

ACTION N°10

Les engrais verts en Grandes Cultures biologiques

Maître d'œuvre : Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne et Fédération Régionale des Agrobiologistes de Bretagne (FRAB)

Partenaires : ITAB, INRA, CTIFL, CDA Oise, CDA Drôme

Année de réalisation du programme : 2^{ème} année / 2 ans

Contexte et enjeux de l'action

Il existe actuellement en Agriculture Biologique deux sources d'approvisionnement en azote "extérieur" à l'exploitation : les déjections issues d'élevages en Agriculture Biologique et les engrais certifiés Agriculture Biologique. Les premières s'avèrent peu accessibles car les éleveurs en AB en sont les premiers utilisateurs (lien entre l'atelier animal et les cultures) et donc exportent peu. Les seconds, vendus dans le commerce, sont chers et la question de leur valorisation est souvent posée (coefficient d'efficacité et retour sur investissement).

Dans ce contexte, la gestion de la rotation reste, une fois de plus, le pilier central pour la gestion de l'azote sur l'exploitation, afin d'obtenir des rendements satisfaisants. Dans cette optique de production, l'apport d'azote à la culture complète les fournitures par le sol pour atteindre l'objectif de rendement, mais également, s'il est apporté en adéquation avec les besoins de la culture, favorise le développement de la culture, qui sera alors concurrentielle face aux adventices.

Cette question sur la disponibilité de l'azote pour les cultures s'inscrit donc dans une approche globale, à l'échelle de la rotation. Ainsi, l'introduction de légumineuses dans cette rotation, semées sous couvert, est une des pistes actuellement travaillée.

Objectifs

Notre objectif est d'identifier des couverts végétaux qui, au-delà de la capacité à capter l'azote, restitueront cet azote en quantité suffisante (et au bon moment) pour alimenter une culture de printemps à suivre (maïs).

Pourquoi des légumineuses et pourquoi semées sous couvert de céréales ?

Un travail précédent (2009/2010) sur les couverts végétaux semés après la récolte de la céréale (phacélie, vesce, etc.) a donné des résultats en accord avec les résultats obtenus auparavant (autres régions, conventionnel et AB). Le principal enseignement est de semer le plus tôt possible afin de laisser le temps à la culture de produire de la biomasse.

C'est pourquoi, en prolongement de cet essai, nous avons orienté le choix des

espèces de manière à les semer le plus tôt possible, c'est-à-dire dans la culture précédente. Dans cette logique, ce sont les légumineuses qui ont un cycle de développement qui correspond à ce que l'on cherche : germer, rester en attente sans concurrencer la culture principale et "explorer" après la récolte.

1. Dispositif expérimental en station

Un premier dispositif a été mis en place à la station d'essai de Kerguéhennec (56), où 10 variétés de couverts végétaux ont été implantées le 10 septembre, après un triticale. 3 déchaumages ont été réalisés entre la récolte et l'implantation des couverts. Les variétés sont répétées trois fois selon un dispositif en blocs complets, sur des parcelles élémentaires de 72 m² (12 m x 6 m), selon le plan ci-après.

