

05/11/2015

Les cultures intermédiaires, une véritable opportunité agronomique

Synthèse de références locales

Démonstration de destruction
mécanique à Monchy-Humières

BAC de Baugy – Les Hospices

Sandrine HUBSCH, chargée de mission agronomie
environnement, Denis CAPRONNIER, conseiller machinisme
CHAMBRE D'AGRICULTURE DE L'OISE

Table des matières

Le lessivage d'azote hivernal, une réalité à considérer en priorité	3
Essai moutarde et fientes de volailles, Tricot, CA60, 1994	3
Approche de valeurs de reliquats entrée hiver et d'azote piégé du sol	3
Approche de la quantité d'N lixivié	3
Approche de la concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante.....	4
Essai couverts végétaux, Cernodo, 2010	4
Approche de valeurs de reliquats entrée et sortie hiver	4
Focus : influence de la date de semis sur le développement du couvert	5
Plateforme d'expérimentation, Catenoy, Chambres de Picardie, 2009, 2010, 2013, 2014	7
Approche de valeurs de reliquats entrée et sortie hiver, azote piégé.....	7
Approche de valeurs de reliquats entrée hiver en fonction de la biomasse du couvert d'interculture.....	9
Essai couverts végétaux, Ferme St Lazare, Beauvais, Adarso, 2011	10
Azote piégé du sol et biomasse du couvert d'interculture	10
Réseau de 47 parcelles, 2 BAC du Nord-Ouest, CA60, depuis 2012	10
Approche de valeurs de reliquats entrée hiver en fonction des sols et des successions	10
Approche de la quantité d'N lixivié en fonction des sols et des successions.....	12
Approche de la concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante en fonction des sols et des successions.....	13
La culture intermédiaire : intermédiaire, et culture	16
Principales caractéristiques agro-environnementales des différentes familles de CIPAN	16
Amélioration de la fertilité du sol	17
Composante physique : structure, érosion	17
Composante chimique : MO, N, P, K	17
Travail du sol à l'automne, cas des sols argileux.....	21
Effets sur la culture suivante	21
Effets sur le rendement.....	21
Effet sur le bilan de l'eau et la recharge de la nappe	24
Lutte contre les adventices	25
Maîtrise des populations de limaces	26
Un service sur les pollinisateurs des cultures, sur les auxiliaires	28
Les cultures intermédiaires mellifères (CIM)	28
Les CIPAN favorisent vers de terre et compagnie	29
Une production dérobée valorisable en fourrage	30
Une production valorisable en énergie : les CIVE	30

Produire sa semence : liste des espèces autorisées	31
La destruction mécanique	32
Techniques et matériels présentés	32
Couverts présentés.....	32
Tableau de synthèse	34
Ressources utilisées	36

Nous adressons nos vifs remerciements aux relecteurs qui nous ont permis d'améliorer la rédaction de cette note par leurs suggestions : Léa Desouter, François Dumoulin, Gilles Salitot, Sophie Wieruszeski

Le lessivage d'azote hivernal, une réalité à considérer en priorité

Le reliquat d'azote minéral dans le sol est un indicateur dont les fonctions varient selon la date de mesure. Après récolte, il montre le solde entre les apports et la consommation par la culture. A l'entrée de l'hiver, il permet d'évaluer un risque de lixiviation. En sortie d'hiver, il renseigne sur la quantité à déduire de la fertilisation à apporter.

Essai moutarde et fientes de volailles, Tricot, CA60, 1994

Approche de valeurs de reliquats entrée hiver et d'azote piégé du sol

Dans cette observation en limon profond du Plateau Picard, le stock d'azote du sol à l'entrée de l'hiver (REH) est de 56 kg/ha, en sol nu et sans apport organique. C'est une valeur faible. Dans ces conditions le couvert de moutarde a piégé 50 kg N/ha sur sol nu et près de 60 kg N/ha après épandage de fientes séchées sur copeaux (Figure 1).

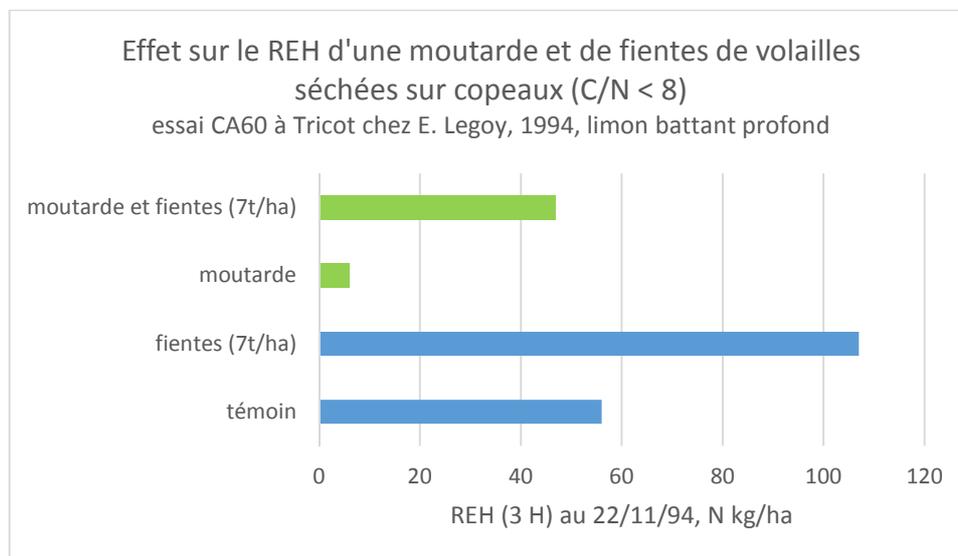


Figure 1 : Reliquat entrée hiver avec et sans moutarde

Approche de la quantité d'N lixivié

Sur cette même parcelle le lessivage hivernal entraîne 20 kg N/ha, et jusqu'à plus de 50 kg N/ha après un apport de fientes de volailles en fin d'été. Dans ce cas le couvert de moutarde limite fortement la perte, qui est inférieure au témoin sans CIPAN ni fientes (Figure 2).

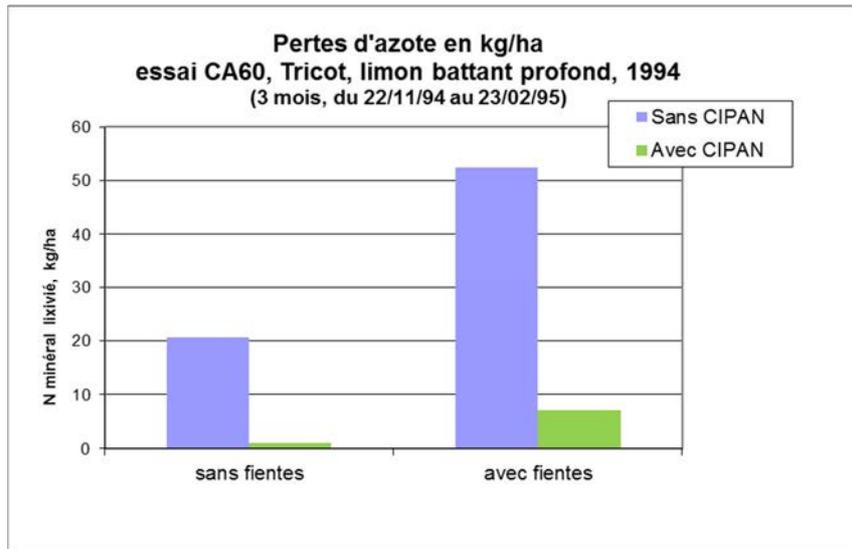


Figure 2 : Lessivage de l'azote avec et sans moutarde

Approche de la concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante

Ces pertes en azote se traduisent par une concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante. Dans ce contexte d'essai, le couvert de moutarde permet un abattement de la concentration sous la limite des 50 mg/l, même dans le cas de l'épandage de fientes (Figure 3).

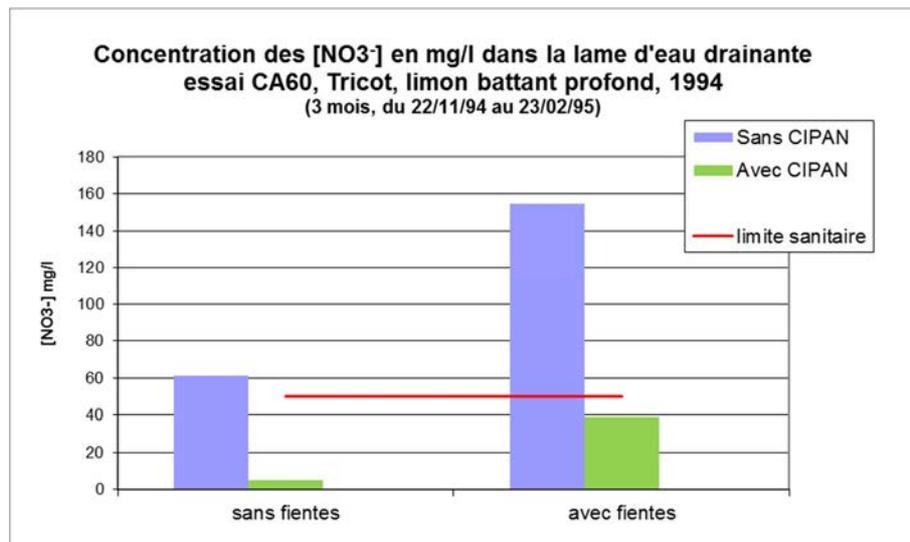


Figure 3 : Concentration en nitrates dans l'eau drainante

Essai couverts végétaux, Cernodo, 2010

Approche de valeurs de reliquats entrée et sortie hiver

Dans cette observation, les couverts à base d'avoine semés au 10/08 ont peu réduit le stock d'azote minéral du sol (20 kg/ha au mieux), bien que le développement soit supérieur à 2 t MS/ha. La meilleure réduction est obtenue avec les mélanges avoine + légumineuses. **Seuls ces mélanges améliorent logiquement le stock d'azote en sortie d'hiver (RSH de 41-51 kg N/ha) tout en réduisant le REH** (Figure 4). Le meilleur compromis agronomique et environnemental est obtenu avec les mélanges avoine + féverole et avoine + vesce.

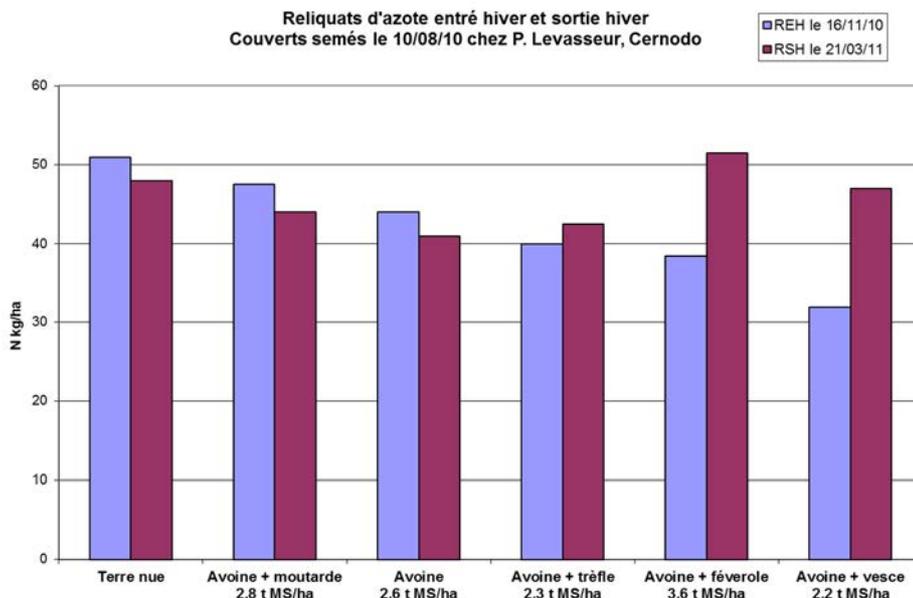


Figure 4 : Reliquats après une avoine en mélange ou pas

Le REH diminue avec l'augmentation de la biomasse (Figure 5) : avec 30 à 55 % de biomasse en plus, les mélanges à base de moutarde sont les plus efficaces. Les RSH obtenus montrent que la minéralisation des couverts permet une bonne disponibilité de l'azote pour les cultures au printemps (RSH de 75-85 kg N/ha).

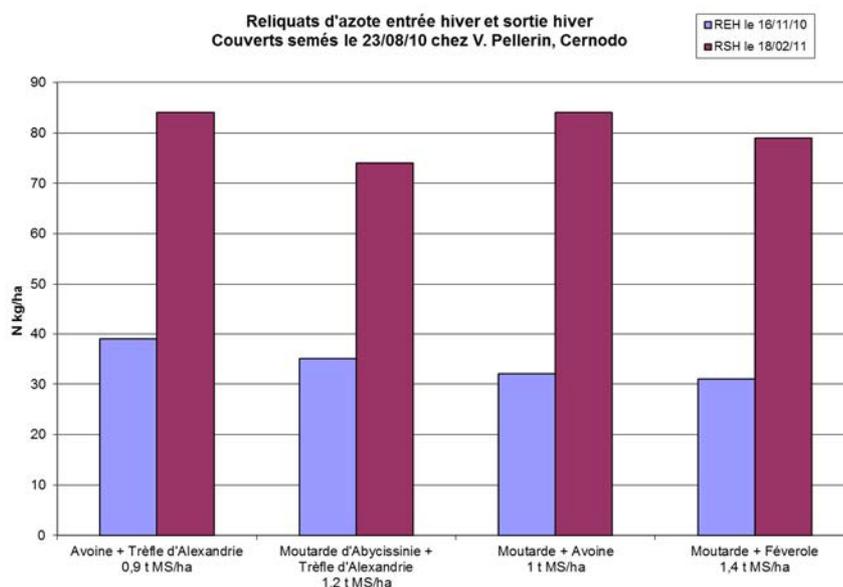


Figure 5 : Reliquats après une moutarde en mélange

Focus : influence de la date de semis sur le développement du couvert

Les essais réalisés en 2009 et 2010 au Cernodo montrent la grande influence de la date de semis sur le développement des couverts, même à seulement 10-13 jours d'intervalle. Leur rendement est au minimum multiplié par 2 (Figure 6 et Figure 7). Attention, ces valeurs sont faibles (< 1 T MS).

