

Action n°6

# Successions de cultures innovantes – réseau de suivi de 8 fermes

**Maître d'œuvre :** FRAB

**Partenaires :** FRAB, GAB 56, GAB 29, GAB 22, Agrobio 35

**Comité de pilotage :** Chambre d'Agriculture de Bretagne, ITAB, Agrocampus Ouest, Yves Hardy (consultant indépendant), IBB

**Durée du programme :** 3 ans (2013-2015)

**Rédacteurs :** Gaëtan Johan (Agrobio35) et Goulven Maréchal (FRAB)

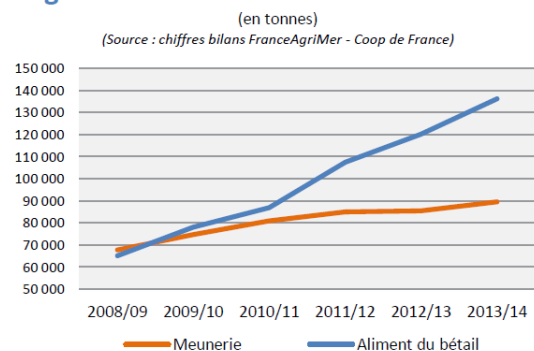
## Contexte et enjeux de l'action

Aujourd'hui, la surface de céréales biologiques représente 2,1 % de la SAU en céréales de Bretagne (FRAB, 2014). Les surfaces céréalières de la région sont essentiellement à destination de l'alimentation animale (pour environ 80%) et elles sont réparties pour moitié sur des fermes laitières.

La FRAB estime qu'au moins 50% des céréales bio produites en région sont autoconsommées dans les fermes (cf fiche technique « La filière Grandes Cultures en céréales biologiques », FRAB 2014). Le reste est commercialisé, majoritairement pour l'alimentation des poules pondeuses biologiques.

Cette demande des élevages biologiques en céréales mais aussi protéagineux est en nette croissance depuis plusieurs années, au niveau national et régional, comme le montre le schéma ci-dessous au niveau national.

### Augmentation des besoins en céréales bio



Face à cette demande croissante, la stratégie de réponse des filières se base sur une combinaison entre l'augmentation des rendements sur les surfaces existantes et la conversion de terres conventionnelles. Dans cette optique, il est nécessaire de développer des connaissances spécifiques sur des systèmes de culture innovants et biologiques, dans notre contexte pédo-climatique.

Cette action doit permettre de répondre à la suivante : quels sont les moyens d'optimisation de la production céréalière bio en Bretagne ?

Cela implique de :

- Comment maintenir des hauts rendements sur le long-terme ?
- Comment garantir l'autonomie des systèmes (limitation des intrants et viabilité du système fertilisant) ? tout en maîtrisant la pression adventice
- Comment assurer une stabilité économique pour l'exploitant ?
- Comment maîtriser les fuites azotées ?

Ces enjeux sont d'autant plus importants pour les producteurs bio spécialisés en cultures sans prairies longues durées dans leur assolement, car la maîtrise des adventices y est plus délicate et que l'apport en matières organiques y est plus faible

## Objectifs

Le projet a pour objectifs :

- de fournir des références en matière de connaissance de systèmes de cultures biologiques : repérer les savoir-faire, identifier les règles de décision des agriculteurs quant au choix des espèces cultivées, des intercultures et des itinéraires techniques choisis.
- d'étudier l'impact d'un système sur l'évolution à court et moyen termes de la flore adventice et de la fertilité, la gestion de l'une et de l'autre étant jugée comme les enjeux les plus importants par les agriculteurs en AB (en phase de conversion comme après),
- d'évaluer les performances des systèmes étudiés d'un point de vue agronomique, économique et environnemental (approche multicritère, dont les fuites azotées), afin d'en évaluer la durabilité, mais aussi d'en repérer les points forts et faibles pour mieux appréhender le potentiel de développement.
- De jouer sur la complémentarité entre (i) un dispositif expérimental de longue durée réalisé à la station expérimentale de Kerguéhennec par la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne (CRAB), avec des mesures poussées portant sur un système de culture innovant implanté en 2013, et (ii) le suivi d'un réseau de parcelles chez des producteurs bio, soumises à différentes contraintes pédoclimatiques, sociales ou économiques. Ces deux projets sont menés en partenariat entre CRAB et FRAB, qui disposent d'un comité de pilotage commun et visent une homogénéité des protocoles de suivi.