Les variétés testées sont les suivantes

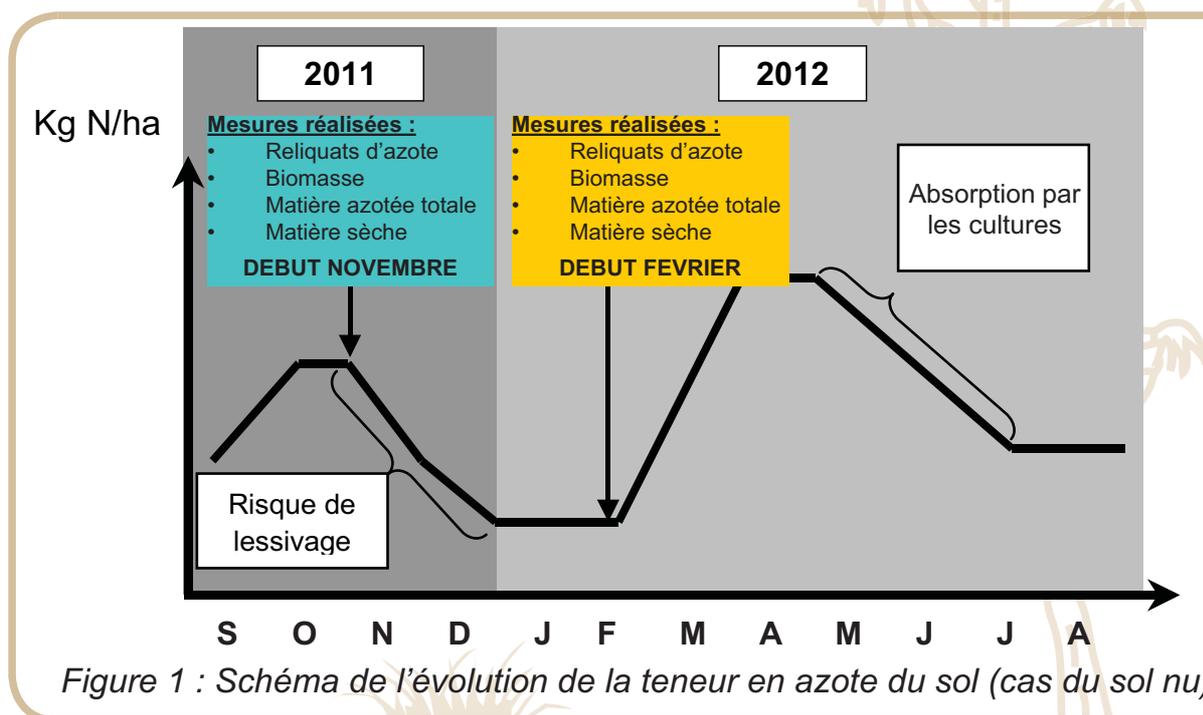
► La phacélie, la moutarde blanche, le trèfle de perse, le trèfle blanc, la vesce velue, la cameline, la féverole de printemps, le trèfle incarnat et deux mélanges (trèfles et pois + vesce).

La phacélie et la moutarde constituent les "témoins", car leur capacité de production de biomasse est bien caractérisée. Les légumineuses ont été choisies pour leur capacité à fixer l'azote, qui aurait pour conséquence d'augmenter l'offre azotée pour la culture suivante.

Un suivi azoté a été réalisé à 3 dates clés :

- Reliquat post-récolte, fin août (RPR)
- Reliquat début drainage, début novembre (RDD)
- Reliquat sortie hiver, début février (RSH)

Ces données ont permis de suivre la cinétique de minéralisation et de lessivage dans le sol.



Les mesures réalisées sont représentées sur la figure 1. Deux séries de manipulations sont réalisées :

- Début novembre, avant les températures négatives éventuelles. Le sol est, en année moyenne, ré-humecté. A ce stade, la teneur du sol en nitrates atteint son maximum,
- Début février, après la période de gel et avant le démarrage de la minéralisation.

En sol nu, la différence d'azote dans le sol, entre ces deux dates, correspond au lessivage. En sol couvert, le comportement est différent (voir la partie "résultats").

BLOC 1	Témoin sans semis	Trèfle blanc Haïfa 4 kg/ha	Minette Virgo 15 kg/ha	Trèfle d'Alexandrie Tigri 20 kg/ha	Trèfle violet diploïde Segur 18 kg/ha	Témoin sol travaillé
BLOC 2	Témoin sans semis	TB	TV	M	TA	Témoin sol travaillé
BLOC 3	Témoin sans semis	TA	TV	M	TB	Témoin sol travaillé

*Figure 2 : Plan de l'essai
"Semis de légumineuses sous couvert de céréales avant maïs"
Kerguéhennec - 2012*

3 répétitions et répartition aléatoire des 4 espèces semées :

- le trèfle blanc, variété "Haïfa", semée à 4 kg/ha,
- la minette, variété "Virgo", semée à 15 kg/ha,
- le trèfle d'Alexandrie, variété "Tigri", semée à 20 kg/ha,
- le trèfle violet, variété "Segur", semée à 18 kg/ha.