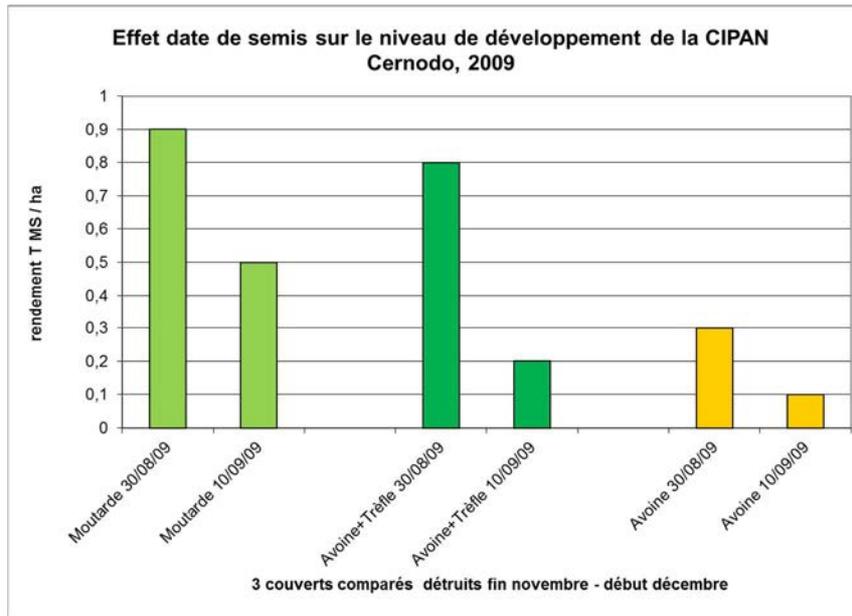


Figure 6 : Effet de la date de semis sur le développement de la CIPAN, Cernodo 2009

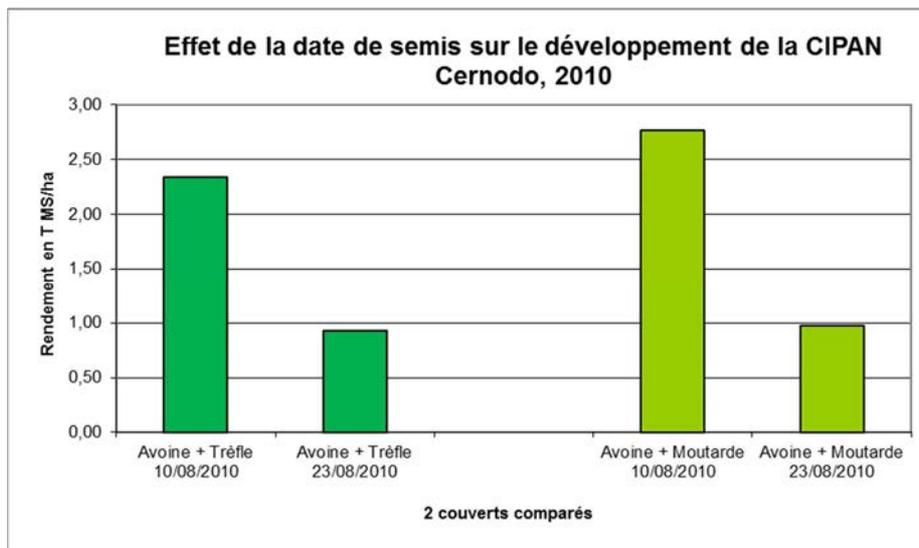


Figure 7 : Effet de la date de semis sur le développement de la CIPAN, Cernodo 2010

Résumé : Durant l'interculture la moutarde puise plus d'azote que l'avoine, et en restitue également davantage à la sortie de l'hiver. Un mélange avec des légumineuses peut améliorer cette fourniture en sortie d'hiver. Le couvert d'interculture peut améliorer le reliquat en sortie d'hiver, mais pas toujours. Le niveau de développement du couvert est très sensible à date de semis.

Plateforme d'expérimentation, Catenoy, Chambres de Picardie, 2009, 2010, 2013, 2014

Approche de valeurs de reliquats entrée et sortie hiver, azote piégé

L'abattement du stock d'azote minéral du sol à l'entrée de l'hiver, ou azote piégé, par les couverts d'interculture est net quels qu'ils soient, et pour toutes les années observées : l'abattement est de - 56 % en moyenne entre la modalité sol nu et la modalité couverte présentant le plus gros REH de l'année. Certaines années des apports de fientes sur le sol nu expliquent les forts niveaux de reliquats entrée hiver.

Une culture intermédiaire à base de légumineuse associée en mélange n'augmente pas le REH et peu même le réduire presque aussi efficacement qu'une moutarde (Figure 8 à Figure 12).

Le reliquat en sortie d'hiver (RSH) est enrichi (en 2010, Figure 8), ou appauvri (en 2015, Figure 12) par le couvert d'interculture. En 2014 on observe que l'augmentation du RSH est liée à celle de la biomasse du couvert (Figure 11).

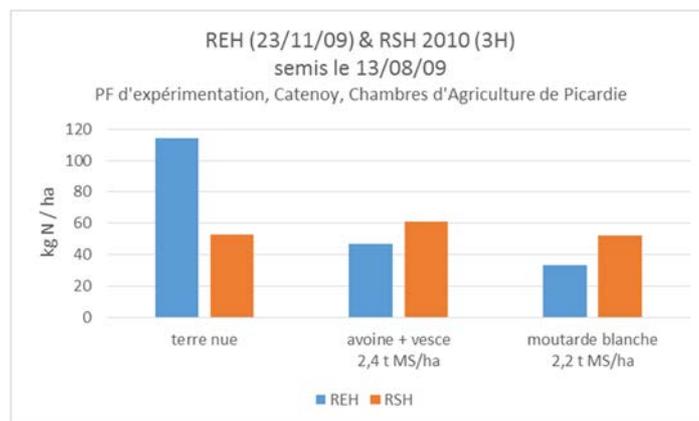


Figure 8 : REH 2009 et RSH 2010, Catenoy

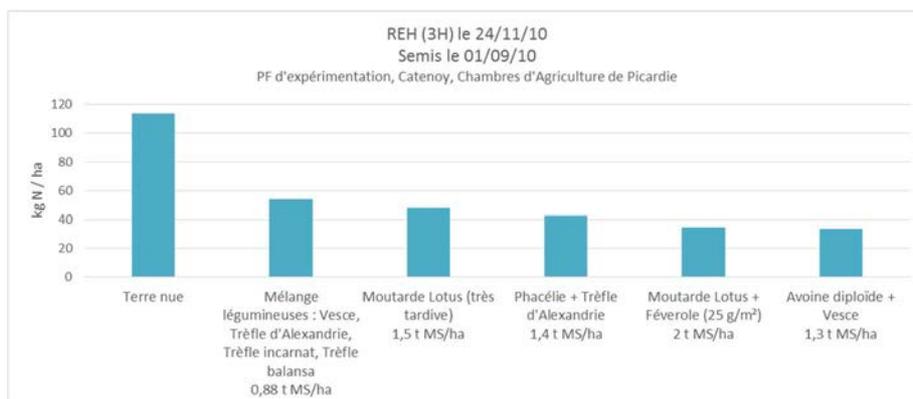


Figure 9 : REH 2010, Catenoy

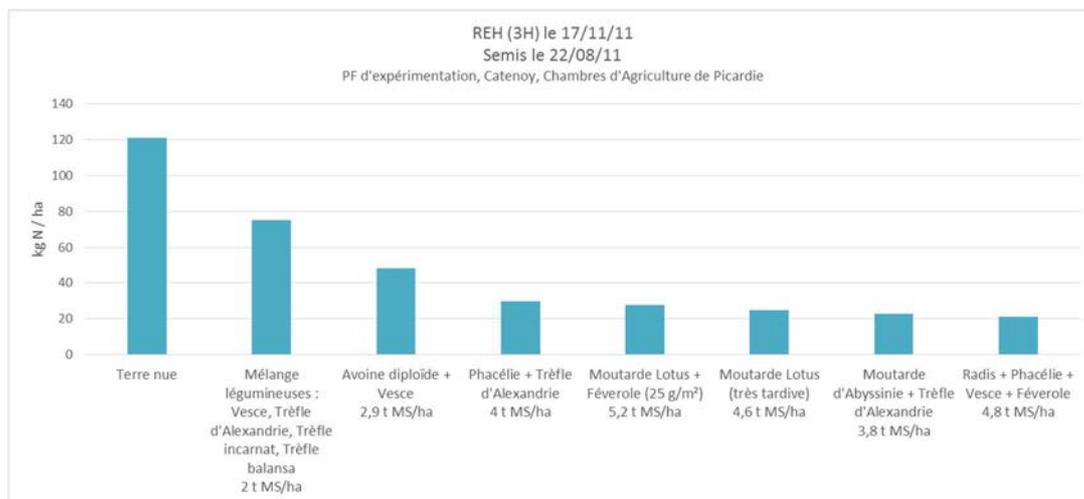


Figure 10 : REH 2011, Catenoy

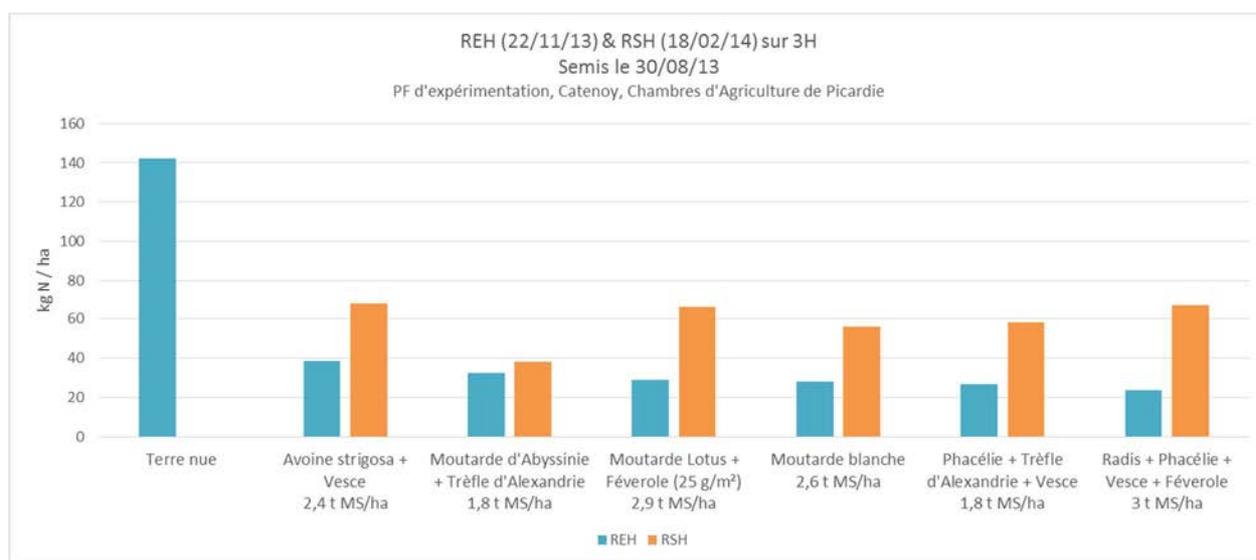


Figure 11 : REH 2013 et RSH 2014, Catenoy

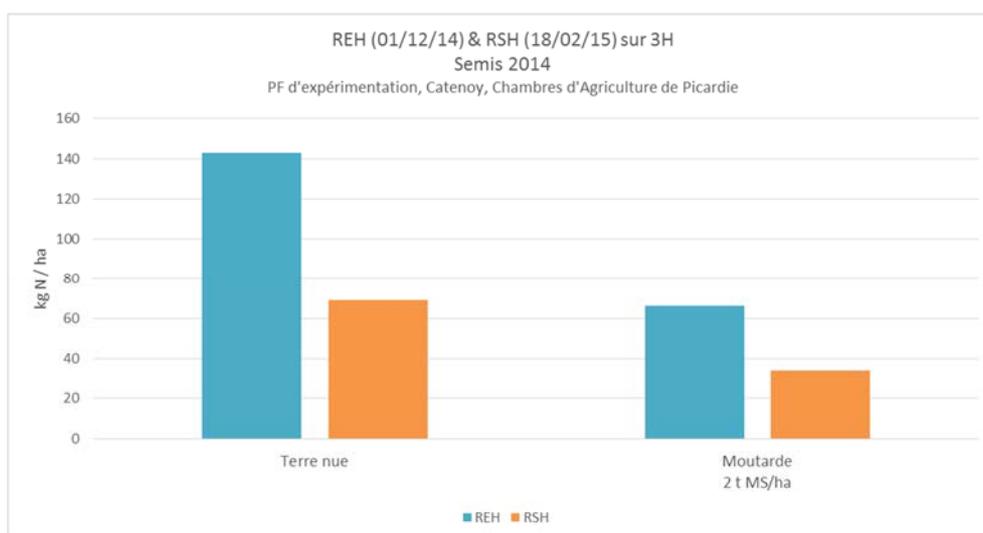


Figure 12 : REH 2014 - RSH 2015, Catenoy

Approche de valeurs de reliquats entrée hiver en fonction de la biomasse du couvert d'interculture

Les résultats de Catenoy montrent qu'un couvert d'interculture abaisse significativement le stock d'azote minéral du sol à l'entrée de l'hiver et ceci même avec des couverts peu développés (Figure 13). Un effet année apparaît sur la quantité des biomasses produites : en 2011 les biomasses représentent 4-5 t MS, alors qu'en 2010 elles ne représentent que 1-2 t MS ; 2013 apparaît comme une année intermédiaire. Une relation inverse existe entre les biomasses et les REH : les couverts les plus développés laissent les REH les plus faibles (20-30 kg N/ha en 2011). **L'effet biomasse est plus important sur la réduction de REH que le choix des espèces avec ou sans légumineuses associées.** Une variabilité plus importante des REH est constatée pour les biomasses inférieures à 3 t MS/ha : REH de 25 à 55 kg N/ha.

Cas du mélange moutarde + féverole : ce couvert laisse un REH plutôt stable (autour de 30 kg N/ha) malgré de fortes variations de biomasse (de 2 à plus de 5 t MS/ha). Ce qui conforte l'observation que **de façon générale la moutarde est efficace dans le piégeage de l'azote, même avec un développement réduit** (noter que le résultat 2014 relativise ce commentaire).

