

Essai Association Céréales-Protéagineux

En agriculture biologique

Campagne 2012-2013



Association blé + pois printemps et orge + pois printemps 16 mai 2012, photo CREAB MP.

C.R.E.A.B. Midi-Pyrénées
LEGTA Auch-Beaulieu
32020 AUCH Cedex 09

Loïc PRIEUR ou Laurent ESCALIER
Tél : 05.62.61.71.29 Fax : 05.62.61.71.10 ou
auch.creab@voila.fr

Mars 2014

Action réalisée avec le concours financier :

Du Conseil Régional de Midi-Pyrénées, du compte d'affectation spéciale « Développement agricole et rural » géré par le Ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche¹



¹ la responsabilité du ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche ne saurait être engagée

Résultats de l'essai :
Association céréales-protéagineux
en Agrobiologie
Campagne 2012-2013



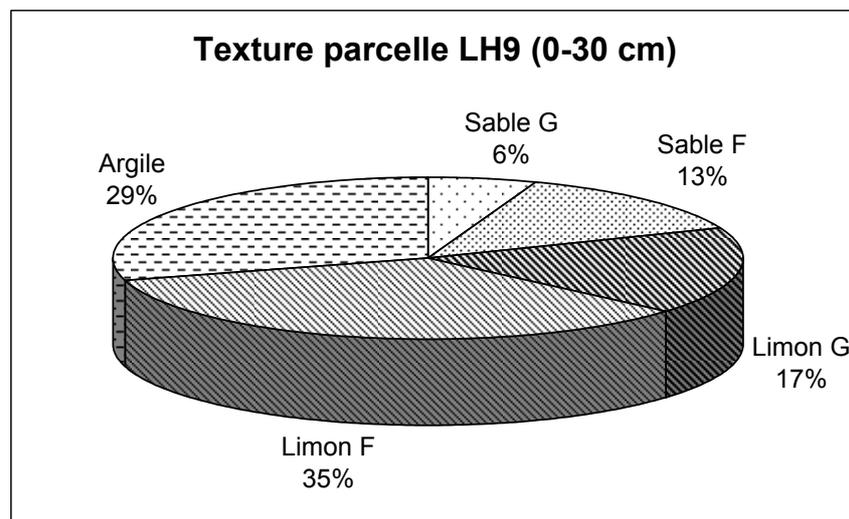
1 Objectif de l'essai

L'objectif de cet essai est de produire du pois protéagineux biologique au moyen d'une association de culture avec une céréale à pailles. Pour ce faire deux associations seront étudiées en faisant varier l'espèce et la proportion de la céréale. Ces deux modalités d'association sont comparées avec les cultures pures de céréales et de pois. Cet essai est lié au projet CASDAR « Développer les légumineuses à graines en agriculture biologique pour sécuriser les filières animales et diversifier les systèmes de culture » également appelé ProtéAB.

2 Situation de l'essai

L'essai est implanté sur la parcelle LH 9 de la ferme expérimentale de La Hourre (Gers-32, Auch). Le précédent cultural est un soja cultivé en sec.

La texture de la parcelle est présentée dans le graphe ci-dessous.



L'essai est mis en place en bloc de Fischer à trois répétitions, les parcelles mesurent 6,4 m (4 passages de semoir pour essai) de large sur 15 m de long, la moitié de la parcelle sert pour les prélèvements et observations, l'autre moitié pour les récoltes à la moissonneuse.

3 Présentation de l'essai

Cet essai était prévu pour avec deux associations comportant chacune du pois de printemps. La 1^{ère} devait être réalisée avec de l'orge d'hiver et la 2^{ème} avec une orge de printemps, les deux devant être semée mi-décembre. Compte tenu des conditions climatiques très humides (Cf. annexe 1), le semis n'a pu être réalisé que début mars, ainsi l'association avec de l'orge d'hiver fut mise en place avec un blé de printemps.

Les modalités mises en place sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 : modalités réalisés

Modalités	Densité semis céréale (grains/m ²)	Densité semis pois (grains/m ²)
Orge Printemps	400	-
Asso OP+PP 30-70	120	70
Asso OP+PP 30-100	120	100
Pois printemps	-	100
Asso BTP+PP 20-80	80	80
Asso BTP+PP 20-100	80	100
Blé tendre printemps	400	-

Abréviations : OP = orge de printemps ; PP = pois de printemps ; BTP = blé tendre de printemps.

Les variétés utilisées sont :

Orge Printemps	Pois printemps	Blé tendre printemps
Olympic (2 rangs)	Audit	Septima

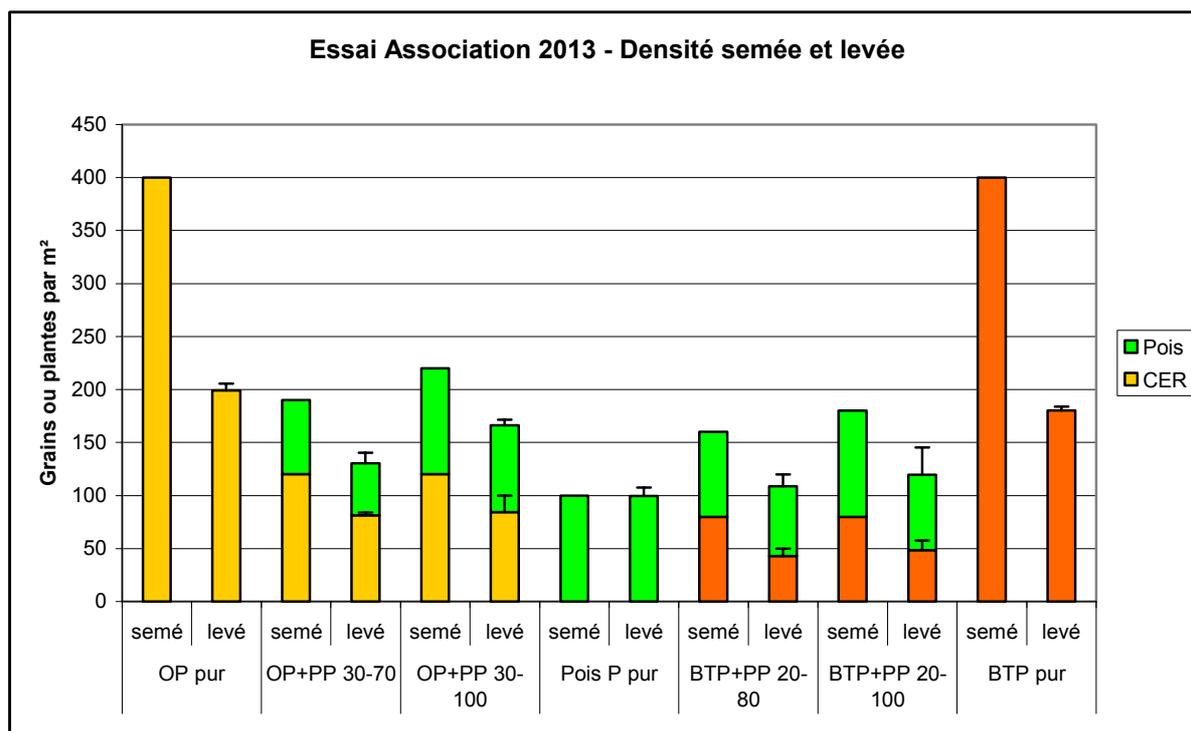
Pour le semis, les semences des deux cultures sont mélangées manuellement ou à la bétonnière et misent en mélange dans la trémie, tout est semé sur le même rang, les grains restent mélangés dans la trémie.

L'itinéraire technique réalisé est précisé dans le tableau 2 ci-dessous :

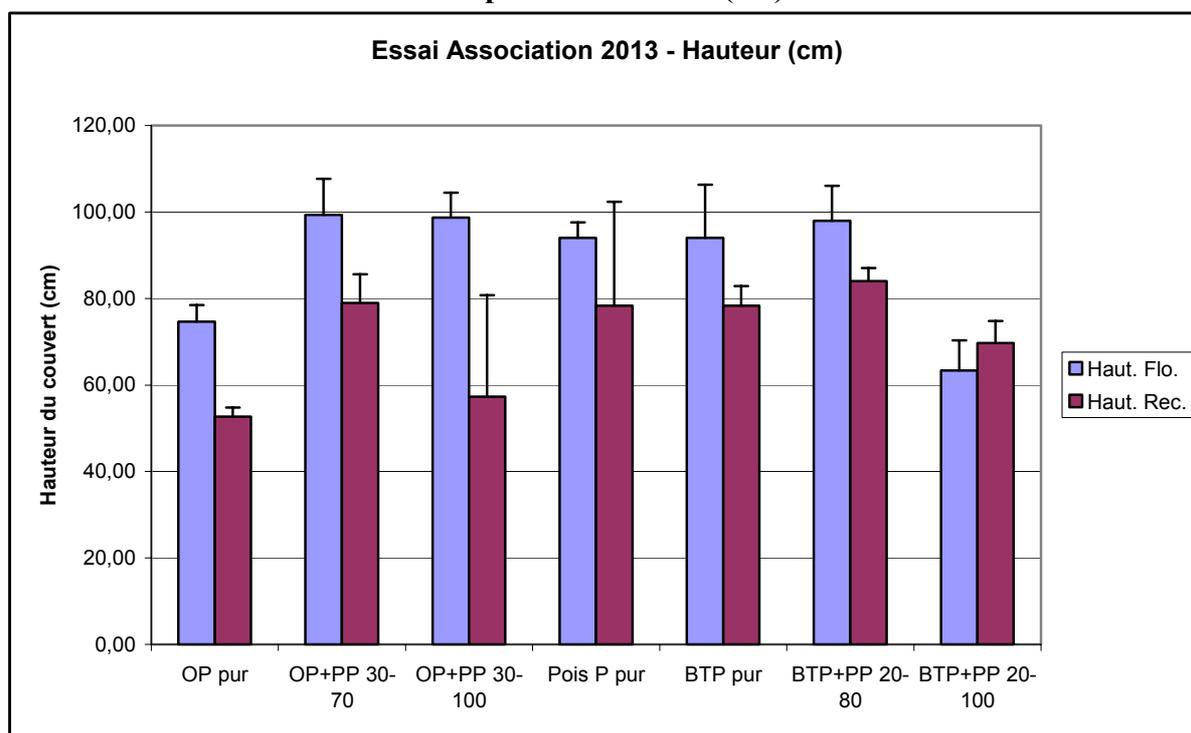
Tableau 2 : itinéraire technique réalisé