2 témoins ont été positionnés :

- une zone sans semis sous couvert
- une zone qui a été travaillée 1 fois pendant l'hiver

Cet essai est conduit à la station expérimentale de Kerguéhennec (Bignan, 56). Le semis des légumineuses a été réalisé sous couvert de triticales (variété "Bienvenu"), au stade 1^{er} - 2 nœuds. Le triticales était précédé de 2 ans de luzerne fauchée,

ayant reçu un apport de compost de fumier de bovins. La destruction du couvert de légumineuses a été faite le 20 février 2012.

Le choix des espèces et variétés a été encadré par un groupe de travail national sur les légumineuses (coordination ITAB-APCA), afin de travailler en réseau sur des espèces potentiellement intéressantes et d'obtenir des références dans différents contextes pédo-climatiques. Le choix des variétés est important car facteur de grandes variabilités de développement et donc de production de biomasse.

Enfin, le choix des variétés et de la date de semis tardif s'explique par la volonté de ne pas concurrencer la culture principale, ici le triticale. En contre-partie, des échecs de levée sont possibles, en fonction du climat de l'année.

Remarque : les biomasses et mesures d'azote dans la plante sont réalisées sur la partie aérienne uniquement. Les chiffres concernant l'azote contenu dans la plante seront donc une donnée sous-estimée.

Bilan météorologique

Sur une période allant du 01/08/2011 (date de récolte du triticale) au 08/02/2012 (date du second prélèvement de couvert), la pluviométrie a été de 367 mm. Dans cet essai, nous n'avons pas fait de suivi "renforcé" de la teneur du sol en azote (reliquats toutes les trois semaines). Cependant, nous pouvons souligner quelques chiffres afin de mieux comprendre l'origine des stocks d'azote qui ont été mesurés sur l'essai.

La Réserve Utile (RU) du sol est de 145 mm environ (calculée en fonction de la texture du sol et de sa profondeur). Cette réserve donne une indication sur la quantité d'eau que le sol peut retenir. Toute pluie supplémentaire sera drainée, entraînant de l'azote (phénomène de lessivage). En parallèle, les données météorologiques de la station nous renseignent sur les pluies "efficaces", c'est-à-dire la pluie à laquelle on retire l'évaporation par le sol et la plante. Cette pluie "efficace" viendra donc remplir la RU du sol, puis, au-delà, sera drainée hors de la parcelle.

Ainsi, en situation de sol couvert, le sol était saturé en eau à la date du 15/12/2011 (ce qui est relativement tardif par rapport à une année moyenne, pour laquelle la saturation a lieu début novembre). A noter, de plus, que le couvert végétal évapore de l'eau lui aussi, jusqu'à 26 mm/t MS produite (MA Rakotonandrasana, P Masson, 2000), mais les références actuelles sur le sujet ne permettent pas d'en faire un calcul précis.

Ainsi, au vu des conditions climatiques et de sol de la parcelle, on peut penser qu'il y a eu peu de drainage sur la parcelle.

L'azote dans les couverts

Le trèfle blanc et la minette ne se sont quasiment pas développés, avec respectivement 1.73 et 1.37 t MS/ha, ce qui correspond au développement du couvert spontané (adventices) sur le sol non couvert (voir photos ci-dessous). Ce non-développement peut s'expliquer par la combinaison de plusieurs facteurs, notamment le choix de l'espèce, volontairement peu agressive, le stade avancé de la culture en place lors de l'implantation (entre 1 et 2 nœuds) et le printemps et l'été particulièrement secs.

La situation du trèfle d'Alexandrie est intermédiaire, avec un léger développement (1.77 t MS/ha), cependant largement concurrencé par le développement des adventices.

Enfin, le trèfle violet, à la date du 30/11/11 (avant les gelées), avait produit une biomasse de 3.35 t MS/ha. Cette culture, au-delà de l'approche azote, a permis de couvrir en quasi-totalité le sol et donc d'empêcher le développement des adventices (voir photos ci-dessous).