## Matériel et méthodes

L'étude sur les trois années intégrera des expérimentations sur différents systèmes agricoles biologiques. Compte-tenu du contexte breton, il ne s'agira pas forcément de systèmes spécialisés en grandes cultures, mais aussi d'exploitations intégrant de l'élevage de monogastriques. La réduction de la place des prairies longue durée dans les assolements (clé de voûte de la plupart des systèmes d'élevage biologiques bretons) est un objectif commun à l'ensemble des fermes qui prennent part à ce dispositif d'essai car :

- les fermes avec élevage de monogastriques souhaitent maximiser l'autonomie, en produisant l'alimentation nécessaire sur la ferme (céréales et oléoprotéagineux), ce qui nécessite de consacrer un maximum de surfaces à ces cultures
- sur les fermes n'ayant pas d'élevage, les cultures de prairies n'étant pas assez rémunératrices, il s'agit de s'orienter au maximum vers la culture de céréales et de protéagineux, plus rentables.

### 1. Sites d'exploitation

Le réseau est constitué de 8 sites expérimentaux, soit 2 par département. Cela permet d'avoir une diversité de fermes à suivre sur la région en termes de conditions climatiques, pédologiques, débouchés... (cf. figure 1). Les objectifs et successions culturales testées sur ces fermes sont repris sur les pages suivantes.

Sur chaque parcelle une comparaison entre une rotation « témoin » (pratiquée habituellement par l'agriculteur) et une rotation « innovante » (incluant des cultures sous couverts par exemple) est mise en place, sur une surface de l'ordre de 1 à 2 ha par modalité, selon l'arrangement des parcelles.



Figure 1 : Localisation des 8 sites expérimentaux

Tableau 1 : Successions culturales témoins et expérimentales chez les 8 agriculteurs suivis 2014

localisation	Système	objectifs généraux de la ferme	Succesion témoin	Succesion expérimentale	suivi 2014
Producteur 1 : Lamballe	céréales	maîtrise des adventices / gestion de l'azote dans la rotation	2013 triticale-pois IC 2013-2014 <b>avoine de printemps</b> 2014 blé-pois IC 2014-2015 <b>avoine</b> 2015 orge de printemps	2013 triticale-pois IC 2013-2014 <b>phacélie-radis</b> 2014 lupin-blé IC 2014-2015 <b>avoine / féverole / trèfle</b> 2015 orge	3 reliquats azote mars, septembre, novembre, suivi couverts : pesée biomasse mars. Suivi de la culture du blé/pois et du blé/lupin: rendement, enherbement, notation maladies, ravageurs. Suivi et notations des itinéraires techniques et des clés de décision
Producteur 2 : Quévert	porcs + céréales	Fournir l'alimentation pour les porcs - maîtrise des adventices - gestion de l'azote dans la rotation	2013 triticale-pois-blé IC 2013-2014 <b>moutarde</b> 2014 orge de printemps IC 2014-2015 <b>déchaumages</b> 2015 féverole d'hiver	2013 triticale-pois-blé IC 2013-2014 <b>phacélie-radis</b> 2014 orge de printemps + trèfle nain IC 2014-2015 <b>déchaumages</b> 2015 féverole d'hiver-blé	3 reliquats azote mars, septembre, novembre, suivi couverts : pesée biomasse mars. Suivi de la culture du maïs grain: rendement, enherbement, notation maladies, ravageurs. Suivi et notations des itinéraires techniques et des clés de décision
Producteur 3 : Elliant	Céréales	simplicité dans l'organisation du travail - maîtrise des adventices	2013 sarrasin IC 2013-2014 <b>moutarde</b> 2014 sarrasin IC 2014-2015 <b>féverole-radis chinois</b> 2015 orge de printemps	2013 sarrasin IC 2013-2014 <b>avoine/trèfle</b> 2014 sarrasin IC 2014-2015 <b>phacélie-navette-trèfle squarosum</b> 2015 orge de printemps	3 reliquats azote mars, septembre, novembre, Suivi de la culture dusarrasin : rendement, enherbement, notation maladies, ravageurs. Profils de sol - test à la bêche : printemps et automne. Suivi et notations des itinéraires techniques et des clés de décision
Producteur 4 : Tourn	Volailles + Céréales	maîtrise des adventices + gestion de l'azote dans la rotation	2014 triticale IC 2014-2015 <b>sarrasin-trèfle incarnat-avoine diploïde</b> 2015 maïs grain	2014 triticale IC 2014-2015 <b>tournesol-radis chinois-trèfle d'Alexandrie</b> 2015 maïs grain + semis trèfle sous couvert	3 reliquats azote mars, septembre, novembre, suivi couverts : pesée biomasse novembre. Suivi de la culture du triticale: rendement, enherbement, notation maladies, ravageurs. Profils de sol - test à la bêche : printemps et automne. Suivi et notations des itinéraires techniques et des clés de décision