Date	Intervention	Outil	Remarques
4 oct-12	Moisson soja	Moissonneuse	
11 oct-12	Déchaumage	Cover-crop	Sol sec
22 fév-13	Reprise	Vibroculteur	Sol ressuyé, prof. < 10 cm
4 mars-13	Préparation	Herse rotative	Sol ressuyé
4 mars-13	Semis	Semoir pour essai	Sol ressuyé
11 avr-13	Désherbage	Houe rotative	Sol tassé
19 juil-13	Moisson	Moissonneuse pour essai	

Graphes 1 : Densité semée (grains/m²) et levée (plantes/m²)



Graphes 2 : Hauteur (cm)



4 Observations en végétation

Le semis ayant été suivi de précipitations et de température douces, les levées furent rapides sur l'essai, l'orge de printemps a atteint le stade le 19 mars, le blé de printemps le 23 mars et le pois de printemps le 25 mars.

Les pertes à la levée (comptage avant la houe rotative) sont présentées dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : % perte à la levée

Modalités	% perte céréales	% perte pois
Orge Printemps	50%	-
Asso OP+PP 30-70	32%	30%
Asso OP+PP 30-100	30%	18%
Pois printemps	-	0%
Asso BTP+PP 20-80	46%	18%
Asso BTP+PP 20-100	39%	29%
Blé tendre printemps	55%	-

Les céréales pures présentent le taux de perte le plus fort, avec un taux nettement plus important en culture pure qu'en culture associée. Les pois ont quant à eux bien levés. Le graphe n°1 présente une comparaison pour chaque modalité des densités semées et levées.

Cette année se caractérise par une faible pression des bio-agresseurs du pois. Les pucerons sont apparus tardivement vers le 22 avril mais suite aux conditions climatiques leur développement fut limité par les pluies et la présence de mycoses (*Entomophthora*). L'antracnose, probablement du fait du semis tardif, est apparue également tardivement vers le 24 mai.

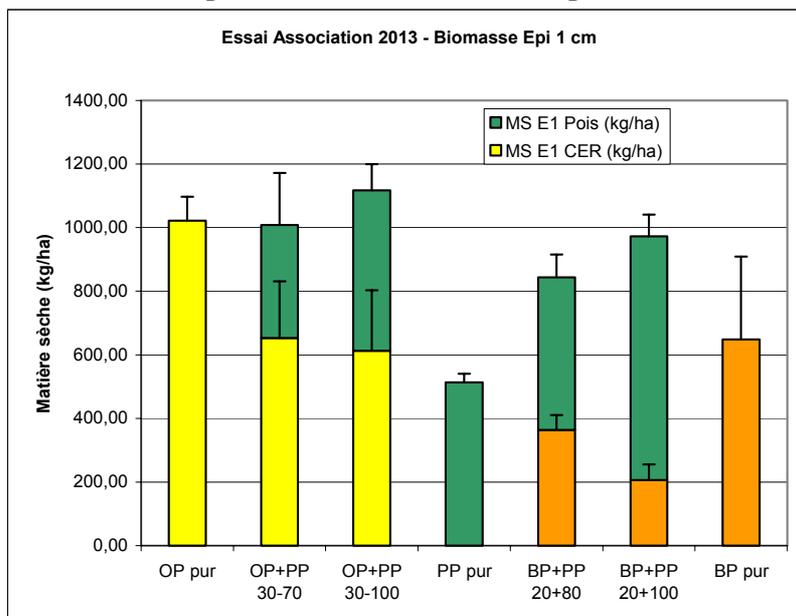
Cette année le salissement fut plus important que les autres années, c'est-à-dire qu'il fut non négligeable et composé essentiellement de moutarde sanve. Le classement des modalités les plus sales vers les plus propres est le suivant :

OP > association avec OP > BTP et association avec BTP > Pois pur.

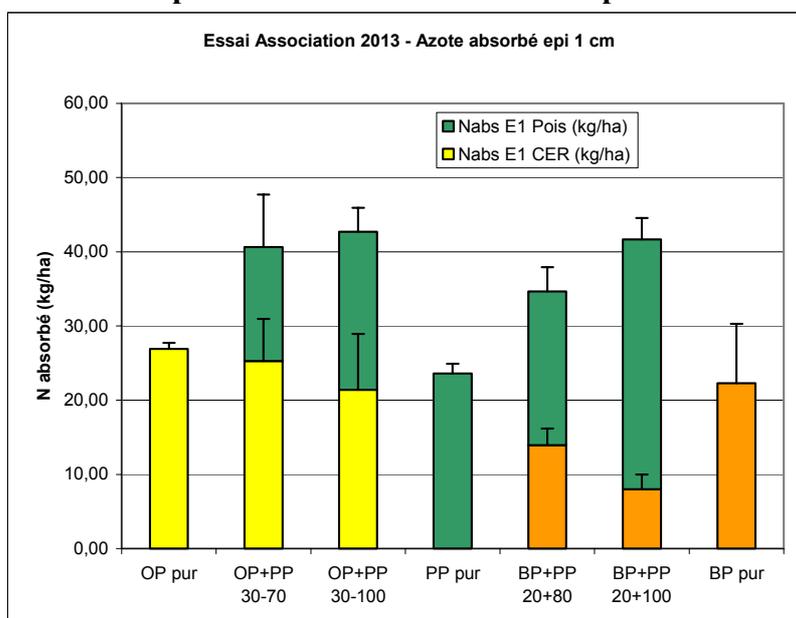
Ainsi fin mai c'est le pois de printemps en pure qui présente le salissement le plus faible.

Des mesures de hauteur furent réalisées aux stades de la floraison et à la récolte, les résultats sont présentés dans le graphe n°2. Pour deux modalités : association OP+PP 30-100 et le pois pur sur le bloc 3, de la verse fut observée ce qui explique leur plus faible hauteur et la variation du résultat.

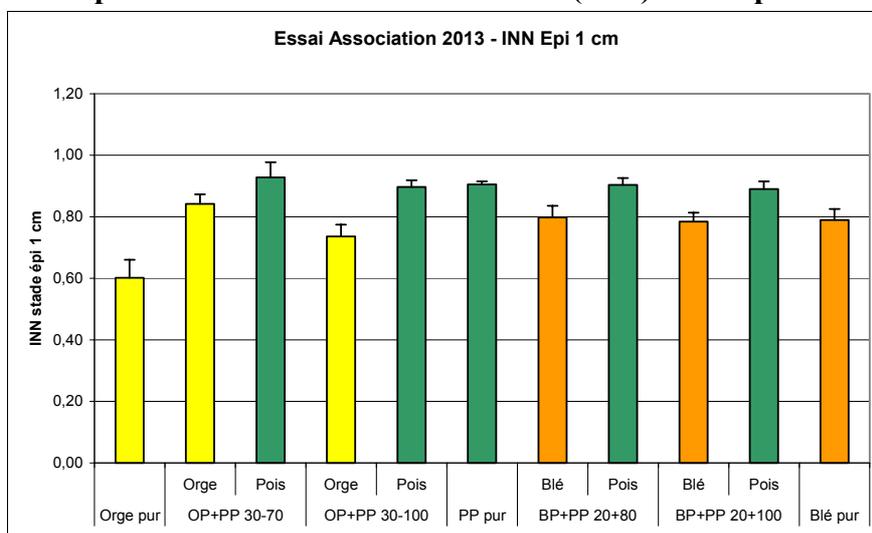
Grphe n°3 : Biomasse stade épi 1 cm



Grphe n°4 : Azote absorbé stade épi 1 cm



Grphe n°5 : Indice de nutrition azoté (INN) stade épi 1 cm



5 Biomasse et quantité d'azote absorbé en végétation

5.1 stade épi 1 cm

Le stade épi 1 cm est apparu le 25 avril pour l'orge de printemps et le 29 avril pour le blé de printemps. Les prélèvements furent réalisés à ces deux dates, le pois pur fut prélevé avec l'orge de printemps. Les résultats de ces prélèvements sont présentés dans les graphes n°3 à 5.

Pour les données concernant la biomasse et les quantités d'azote absorbées dans les parties aériennes, une analyse de variance (risque $\alpha = 5\%$) fut réalisée à partir des valeurs de chaque modalité, donc pour une association en additionnant les valeurs du pois et de la céréale. Pour l'indice de nutrition azoté, l'analyse de variance a été réalisée culture par culture (une pour l'orge de printemps, une pour le blé de printemps et une pour le pois de printemps).

Biomasse produite : 4 modalités présentent des biomasses avoisinants 1 t_{MS}/ha, il s'agit : de l'ensemble des associations à l'exception de BTP+PP 20-80 et de l'orge de printemps en pur qui présentent une valeur moyenne de 1,03 t_{MS}/ha. Vient ensuite l'association BTP+PP 20-80 avec 0,84 t_{MS}/ha, puis le blé de printemps pur avec 0,65 t_{MS}/ha, le pois de printemps pur présente la biomasse la plus faible avec 0,51 t_{MS}/ha.