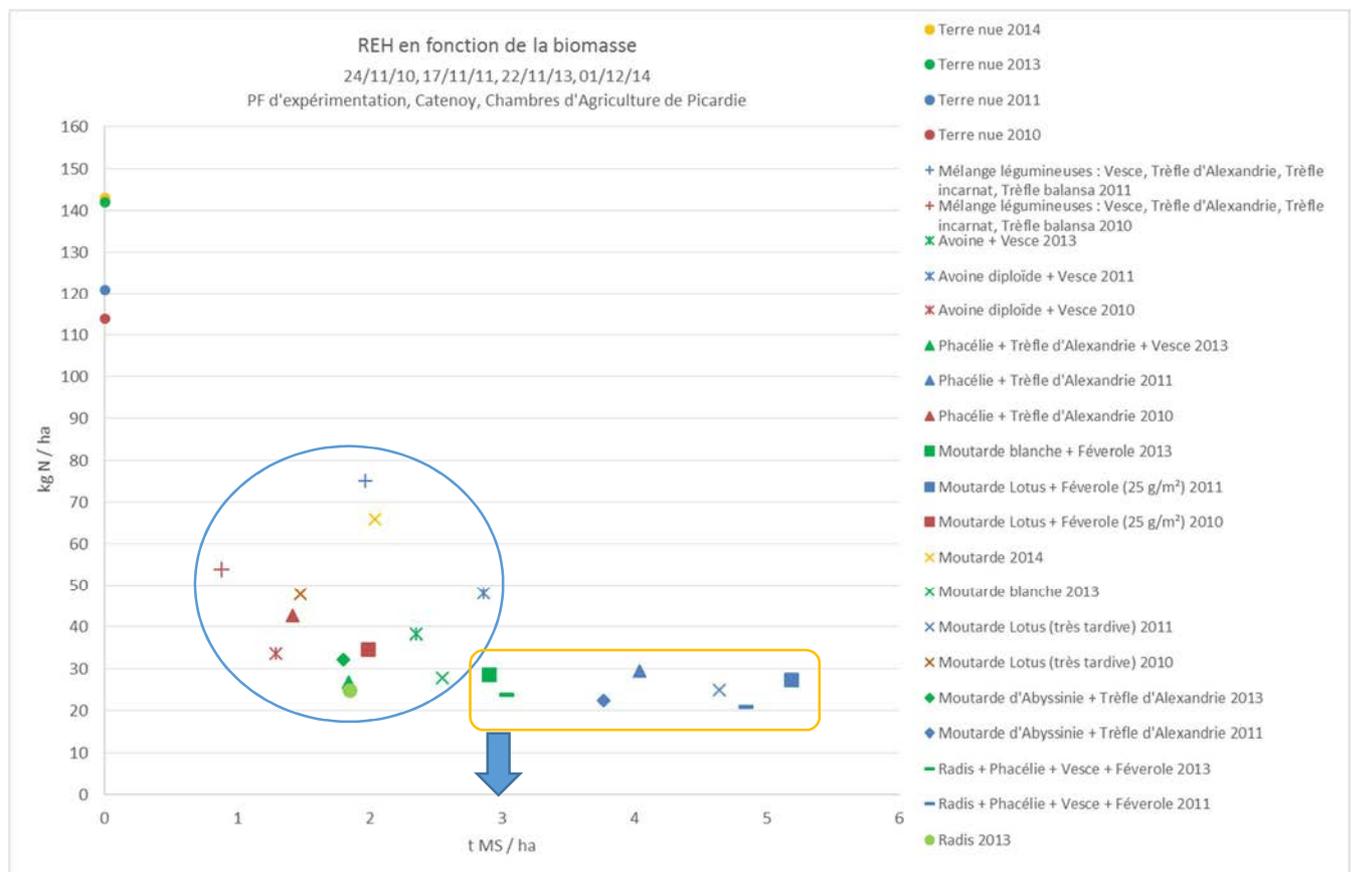


Figure 13 : Récapitulatif pluriannuel des REH et biomasses, Catenoy

Essai couverts végétaux, Ferme St Lazare, Beauvais, Adarso, 2011

Azote piégé du sol et biomasse du couvert d'interculture

Cette observation conforte l'efficacité supérieure de la moutarde : 2,5 t MS piègent davantage d'azote que la même biomasse de gesse (N-Fix). Les couverts associant plusieurs espèces dont des légumineuses (Chlorofiltre) présentent des biomasses significativement plus élevées de 4 t MS/ha (mélange A Fix, cameline, radis chinois, alpiste des Canaries, fenugrec, phacélie (Figure 14).

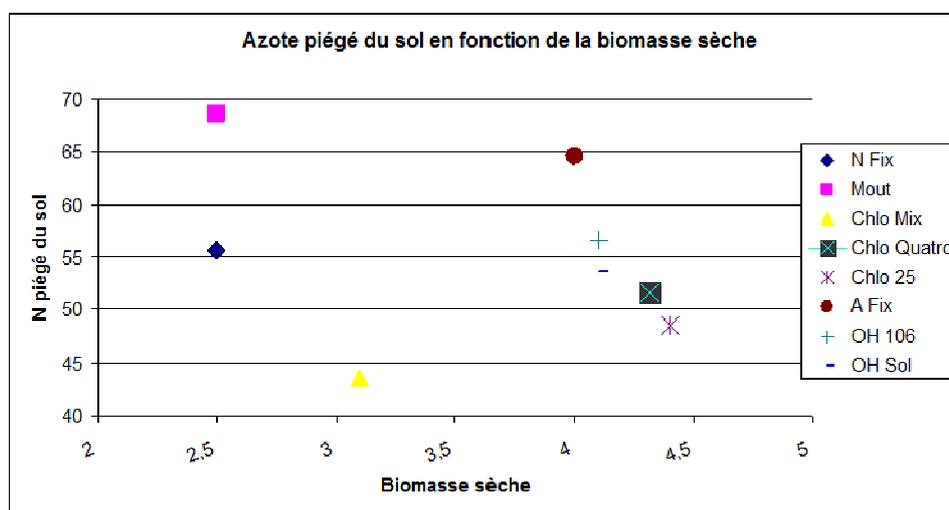


Figure 14 : Différence entre le reliquat post récolte (17/08) et le REH (09/12), selon la biomasse, Ferme St Lazare, 2011

Réseau de 47 parcelles, 2 BAC du Nord-Ouest, CA60, depuis 2012

Observations dans 2 BAC au Nord-Ouest du département, 47 parcelles dont le REH est mesuré depuis 3 campagnes, 2012, 2013, 2014. Répartitions des sols : 30 parcelles en sols profonds, dits « bons » ; 17 parcelles en sols peu profonds, dits « moins bons ».

Sols « bons »	Limon profond, limon argileux peu profond, limon battant profond, limon moyen
Sols « moins bons »	Argile peu profonde, argile à silex peu profonde, limon à silex peu profond, cranette

Figure 15 : Classement des sols, réseau de 47 parcelles

Approche de valeurs de reliquats entrée hiver en fonction des sols et des successions

Sur les 3 campagnes, toutes situations culturales confondues, les moyennes des REH varient entre 80 et 120 kg N / ha (Figure 16). Les REH sont plus élevés dans les sols « moins bons » (davantage argileux, peu profonds). Un facteur explicatif peut être qu'il y a davantage de parcelles de colza en petite terre et cela induit un risque de minéralisation post récolte de la culture plus élevé.

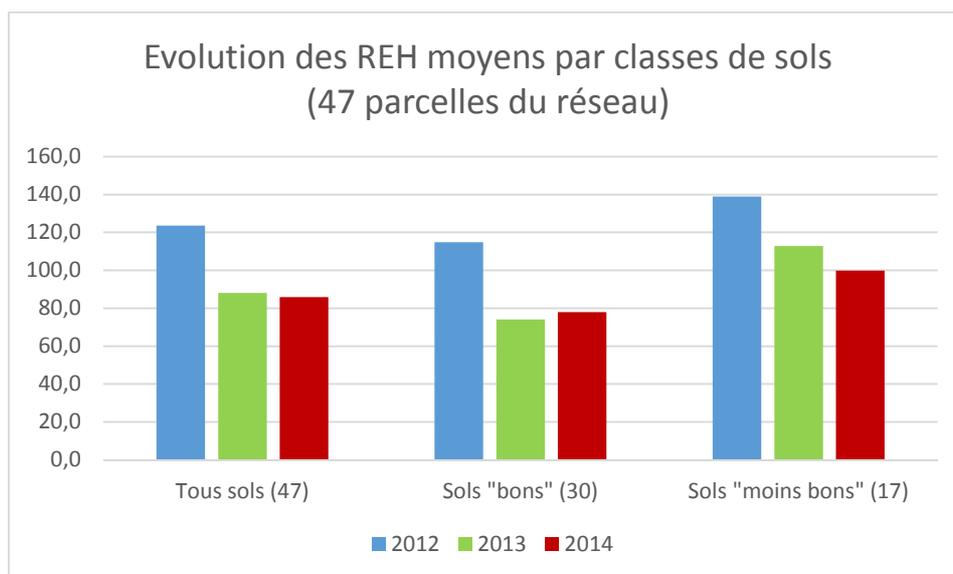


Figure 16 : Evolution des REH par classe de sols, réseau de 47 parcelles

Les résultats de reliquats entrée hiver sont classés par ordre décroissant pour les 3 années d'observation indépendamment de l'identification des parcelles (Figure 17). En 2014 les valeurs extrêmes de REH varient entre 20 et 190 kg N / ha.

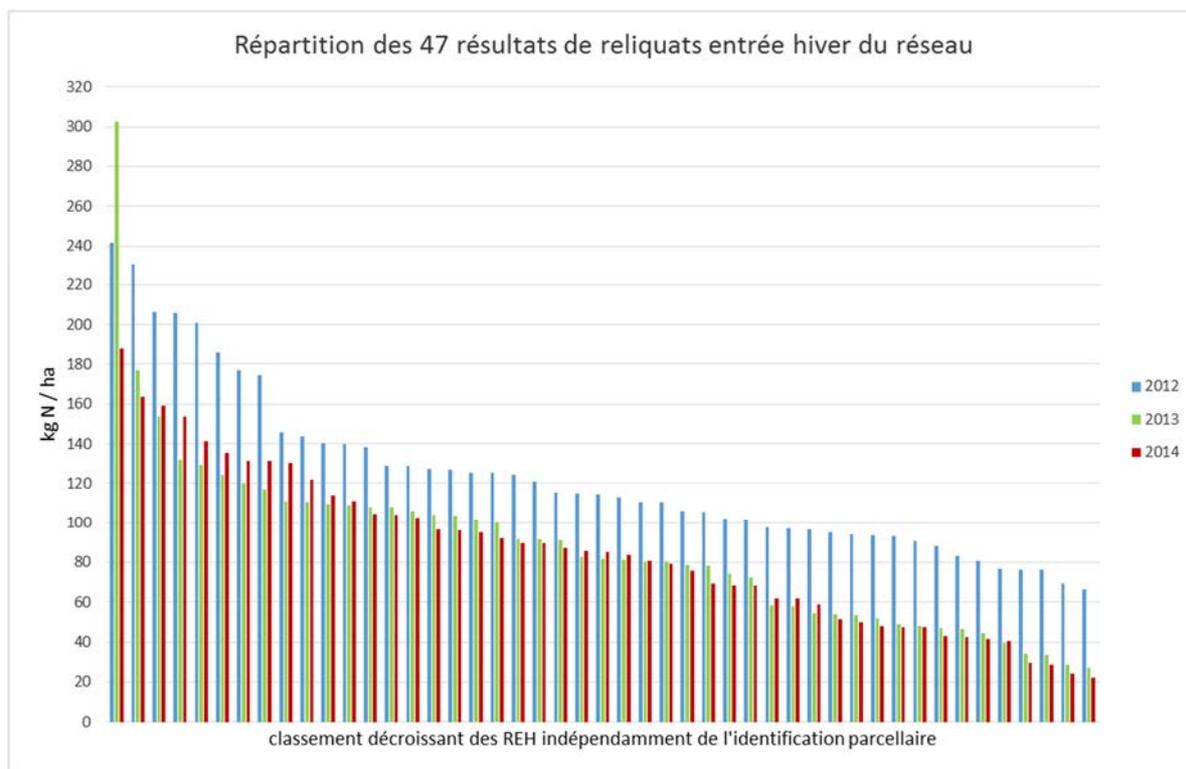


Figure 17 : Répartition des REH indépendamment des parcelles, réseau de 47 parcelles

Les effets des successions et des conduites en interculture sur le REH ressortent plus ou moins clairement selon les années (Figure 18). **Il ressort néanmoins que les CIPAN et le colza puisent plus d'azote que le blé.**

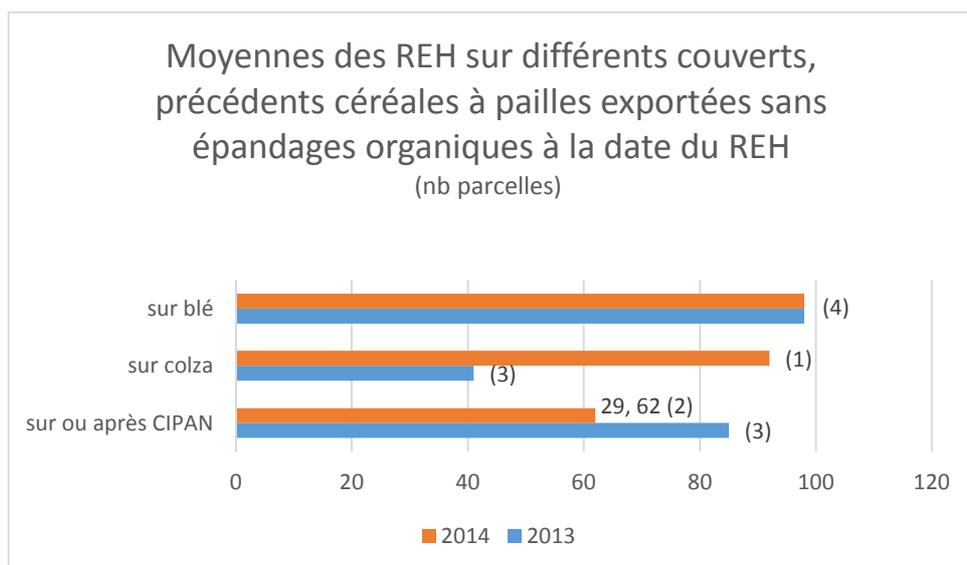


Figure 18 : Comparaison des moyennes de REH sur différents couverts, à précédent identique sols (nb de parcelles et résultats si 2 parcelles)

Sur blé, les valeurs de REH s'échelonnent selon un gradient déterminé par le précédent, et qui se vérifie d'une campagne à l'autre : les cultures de printemps récoltées tard (betteraves essentiellement) laissent les reliquats les plus faibles, à l'opposé du colza dont les résidus sont riches en azote (Figure 19). En revanche l'impact de la gestion des pailles d'un précédent céréale ne ressort pas (enfouies / exportées).