Témoïn sans semis

Trèfle d'Alexandrie

Trèfle violet

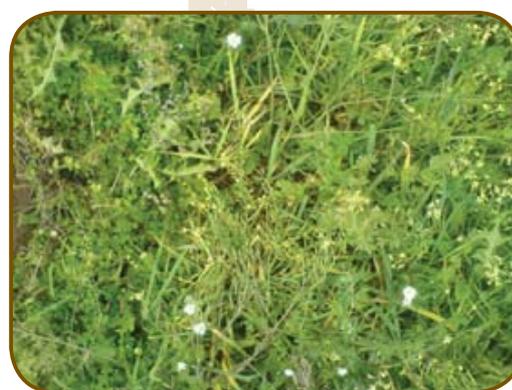
Minette

Trèfle blanc

Photos 1 : Couverture du sol par les couverts – Kerguéhennec – 30/11/2011



Trèfle violet



Trèfle blanc

Photos 2 : Détail de la couverture du sol par le couvert – Kerguéhennec – 30/11/2011

Prélèvements du 30/11/2011 :

	Poids bruts (kg/m ²)	Moyenne poids bruts (t/ha)	Moyenne poids bruts (t/ha)	MS (%)	MS (t/ha)	MAT (%)	MAT (kg/ha)	N (kg/ha)
TB	0.82	0.91	9.07	19.10	1.73	12.10	209.54	33.53
	1.04							
	0.86							
TV	1.69	1.71	17.07	19.60	3.35	17.20	575.35	92.06
	1.67							
	1.76							
M	1.15	0.96	9.60	14.30	1.37	17.90	245.73	39.32
	0.85							
	0.88							
TA	1.80	1.21	12.13	14.60	1.77	14.60	258.63	41.38
	0.98							
	0.86							

Figure 3 : Résultats des prélèvements effectués le 30/11/2011
– Rendements et quantités d'azote -
Kerguéhenec

Remarque :

Un témoin 0 avait été mis en place. Afin de garder le sol nu, un travail du sol a été réalisé pendant l'hiver. Or ce travail a engendré une relance importante de la minéralisation, malgré une date de passage théoriquement en période de faible minéralisation (janvier). Les résultats de ce témoin n'étant pas exploitables, ce sont les modalités pour lesquelles le couvert ne s'est pas développé qui seront pris comme témoin 0 (équivalent à des modalités "sans semis").

L'azote dans le sol

Les reliquats de début drainage (RDD), mesurés au 30/11/2011 à 90 cm de profondeur, sont relativement proches pour les modalités où le couvert ne s'est pas ou peu développé (trèfle blanc, minette et trèfle d'Alexandrie). En effet, le reliquat est de 28 kg N/ha en moyenne (de 19 à 34 kg N/ha). Le reliquat de la modalité "trèfle violet" est, quant à lui, de 65 kg N/ha.

Ainsi, la teneur du sol en azote pour cette modalité est la plus élevée. Cependant, on ne peut pas dire dans quelle proportion l'azote présent dans la plante est issu



de l'azote de l'air ou de l'azote du sol. De plus, la présence de nodosités dans les prélèvements de la modalité TV a pu contribuer à ce résultat ainsi que, dans une moindre mesure, la dégradation précoce des premières folioles du trèfle.

Les reliquats réalisés en sortie d'hiver (RSH) montrent un enrichissement en azote de l'ensemble du profil. L'horizon le plus profond (60-90 cm) bénéficie de la descente de l'azote présent dans les horizons supérieurs. En parallèle, la teneur en azote de l'horizon de surface augmente, conséquence de la minéralisation de la matière organique (température hivernale douce) et d'un début de dégradation d'une partie de la biomasse du couvert.

Pour illustrer ce dernier point, des prélèvements de biomasse ont été réalisés en même temps que le RSH. Par différence avec les mesures de biomasse d'automne, ces données nous renseignent sur la quantité de biomasse (et donc d'azote) qui a été restituée au sol pendant l'hiver. Cette restitution va de 21 kg N/ha (TB, TA et M) à 77 kg N/ha pour le TV (les parties aériennes des légumineuses ont gelé : le TV avait par exemple une biomasse de 0.5 t MS/ha au 08/02/2012).