Azote absorbé : pour les quantités d'azote absorbées, l'analyse de variance distingue 2 groupes homogène distincts : le premier avec les 4 modalités d'association qui présentent une valeur moyenne de 39,9 kg/ha d'azote absorbée et les trois modalités en cultures pures avec un prélèvement moyen de 24,3 kg d'azote par hectare.

Indice de nutrition azoté (INN) :

- l'orge de printemps : on constate que l'orge de printemps associé est moins carencé en azote que l'orge de printemps pur (INN respectifs de 0,79 et 0,6), la différence est importante, les associations sont à peine carencé alors que la culture pure l'est nettement plus.
- le blé de printemps ne présente pas de différence significative d'INN à ce stade, la valeur moyenne est de 0,79 ce qui montre que les blés sont à peine carencés en azote à ce stade.
- le pois de printemps ne présente pas non plus de différence significative entre modalités, son indice de nutrition azoté moyen est de 0,9 ce qui est satisfaisant.

5.2 stade floraison

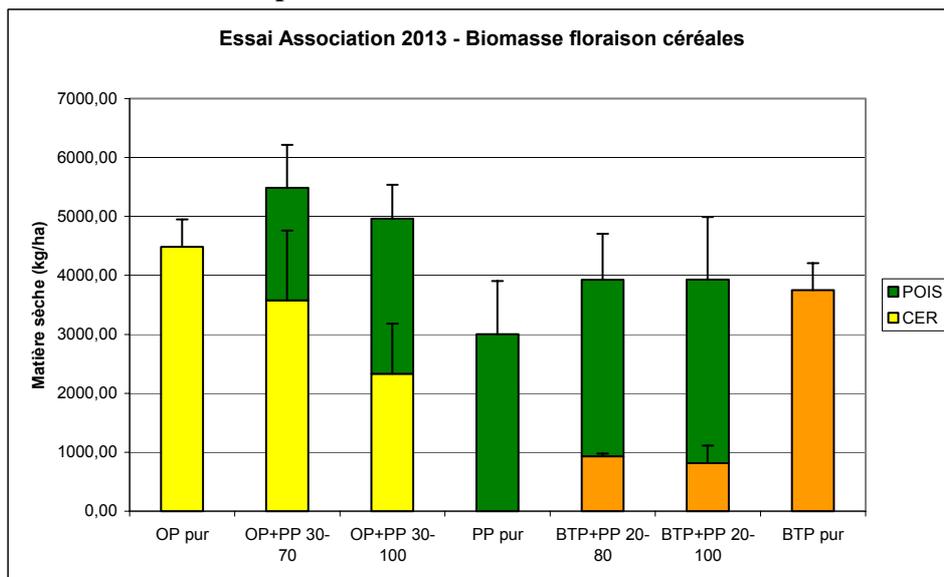
Les prélèvements à la floraison ont été réalisés le 10 juin, à la floraison des céréales. Les résultats ont été traités comme pour le stade épi 1 cm et sont présentés sur les graphes n° 6 à 8.

Biomasse produite : l'analyse de variance permet de classer les modalités en 2 groupes homogènes qui se recoupent. Les plus fortes biomasses viennent des deux associations avec l'orge de printemps avec en moyenne 4,96 t_{MS}/ha. Viennent ensuite les céréales pures et les associations avec le en moyenne 4,02 t_{MS}/ha, le pois pur est à nouveau la modalité qui produit le moins de biomasse (3 t_{MS}/ha).

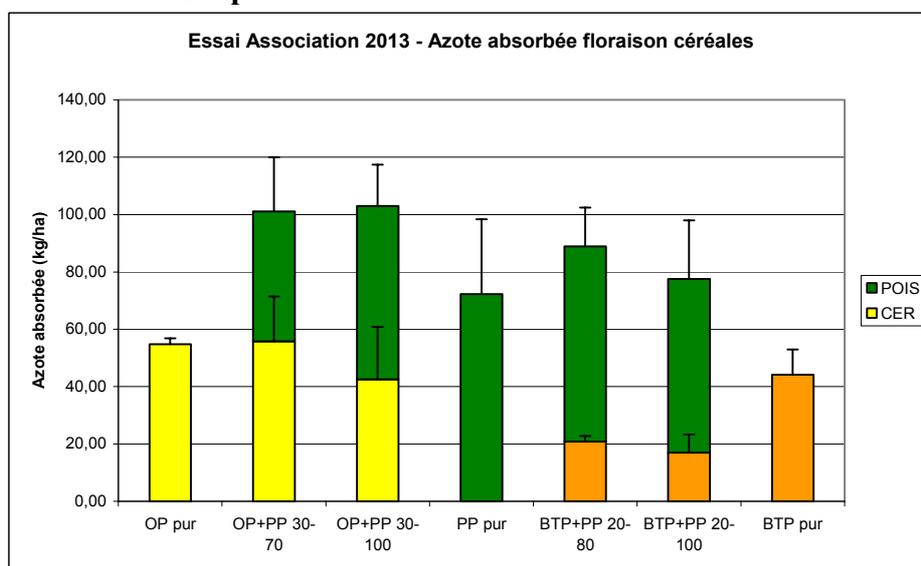
Azote absorbé : pour les quantités d'azote absorbées on distingue :

- les deux associations avec l'orge de printemps et l'association avec le blé de printemps 20-80 sont celles ayant absorbées le plus d'azote avec une valeur moyenne de 97,7 kg d'azote absorbée par ha
- vient ensuite l'autre association avec le blé de printemps 20-100 avec 77,5 kg d'N/ha absorbé

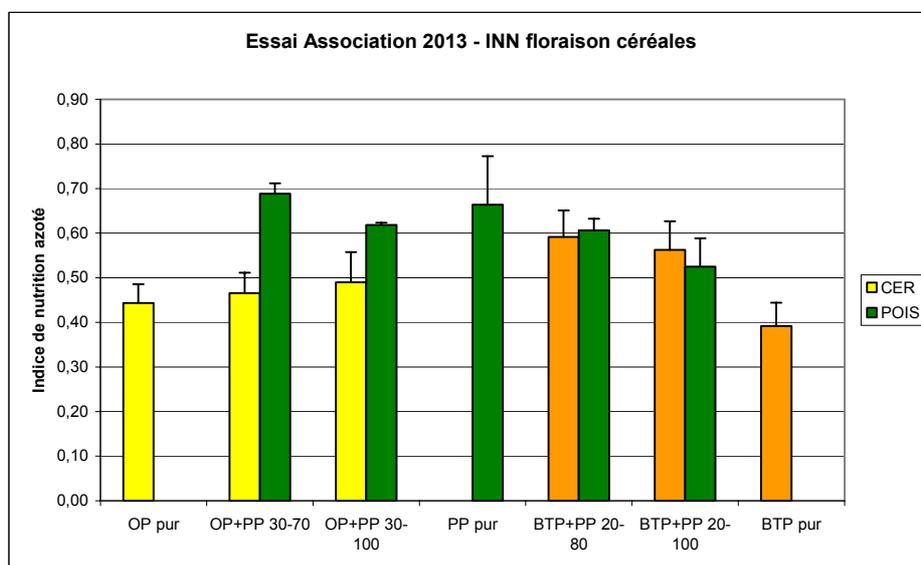
Graphe n°6 : Biomasse stade floraison



Graphe n°7 : Azote absorbé stade floraison



Graphe n°8 : Indice de nutrition azoté (INN) stade floraison



- le pois vient ensuite avec 72,2 kg d’N absorbé par hectare
- l’orge de printemps (54,7 kg d’N/ha) et le blé de printemps (44,2 kg d’N/ha) sont les deux modalités ayant absorbé le moins d’azote.

Indice de nutrition azoté (INN) :

- Pour l’orge de printemps à la floraison, on ne distingue pas de différence significative entre l’orge pure et les orges associées. L’INN moyen est de 0,47 ce qui est faible, c'est-à-dire que les orges sont fortement carencé en azote. Malgré des valeurs d’INN qui augmente entre l’orge de printemps pure, l’orge associée avec le pois à 70% et à 100% la variation entre répétition ne permet pas de montrer de différences significatives.
- Pour le blé de printemps, les deux modalités associées présentent un INN supérieur au blé de printemps pur avec des INN respectifs de 0,58 en association et 0,39 en pure. Pour cette culture la différence de carence azotée est importante.
- Pour le pois de printemps, on n’observe pas de différences significatives d’INN entre les pois associés et le pois pur. On constatera tout de même qu’avec une valeur moyenne 0,62 les pois sont carencés en azote, les excès d’eau constatés cette année ont probablement perturbé la fixation symbiotique qui est efficace en conditions aérobie.