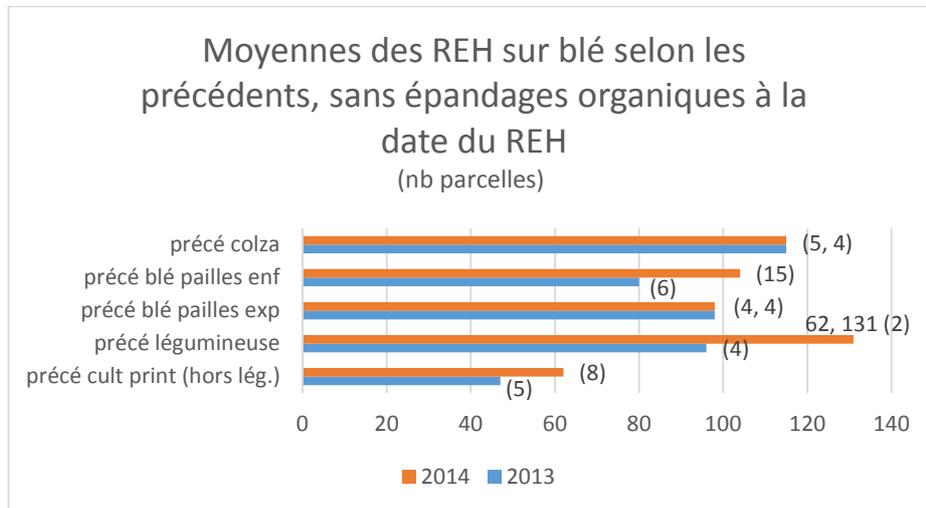


Figure 19 : Comparaison des moyennes des REH sur blé selon les précédents (nb de parcelles et résultats si 2 parcelles)

Approche de la quantité d'N lixivié en fonction des sols et des successions

La quantité d'azote lixivié est évaluée grâce au coefficient de Burns. Selon une hypothèse maximisant le risque de lessivage, la réserve utile (RU) est considérée déjà pleine en début de la période prise en compte pour la pluviométrie et l'évapotranspiration (ETP) : ici du 01/11/14 au 28/02/15. Le coefficient de Burns varie selon le type de sol de 5 % en sols argileux à 20 % en sols de limon moyen sableux, avec

une situation intermédiaire de 10 % en sols de limon argileux. Dans ces conditions de RU et de pluies efficaces, avec les niveaux de REH constatés précédemment, les pertes en azote varient de (Figure 20) :

- 3 à 7 kg/ha en sols argileux
- de 7 à 14 kg/ha en sols de limon argileux
- de 12 à 25 kg/ha en sols de limon moyen sableux

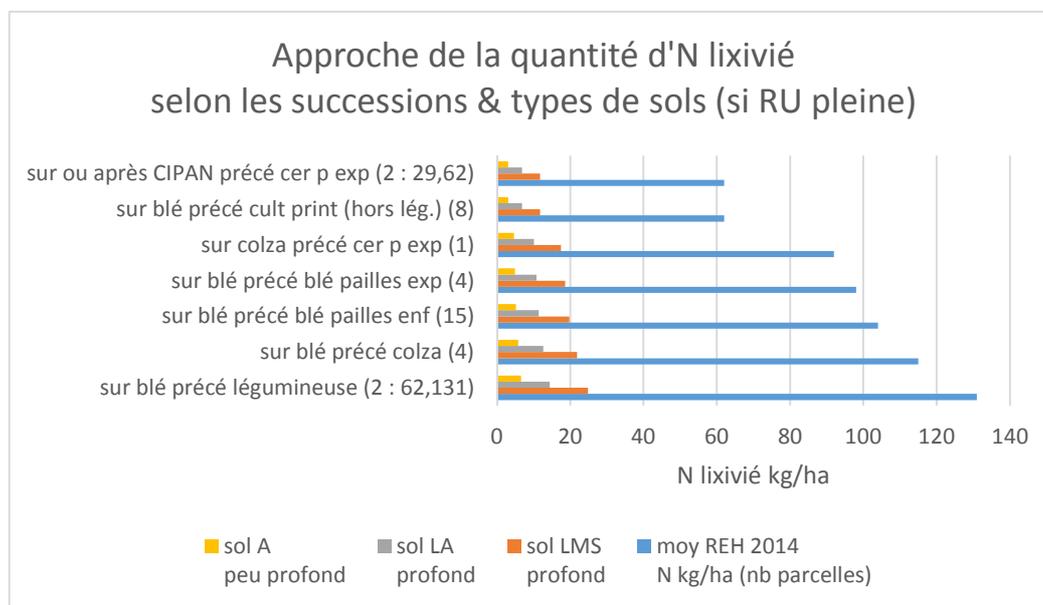


Figure 20 : Lessivage de l'azote selon les successions et les types de sols (nb de parcelles et résultats si 2 parcelles)

Approche de la concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante en fonction des sols et des successions

Dans les conditions de pluies et d'ETP de la campagne 2014¹ et dans une hypothèse maximisant le risque (la RU est pleine en début de période de lessivage), le REH ne doit pas dépasser 62 kg N/ha pour que la concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante reste strictement inférieure à 50 mg/l, quel que soit le type de sol (Figure 21).

Le sol le plus sensible, c'est à dire celui avec lequel le seuil des 50 mg/l de nitrates dans la lame d'eau drainante est atteint en premier lieu, du limon moyen sableux, atteint le seuil avec un reliquat de 92 kg N/ha. Dans ce sol, le reliquat de 62 kg N/ha génère une concentration en nitrates de 33 mg/l.

Les reliquats inférieurs ou égaux à 62 kg N/ha qui permettent de rester strictement sous le seuil des 50 mg/l de nitrates dans la lame d'eau drainante, tous types de sols confondus, sont obtenus avec les successions « sur ou après CIPAN précédent céréale paille exportée » et « blé précédent culture de printemps hors légumineuse » (en 2014).

¹ du 01/11/14 au 28/02/15, P-ETP = 155 mm

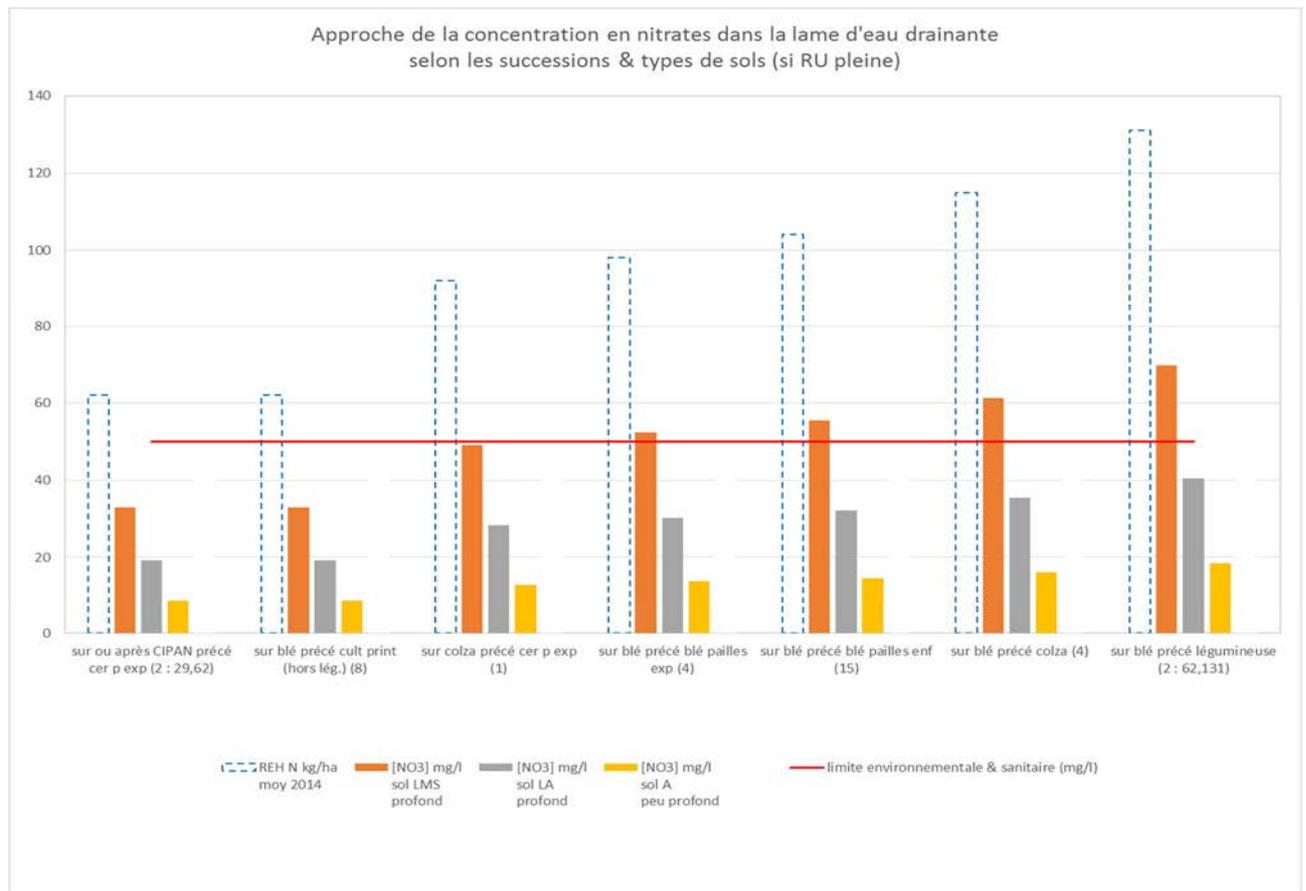


Figure 21 : Approche de la concentration en nitrates selon le REH et le type de sol sols (nb de parcelles et résultats si 2 parcelles)

Toujours dans ces mêmes conditions d'observations et d'hypothèses, l'impact d'un reliquat de 90 kg N/ha varie fortement selon le type de sol (Figure 22) :

- en limon moyen sableux, 17 kg/ha N sont lixiviés ; ils génèrent une concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante égale à la limite de 50 mg/l
- en limon argileux, 10 kg/ha N sont lixiviés ; ils génèrent une concentration en nitrates égale à 50 % de la limite
- en sol argileux, 5 kg/ha N sont lixiviés ; ils génèrent une concentration en nitrates égale à 25 % de la limite (tout de même).

(figure page suivante)

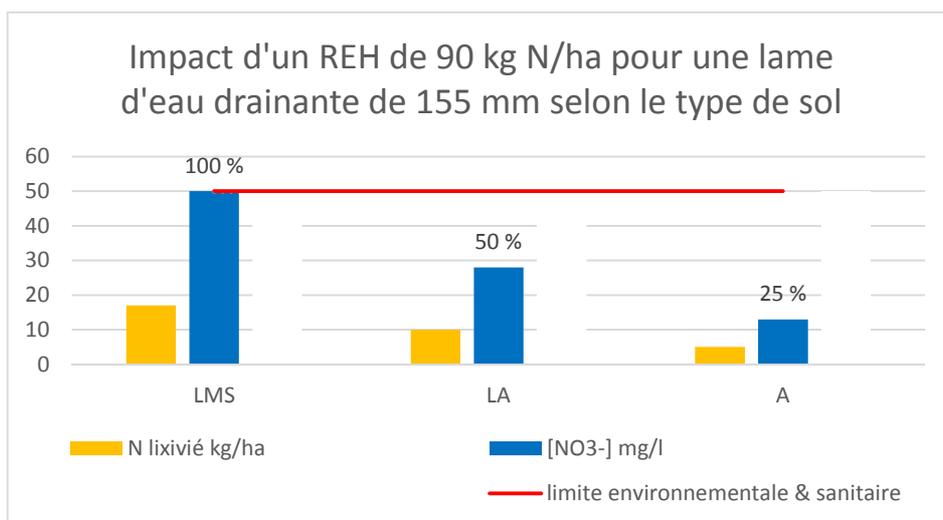


Figure 22 : Effet du type de sol sur la concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante

Résumé : Avec ce réseau de 47 parcelles, on tente d'approcher le risque de lessivage de l'azote en fonction du reliquat d'azote à l'entrée de l'hiver, du type de sol, de la succession et de la gestion de l'interculture. On tente de quantifier une concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante en se plaçant dans une situation de RU pleine qui maximise les pertes potentielles d'azote, et en fonction des pluies efficaces observées pour la campagne 2014 (155 mm). Il en résulte que les CIPAN permettent d'abaisser le stock d'azote minéral présent dans le sol à l'entrée de l'hiver à un niveau suffisamment bas (62 kg/ha) pour que, quel que soit le type de sol, la concentration en nitrates dans la lame d'eau drainante (33 mg/l, cas le plus concentré généré) reste inférieure à la limite environnementale et sanitaire (50 mg/l). Dans le type de sol le plus sensible au lessivage, la limite est atteinte dès 90 kg N/ha de reliquat entrée hiver.

A retenir

Les effets des CIPAN sont variables en fonction du contexte pédoclimatique, de l'année, du système de culture. Néanmoins nos résultats concordent avec la bibliographie dont il ressort que les CIPAN sont efficaces dans la plupart des situations pour réduire la lixiviation et la concentration nitrique de l'eau de drainage, avec un taux de réduction généralement supérieur à 50 % qui permet, le plus souvent, d'obtenir une teneur de l'eau de drainage inférieure à 50 mg NO₃ /l. Les cas d'interculture longue après récolte tardive y dérogent cependant (les CIPAN n'ont pas le temps de jouer leur rôle), de même qu'un fort excès initial d'azote ne permet généralement pas aux CIPAN de restituer une eau de drainage à moins de 50 mg NO₃/l (reliquat après récolte à 100 kg N/ha). Cela souligne la nécessité d'ajuster la fertilisation azotée comme préalable à la maîtrise des fuites de nitrates pour éviter des reliquats à la récolte trop élevés.

Reliquat entrée hiver maximum pour sécuriser le respect du seuil de 50 mg/l dans la lame d'eau drainante (pour 155 mm de pluies efficaces) :

Type de sol	Sable limoneux	Limon moyen sableux	Limon argileux
REH (kg N/ha)	50	90	160

La culture intermédiaire : intermédiaire, et culture

Lorsque le reliquat post récolte ou la minéralisation automnale sont réduits, l'implantation d'une CIPAN présente moins d'intérêt si la seule fonction de piège à nitrates est considérée. La stratégie gagnante consiste à semer une diversité de plantes et intégrer dans le raisonnement d'autres fonctions du couvert, dont certaines trouvent leur pleine expression dans une perspective pluriannuelle. Ce qui apparaît comme une opération ponctuelle coûteuse devient alors un investissement pour une culture à part entière, dont les bénéfices concernent l'ensemble du système. Point sur les effets agronomiques attendus et les autres valorisations possibles.

Principales caractéristiques agro-environnementales des différentes familles de CIPAN

Familles de CIPAN	Caractéristiques agro-environnementales
Crucifères <i>Ex : moutarde blanche / brune, radis fourrager / chinois</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Vitesse d'installation rapide -Enracinement profond par pivot -Importante limitation du lessivage d'azote -Pouvoir concurrentiel élevé sur les adventices -Entre 2 blés : réduction du piétin échaudage -En rotation betteravière : effet anti-nématodes pour les variétés dédiées -Déconseillées en rotation chargée en colza car problèmes de désherbage, ravageurs (pucerons), maladies (sclérotinia) -Effet défavorable sur maïs si détruites après février, mais aucun effet si détruites avant février
Légumineuses <i>Ex : vesce commune de printemps, trèfles, féverole, pois fourrager</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Vitesse d'installation lente, besoins de lumière et de températures -Favorisent la fourniture d'azote pour la culture suivante -Pouvoir concurrentiel sur les adventices -Déconseillées avant légumineuses (pois, féveroles) -Déconseillées en rotations chargées en colza (parasitisme, maladies) -En Zone Vulnérable autorisées en mélange (pures en Agriculture Biologique)
Graminées <i>Ex : avoine, seigle</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Vitesse d'installation plus lente -Enracinement fort sur les premiers 25 cm par système fasciculé -Limitation du lessivage d'azote pendant l'hiver -Pouvoir concurrentiel sur les adventices -Déconseillées avant céréales (maladies, pucerons) et avant betteraves (nématode du collet)
Hydrophyllacées <i>Ex : phacélie</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Enracinement fort sur les premiers 50 cm par système fasciculé -Importante limitation du lessivage d'azote -Pouvoir concurrentiel élevé sur les adventices -Coupure dans la rotation -Coût plus élevé de la semence, utiliser en mélange
Couverts en mélange	<ul style="list-style-type: none"> -Introduire une légumineuse pour un gain d'azote. Ex : avoine + vesce ; moutarde + trèfle d'Alexandrie -Associer différentes espèces pour une couverture parfaite et une production de biomasse -Combiner les différents systèmes racinaires afin d'améliorer la structure. Ex : moutarde + phacélie + radis -Semer des familles absentes de la rotation pour le rôle de rupture parasitaire -Diversifier les espèces pour les services aux pollinisateurs, aux auxiliaires

	-Valoriser les couverts en fourrage (dérobées), en énergie (CIVE) -Associer des espèces qui se détruisent facilement -Produire sa semence, au moins pour partie
--	---

Amélioration de la fertilité du sol

Composante physique : structure, érosion

Grâce aux couverts végétaux les sols se dégradent moins en surface, en particuliers les plus fragiles tels les limons battants. Ils subissent moins la battance due à l'impact des gouttes de pluie, puis le ruissellement et l'érosion. Une protection suffisante est obtenue dès 2 t MS/ha, qui est d'autant plus intéressante que le couvert n'est pas détruit tôt.