Il faut noter, cependant, que l'ensemble de cet azote organique, restitué au sol, ne sera pas bio-disponible la première année pour la culture suivante. En effet, environ 50 % de cet azote sera dégradé sous forme d'azote nitrique pour la culture à suivre (Véricel, 2010). Le reste de l'azote organique, dégradé plus tard, représente les arrière-effets du couvert.

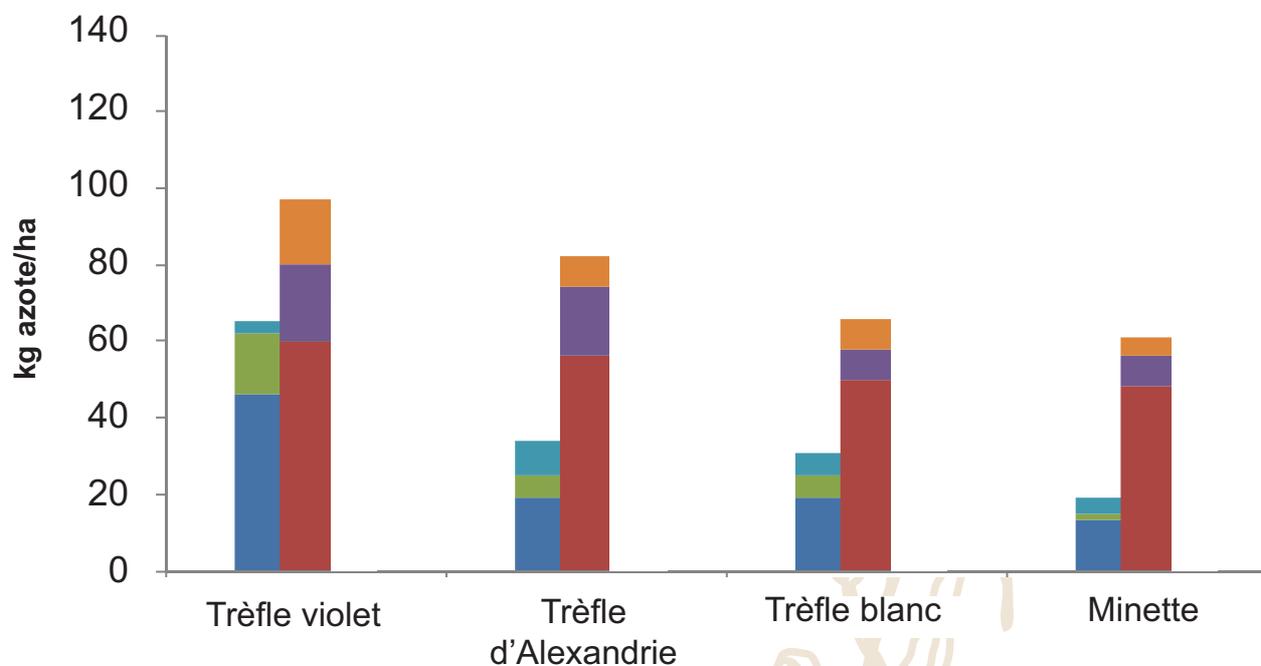


Figure 4 : Répartition de l'azote dans le sol en fonction de l'espèce semée sous couvert de triticales
30/11/2011 (colonne gauche) et 09/02/2012 (colonne droite)
- Kerguéhennec -

Combien d'azote pour la culture suivante ?

Il apparaît clairement que, cette année et dans le contexte de l'essai, le trèfle violet a permis deux choses :

- augmenter le reliquat sortie hiver, qui contribuera à l'alimentation azotée de la culture à suivre,
- enrichir l'horizon de surface en azote organique facilement minéralisable.

Il est cependant délicat de faire une estimation du bilan azoté a priori car nous ne savons pas quelle part de l'azote en cours de dégradation (destruction partielle du trèfle par le gel) est prise en compte dans la mesure du RSH. En effet, le protocole ne permet pas de mesurer les pertes par lessivage, les apports par minéralisation de la matière organique et la cinétique de dégradation du couvert.