6 Composantes du rendement

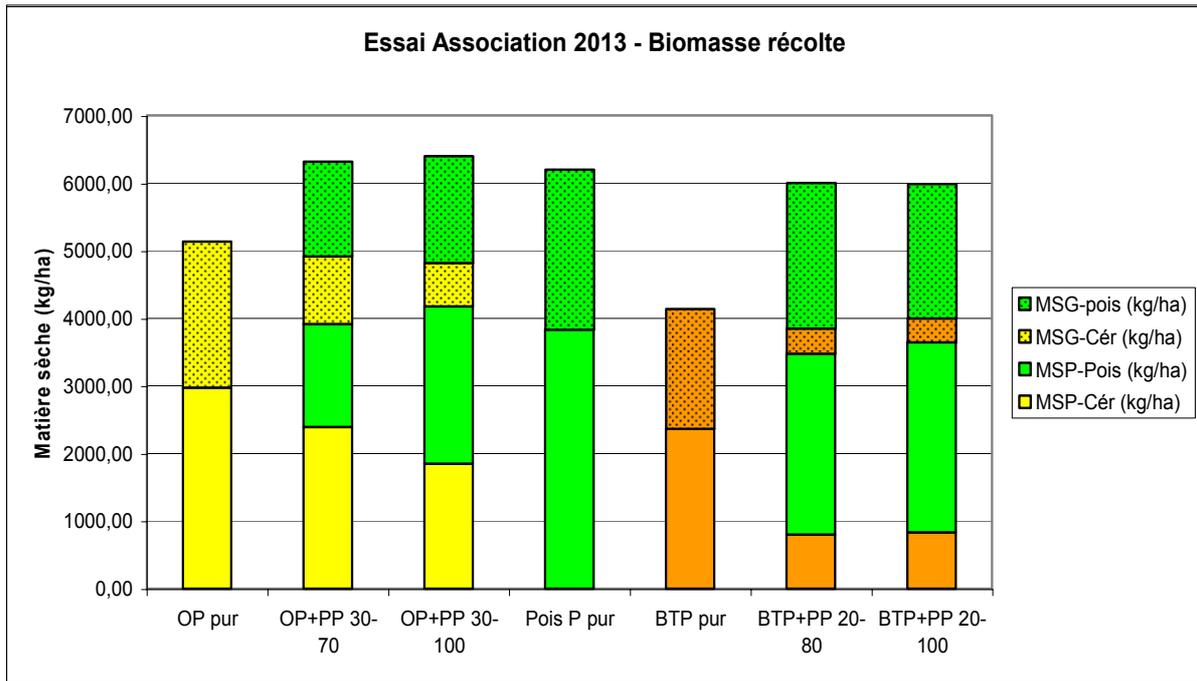
Les composantes du rendement sont présentées dans le tableau 4 ci-dessous :

Tableau 4 : composantes du rendement

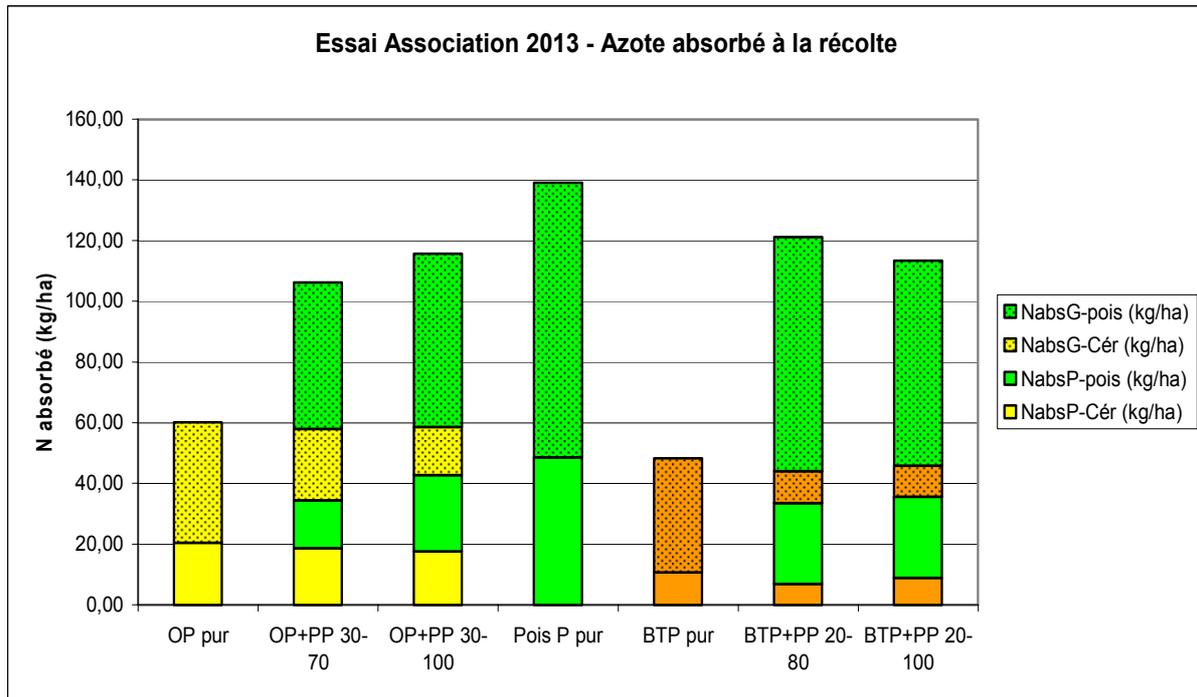
Modalités	Culture	Plantes/m ²	Tallage ou gousse/plantes	Epi ou gousses/m ²	Grains/m ²	Grains/épi ou gousse	PMG 15% (g)
OP pur	OP	199,1	3,0	589,5	8 081,6	13,8	29,9
OP+PP 30-70	OP	81,4	3,7	299,1	3 592,6	12,5	30,4
	Pois	49,0	5,4	264,8	431,5	1,62	214,3
OP+PP 30-100	OP	84,3	3,1	251,0	3 085,6	12,2	29,6
	Pois	81,9	4,3	347,1	566,4	1,65	207,4
Pois pur	Pois	99,5	4,9	485,2	605,4	1,28	204,7
BTP+PP 20-80	BTP	42,9	1,2	53,3	2 052,5	42,4	31,8
	Pois	65,7	6,4	425,7	658,2	1,72	212,4
BTP+PP 20-100	BTP	48,6	1,0	50,5	1 485,5	30,4	31,9
	Pois	71,0	5,6	413,3	723,5	2,14	212,0
BTP pur	BTP	180,5	1,2	221,9	7 260,5	33,3	29,1

Culture orge de printemps : l’orge de printemps en culture pure présente un tallage égal à 3 ce qui lui permet d’atteindre une densité épi satisfaisante avec 589,5 épi/m². Au sein des associations le tallage est de 3,1 pour le semis à 30-100 et de 3,7 pour le semis à 30-70 la plus forte proportion de pois semble avoir limité le tallage de la culture. Le nombre de grains par épi est assez faible, et inférieur pour les deux cultures associées par rapport à la culture pure.

Graphe n°9 : Biomasse récolte



Graphe n°10 : Azote absorbée récolte



Ainsi au niveau du nombre de grains/m², la culture pure présente 8 081 grains/m², et pour les cultures associées la moyenne est de 3 339 grains/m², on trouve un nombre un peu supérieur pour l'association 30-70. Pour cette composante, la valeur moyenne pour les deux modalités associée est de 41% de la culture pure, ce qui reste supérieure à la différence de densité semée (30%). Pour l'orge de printemps les PMG sont identiques sur les deux modalités.

Culture pois de printemps : en culture pure on dénombre 4,9 gousses/plante ce qui est plutôt faible. Les modalités en association présentent un nombre de gousses/plante supérieur à l'exception de l'association OP+PP 30-70 où ce nombre est de 4,3. Toutefois compte tenu de la variation entre parcelles, ces différences ne sont pas significatives. Au niveau du nombre de grains/m² l'analyse de variance distingue 2 groupes homogènes se recoupant pour une modalités : les deux modalités d'association avec l'orge de printemps et le pois pur présentent les densité grains les plus importantes. La modalité associée avec le blé de printemps à 30-100 est présente dans les deux groupes et l'association BTP+PP 30-70 présente la densité la plus faible. Malgré des différences assez importantes pour le nombre de grains/gousse on ne distingue pas de différence significative, on constate tout de même que BTP+PP 20-100 présente le nombre le plus élevé avec 2,1 grains/gousse, viennent ensuite les autres modalités associée, et le pois pur présente une valeur de 1,3 grains/gousse. Les PMG sont équivalents pour l'ensemble des modalités.

Culture de blé de printemps : contrairement à l'orge de printemps, le blé de printemps a peu tallé, les valeurs sont comprises entre 1 et 1,2. Le nombre d'épis/m² est ainsi fortement limité sur toutes les modalités. Le nombre de grains/épi ne présente pas de différences significatives entre modalités, même si l'association semée à 20-80 présente une valeur supérieure au deux autres modalités (42,4 grains par épi contre 33,3 en culture et 30,4 pour l'autre association). Le nombre de grains/m² est différent pour les deux associations, 2 052 pour celle semée à 20-80 et 1 486 pour celle semée à 20-100. Ici les associations sont en moyenne pour cette composantes à 24,3% de la culture pure, le blé de printemps semble avoir mois compensé pour cette composante que l'orge de printemps cultivée en association. Au niveau des PMG, les deux modalités en association présente un PMG supérieur à la culture pure.