Producteur 5 : Landujan	Porcs + polycultures	Fournir l'alimentation pour les porcs - énergie + azote	2013 orge-pois IC 2013-2014 avoine-trèfle d'Alexandrie 2014 maïs grain IC 2014-2015 broyage 2015 orge-lupin bleu printemps	2013 orge-pois IC 2013-2014 phacélie-radis 2014 maïs grain IC 2014-2015 broyage cannes + incorporation (si possible) 2015 féverole-avoine printemps sans labour	3 reliquats azote mars, septembre, novembre, suivi couverts : pesée biomasse mars. Suivi de la culture du maïs grain: rendement, enherbement, notation maladies, ravageurs. Profils de sol - test à la bêche : printemps et automne . Suivi et notations des itinéraires techniques et des clés de décision
Producteur 6 : La Chapelle Bouëxic	céréales	maîtrise des adventices + gestion de l'azote dans la rotation	2013 mélange céréalié IC 2013-2014 avoine nue d'hiver 2014 avoine nue d'hiver IC 2014-2015 moha-trèfle d'Alexandrie 2015 avoine nue de printemps	2013 mélange céréalié IC 2013-2014 trèfle d'Alexandrie - vesce-radis-phacélie 2014 Pomme de terre IC 2014-2015 déchaumages 2015 triticales féverole	3 reliquats azote mars, septembre, novembre, suivi couverts : pesée biomasse mars. Suivi de la culture de la pomme de terre / avoine nue : rendement, enherbement, notation maladies, ravageurs. Profils de sol - test à la bêche : printemps et automne . Suivi et notations des itinéraires techniques et des clés de décision
Producteur 7 : Sarzeau	céréales	Adapter les cultures aux qualités de la parcelle	2013 orge de printemps IC 2013-2014 phacélie-avoine-vesce-trèfle d'alexandrie - semis début août 2014 blé de printemps IC 2014-2015 blé + pois d'hiver 2015 blé + pois d'hiver	2013 mélange céréalié IC 2013-2014 phacélie avoine printemps, vesce, avoine diploïde- semis fin août 2014 blé printemps + lupin bleu IC 2014-2015 blé + trèfle sous couvert 2015 blé + trèfle sous couvert	3 reliquats azote mars, septembre, novembre. Suivi des cultures blé / blé-lupin bleu : composante de rendement, enherbement, notation maladies, ravageurs. Profils de sol - test à la bêche : printemps et automne. Suivi et notations des itinéraires techniques et des clés de décision
Producteur 8 : Neulliac	céréales	maîtrise des adventices / gestion de l'azote dans la rotation. Priorité à la culture de pomme de terre	2013 pomme de terre IC 2013-2014 blé d'hiver + trèfle incarnat 2014 blé d'hiver+ trèfle incarnat IC 2014-2015 repousses de trèfle incarnat 2015 maïs	2013 pomme de terre IC 2013-2014 blé d'hiver 2014 blé d'hiver IC 2014-2015 trèfle rouge, vesce, phacélie 2015 maïs + trèfle blanc nain passage de la bineuse	3 reliquats azote mars, septembre, novembre. Suivi des cultures blé / blé-lupin bleu : composante de rendement, enherbement, notation maladies, ravageurs. Profils de sol - test à la bêche : printemps et automne. Suivi et notations des itinéraires techniques et des clés de décision