En profondeur, les racines améliorent la porosité et favorisent ainsi l'infiltration de l'eau. Leurs exsudats contribuent à l'activité biologique et à l'assemblage des éléments terreux en agrégats solides, ce qui limite la prise en masse de certains sols, notamment battants et hydromorphes.

Par leur apport en matières organiques, les couverts permettent une amélioration des propriétés physiques du sol et de son état structural, sous réserve qu'il n'ait pas subi de dégradation mécanique lors de leur destruction. Ces effets apparaissent toutefois de moindre ampleur que ceux dus au travail du sol ou à la variabilité du climat. L'enfouissement de matière organique fournit au sol l'énergie dont il a besoin pour vivre.

Modalité	Capacité infiltration	Taux d'augmentation par rapport au labour
Déchaumage, moutarde, labour de printemps , semis	27 à 30 mm/h	0%
Déchaumage, moutarde, semis direct dans les résidus	45 à 48 mm/h	67 %
Déchaumage, labour, moutarde, semis direct dans les résidus	47 à 50 mm/h	74 %
Déchaumage, labour, Blé, semis direct dans les résidus	36 à 39 mm/h	33 %

Figure 23 : Estimation de capacité d'infiltration de l'eau, Martin, Agro ParisTech, essais en Pays de Caux

Composante chimique : MO, N, P, K

- **Effet MO**

Une fois enfouies, en se décomposant, les CIPAN enrichissent le sol en matière organique qui se transforme ensuite en humus : elles permettent de maintenir le taux de MO voire de l'améliorer (sur le long terme) comme le montrent les simulations réalisées avec SIMEOS-AMG, mis au point par Agro-Transfert Ressources et Territoires, l'INRA et les Chambres d'agriculture de Picardie (Figure 24).

L'effet des CIPAN sur les apports organiques au sol dépend de la quantité de biomasse aérienne & souterraine produite, de la fréquence de retour dans la rotation, des espèces implantées. Une biomasse moyenne de 2 t MS/ha apporte 300 kg de carbone humifié/ha, équivalent à 3 t de pailles, ou 5 t de compost. Pour compenser l'exportation d'une paille, il faut planter tôt une CIPAN à forte biomasse, par exemple derrière légumineuse.

Simulation d'un système céréale – betterave en sol limoneux

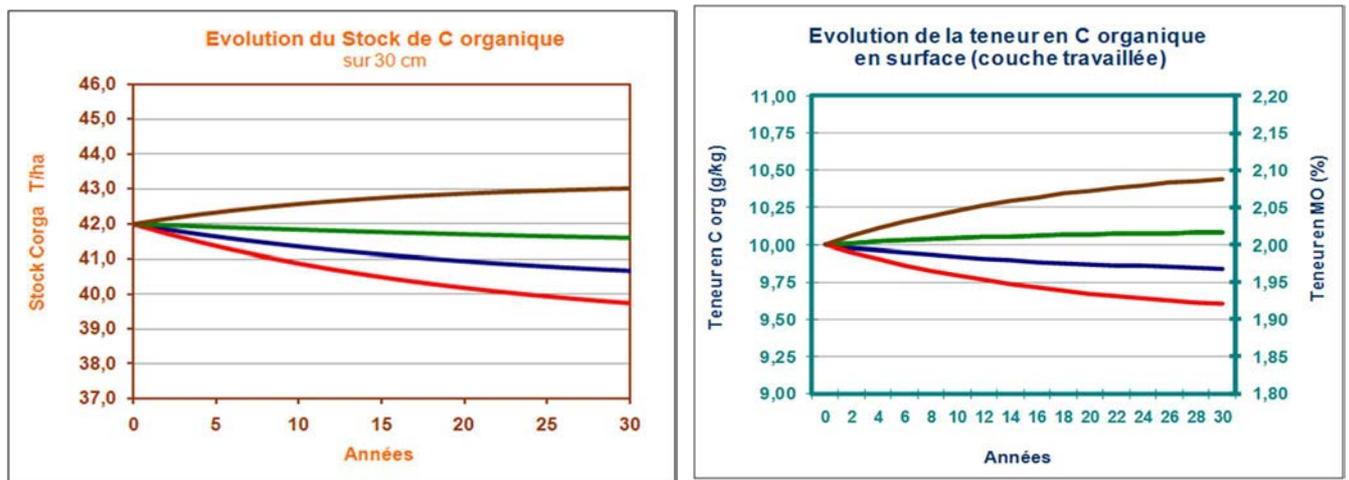
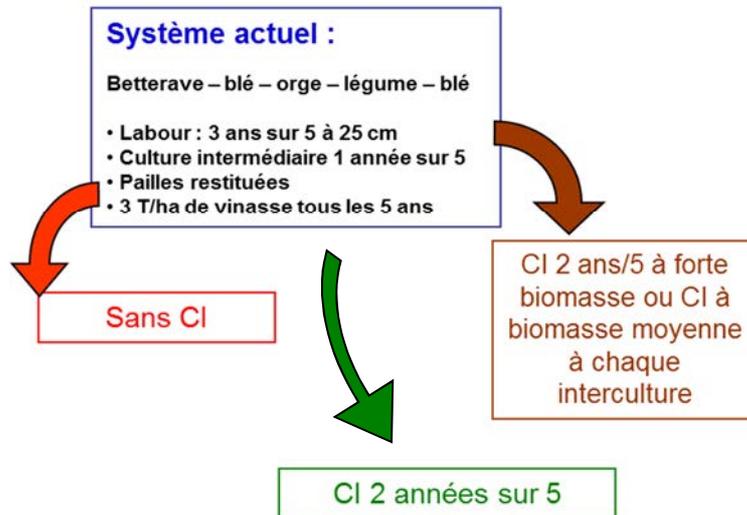


Figure 24 : Simulations de l'évolution du stock de C organique selon plusieurs scénarios, avec l'outil SIMEOS-AMG

Démarré en 1992, l'essai E de Boigneville, qui compare notamment labour et semis direct, montre que **le principal levier pour faire progresser les stocks de carbone du sol** (en t de C/ha, notion différente du taux de MO, exprimé en %) **reste l'augmentation des restitutions**, via la production des cultures principales et/ou l'introduction de plantes de service comme les couverts intermédiaires.

Toutefois dans ce domaine **l'effet le plus intéressant et le plus important des couverts végétaux porte sur le fonctionnement microbien et le potentiel de minéralisation de l'azote du sol**. Comparativement à un sol nu, la part de **l'azote organique labile** (représenté par les métabolites microbiens azotés, qui fournit l'essentiel de l'azote minéralisé par le sol) est significativement plus importante dans les parcelles avec couverts implantés régulièrement dans la durée. Ceci constitue un indicateur du niveau d'activité microbienne supérieur. La teneur en métabolites microbiens azotés est directement **corrélée à la quantité de biomasse des couverts végétaux**, dans la durée.

De même, la teneur en **carbone microbien et sa part relative** par rapport au C total du sol varie fortement, par exemple de 1,5 % du C organique d'un sol nu jusqu'à 2,5 % après certains couverts (résultats Arvalis 2014, après 10 ans de campagnes avec couverts). **L'effet « espèce » est déterminant**

sur le niveau de stimulation de l'activité microbienne du sol : la meilleure est obtenue avec les couverts de légumineuses pures ou en association (avoine-vesce).

- **Effet azote**

Les résultats expérimentaux publiés montrent que l'effet des CIPAN sur la culture suivante est généralement positif, toujours pour les légumineuses. Une compétition préemptive sur l'azote (disponibilité moindre de l'azote pour la culture suivante) se produit si la restitution de l'azote est trop tardive, ou au contraire trop précoce (le nitrate libéré est lixivié avant le printemps).

La contribution de la culture intermédiaire à la fertilisation azotée de la culture suivante dépend de la biomasse produite et sa composition biochimique (C/N), donc de l'espèce ou du mélange, et de la date de destruction. Cette contribution apparaît pour partie dans le reliquat d'azote minéral du sol à la sortie de l'hiver, et pour autre partie en effet direct. Celui-ci est déterminé avec les références proposées par le Groupe Régional d'Expertise Nitrates (GREN).

Quelle que soit la famille du couvert, on peut compter sur une moyenne de 35 unités d'azote pour la première tonne de MS (Figure 25). L'insertion de légumineuses en mélange permet de restituer plus d'azote pour la culture suivante : à biomasse équivalente, les légumineuses présentent de plus grandes quantités d'azote dans les parties aériennes. Pour cette famille on considère que chaque tonne de MS produite par les couverts représente 20 u N disponible au printemps suivant.

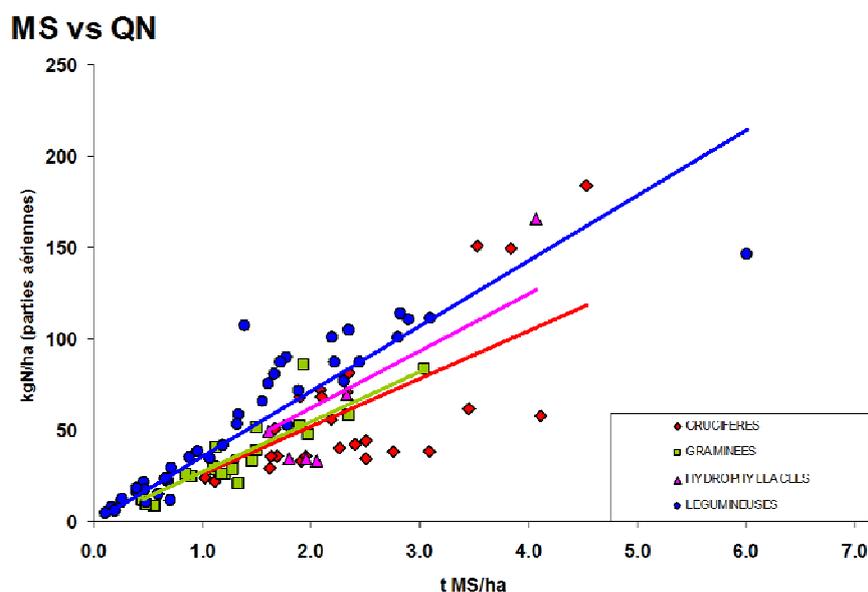


Figure 25 : Biomasse et quantité d'azote absorbé dans les parties aériennes des CIPAN, Arvalis

- **Effets phosphore et potasse**

Après destruction du couvert d'interculture, le potassium et le phosphore qui ont été prélevés par les plantes sont restitués au sol, rapidement et complètement pour le K, plus partiellement pour le P (selon le rapport C/P). Ils sont relocalisés en surface, remis en dynamique par la biomasse décomposée et représentent au final une source de P et K plus disponible pour les cultures que les apports d'engrais de fond réalisés après moisson.

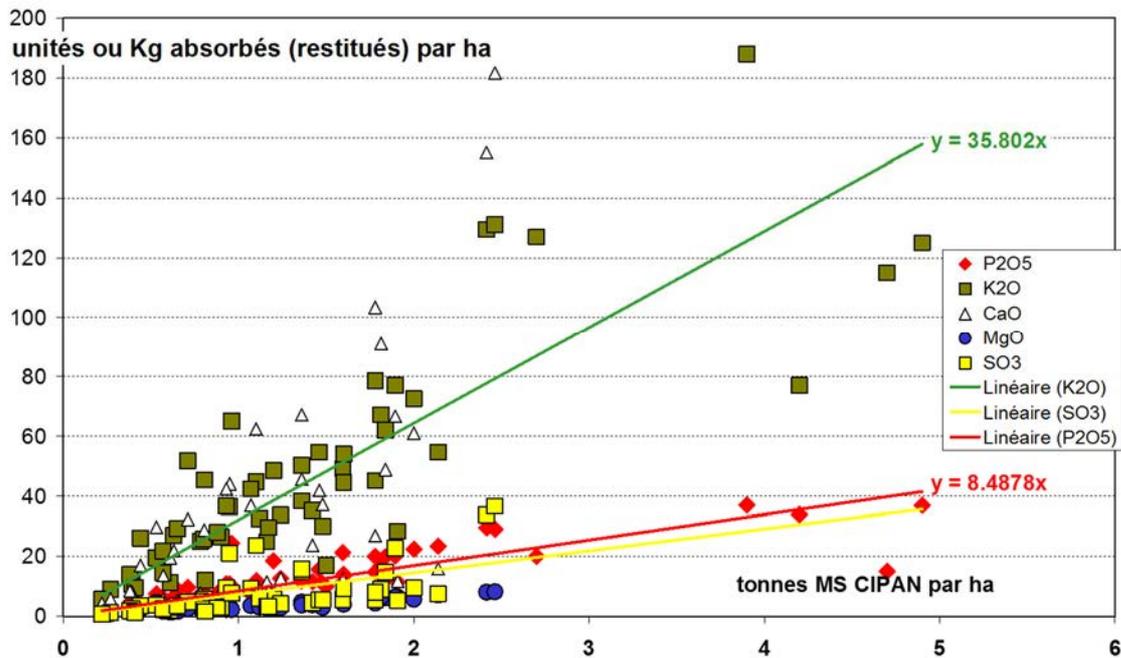


Figure 26 : Effets P, K, Ca, Mg et S des couverts d'interculture (source Arvalis)

- **Apprécier l'intérêt agronomique de la biomasse avec la méthode MERCI**

Cette méthode simple (Méthode d'Estimation & Restitutions par les Cultures Intermédiaires) a été mise au point par un conseiller de la Chambre d'Agriculture de Poitou Charentes, Sébastien Minette. Elle permet d'estimer les restitutions potentielles en N, P et K des couverts d'interculture pour la culture suivante (potentielles car elle ne prend pas en compte les précipitations après destruction du couvert). Elle est comparable à la règlette colza de Terres Inova (ex Cetiom) pour l'évaluation de l'azote piégé par prélèvement de biomasse verte. S'il s'agit d'un couvert en mélange, un triage par espèce est nécessaire. Les données de poids en vert ou mieux en sec sont rentrées dans une calculette sous excel, qui affiche les résultats.