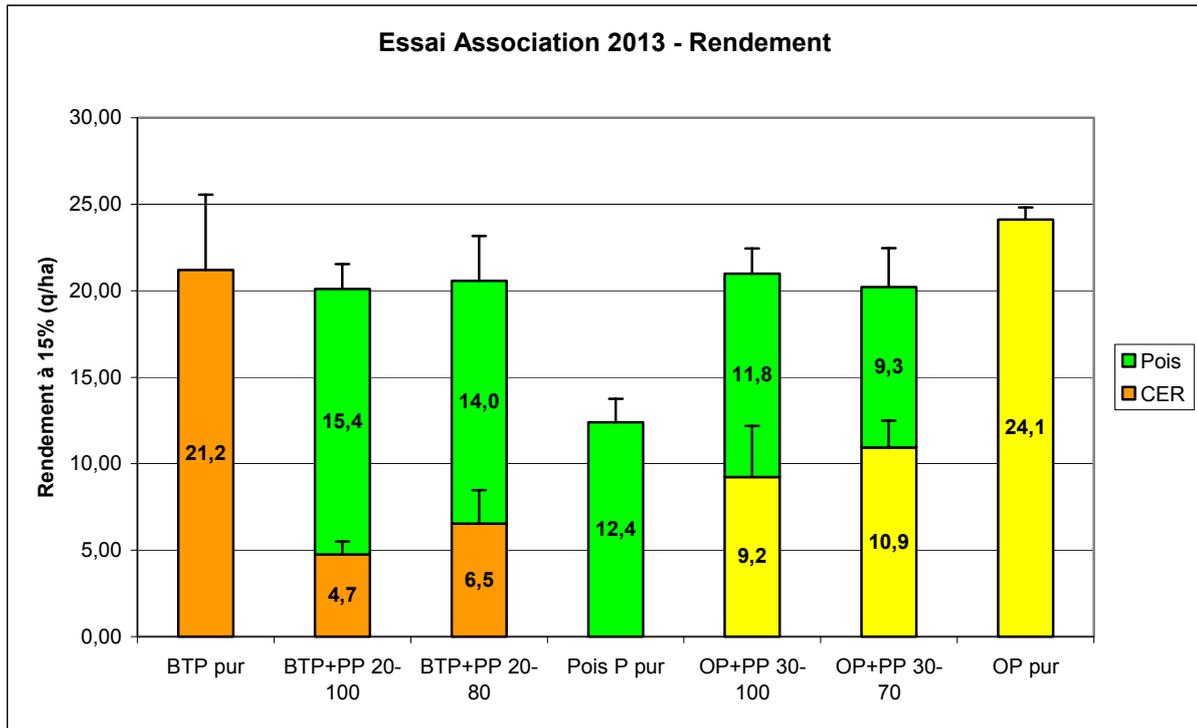
7 Biomasse et prélèvement azotés à la récolte.

Biomasse des parties aériennes (graphe n°9) : malgré une biomasse moindre pour la modalité en blé de printemps pur, l'analyse de variance ne fait pas apparaître de différence significative du fait de la forte variabilité entre répétitions. On constatera qu'à nouveau les deux modalités en céréales pures sont celles ayant le moins produit de biomasse, alors que le pois en pur atteint le niveau des modalités cultivées en association. Pour les cultures associées, la proportion des deux cultures (en kg) à la récolte est la suivante :

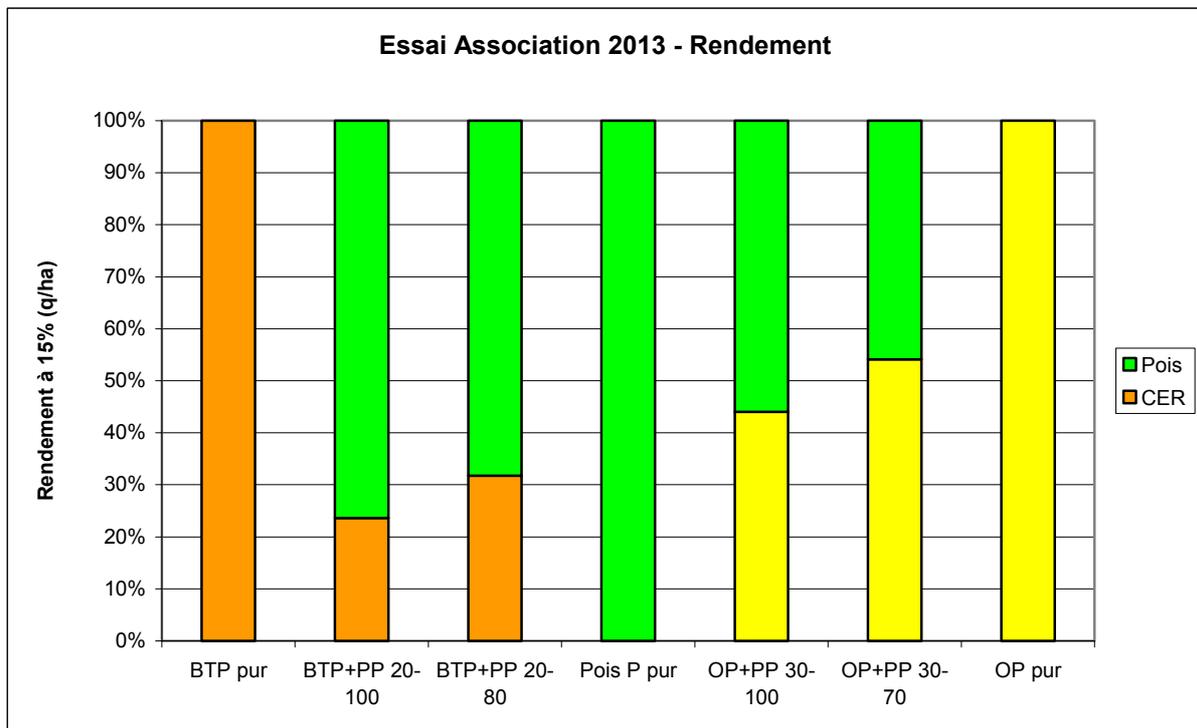
	OP+PP 30-70	OP+PP 30-100	BTP+PP 20-80	BTP+PP 20-100
Céréale	54%	39%	20%	20%
Pois	46%	61%	80%	80%

Pour l'association avec l'orge de printemps, ce dernier a bien compensé sa faible densité de semis pour atteindre des proportions élevées à la récolte. On constate que l'augmentation de la proportion de pois permet une augmentation du pois. Pour le blé de printemps cette culture semble avoir été plus concurrencé par le pois en terme de biomasse totale, et la variation des densités semées ne modifie pas les proportions final du mélange.

Graphe n°11 : Rendement moissonneuse



Graphe n°12 : Rendement moissonneuse proportion de chacune des espèces (en poids)



Azote absorbée des parties aériennes (graphe n°10) : au niveau des quantités d'azote absorbées dans les parties aériennes l'analyse de variance distingue trois groupes qui se recoupent. Le pois de printemps pur permet les absorptions les plus fortes avec 139,1 kg/ha d'azote absorbé dans les parties aériennes [groupe A], viennent ensuite les quatre modalités associées avec en moyenne 114,1 kg/ha d'azote absorbé dans les parties aériennes [groupes AB], les céréales en pure sont les modalités ayant absorbé le moins d'azote : 60,2 kg/ha pour l'orge de printemps [groupes BC] et 48 kg/ha pour le blé de printemps [groupe C].

La répartition des quantités d'azote absorbées par les cultures pour les modalités associées est la suivante :

	OP+PP 30-70	OP+PP 30-100	BTP+PP 20-80	BTP+PP 20-100
Céréale	40%	29%	14%	17%
Pois	60%	71%	86%	83%

Ainsi en association la part la plus importante des quantités d'azote absorbées dans les parties aériennes provient de la culture de pois. On observe à nouveau des prélèvements plus importants pour l'orge de printemps que pour le blé de printemps.

Azote absorbé par les grains : malgré des différences importantes entre modalités les résultats ne permettent pas un classement des modalités. L'analyse de variance permet de dire que l'essai présente des différences significatives (probabilité = 0,02) mais le test de comparaison de moyenne classe toutes les modalités dans un seul groupe homogène.

8 Rendement et teneur en protéine.

Au niveau du rendement issu des récoltes réalisées à la moissonneuse (cf. graphe n°11) si on réalise une analyse de variance sur le rendement total (donc céréale + pois pour les modalités en association), l'analyse statistique classe toutes les modalités dans le même groupe homogène à l'exception du pois qui présente un rendement moindre. Les proportions à la récolte des différentes cultures sont les suivantes (% exprimés en masse, voir également graphe n°12)

	OP+PP 30-70	OP+PP 30-100	BTP+PP 20-80	BTP+PP 20-100
Céréale	54%	44%	32%	24%
Pois	46%	56%	68%	76%

Deux choses sont à remarquer :

- La proportion de pois au sein des associations est toujours plus importante avec un semis réalisé à même dose que la culture pure.
- Les associations avec l'orge de printemps ont produit plus de céréales que celles avec le blé de printemps.

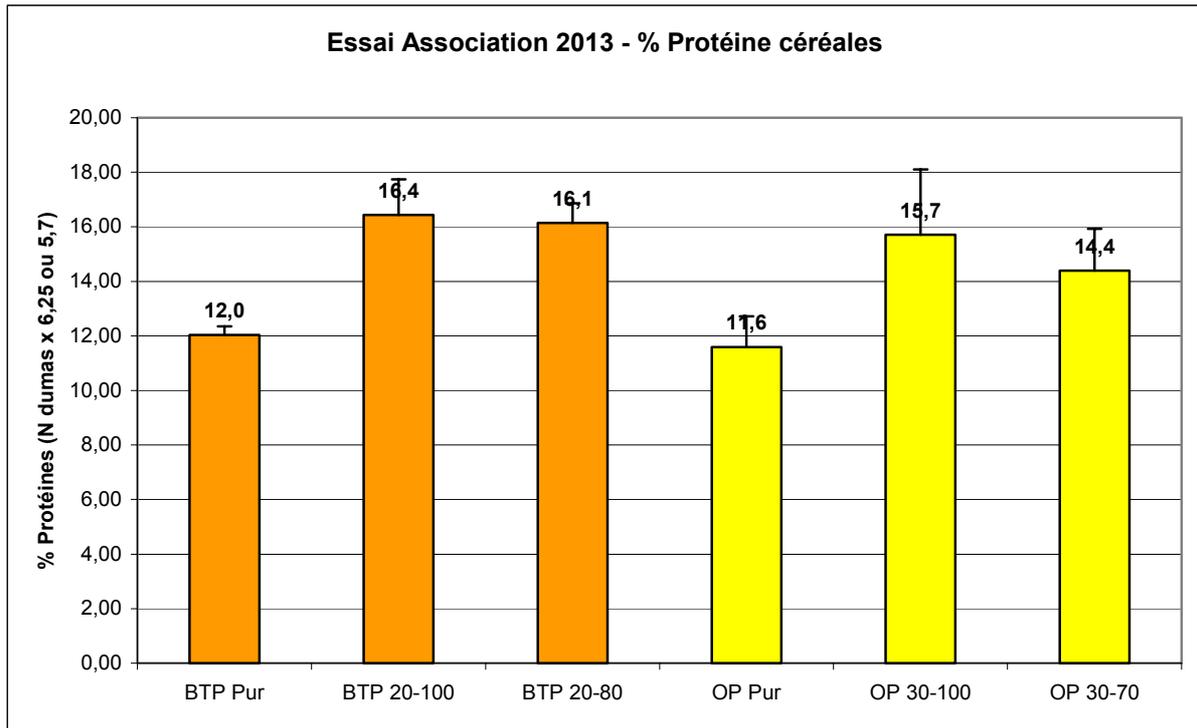
On peut également étudier la productivité des associations en regardant les rendements relatifs (ou LER) qui correspond au calcul suivant :