## 2. Démarche expérimentale

Le protocole s'établit selon les démarches suivantes :

- Suivi des pratiques actuelles et des facteurs de décision déterminant les successions culturales en place et repérage des innovations mises en place par des agriculteurs
- Mise en place à partir de l'automne 2013 de successions de cultures "améliorées" en comparaison à la succession de culture témoin pratiquée par les agriculteurs
- Evaluation pluriannuelle des successions de cultures et des innovations testées selon des indicateurs de fertilité chimique des sols, agronomiques, d'enherbement, de résultats de récolte

Un suivi de différents indicateurs est effectué sur chaque modalité et en fonction des sites (tableaux 1 et 2)

## 3. Observations et mesures

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des mesures et observations réalisées sur les 8 sites expérimentaux.

**Tableau 2 : Observations et mesures réalisées sur le réseau de fermes**

Types de suivis		Sur les couples de parcelles de chacune des fermes du réseau de suivis
<b>Sol</b>	Profil cultural	Printemps et automne (protocole FIBL)
	Analyses chimiques	Protocole ITAB (boîte à outils sols)
<b>Azote</b>	Reliquats	Début drainage
		Sortie hiver
		Post-récolte
	Biomasse	Sur les couverts selon les situations Début drainage et sortie hiver
	Teneur en azote des plantes	Sur les couverts selon les situations Début drainage et sortie hiver
<b>Adventices</b>	Suivi de la dynamique et de l'efficacité du désherbage	Notation visuelle (échelle Baralis)
<b>Suivi cultures</b>	Maladies et insectes	Notation à des dates clés
<b>Composantes de rendements</b>		Sur les cultures en place (protocole ITAB)
<b>Enregistrements</b>	Pratiques culturales	Toutes les interventions (outils, tracteurs, temps passé...) et surtout les clés de décision choisies : actions prévues/réalisées... (grille de collecte de donnée basée sur la grille de suivi du programme CASDAR RotaAB, ITAB)

## 4. Les essais suivis en 2014

En 2014, des cultures de printemps, des mélanges céréales-légumineuses semés en mars-avril, du maïs grain ou du sarrasin ont été implantés sur les parcelles du dispositif. A l'automne 2014, chez certains agriculteurs de nouveau des couverts végétaux ont été implantés en interculture longue.

Le tableau 1 ci-dessus résume les essais conduits en 2014 sur chaque site, ainsi que les suivis qui ont été réalisés.

## 5. Traitements des données

Pour la première année le choix a été fait de traiter indépendamment les différents essais menés sur les fermes : chacune d'entre elles possède des objectifs propres et des contextes pédo-climatiques propres.

Un croisement des analyses issues de chacun des sites ne sera possible que dans le cadre de la synthèse pluriannuelle.

## **Exemples de résultats obtenus en 2014**

En fonction des sites et des essais, les résultats sont divers et variés. Nous présentons ici 2 exemples de résultats issus de la première année de suivi.

Le 1<sup>er</sup> exemple concerne la comparaison de couverts végétaux différents entre la rotation témoin et la rotation expérimentale d'un site et le second exemple présente les résultats du suivi de deux cultures de printemps différentes sur un site.

### 1. Exemple de suivi de couverts végétaux

**Sur le site de Landujan (35), sur des terres limoneuses à bon potentiel on a les successions suivantes :**

Témoin : mélange céréalier – couvert 1 (avoine/trèfle d'Alexandrie) - maïs grain

Expérimental : Mélange céréalier – couvert 2 (phacélie/radis) – maïs grain

L'objectif ici était de comparer l'effet d'un couvert « structurant » à base de radis et de phacélie à un couvert avoine/trèfle d'Alexandrie pouvant fournir de l'azote à la culture suivante ou être récolté en dérobé.

Les différentes dynamiques de reliquats azotés du sol sont données par la figure 3 : la rotation diffère par la nature du couvert de l'automne 2013, d'un côté un couvert d'avoine-trèfle d'Alexandrie (témoin) et de l'autre un couvert de radis-phacélie (expé) suivi d'un maïs grain dans les deux cas. Les dynamiques sont comparables.

