis des couverts le 29 août, suivi d'une levée rapide. Comportement identique des deux couverts qui prélèvent l'azote du sol pour se développer. Destruction fin décembre 2001 par le gel (destruction précoce) et minéralisation de l'azote à partir des résidus enfouis pour obtenir une valeur en mars identique au sol nu.

- **avoine d'hiver et seigle** : semis le 7 août, suivi d'une levée rapide. Comportement identique des couverts qui prélèvent l'azote du sol pour se développer. Destruction chimique début mars 2002 (destruction tardive) ce qui explique la valeur très faible de reliquat azoté en mars (10 kg/ha). La minéralisation de l'azote à partir des résidus enfouis débute.

- **avoine hiver/vesce d'hiver** : semis le 7 août et levée rapide. Comportement quasi-identique du couvert qui prélève l'azote du sol pour se développer. Destruction du couvert à 50 % par le gel (fin décembre), puis destruction chimique début mars 2002. Cependant, la légumineuse a permis le piégeage/fixation de beaucoup d'azote et les résidus possèdent un C/N faible (forte biomasse produite et teneur en azote forte), donc libération d'azote à partir des résidus détruits par le gel et augmentation importante du reliquat azoté du sol en mars. **La fertilisation du suivant a été adaptée.**

Couverts	MS _{aérienne} (t/ha)	Azote MSa (kg/ha)	% d'azote MSa
Avoine d'hiver	1.6	38	2.39
Seigle + qqques rep.	2.5	52	2.08
Avoine de printemps	2.1	61	2.91
Moutarde	3	62	2.06
Avoine hiver/vesce	4	176	4.41

Biomasse aérienne produite (t/ha) et azote contenu dans les parties aériennes (kg/ha) au 19 novembre
(CRA-PC, CA86)

Rendement du tournesol après les couverts : tournesol mené sans azote (succession « orge d'hiver – tournesol »)

Type de couvert pendant l'interculture	Rendement du tournesol (qx/ha)
Vesce de printemps (25kg/ha) + avoine d'hiver 40kg/ha)	27.2
Avoine de printemps (80 kg/ha)	28.6
Moutarde (9.5 kg/ha)	26
Avoine d'hiver (80 kg/ha)	23.7
Seigle JD (inter-culture) (25 kg/ha)	19.8

Le rendement après « sol nu » n'a pas été mesuré et ne permet donc pas de comparaison avec la modalité « classique / sans couvert ». Cependant, ces résultats montrent que les couverts détruits tôt (moutarde, avoine de printemps) ou avec forte accumulation d'azote (avoine/vesce) sont les plus favorables à la culture du tournesol.

6. La conduite des mélanges avec des légumineuses est-elle identique aux cultures intermédiaires classiques ?

NON. En pratique, la date d'implantation de ces mélanges est plus précoce, car les légumineuses sont plus longues à s'installer et un développement important du couvert est recherché afin de « capitaliser » le maximum d'azote pour les cultures suivantes.

De même, la **date de destruction** du couvert doit être **plus tardive** (janvier/février) par rapport à une moutarde ou une avoine, en particulier sous les climats avec de fortes précipitations (Saintes) ou pour les sols à faible réserve utile (groies), sinon, l'azote minéralisé rapidement à partir des résidus enfouis risque d'être lessivé.

Les Chambres d'Agriculture de Poitou-Charentes conduisent actuellement des essais sur l'utilisation de mélanges avec des légumineuses afin de compléter et valider les références disponibles et d'aménager la réglementation dans certains départements.

S. Minette
août 2008

Pour approfondir la question...

- Brochures sur la gestion de l'interculture : sebastien.minette@poitou-charentes.chambagri.fr
- Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) en France : document téléchargeable sur le site : www.ademe.fr
- Perspectives Agricoles, n°333, avril 2007

Listes non exhaustive des références utilisées

Revue / Brochures

- TCS (*Techniques Culturelles Simplifiées*)
- Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes – 2005
- La prairie multi-espèces – Guide pratique – Présentation des graminées et des légumineuses à cultiver – 2007 (PAYS DE LA LOIRE)
- Chambre d'Agriculture de la Drôme (essais agri-bio 2002)
- Agence Régionale de l'Environnement en Lorraine (AREL), 2006. -Guide du jardinage écologique, comment jardiner sans utiliser de phyto, 24p.

Site Internet

- www.prairies-gnis.org/pages/lotier.htm
- www.jouffray-drillaud.com

Essais

- Essais « cultures intermédiaires » conduits en Poitou-Charentes