$$LER_{\text{Association}} = LER_{\text{Céréales}} + LER_{\text{Pois}}$$

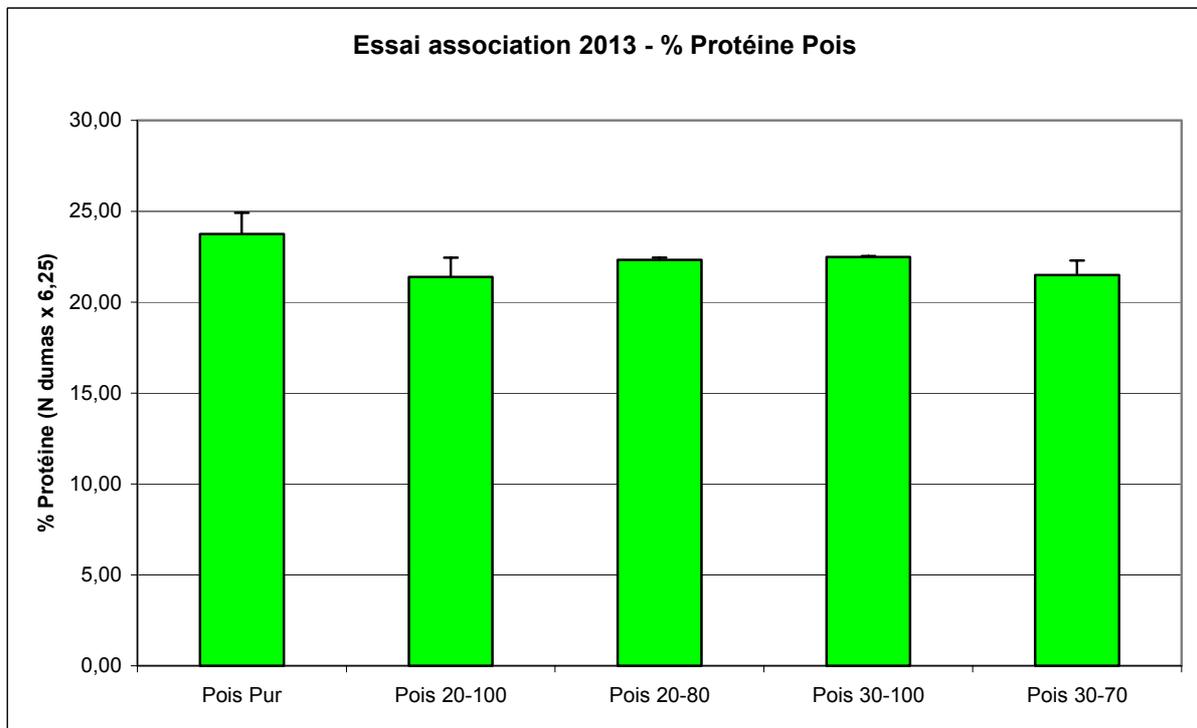
Avec $LER_{\text{Céréales}} = \text{Rendement céréales pur} / \text{Rendement céréale associé}$

$LER_{\text{Pois}} = \text{Rendement pois pur} / \text{Rendement pois associé}$

Graphe n°12 : % Protéines des céréales



Graphe n°12 : % Protéines du pois



Les résultats sont les suivants :

	OP+PP 30-70	OP+PP 30-100	BTP+PP 20-80	BTP+PP 20-100
LER Céréale	0,45	0,38	0,31	0,22
LER Pois	0,75	0,95	1,13	1,24
LER Association	1,20	1,33	1,44	1,46

Ainsi en 2013 les 4 modalités de céréales associées sont plus productives que les cultures pures.

Association avec l'orge de printemps : l'orge de printemps s'est bien développée au sein des associations, avec un semis réalisé à 120 grains/m² (contre 400 grains/m² pour l'orge de printemps pur) on obtient à la récolte entre 38 et 45% d'orge selon les modalités. Au niveau de la culture de pois, on obtient entre 75 et 95% de la quantité de pois pur au sein des associations, ainsi c'est principalement la bonne production de pois qui permet à l'association d'être plus productive que la culture pure.

Association avec le blé de printemps : pour cette culture semée un peu plus claire que l'orge (80 grains/m²) les résultats sont un peu différents, la production de céréales fut plus limitée (de 22 à 31% de la culture pure) par contre le pois fut favorisé car sur les deux modalités sa production est supérieure à celle de la culture pure, on obtient entre 113 et 124% du pois en pur.

Pour les teneurs en protéines (cf. graphes n° 13 et 14), les gains sont cette année très élevés.

- Pois protéagineux, la teneur moyenne est plus faible que les autres années avec 22,3% en moyenne. L'étude statistique permet le classement suivant : le pois pur présente la teneur la plus élevée (23,8%), suivi par modalités 30-100 et 20-80 (22,4% en moyenne) et en dernier les modalités 30-70 et 20-100 avec 21,4% en moyenne.
- Pour l'orge de printemps (teneur en protéine = % N grains x 6,25), l'analyse de variance ne distingue pas les deux modalités associées mais permet de dire que les associations ont permis un gain significatif de 3,47% de protéine ce qui est très élevé.
- Pour le blé de printemps (teneur en protéine = % N grains x 5,7), les deux modalités associée ne se distingue pas non plus l'une de l'autre mais permettent un gain de 4,6% de protéine pour les modalités associée ce qui est également très conséquent.

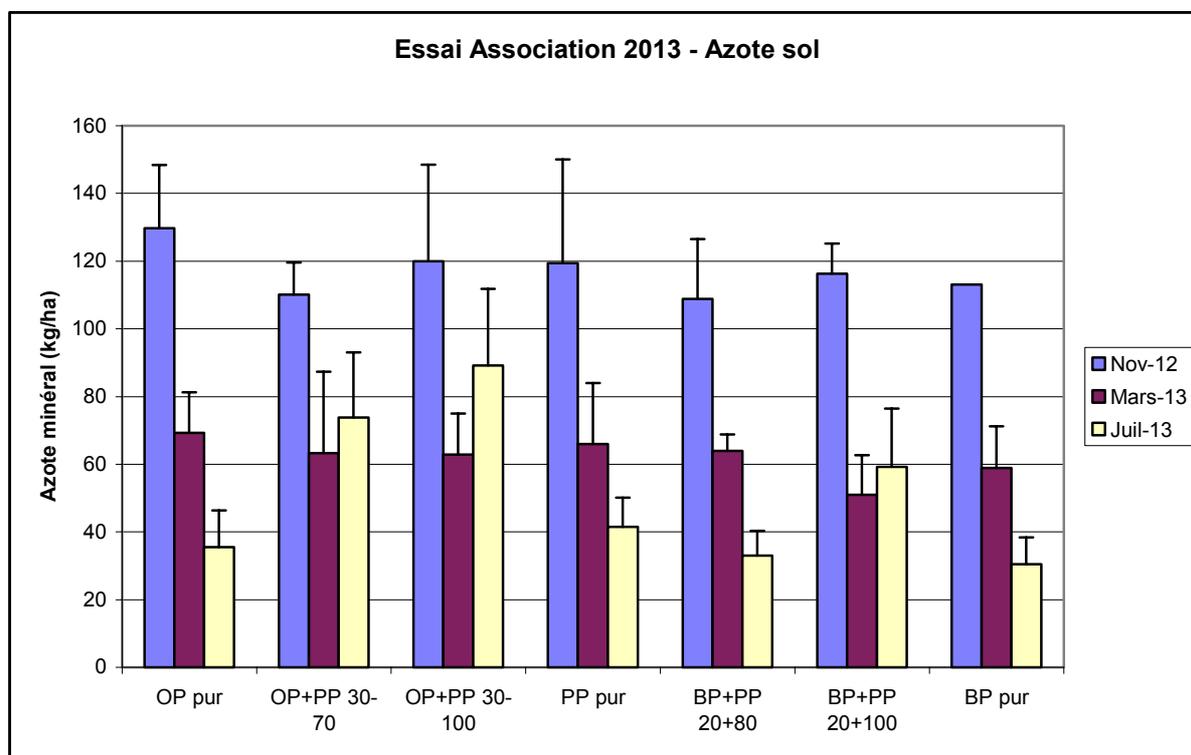
9 Suivi azote sol (cf. graphe n°13 et détails en annexe 3).

Des prélèvements de sol furent réalisés à 3 dates : en novembre à l'implantation du dispositif, en mars aux alentours du stade épi 1 cm de la céréale et en post récolte.

Prélèvement novembre : à la mise en place du dispositif, on remarque que les quantités d'azote minéral du sol sont élevées (117 kg/ha sur 90 cm) et identiques sur l'ensemble des modalités.