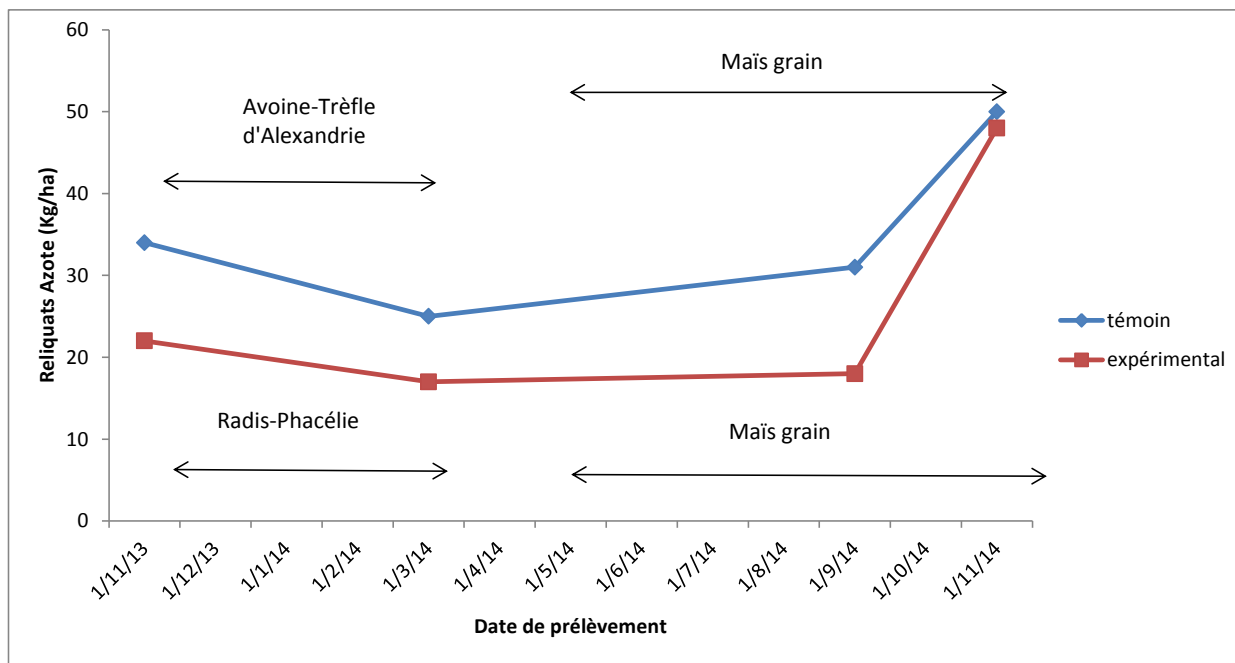


Figure 2 : Reliquats azotés en fonction de la succession de culture (site de Landujan)

L'écart entre les reliquats dans le sol à la destruction des couverts en mars 2014 (8 unités de différences, entre les deux modalités) et sous la culture de maïs en septembre 2014 (13 unités de différence) n'est pas significatif pour imputer un effet quelconque du couvert végétal d'avoine/trèfle d'alexandrie sur la fourniture en azote pour le maïs. (Cf. Figure 2)

Ce graphique met en évidence dans les deux cas (témoin et expérimental), la minéralisation d'automne par une augmentation significative des reliquats entre le 1<sup>er</sup> septembre et le 1<sup>er</sup> novembre (de 31 à 50 kg d'azote et de 18 à 48 d'azote) à une époque où le maïs n'absorbe plus beaucoup d'azote du sol.

### Suivi des biomasses / analyse des couverts

Les couverts du site de Landujan ont été pesés et analysés en novembre 2013 et en mars 2014.

L'hiver 2013-2014, doux et humide a été favorable au développement des couverts végétaux. Sur l'Ille-et-Vilaine les 2 couverts suivis (Phacélie-radis et avoine-trèfle d'Alexandrie à Landujan) se sont bien développés entre novembre 2013 (entrée hiver) et mars 2014 (sortie hiver) (Cf. figure 4). Le couvert d'avoine-trèfle alexandrie est passé de 1,2 à 2,1 T de matière sèche entre novembre 2013 et mars 2014 pour un taux de matière sèche stable (respectivement 12,8% et 11,2 %) alors qu'à l'inverse le couvert radis/phacélie est passé de 2,03 à 2,94 T MS et de 15,8 à 26,7 % de matière sèche.