La calculette MERCI est téléchargeable gratuitement sur le site internet de la Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou Charente :

<http://www.poitou-charentes.chambagri.fr/innovation/agronomie/techniques-agronomiques-innovantes.html>

Exemple de résultats avec les couverts semés à Catenoy le 30/08/13 (Figure 27) : tous couverts confondus, la biomasse moyenne est de 2,3 t MS/ha. Les restitutions moyennes pour la culture suivante sont pour **N : 35 kg/ha ; P : 11 kg/ha ; K : 91 kg/ha**.

modalité	dose de	poids frais	MS %	poids sec au 12/11/2013	Estimations méthode Merci			
	semis				t/ha	azote piégé	restitution N	restitution P
moutarde blanche	10 kg	17	15,5	2,55	70	30	10	80
moutarde blanche	5 kg	15,25	15,5	2,36	93	40	15	100
féverole	107 kg	4,9	11	0,54				
		20,15		2,9				
phacélie	12 kg	14,28	11	1,57	59	25	10	95
vesce		1,8	13,2	0,24				
tréfle alexandrie		0,23	13,7	0,03				
		16,31		1,84				
moutarde abyssinie	8 kg	12,9	12,2	1,57	62	30	5	70
tréfle alexandrie		1,7	13,7	0,23				
		14,6		1,8				
radis	4 kg	12,55	11,9	1,49	123	60	20	140
phacélie	2 kg	4	11	0,44				
vesce	15kg	3,3	13,2	0,43				
féverole	50 kg	6,1	11	0,67				
		25,95		3,03				
avoine strigosa	25 kg	15,21	12,5	1,9	73	30	10	70
vesce		3,39	13,2	0,45				
		18,6		2,35				
radis	15 kg	15,56	11,9	1,85	67	30	10	85

Figure 27 : Valeurs fertilisantes des couverts estimées avec la méthode MERCI, PF de Catenoy, 2013

Travail du sol à l'automne, cas des sols argileux

Le nombre de jours potentiellement disponibles pour la destruction mécanique des CIPAN à l'automne n'est pas ou peu limitant en sols sableux et limoneux. En revanche, avec l'avancée du calendrier, ce nombre de jours décroît pour les sols limono-argileux. A partir de début novembre, il ne reste environ qu'un tiers des jours pour intervenir en sols argileux (taux d'argile de 37 à 45 %). Le couvert sera plutôt détruit dès mi-octobre, et donc il faut aussi prévoir une date de semis du couvert plus précoce. Les CIPAN à croissance rapide (crucifères) même détruites précocement restent efficaces la plupart du temps pour réduire les fuites de nitrates (souvent plus de 50 %) si elles demeurent en place au moins 2 mois (levée fin juillet – début août).

Sur les limons argileux engorgés, les argiles (sableuses, limoneuses, engorgées, fortes), on privilégiera une culture d'automne car l'implantation et/ou la destruction d'un couvert d'interculture sont difficiles dans ces sols.

Précision réglementaire : Pour les sols dont le taux d'argile est supérieur ou égal à 30 %, le 5^{ème} programme d'actions de la directive nitrates laisse la possibilité de détruire le couvert d'interculture dès le 15 octobre. En justificatif il est nécessaire de disposer d'une analyse granulométrique du sol.

Effets sur la culture suivante

Effets sur le rendement

L'effet structurant des couverts végétaux permet au système racinaire de la culture suivante de croître plus profondément et de mieux résister à la sécheresse. Les résultats les moins favorables sont obtenus avec des CIPAN de la même famille que la culture suivante : avoine et seigle avant une céréale de printemps ; légumineuses avant pois de printemps. Le respect de quelques règles agronomiques de base est nécessaire pour optimiser le résultat économique. Lequel peut varier sensiblement notamment en fonction des choix d'itinéraire technique. Par exemple, la moutarde est fréquemment

broyée ; le surcoût du broyage (environ 30 €/ha) ramène alors sa marge au niveau des autres espèces tout en augmentant le temps de travail.

- **Résultats sur maïs ensilage, Cernodo 2009-2010**

L'automne 2009 n'a pas été propice au développement des couverts d'interculture dont les rendements n'ont pas dépassé 0,9 t MS/ha pour des semis fin août. Pourtant **la différence de rendement du maïs ensilage après ces couverts atteint 2 t MS/ha entre le précédent sol nu et le précédent moutarde** (Figure 28). Derrière avoine, le rendement moins bon peut être l'expression d'un effet dépressif tel que vu ci-dessus, partiellement compensé par le trèfle en mélange.

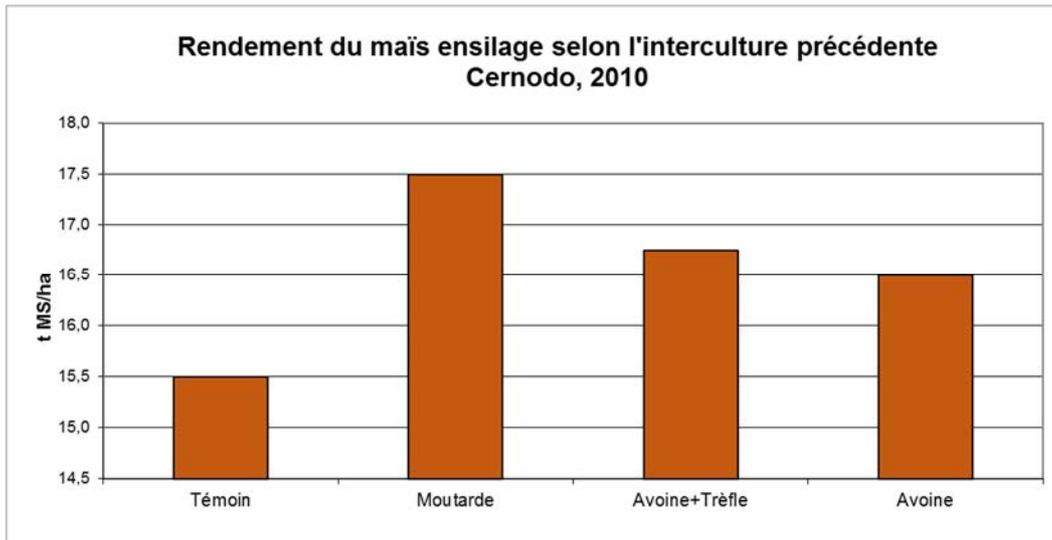


Figure 28 : Effet de l'interculture sur un maïs fourrage, Cernodo 2010

D'autres résultats sur le rendement du maïs montrent qu'il n'y a pas d'effet du développement du couvert (Figure 29) :

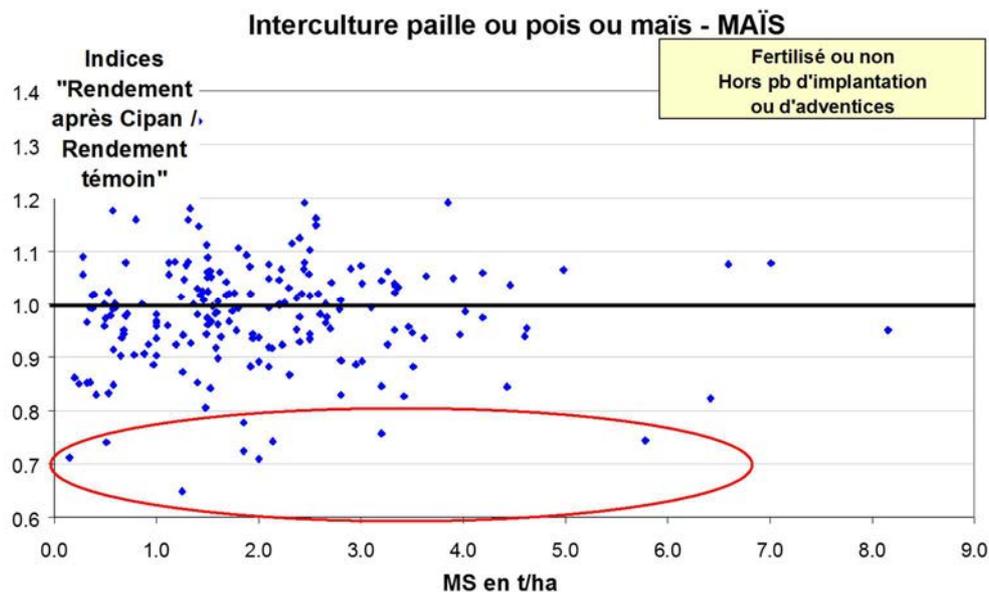


Figure 29 : Arvalis, ITB, Cetiom, 10/02/09, Laon

- Résultats sur orge de printemps, PF d'expérimentation des Chambres d'agriculture de Picardie, Catenoy**

A la dose bilan, le rendement de l'orge de printemps récolté en 2010 a été amélioré de 8 q avec la moutarde, de 10 q avec le mélange avoine + vesce, alors que ces couverts étaient moyennement développés (Figure 30). Contrairement aux attentes, on ne constate pas d'effet dépressif de l'avoine sur l'orge de printemps (cf ci-dessus).

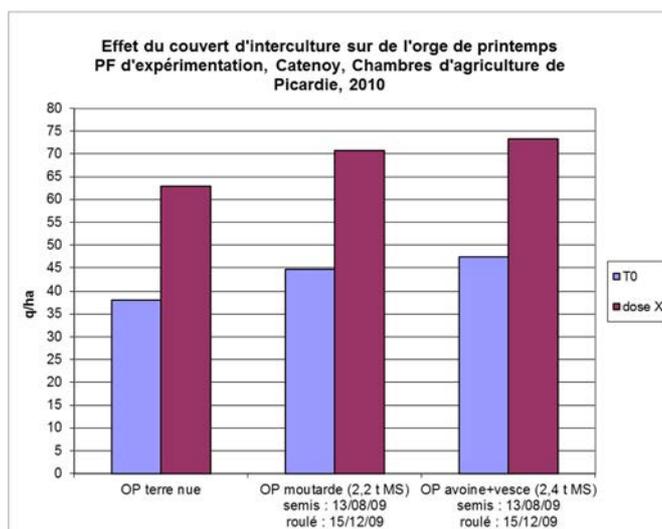


Figure 30 : Effet de CIPAN sur le rendement d'une orge de printemps, Catenoy 2010

En 2014, la forte disponibilité de l'azote dans la parcelle atténue les différences entre les modalités sol nu / couverts et les natures des couverts entre eux. Toutefois un effet négatif apparaît dans le témoin 0 azote pour les modalités radis seul et mélange moutarde d'Abysinie / trèfle d'Alexandrie.

En 2015 les différences entre les modalités restent faibles également. Le rendement maximal est atteint avec le mélange radis/phacélie/vesce/trèfle dans les 2 traitements avec (70 u) et sans azote (Figure 31).

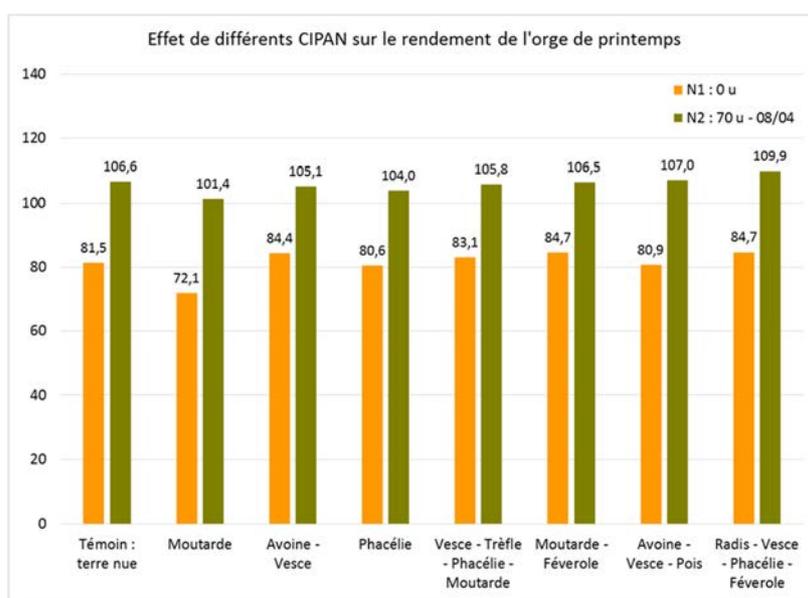


Figure 31 : Effet de CIPAN sur le rendement d'une orge de printemps, Catenoy 2015

Ces résultats sont cohérents avec ceux publiés par Arvalis. L'impact des CIPAN de crucifères et de graminées sur le rendement de la culture suivante est légèrement positif ou nul. L'augmentation du rendement est modérée. L'impact est toujours positif et très significatif pour la vesce. Un essai Arvalis montre l'impact favorable des légumineuses sur l'orge de printemps : + 2,9 q/ha en moyenne sur 11 campagnes (2001-2011). D'autres références de la Chambre d'agriculture de l'Oise montrent des résultats significatifs avec des couverts de légumineuses (trèfle violet ou blanc) sur maïs et orge de printemps en Agriculture Biologique.

Effet sur le bilan de l'eau et la recharge de la nappe

La question de l'impact d'un couvert sur le bilan de l'eau ne se pose que dans le cas d'une interculture longue. Les cultures intermédiaires n'ont pas d'impact sur l'alimentation hydrique de la culture suivante si la date de destruction est adaptée pour laisser le temps à la RU de se reconstituer. Elles induisent une réduction de la lame d'eau drainée qui détermine la recharge de la nappe.

Selon les observations de l'INRA, en fin d'hiver, les couverts d'interculture laissent un niveau de remplissage de la réserve utile inférieur à celui du sol nu 1 année sur 5 (Figure 32) :

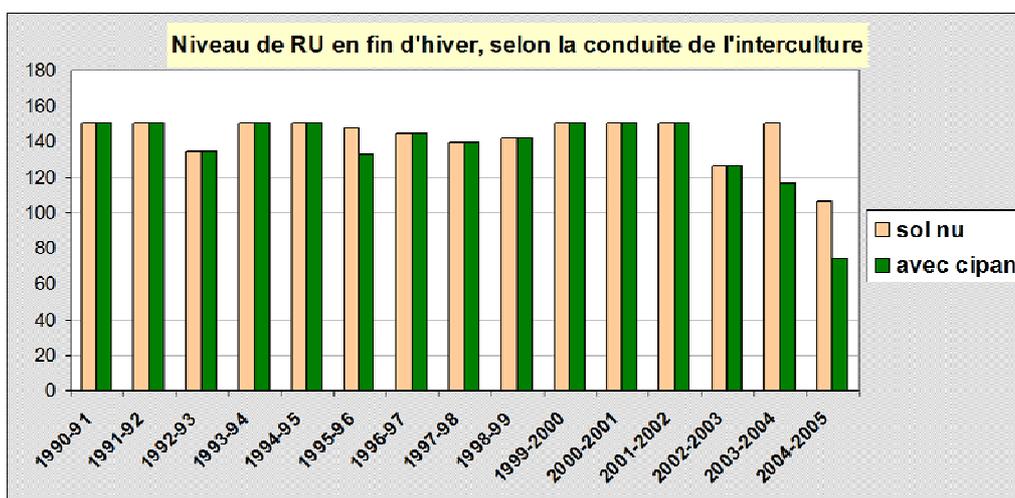


Figure 32 : Niveau de RU en fin d'hiver ; hypothèses : RU du sol = 150 mm, à 0 mm le 31/08, consommation en eau du couvert = 45 mm, météo de Reims ; source : Inra de Laon

Une réduction modérée du drainage annuel est constatée par rapport à un sol nu, de l'ordre de 30 mm en médiane (variant de 0 à 80 mm), également estimée à **10-20 mm/ t MS de CIPAN** (Figure 33) :

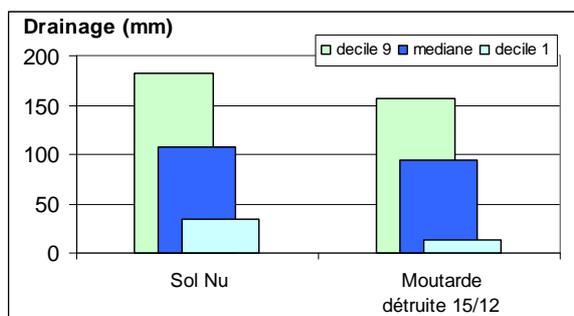


Figure 33 : Effet d'une moutarde sur le bilan de l'eau, Auzeville 1971-2000, valeur simulée au 25/04 (fin drainage), Alexandre & Juste, 2002

L'effet de la CIPAN sur le bilan de l'eau dépend de la pluviométrie, de la taille de la réserve utile, de l'espèce (l'avoine est réputée pour assécher le sol), du stade et de la date de destruction. **Deux mois de délai sont préconisés avant la culture de printemps.**

La réduction du drainage représente moins de 10 % de l'eau drainée dans la plupart des situations. Un usage généralisé de CIPAN sur un territoire donné peut donc potentiellement réduire la recharge des nappes dans les situations hydrogéologiques où celle-ci dépend surtout du drainage sous cultures.