Prélèvement mars : à cette date, la quantité moyenne d'azote minérale n'est plus que 62 kg/ha soit moitié moins qu'à la mise en place du dispositif. Il y a probablement eu des pertes d'azote par lixiviation car les céréales pures n'ont absorbé au stade épi 1 cm que 25 kg/ha. A nouveau à cette date on observe peu de différence entre modalités, les quantités restent les mêmes aussi bien pour les céréales pures que pour le pois en pur, ce dernier a probablement peu utilisé la fixation symbiotique à ce stade compte tenu des quantités importantes d'azote dans le sol et d'une probable faible efficacité de la fixation symbiotique en lien avec les excès d'eau.

Graphe n°13 : Suivi azote sol



Prélèvement post récolte : ces résultats restent plus difficiles à interpréter. Les modalités associées avec l'orge de printemps présentent des valeurs élevées, et inversement les reliquats après pois pur sont faibles. Pour les résultats après association il est difficile de dire qu'elles permettent l'obtention de reliquats azotés élevés au vu des mesures réalisées sur plusieurs années. Pour ce qui est de la faible valeur en pois pur, nous avons déjà mesuré de faible reliquats qui semble montrer que les pois en absence de contrainte hydrique ont utilisés au maximum l'azote présent dans les sols.

10 Discussion, conclusion.

Malgré une année climatique plutôt difficile de part les précipitations très excédentaires ayant fortement décalées la date de semis, les résultats obtenus permettent de confirmer les principaux résultats acquis ces dernières années :

1- en terme de production les associations sont plus productives que les cultures pures. Attention cela ne veut pas dire que le rendement des associations est supérieur à celui des cultures pures (cette année le rendement le plus élevé est celui de l'orge de printemps en pur), mais que si sur une exploitation on cultive à la fois des céréales et du pois protéagineux, il vaut mieux faire une culture en association que deux cultures en pure. Par contre si on regarde uniquement le pois on constate que la production du pois associé est proche de celle du pois pur avec parfois des rendements supérieurs en association, cette année dans les deux associations avec le blé de printemps le rendement du pois est supérieur au pois pur (probable effet d'une moindre pression pucerons en culture associée).

2- l'essai confirme que la teneur en protéine de la céréale associée est fortement augmentée, ce qui fut le cas cette année avec des niveaux records.

Concernant l'objectif de cet essai qui était de réussir à produire du pois protéagineux, on peut dire qu'il faut réaliser le semis du pois à la même densité en association qu'en culture pure (soit 100 grains/m²) pour maximiser la part de pois dans le mélange final. Les proportions ont également un rôle, cette année la production de pois fut la plus importante pour l'association 20-100 où la céréale est semé à 20% de sa densité en pure (soit 80 grains/m² par rapport à 400 grains/m²). Le fait de diminuer la proportion de céréales a pour effet non seulement de favoriser la production de pois, mais permet également les plus forte augmentations de teneur en protéine pour la céréale associée. Cette année même avec de faible proportion de céréales semée l'effet tuteur de la céréale pour la culture de pois fut suffisant et a permis comme les autres années d'améliorer la récoltabilité des pois qui grâce à ce tuteur ne se sont pas affaîsés comme ce fut le cas sur une répétition du pois pur.

Ainsi pour produire du pois en association, la proportion la plus satisfaisante et le mélange 20-100, soit 80 grains/m² de céréales et 100 grains/m² de pois semé. Les autres modalités jouant soit sur une diminution de la proportion de pois, soit sur une augmentation de la proportion de céréale ont eues pour effet de faire baisser la proportion et la quantité de pois dans le mélange final.

Annexe I : année climatique

Climatologie de la campagne 2012-2013

Automne 2012 (octobre à décembre)

Du point de vue des températures, l'automne 2012 présente des valeurs proches de la moyenne sur 20 ans, avec toutefois un mois de décembre un peu plus chaud (+1,2°C).

Les précipitations sont conformes à la moyenne pour le cumul de ces 3 mois, avec un petit déficit en novembre compensé par l'excédent de décembre.

Hiver 2012 2013 (janvier à mars)

Les températures hivernales sont à nouveau proche de la moyenne avec toutefois un mois de février un peu plus froid (-1,2°C). Toutefois les températures minimales ne furent pas très faibles, seul 2 jours (23 et 24 février) présentent des températures moyennes négatives.

Les précipitations furent très abondantes durant ce printemps avec 163 mm en janvier pour une moyenne de 56 mm ; 92 mm en février pour 42 mm de moyenne et 88 mm en mars pour 45 mm de moyenne soit un cumul de 343 mm pour une moyenne de 143 mm.

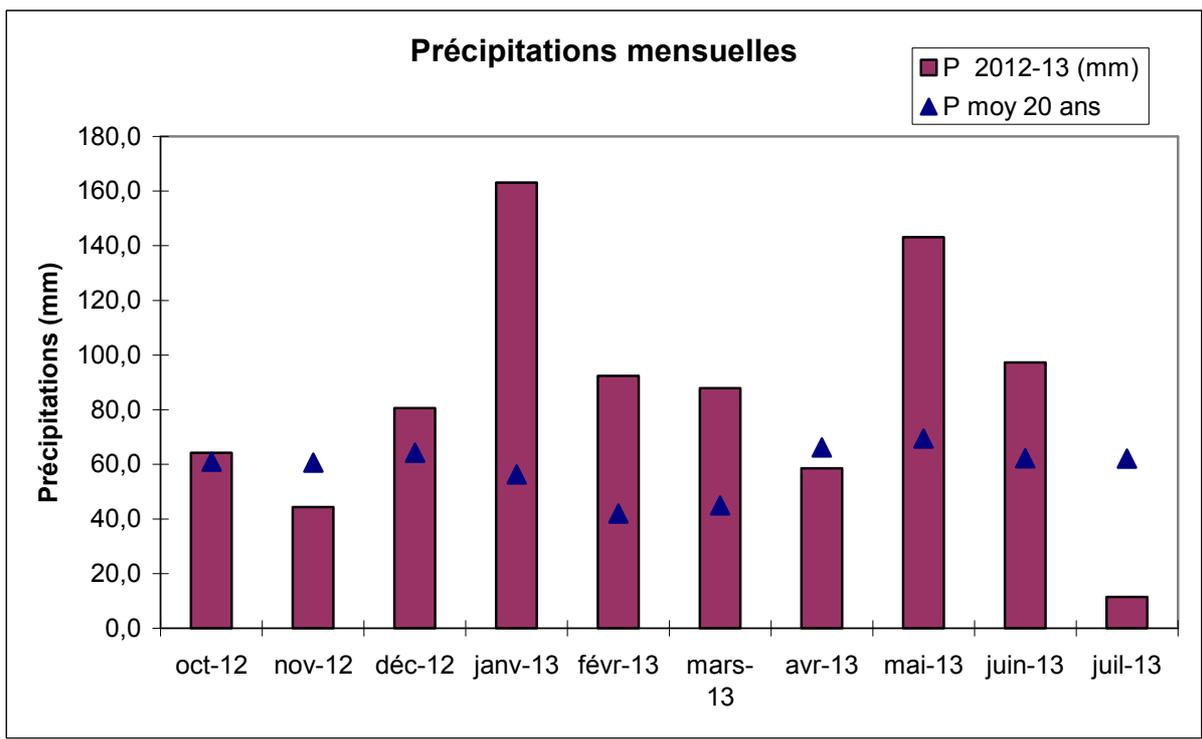
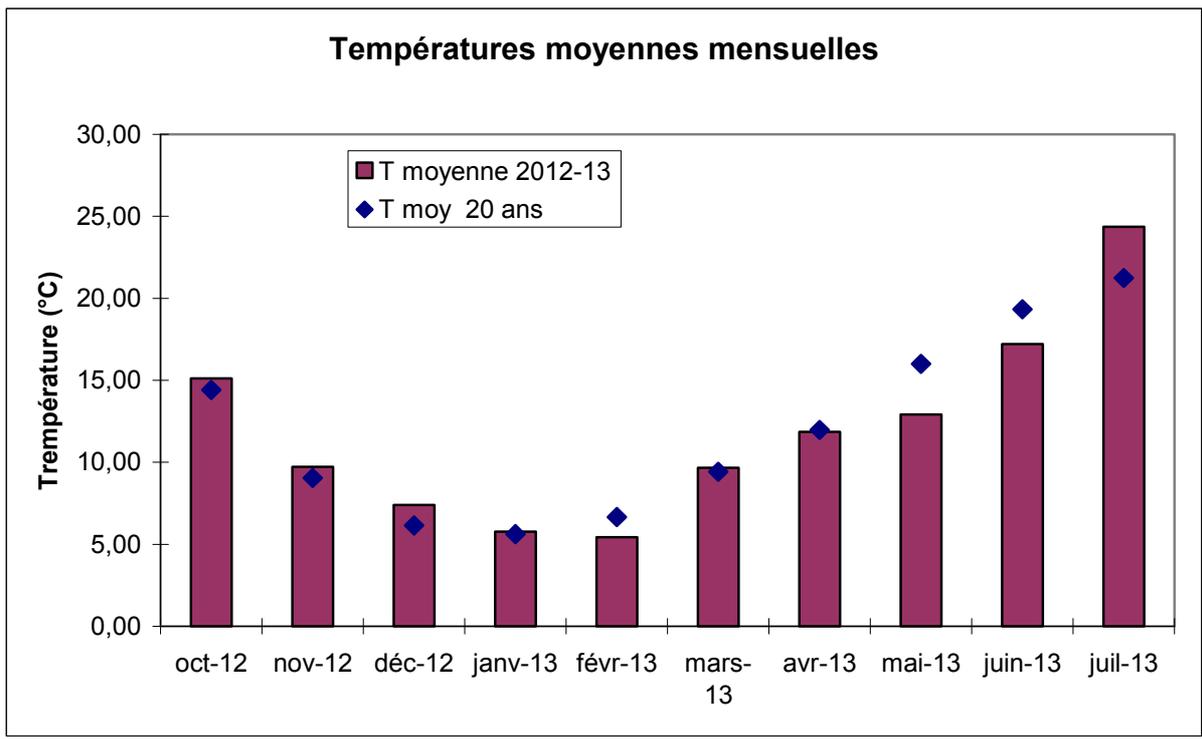
Printemps 2013 (avril à juin)

Les températures furent au niveau de la moyenne en avril mais très fraîches en mai et en juin (respectivement -3,08°C et -2,11°C par rapport à la moyenne sur 20 ans).