Cela montre que le couvert de radis/phacélie c'est mieux développé que le couvert d'avoine-trèfle d'alexandrie avant hiver et qu'à l'inverse le couvert d'avoine-trèfle d'alexandrie c'est mieux développé pendant l'hiver.

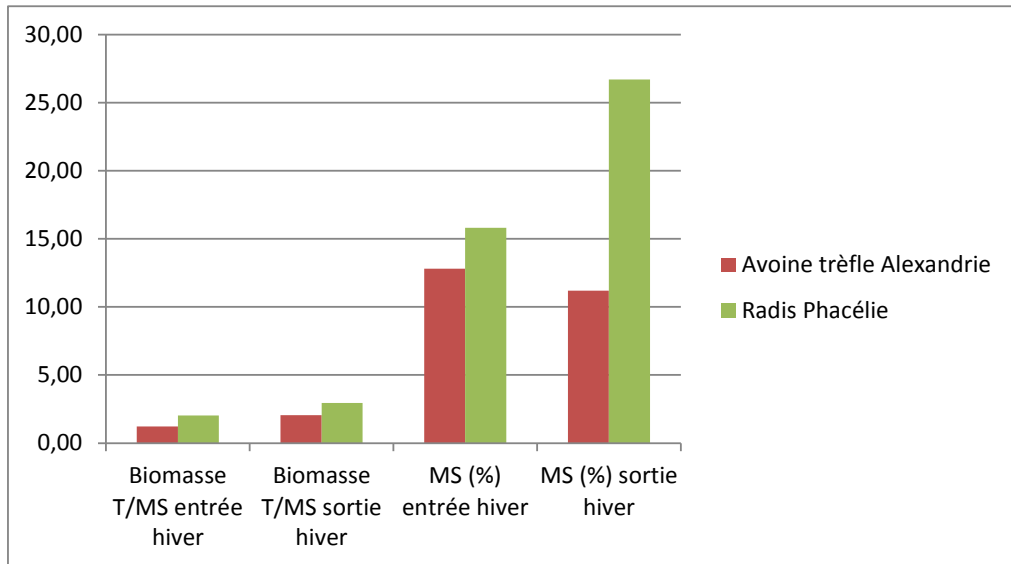


Figure 3 : Biomasse dans les 2 couverts différents entrée hiver novembre 2013 et sortie hiver mars 2014

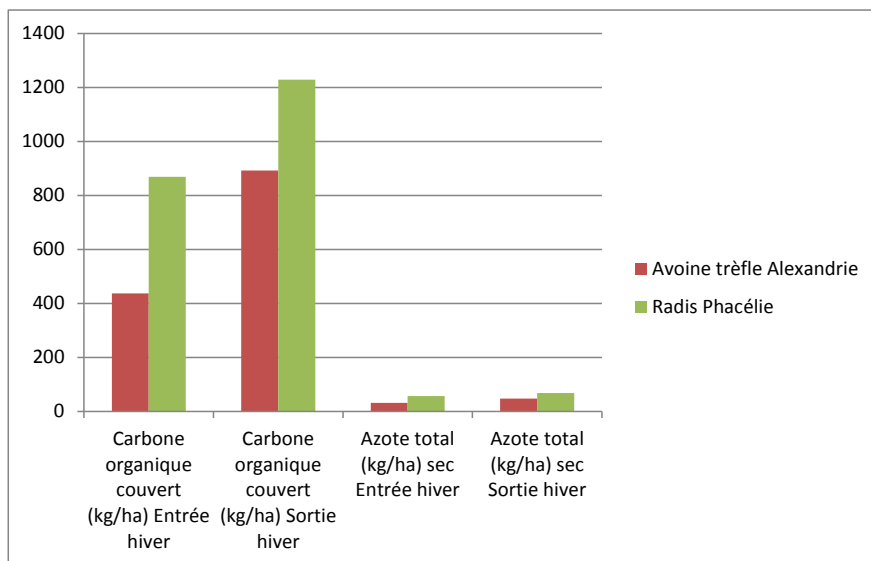


Figure 4 : analyse des couverts végétaux carbone organique et azote total absorbé dans le couvert (kg/ha)

Des analyses des couverts végétaux ont également été réalisées, uniquement en Ile-et-Vilaine pour la première année, sur les aspects carbone et azote. Le carbone et l'azote absorbés par ha correspondent à la teneur en azote et carbone de la plante (analyse laboratoire) multiplié par la biomasse sèche produite par le couvert.