Lutte contre les adventices

- **En système labour**

En système labour, il est établi (Arvalis, INRA) que le couvert d'interculture présente une capacité significative à réduire la pression des adventices et le développement des repousses, en termes de densité et de biomasse. Pour cela le niveau de développement du couvert est prépondérant sur les espèces. Il dépend des conditions de l'année et de la qualité de semis. Plus le couvert s'implante rapidement, plus il limite efficacement les repousses et les adventices (en densité et en biomasse). Pour assurer l'étouffement des adventices annuelles il est donc préférable de semer tôt, avec une densité de semis suffisante (respecter les doses de semis préconisées) et de soigner le semis.

Quelques rares espèces d'adventices ont un cycle très court (espèces de 100 jours) et sont capables de produire des graines malgré des sommes de températures assez faibles : le séneçon vulgaire, la véronique de Perse et le pâturin sont à surveiller. Mais ce sont surtout les adventices non détruites lors du semis de la culture intermédiaire qui risquent de produire des graines viables avant la destruction du couvert. Pour limiter les grenaisons, semer le couvert dans un sol propre, au besoin en utilisant la technique du faux-semis.

L'implantation de CIPAN est compatible avec la pratique du faux-semis, mais implique des adaptations de l'itinéraire technique. Pour cela, préparer très superficiellement le sol comme pour un semis et détruire mécaniquement les adventices levées. Cette pratique contribue à la réduction du stock semencier des graines de mauvaises herbes, mais elle n'est envisageable que pour des implantations décalées de CIPAN de 2 ou 3 semaines, pour réaliser au préalable le travail du sol. Avec une levée fin août, la CIPAN conserve une efficacité de piège à nitrate (certes non maximale). La pratique de faux-semis est bien adaptée à la lutte contre les graminées (ray-grass, brome).

Concernant l'enherbement dans la culture suivante, les essais Arvalis² n'ont pas mis en évidence un salissement entre les modalités avec ou sans couvert intermédiaire.

- **En système non-labour**

En système non-labour, exemple chez Olivier Fumery, agriculteur à Laversines. « Un 1^{er} déchaumage après moisson détruit les repousses et fait lever les estivales. Un second les détruit et fait lever les automnales. C'est au cours de ce deuxième déchaumage que le couvert est implanté. Ce dernier va étouffer les mauvaises herbes. La matière verte du couvert une fois détruit (mécaniquement ou par le gel) permet de maintenir le cycle des éléments fertilisants en interculture longue, en particulier l'azote. Au printemps un travail de préparation du semis pulvérise les restes de cellulose et évite les équipements spécifiques. Tout ceci est non seulement compatible avec le non-labour, pas

² Essais Arvalis à Boigneville « espèces » depuis 10 ans ; « environnement » depuis 20 ans ; Perspectives Agricoles, juin 2015, n°423

nécessairement coûteux, mais totalement complémentaire. Le couvert devient une véritable culture à raisonner dans la rotation. »

Dans tous les cas il est important d'implanter la culture suivante au printemps sur un sol indemne de tout repiquage de mauvaises herbes, afin d'éviter une dégradation du salissement de la parcelle.

Précision réglementaire : Utiliser la dérogation d'impossibilité d'implanter un couvert d'interculture si la parcelle présente une infestation par des adventices annuelles ou des vivaces, selon le programme d'action de la directive nitrates.

Maîtrise des populations de limaces

Les CIPAN sont souvent considérées comme un réservoir à limaces. Comment contenir naturellement les populations de ce ravageur des cultures sous des niveaux acceptables ? Le problème se pose surtout pour ceux qui ne travaillent pas le sol, ou seulement au moment du semis de la culture suivante, ou par la réunion d'un ensemble de facteurs qui leurs sont favorables. La solution est d'abord préventive.

- **Limaces grises ou noires**

En cultures on cherche à contrôler les populations de 2 espèces. La limace grise, la plus répandue et la plus redoutée, elle se trouve à la surface du sol et consomme essentiellement des plantes vertes, parfois des racines. Les individus sortent dès que l'humidité apparaît. La limace noire, plus petite (2-3 cm), présente une sole orange ou jaune. Elle peut provoquer des dégâts très importants au moment de l'implantation des cultures car elle mange les racines sous terre, les semences et les germes ; elle s'attaque surtout aux cultures d'automne.

- **Facteurs qui leurs sont favorables (aggravants)**

Un climat humide, un hiver doux : le problème est lié à un effet année.

Les sols argileux ou argileux-calcaires ; un terrain caillouteux.

Les jachères, la proximité de talus, bois, prairies augmentent les risques mais aussi la présence de leurs prédateurs.

Les cultures à cycle long, telles que céréales d'hiver, le colza, ainsi que le tournesol et les betteraves sont les cultures les plus sensibles. Le stade le plus fragile se situe entre le semis et la levée. Les rotations céréalières favorisent le maintien des limaces.

Les TCS, le semis direct, le non déchaumage, des préparations grossières : mottes et cavités les protègent. Mais ce n'est pas le fait de labourer ou non qui est responsable de leur prolifération. C'est plutôt l'absence de travail superficiel de sol pendant l'interculture, que l'on soit en système labour ou TCS.

- **Facteurs qui leurs sont défavorables**

Les sols sableux.

Le labour et le travail du sol superficiel, fin et rattaché à l'implantation des cultures d'automne. Le facteur le plus important pour faire pression sur les populations de limaces est le nombre de passages d'outils dans les tous premiers centimètres du sol.

Le déchaumage assèche la surface du sol ; il élimine les œufs et les limaces par blessures et dessiccation ; il les expose aux prédateurs. Son effet sera d'autant plus efficace qu'il sera réalisé le plus

rapidement possible après moisson : au plus tard dans la semaine qui suit. Il peut être renouvelé après une période de pluies pour dessécher de nouveau la surface du sol ou à l'implantation de la CIPAN. Dans ce cas son implantation sera retardée.

- **Lutte : elle est d'abord préventive**

Avant la gestion curative il faut anticiper par une démarche de gestion globale du risque. La pose de pièges est un outil d'aide à la décision, mais l'observation des dégâts réellement causés aux cultures doit rester l'indicateur décisif. En période sèche un piège humidifié attire les limaces, alors qu'elles ne sont pas actives sur la parcelle. A l'inverse en période humide, elles peuvent être peu nombreuses à se réfugier sous le piège alors qu'elles sont très actives dans la parcelle.

L'interculture est le moment privilégié pour prévenir ou enrayer leur prolifération. En TCS le déchaumage est primordial pour contrôler les populations. Le travail superficiel du sol est la 1^{ère} méthode nécessaire. Si un seul déchaumage est effectué, le réaliser dans la semaine qui suit la récolte du précédent. L'intervention est à répéter en présence de facteurs de risques aggravants. Cela entraîne un décalage de la date de semis des CIPAN, à choisir si possible parmi les espèces les moins appétentes : moutarde, phacélie, féverolle, trèfle violet (pour les 2 espèces de limaces), avoine (pour la grise). Le labour enfouit plus qu'il ne détruit ; réalisé peu avant le semis, il permet de retarder l'attaque sur la culture suivante.

En culture si la pression est forte, travailler légèrement le sol avant le semis, éviter les sols motteux au semis, les graines en surface, les sillons mal refermés. L'intervention chimique s'impose si les actions préventives n'ont pas permis d'éviter une prolifération : les phosphates ferriques sont les moins agressifs pour la faune auxiliaire, et ne laissent comme résidus que du fer et du phosphate.

Précision réglementaire : Utiliser la dérogation d'impossibilité d'implanter un couvert d'interculture si la parcelle présente une infestation par des limaces, selon le programme d'action de la directive nitrates.

- **Les ennemis naturels de la limace**

La limace a beaucoup d'ennemis naturels ! De très nombreux oiseaux, des mammifères (taupes, hérissons, musaraignes, rats, blaireaux), des amphibiens (crapauds, grenouilles), des reptiles (lézards, couleuvres, orvets), des insectes (carabes, staphylins, mouches), d'autres gastéropodes (l'escargot de Bourgogne mange les œufs des limaces) ainsi que des nématodes parasites.

Les carabes sont des auxiliaires souvent cités. Schématiquement une vague d'espèces s'active au printemps-début d'été, une seconde vague à l'automne. Les larves sont beaucoup plus voraces que les adultes et peuvent déloger les limaces dans leurs cachettes. Outre le couvert, les carabes ont besoin d'un gîte qui les protège : particulièrement les couverts végétaux, mulchs, bandes enherbées, talus, haies, bosquets. En région Centre une étude du Critt Innophyt (2001-2004)³ a montré nettement une progression très importante de la population des carabes à partir du moment où les parcelles n'étaient plus labourées et où un couvert était implanté en interculture. En effet le labour profond détruit à la fois les œufs, les larves et les adultes de carabes. Les couverts assurent une continuité entre la parcelle et ses contours d'où proviennent les prédateurs. Les carabes sont très sensibles aux produits phytosanitaires, les insecticides en premier lieu, les antilimaces (!) en particulier de la famille des métaldéhydes. Quand le milieu est trop perturbé *Pterotichus melanarius* finit souvent par dominer, or au-delà du nombre d'individus on recherche surtout une diversité d'espèces.

³ Présentée dans TCS n°34 de septembre/octobre 2005

Un service sur les pollinisateurs des cultures, sur les auxiliaires

Les cultures intermédiaires mellifères (CIM)

En France métropolitaine on dénombre 960 espèces d'abeilles sauvages. La culture intermédiaire peut être mise au service du renforcement de la ressource alimentaire en nectar et en pollen en septembre pour les abeilles. L'Institut de l'abeille, ITSAP, a identifié comment⁴. On cherche à faire coïncider l'offre (les cultures intermédiaires mellifères en fleurs, ou CIM) à la demande (butinage).

Dans l'Oise les dernières semaines favorables au butinage se situent entre la dernière décade de septembre et la première d'octobre : sur une période de 20 ans (1994 à 2013) il y a encore au moins 20 % de jours favorables en moyenne (/semaine), minimum requis à partir de début floraison.

On cherche à réunir les conditions pour que le couvert puisse atteindre la floraison dans la période encore favorable au butinage. Ainsi la date de semis varie en fonction de l'exigence du nombre de degrés jours de l'espèce pour atteindre ce stade.

Exemple en région Centre, on recherche la floraison des couverts avant le 1^{er} voire le 15 octobre⁵ :

Exigence °J	Date limite de semis	Espèce	Précédents
900-1300	15/07	Trèfle Alex., niger, vesces précoces, phacélie, tournesol	Orge H, pois de conserve
700-1100	01/08	Moutardes et radis précoces, gesse, fénugrec	Blé, orge P, pois protéagineux
500	15/08	Sarrasin	Blé, orge P, pois protéagineux

- **Préconisations de l'Itsap pour l'implantation de Cultures Intermédiaires Mellifères :**
 - Planter un mélange d'espèces à floraison précoce et majoritairement mellifère ;
 - Surface à planter : 1 ha de CIM / colonie hivernée ; surface à proximité du site d'hivernage, proche d'éléments boisés ; pour les abeilles sauvages on cherche une mise en réseau des habitats riches en fleurs de telle sorte que la distance nid - nourriture soit inférieure à 200 - 300 m ;
 - Eviter d'implanter une CIM sur une parcelle dont les semences de la culture précédente ont été traitées avec un insecticide néonicotinoïde, en particulier imidaclopride ;
 - Respecter les bonnes pratiques phytosanitaires lors des traitements d'automne : éviter la contamination des CIM par dérive ;
 - Semer le plus rapidement possible après récolte.

Pour choisir les espèces l'Itsap met à disposition une base de données sur son site (Figure 34). Il est possible de faire une recherche selon des caractéristiques de facilité de broyage, de niveau de coûts ; 29 espèces sont présentées pour une utilisation en interculture. Le choix final sera un compromis entre l'objectif mellifère et les contraintes de l'itinéraire technique, la culture suivante en particulier.

⁴ projet CasDar POLINOV, ACTA 2010-2012

⁵ projet InterAPI, CasDar 2012-2014



Figure 34 : Base de données accessible sur www.itsap.asso.fr / thématiques / ressources alimentaires pour les abeilles / les cultures intermédiaires mellifères, CasDar 2012-2014

Les limites du couvert de CIM sont le semis précoce à une période de travail intense (juillet) ; le risque de montée à graine ; le retard de travail du sol de la parcelle. L'implantation de CIM est donc incompatible avec la nécessité de désherbage par la pratique de déchaumage et faux-semis.

Pour la destruction du couvert de CIM monté à floraison, il est possible d'intervenir dès le 15 octobre, en conformité avec le programme d'actions de la directive nitrates. Après cette date il n'y a de toute façon plus de butinage.

Les CIPAN favorisent vers de terre et compagnie

Toute la faune du sol profite du couvert d'interculture et de sa décomposition, de l'humidité et des éléments nutritifs fournis, depuis les micro-organismes jusqu'aux vers de terre en passant par les arthropodes : acariens, collemboles, cloportes (plutôt consommateurs de litière), staphylins, araignées, carabes (plutôt prédateurs des premiers). Les vers de terre sont considérés comme les architectes du sol avec leur action sur l'incorporation des matières organiques, l'aération et le drainage du profil cultural, grâce à leurs galeries qui permettent l'infiltration rapide des eaux de pluie. Il est établi que la vie du sol est nettement améliorée après un couvert d'interculture, grâce aux effets indirects. De la qualité biologique des sols dépend entre autres la performance technico-économique des systèmes de culture, ainsi que notre approvisionnement en nourriture et en eau potable, en quantité et en qualité.