Les précipitations furent proche de la moyenne en avril est très excédentaire en mai et juin soit un cumul de 299 mm pour les 3 mois pour une moyenne sur 20 ans de 198 mm.

Conséquences pour les cultures :

- Les cultures et essais avec pois protéagineux prévues pour être semés mi-décembre ne purent être semées que début mars. La féverole prévue sur LH1 d'orientation Nord n'as pu être semée et fut remplacée par du pois de printemps
- La disponibilité en azote fut probablement pénalisée par des pertes d'azote par lixiviation compte tenu des fortes précipitations
- Les interventions de désherbage n'ont pas été réalisées au bon moment compte tenu des précipitations, un seul passage fut réalisé après la fertilisation, plus pour recouvrir l'engrais que pour son action de désherbage (sol tassé avec faible recouvrement et adventices développées).
- Les blés tendres ont fleuri tardivement et sur une longue période pluvieuse, les risques de fusarioses sont élevés cette année.
- Les températures faibles ainsi que les défauts de rayonnement furent également pénalisant pour une bonne fécondation, la composante de nombre de grains/épis pour les blés est très faible.
- La poursuite des précipitations abondantes en mai et juin a entraîné une forte hydromorphie (eau présente en surface début juin sur les parcelles de vallée [LH7 et LH8]) ce qui a très fortement limité la minéralisation de la matière organique et des fertilisants organiques



Annexe II : méthode de calcul de l'INN en association

Source : Mémoire de Master de L. Bedoussac : « analyse de la dynamique de compétition pour la lumière dans les associations blé dur – pois d'hiver en fonction de la disponibilité en azote ».

Dans le cas du blé et du pois cultivés en association (Bic et Pic) nous avons choisi, suite à l'étude méthodologique présentée dans l'annexe 5, de calculer la concentration en azote critique en considérant la proportion de MS de chaque espèce comme suit :

$$INN_{B-IC} = N_{B-IC} / [(MS_{B-IC} / MS_{IC}) \times N_{c-B} + (MS_{P-IC} / MS_{IC}) \times N_{c-P}] \quad (16.)$$

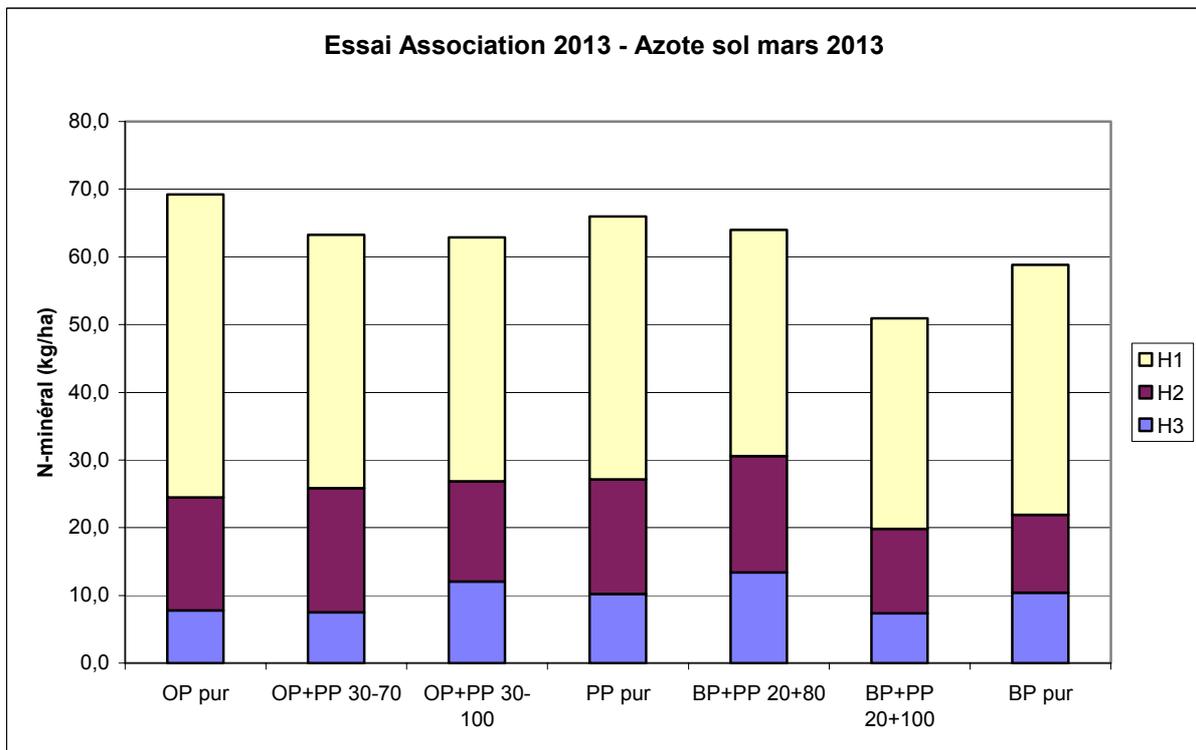
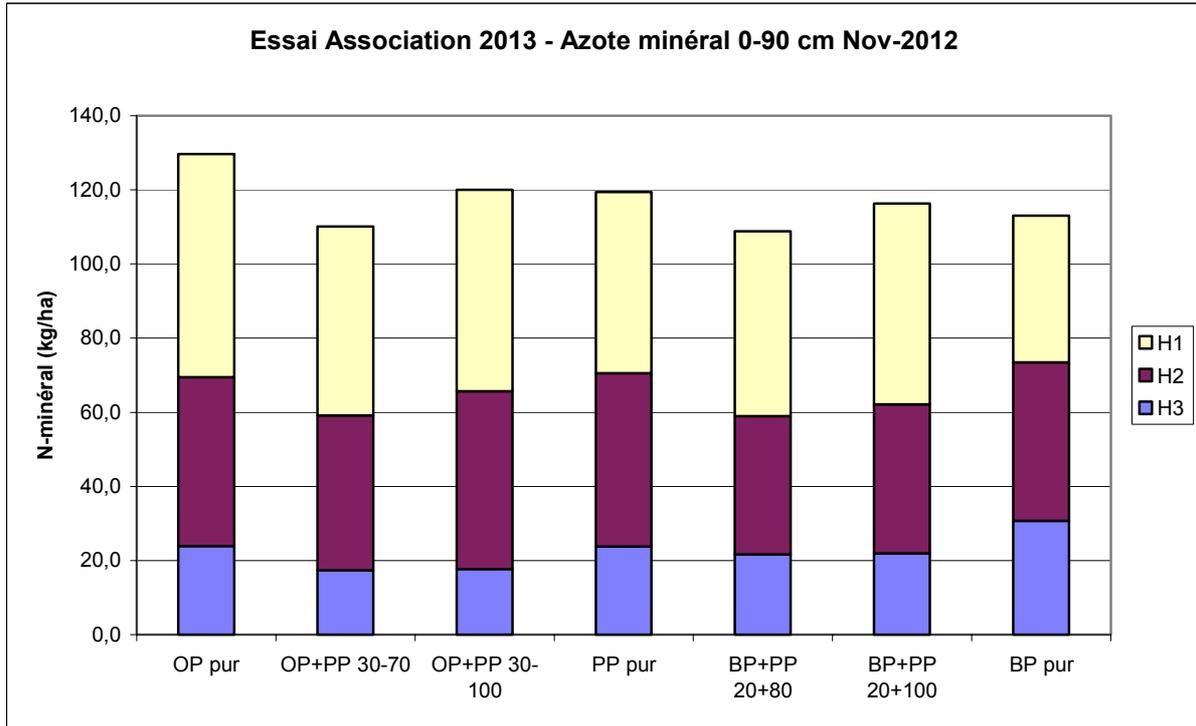
$$INN_{P-IC} = N_{P-IC} / [(MS_{B-IC} / MS_{IC}) \times N_{c-B} + (MS_{P-IC} / MS_{IC}) \times N_{c-P}] \quad (17.)$$

$$N_{c-B} = 4.4\% \text{ si } MS_{IC} < 1.55 \text{ t/ha et } 5.35 MS_{IC}^{-0.442} \text{ sinon} \quad (18.)$$

$$N_{c-P} = 5.08\% \text{ si } MS_{IC} < 1 \text{ t/ha et } 5.08 MS_{IC}^{-0.32} \text{ sinon} \quad (19.)$$

avec N_{B-IC} et N_{P-IC} la teneur en azote mesurée dans le blé et le pois en association ; MS_{B-IC} et MS_{P-IC} la matière sèche du blé et du pois dans l'association ; MS_{IC} la matière sèche totale de l'association ; N_{c-B} et N_{c-P} la teneur en azote critique calculée à partir de la courbe de dilution respectivement du blé et du pois et en considérant la matière sèche totale de l'association.

Annexe 3 : détails des prélèvements de sol (0-90 cm)



Essai Association 2013 - Azote sol juillet 2013