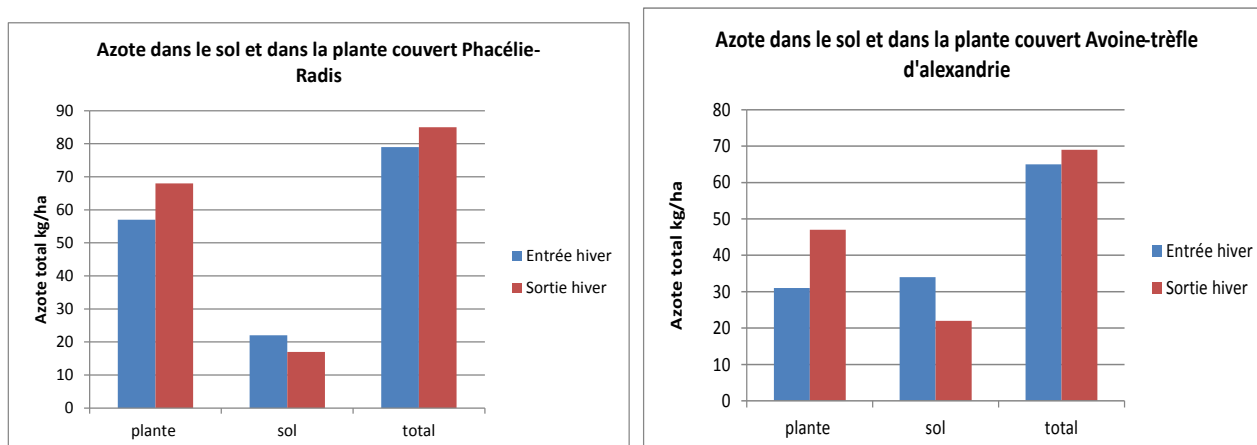


Figure 5 : analyse de la teneur d'azote plante et sol, entrée et sortie hiver pour 2 couverts différents (kg/ha)

Sur les graphiques ci-dessus (figure 5), on a rassemblé l'azote mobilisé dans les couverts phacélie-radis et avoine-trèfle d'alexandrie ainsi que dans le sol.

- Dans le cas du couvert phacélie-radis, 11kg/ha d'azote ont été absorbés entre l'entrée et la sortie d'hiver, en parallèle les reliquats d'azote dans le sol ont diminué de 5kg/ha. De l'azote a donc été piégé par le couvert.
- Dans le cas du couvert d'avoine-trèfle d'Alexandrie, ce sont 16kg/ha l'azote qui ont été absorbés par la plante pendant l'hiver, en parallèle les reliquats d'azote dans le sol ont diminué de 12 kg/ha.

La diminution des reliquats azotés peut s'expliquer d'une part par l'absorption d'azote par les couverts végétaux et d'autre part, par des phénomènes de réorganisation, lessivage ou volatisation. Néanmoins les pertes d'azote mesurées dans ces deux cas sont faibles.

## 2. Exemple de suivi d'un essai comparaison lupin pur / lupin-blé (Sarzeau, 56)

Cet essai a été conduit sur le site de Sarzeau, sur des terres sablo-limoneuses. D'un côté pour la rotation témoin du blé a été cultivé en pur et côté succession expérimentale le blé a été mis en mélange avec du lupin. Le blé pur (Spécifik) a été semé le 8 avril 2014 à 152 kg/ha.

Le blé-lupin a été semé le 8 avril avec 30-35kg/ha de blé fourrager en mélange avec 120 kg/ha de lupin bleu variété Boregine.

Enfin pour comparaison une bande de lupin en pur a été semée (Boregine semé à 150 kg/ha).