On peut malgré tout retenir le chiffre suivant : la modalité "trèfle violet" a stocké "sur pied" 92 uN/ha (partie aérienne) et que la moitié environ, soit 40 à 45 uN/ha, sera disponible pour la culture de maïs en 2012.

En comparaison, une moutarde produisant la même biomasse pourrait apporter de l'ordre de 15 uN/ha disponibles pour le maïs à suivre (plante moins riche en azote et plus ligneuse, ce qui influence la quantité d'azote captée et la cinétique de dégradation).

Conclusion

Sur ce site, en 2011, seul le trèfle violet s'est développé. Au delà des aspects "azote" (fourniture d'azote à la culture suivante) et maîtrise des adventices (couverture totale du sol) dont nous avons parlé, il faut souligner aussi les intérêts en termes de limitation de l'érosion, ainsi que du maintien de la structure du sol grâce à la prospection des racines.

Ce dernier point met en avant une difficulté méthodologique : il est difficile de mesurer le rôle des parties racinaires (la mesure de l'azote est faite sur la partie aérienne de la plante). C'est pourquoi la mesure de rendement sur la culture suivante permettra de prendre en compte l'azote supplémentaire qui sera mis à disposition de la culture suivante, toutes choses égales par ailleurs.

De plus, il serait intéressant de renouveler l'expérience afin de s'affranchir de l'effet année. Dans cette logique, d'autres essais sont en cours, notamment sur la modulation de la date de semis sous couvert.

Enfin, ces données seront source de discussion dans un contexte réglementaire qui n'autorise pas, actuellement en Bretagne, les légumineuses comme couvert hivernal.



*Trèfle violet
Kerguéhennec - 2011*

2. Suivi d'un réseau de parcelles d'engrais verts chez des producteurs

Sur l'année 2011, deux parcelles d'engrais verts ont été suivies par le GAB 56 avant une implantation de pommes de terre. Les résultats 2010 n'ayant pas été probants, les essais ont été reconduits pour voir si les résultats obtenus étaient dus à un effet "année" ou non.

Une des parcelles est située à Stival en Pontivy et l'autre à Bignan ; les deux producteurs sont des cultivateurs en Agriculture Biologique, effectuant une rotation uniquement en culture. L'objectif est de trouver un engrais vert qui puisse avoir un rôle "fertilisant" dans une rotation intégrant une culture de pomme de terre et plus largement de voir l'impact des couverts sur les cultures suivantes. Seule la parcelle de Bignan a pu être récoltée.

En parallèle de ces deux parcelles avec une implantation de couvert à l'automne, une autre située à Bignan a été semée au printemps sous couvert d'un blé de printemps. Le couvert est resté en place après la récolte de blé et sera détruit avant l'implantation de pomme de terre qui aura lieu en avril-mai 2012. Les analyses seront présentées dans le bilan des actions 2012.

Parcelle de Bignan avec une implantation de couvert à l'automne

La conduite de la culture est laissée au libre choix de l'agriculteur (date et choix de l'implantation, travail du sol, destruction du couvert). Pour évaluer l'effet de l'engrais vert, une zone est laissée sans couvert ; elle est conduite avec le même itinéraire cultural.

L'implantation du couvert (trèfle d'Alexandrie, Ray Grass et avoine) a eu lieu en août 2010 après une récolte de colza. 2 déchaumages ont été effectués au dynadrive sur 2 à 3 cm de profondeur. Le semis a été réalisé le 20 août à l'aide d'un combiné Actisol + semoir. Le couvert a été semé à une densité de 50 kg d'avoine et 5 kg de trèfle d'Alexandrie par hectare. Le Ray Grass n'a pas été semé mais a repoussé spontanément.

Au début du mois de mars 2011, on a pu observer un développement correct du couvert avec la présence de Ray Grass et un peu d'avoine ; le reste ayant gelé. L'observation d'un profil à cette date laisse apparaître un chevelu racinaire important et une bonne structure du sol.

L'engrais vert a été détruit le 15 mars 2011 avec un passage d'Actisol, puis un labour réalisé 3 semaines avant la plantation. La plantation des pommes de terre a eu lieu entre le 15 et 20 avril 2011.