Le niveau d'activité des vers de terre est un bon indicateur de la qualité biologique d'un sol, car ils sont sensibles aux agressions plus ou moins intenses des systèmes de culture (travail du sol, engrais, pesticides). Le couvert d'interculture représente une couche protectrice en surface, et maintient un niveau d'humidité qui favorisent leur activité. **Plus que les espèces végétales, c'est la quantité de biomasse (le garde-manger) et la persistance du couvert (le gîte) qui comptent.** Mais les exsudats racinaires, en alimentant toute la faune du sol, ont un effet bénéfique qui peut être encore supérieur, car ils alimentent et stimulent la flore bactérienne.

Une production dérobée valorisable en fourrage

Le couvert d'interculture peut être géré en vue d'une production fourragère, valorisée en vert (les animaux pâturent sur les parcelles équipées de clôtures électriques), en ensilage voire enrubannée. L'objectif est de produire une grande quantité de biomasse en peu de temps. Le choix des espèces s'oriente vers celles à plus forte production de biomasse et l'implantation devra être soignée. Le surcoût d'implantation et les frais de récolte (pressage/enrubannage par entreprise) doit être rentabilisé par un rendement minimum de 2 t MS/ha.

Des références technico-économiques sont produites pour la région Picardie grâce au projet OPTABIOM (2008-2014). Se reporter au guide « Bien choisir sa dérobée », juin 2011

Voir aussi la plaquette « Couverts végétaux : une opportunité fourragère ? », mai 2011, produite par les Réseaux d'élevage, l'Institut de l'élevage, et les Chambres d'agriculture.

Précision réglementaire : Si une fertilisation azotée est apportée à l'implantation (sous réserve de la dose plafond fixée dans le référentiel régional et dans la limite de 70 kg N efficace / ha), elle doit être enregistrée avec un plan prévisionnel spécifique et notée dans le cahier d'enregistrement. Les dérobées ne sont pas concernées par la durée minimale de 2 mois comme les CIPAN réglementaires en interculture longue : elles peuvent être pâturées ou fauchées sans restriction.

Une production valorisable en énergie : les CIVE

Entre 2008 et 2010 des cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE) ont été expérimentées⁶ par les Chambres d'agriculture de Picardie. Les objectifs des 8 plateformes d'essais consistaient à réunir des connaissances d'aptitude de différentes espèces à être implantées en dérobées, évaluer les potentiels de rendements en matières sèches, déterminer des dates optimales de semis et de récolte. Les potentiels méthanogènes ont été étudiés de 2010 à 2012.

Une grande variabilité annuelle apparaît entre les essais, il n'est pas possible de généraliser les résultats obtenus d'autant que deux laboratoires se sont succédés. On observe qu'il est nécessaire de semer au plus tôt possible le couvert derrière la récolte pour permettre d'atteindre le stade d'arrivée à graine. Un potentiel intéressant est observé derrière pois de conserve, mais limité derrière blé récolté au mois d'août. Quelques cultures se dégagent avec un rendement supérieur à 5 t MS/ha : colza fourrager, orge de printemps, avoine de printemps, maïs et moha. L'apport d'azote présente un effet intéressant (attention à l'obligation d'éditer un plan prévisionnel de fumure azotée spécifique, l'îlot fait alors l'objet de 2 plans).

(page suivante)

⁶ Avec le soutien de FranceAgriMer dans le cadre du contrat de projets Etat Région 2007-2013 « Soutien aux filières grandes cultures », essais réalisés dans la Somme

Produire sa semence : liste des espèces autorisées

Catégorie	Depuis le 08/12/11 <i>Loi du 08/12/11 et Règlement CE n°2100/94 du 27/07/94, JOCE du 01/09/94, rectification du 20/04/01</i>	Depuis le 01/08/14 <i>Décret n°2014-869 du 01/08/14</i> <i>S'ajoute à la liste de 2011</i>
Plantes fourragères	Pois chiche, lupin jaune, luzerne, pois fourrager, trèfle d'Alexandrie, trèfle de Perse, féverole, vesce commune	Trèfle violet, trèfle incarnat, ray grass d'Italie, ray grass hybride, gesses
Céréales	Avoine, orge, riz, alpiste des Canaries, seigle, triticales, blé, blé dur, épeautre	
Pommes de terre	Pomme de terre	
Plantes oléagineuses et à fibres	Colza, navette, lin oléagineux (exclusion du lin textile)	Soja
Plantes à usage de CIPAN		Moutarde blanche, avoine rude
Plantes protéagineuses		Pois protéagineux, lupin blanc, lupin bleu
Plantes potagères		Lentille, haricot

Figure 35 : Liste des espèces autorisées en semences fermières

A retenir

Les méthodes et outils de raisonnement puis d'application de la fertilisation azotée permettent de réduire la quantité résiduelle d'azote minéral du sol à la récolte, le solde du bilan tend à baisser. La contrainte réglementaire de couverture des sols à l'automne ne doit pas être l'arbre qui cache la forêt. En effet la moutarde vite semée à la volée pour être en conformité est toujours trop chère car elle se développe peu, et... rapporte peu. Cette espèce est véritablement intéressante seulement quand l'azote est présent en quantité, soit du fait d'un reliquat post récolte élevé (par exemple suite à un accident cultural), soit du fait d'une forte minéralisation automnale du sol (par exemple suite à un épandage organique).

Plusieurs services peuvent être assurés de façon concomitante par une CIPAN (par exemple effet piège à nitrate / effet positif sur la fertilisation, sur le rendement de la culture suivante). Mais dans certains cas des arbitrages entre services recherchés sont nécessaires en fonction des enjeux locaux ou des priorités circonstancielles. Cela se traduit par une adaptation des choix d'espèces, des dates de semis puis des dates et modes de destruction (par exemple effet piège à nitrate / pratique du faux-semis, ou lutte contre l'érosion).

La gestion du couvert d'interculture est l'une des composantes de la reconception de systèmes de cultures plus respectueux de l'environnement, capables de valoriser les services des écosystèmes en interaction avec les cultures.

Signalons que parmi les multiples services des CIPAN, la séquestration du carbone et le bilan de gaz à effet de serre (GES) n'ont pas été abordés ici (bilan positif mais avec une forte variabilité selon la biomasse produite par la CIPAN).

La destruction mécanique

Le **gel** est un moyen de destruction naturel et aussi le moins coûteux, valable pour les espèces sensibles et les hivers froids : nyger, sarrasin, sorgho, tournesol, trèfle violet, d’Alexandrie et incarnat, vesce commune de printemps, moha, avoine de printemps.

Le passage d’un **rouleau lourd** sur la végétation gelée amplifie les dégâts du gel. Cette alternative moins onéreuse que le broyage peut s’envisager pour les espèces telles que moutarde, phacélie, pois, lentille, féverole.

Pour les couverts moyennement et peu sensibles au gel et au roulage, il est nécessaire d’intervenir avec un **travail superficiel ou un labour** (graminées, radis).

Le **broyage** s’envisage seul pour les espèces sensibles (les mêmes que celles sensibles au roulage), ou avant labour pour les couverts hauts.

*La **destruction chimique** des CIPAN et des repousses n’est plus possible maintenant que dans certains cas particuliers : si l’îlot est infesté par des vivaces (sous réserve d’une déclaration en DDT), si l’îlot est en techniques culturales simplifiées (TCS) ou s’il est destiné à la production de légumes, cultures maraîchères ou porte-graines.*

Type de sol	Culture suivante	
	Blé, orge d’hiver	Orge de printemps, betterave, pois, féverole, maïs, tournesol
Cranette, limon sableux, sable	Juste avant le semis (aucune contrainte réglementaire de couvert, d’implantation, ni de destruction)	Fin janvier ou au plus tard 2 mois avant le semis*
Limon superficiel ou caillouteux, sol argilo-calcaire		Mi-janvier*
Limon profond et moyennement profond, limon sain, limon argileux		Début janvier*
Sol argileux		Dès le 01/11 (15/10 si A ≥ 30 %)

Figure 36 : Date conseillée de destruction du couvert d’interculture (*avant le 15/12 si le couvert est résistant au gel ; dès le 15/10 si le couvert est à floraison)

Techniques et matériels présentés

Couverts présentés

Apport de 10 t/ha compost de déchets le 10/08/15. Le semis des couverts a été réalisé le 20/08/15, sur déchaumage derrière blé, en utilisant un déchaumeur à disques Heliodor de Lemken de 5 m équipé avec descentes pneumatiques et d’un semoir Delimbe.

Couverts	Dose de semis (kg/ha)
Moutarde de l’agriculteur	5
Moutarde (30 %), trèfle d’Alexandrie (70 %)	10
Radis final (50 %), trèfle d’Alexandrie (50 %)	8
Moutarde (34 %), trèfle d’Alexandrie (50 %), radis (16 %)	8
Avoine rude, vesce de printemps, trèfle d’Alexandrie	22

La biomasse des couverts a été récoltée le 29/10/15 pour une estimation de leurs rendements, ainsi que de leurs valeurs agronomiques grâce à la méthode MERCI (présentée page 20). Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessus (Figure 37).

modalité	MS %	29/10/15 rendement MS t/ha	Approche agronomique / méthode MERCI kg/ha				Approche économique des restitutions			
			azote piégé kg/ha	restitution N kg/ha	restitution P kg/ha	restitution K kg/ha	Valeur N (0,7€u) €/ha	Valeur P (0,9€u) €/ha	Valeur K (0,58€u) €/ha	Valeur totale €/ha
Moutarde (30 %), trèfle d'Alexandrie (70 %)	16%	1,3	39	15	5	40	11	5	23	38
moutarde (30 %)	13%	1,0	40	15	5	33				
trèfle d'Alexandrie (70 %)	12%	0,0	0	0	0	1				
repousses de blé	23%	0,3		4	1	8				
Radis final (50 %), trèfle d'Alexandrie (50 %)	17%	1,3	45	20	5	55	14	5	32	50
radis final (50 %)	10%	0,9	34	16	6	43				
trèfle d'Alexandrie (50 %)	16%	0,1		1	0	2				
repousses de blé	24%	0,4		5	2	12				
Moutarde (34 %), trèfle d'Alexandrie (50 %), radis (16 %)	15%	1,7	55	25	5	60	18	5	35	57
moutarde (34 %)	14%	1,0	39	15	5	32				
trèfle d'Alexandrie (50 %)	11%	0,1		2	0	4				
radis (16 %)	11%	0,2		3	1	10				
repousses de blé	24%	0,5		6	2	14				
Avoine rude, vesce de printemps, trèfle d'Alexandrie	17%	1,1	37	15	0	30	11	0	17	28
avoine rude	17%	1,1	37	15	0	30				
vesce de printemps	0	0,0	0	0	0	0				
trèfle d'Alexandrie	0	0,0	0	0	0	0				
Moutarde agriculteur	12%	1,5	46	20	5	45	14	5	26	45

Figure 37 : Rendements et estimation des valeurs agronomique & économique des couverts

Tableau de synthèse

Matériel	Avantages	Limites	Coût (€/ha)	Débit de chantier (ha/h)
Broyage 	<ul style="list-style-type: none"> -Choix de la date -Pas d'action sur le sol -Fragmentation des résidus -Efficace sur moutarde 	<ul style="list-style-type: none"> -Peu d'espèces sensibles -Adventices et repousses 	44€/ha	1,5 ha/h
Roulage 	<ul style="list-style-type: none"> -Pas d'action sur le sol -Alternative moins coûteuse au broyage -Intéressant pour couverts sensibles au gel -Protection des sols sensibles à la battance -Le non bouleversement de l'horizon de surface valorise la circulation de l'eau via le réseau racinaire et les galeries de vers de terre 	<ul style="list-style-type: none"> -Jours de gel -Adventices et repousses 	16€/ha	1 ha/h
Déchaumage : outils à dents 	<ul style="list-style-type: none"> -Lutte contre les limaces -Scalpe les racines 	<ul style="list-style-type: none"> -Désherbage par faux-semis -Effet lissant des ailettes en conditions humides -Bourrage entre les dents et le rouleau possible sur couvert très développé 	20 - 45 €/ha	1,5 à 4 ha/h (4m)
Déchaumage : outils à disques 	<ul style="list-style-type: none"> -Désherbage par faux-semis -Fonctionne bien sur les couverts développés -Rapidité de chantier 	<ul style="list-style-type: none"> -Lutte contre les limaces -Efficacité moindre en sols hydromorphes 	20 - 45 €/ha	1,5 à 4 ha/h (4m)

déchaumage, outils à disques (suite)



<p>Labour</p> 	<p>-Enfouissement des résidus de façon homogène</p>	<p>-Le volume de biomasse concentré au fond du sillon augmente avec l'écartement</p> <p>-Dégradation ralentie et perturbante pour la culture suivante en conditions anaérobies</p>	<p>59€/h</p>	<p>1,5ha/h</p>

Ressources utilisées

Bouthier Alain, Trochard Robert, Labreuche Jérôme, Arvalis Institut du végétal, Valé Matthieu, SAS Laboratoire, Chaussod Rémi & Nouaïm Rachida, SEMSE, « Couverts végétaux et matières organiques des sols, des effets variés selon les compartiments organiques », Perspectives Agricoles, octobre 2015, n°426

Métais Pascale, «Cultures intermédiaires, mieux maîtriser l'enherbement », Perspectives Agricoles, juin 2015, n°423

Labreuche Jérôme, Arvalis Institut du végétal, « Couverts végétaux, des bénéfiques variables selon les espèces », Perspectives Agricoles, février 2015, n°419

« Cultures intermédiaires, cumulez les avantages », Cultivar, supplément au n°530 du 06/05/02

Guide de calcul de la dose d'azote à apporter sur les cultures et les prairies, référentiel fertilisation azotée de Picardie applicable en zones vulnérables à compter du 01/09/2015.

Réduire les fuites de nitrate au moins des cultures intermédiaires, Conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques, INRA, juin 2012

« La qualité biologique des sols, Enjeux, connaître, mesurer, améliorer », François Dumoulin, Chambre d'agriculture de l'Oise, janvier 2015, 19 pages

« Le semis direct : une technique à cultiver dans l'Oise ? », Billa, Chatain, Dersigny, Dumoulin, Le Mouel, Salitot, Schmitt, Chambre d'agriculture de l'Oise, juin 2010, 19 pages

Méthode d'Estimation & Restitutions par les Cultures Intermédiaires, MERCI, Sébastien Minette, Grégory Véricel, Chambre d'agriculture de Poitou Charente, juin 2011

Guide culture, interventions d'automne, campagne 2015-2016, Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne, juin 2015

Larue Bénédicte, « Un ennemi de taille, les limaces », TCS, n°4, septembre/octobre 1999

Waligora Cécile, « Limace, une démarche globale », TCS, n°53, juillet/août/septembre 2009

Allier Fabrice, ITSAP, Institut de l'abeille, Plessis-Belleville, 12/06/15

Plaquette « Couverts végétaux : une opportunité fourragère ? », mai 2011, produite par les Réseaux d'élevage, l'Institut de l'élevage, et les Chambres d'agriculture, 4 pages

Guide « Bien choisir sa dérobée », juin 2011, projet OPTABIOM (2008-2014), 17 pages