Les résultats des composantes du rendement sont donnés par le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Composante du rendement, comparaison blé printemps à du blé-lupin de de printemps

		Nb pieds levés / m <sup>2</sup>	nombre de gousses/plants	nb grain/gousse	Rdt en T/Ha	Proportion blé/lupin	humidité %	M.S	Matière protéique brute	PMG
Lupin pur		104	9,8	4,0	<b>2,3</b>		16	84	24,7	168
Mélange	lupin	84	11	4,5	<b>2,5</b>	85	15	85	24,7	150
	Blé	39				15	16	84	13,4	38
Blé pur		256			<b>1,3</b>		19	81	10,8	34

Tout d'abord le rendement le plus élevé a été obtenu avec le mélange blé-lupin (25,5 q/ha). Le rendement du blé fourrager en pur est très faible, seulement 12.9 q/ha. Le fait d'avoir mis le blé en mélange avec le lupin a été bénéfique.

Deuxièmement si on compare le taux de protéines obtenu par le blé en pur ou en mélange avec le lupin, on constate que celui-ci est supérieur lorsque le blé est en mélange (13.4% en mélange, 10.8% en pur). Le lupin quant à lui obtient une teneur en protéine identique en pur et en mélange.

Enfin, en mélange on constate que le lupin a fait plus de gousses par pied en mélange par rapport au semis en pur, ainsi que plus de grains par gousses en moyenne. Par contre le poids de mille grains du lupin en pur est supérieur à celui en mélange.

En faisant le calcul du Land Equivalent Ratio (somme des rapports du rendement des deux espèces en mélange divisé par le rendement en pur)

$$LEQ = (85\% \times 2.55) / 2.27 + (15\% \times 2.55) / 1.29 = 1.25$$

Ainsi on a obtenu d'après ce calcul, 25% de rendement en plus avec le mélange blé/lupin, par rapport aux deux cultures en pur du lupin et blé.

Dans cet exemple, la mise en place d'un mélange céréale-protéagineux a été bénéfique pour la céréale et n'a pas causé de désagrément à la légumineuse. Ce résultat sera à confirmer puisque le témoin blé en pur a été particulièrement décevant cette année sur ce site.

## **Conclusion et perspectives**

Sur chacun des 8 sites, depuis 2013, une rotation témoin est comparée à une rotation expérimentale, comprenant des innovations définies par le comité de pilotage, les techniciens et les agriculteurs et enrichies des innovations repérées dans les enquêtes réalisées en année 1. Plusieurs leviers prometteurs (semis sous couverts, engrais verts, mélanges céréales-protéagineux innovants...) ont déjà été repérés. Leur efficacité en termes de maintien de la fertilité et contrôle des adventices à moyen et long terme demande à être validée.

Une comparaison entre deux types de couverts végétaux a été mise en place sur certains sites en 2013-2014 et/ou en 2014-2015. Sur d'autres sites, des comparaisons entre deux modalités culturales ont été faites (par exemple, céréale en pur sur la parcelle témoin et mélange céréales-légumineuses pour la parcelle « expérimentale »)

Les systèmes, leurs contextes et leurs objectifs sont variés, bien qu'ils partagent l'objectif commun de réduire la place des prairies dans leurs assolements, et de maintenir une fertilité du sol et une bonne maîtrise des adventices. Les expérimentations mises en place d'un site à un autre sont donc également variables, mais elles permettent de tester l'efficacité et les impacts d'une diversité de leviers, dans divers contextes pédo-climatiques (cultures en mélanges, couverts, itinéraires techniques...). L'impact de ces pratiques sur le sol et l'ensemble des rotations en place ne pourra être validé qu'à moyen terme : disposer de résultats satisfaisants sur une comparaison de successions de cultures témoins et expérimentales demande nécessairement plusieurs années.

2014 a également permis de valider nos protocoles de suivi, en lien avec nos partenaires (CRAB, ITAB, Agrocampus Ouest). 2015 sera l'occasion d'affiner et d'harmoniser ces protocoles entre les sites et avec nos partenaires de la CRAB, qui effectuent le suivi d'une succession culturales bio « innovante » et sans prairie longue durée à Kerguéhennec (56).

**Contact** : Gaëtan JOHAN – Agrobio 35 – 02 99 77 09 48 – [g.johan@agrobio-bretagne.org](mailto:g.johan@agrobio-bretagne.org)