Analyses réalisées en laboratoire :

Parcelle Bignan	Analyses laboratoire
Reliquat Début Drainage réalisé le 14/10/2010	N disponible : 96 kg/ha
Reliquat Sortie Hiver Réalisiert le 31/01/2011	Couvert : 20 kg/ha Sol nu : 9 kg/ha
Biomasse + Matières Azotées Totales du couvert	Production du couvert : 2.27 t MS/ha Matière Sèche : 14.6 % Azote total : 2.60%
Rendement récolté	Couvert : 40 t/ha Sol nu : 38 t/ha (témoin)

Analyse des résultats

Les reliquats d'azote

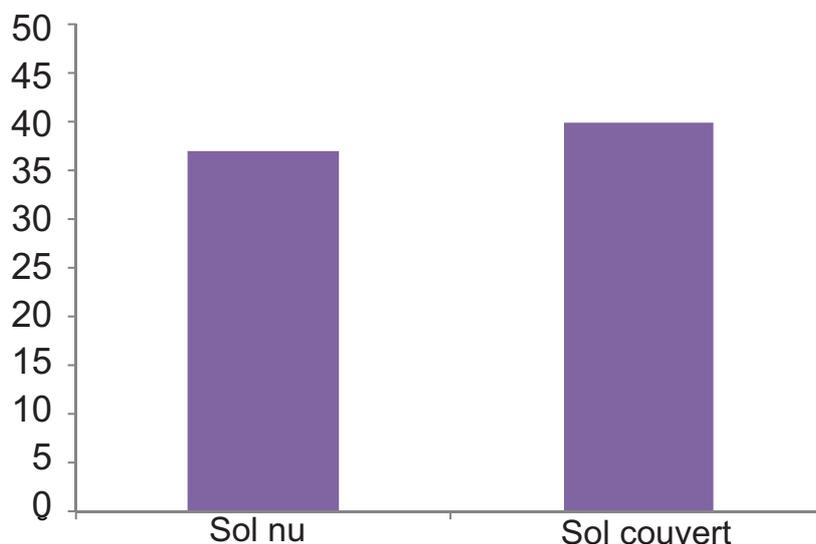
On observe une différence de 11 unités entre le reliquat sortie hiver du sol couvert (20 unités) et celui du sol nu (9 unités).

La production de biomasse du couvert a été d'environ 2 tonnes de matière sèche par hectare, mais la captation d'azote par le couvert a été bonne (59 kg/ha). Si on ajoute à cela la différence (11 unités) entre le reliquat sol nu et le reliquat sol couvert en sortie hiver, on obtient 70 kg/ha d'azote. On peut supposer que le couvert a permis de limiter le lessivage d'azote pendant l'hiver. L'estimation de minéralisation potentiellement disponible pour la culture suivante est de 40%, avec un rapport C/N compris entre 15 et 20 (*Source : Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes d'après des simulations STICS*). Avec cette référence, on estime la quantité d'azote disponible pour la pomme de terre à 23 kg/ha.

La récolte de pommes de terre

La récolte de pommes de terre a eu lieu le 20 septembre 2011. Les rendements ont été bons : 40 t/ha. On n'observe pas de différence significative de rendement entre le sol nu et le sol couvert.





Graphique 5 : Rendement des pommes de terre (en t/ha)

Conclusion / Perspectives

L'année 2011 s'est caractérisée par un printemps très sec avec des amplitudes de températures très importantes. La production de pommes de terre a été bonne, même avec ces conditions sèches.

On n'observe pas de différence significative de rendements sur la pomme de terre malgré l'azote mobilisé par le couvert pendant la période de drainage (70 kg/ha).

L'implantation du couvert réalisée au printemps devrait permettre d'avoir des résultats plus concluants avec une présence du couvert plus longue. Pour l'année 2012, les suivis de couverts chez les producteurs sont maintenus avec des implantations de printemps sous couverts de céréales.



Contacts

Aurélien Dupont

Pôle Agronomie PV – Recherche Appliquée
Chambres d'agriculture de Bretagne
Tél. : 02 96 79 21 66

Céline Rolland

GAB 56
Tél. : 02 97 66 32 62
c.rolland@agrobio-bretagne.org