

# **Essai Association Céréales-Pois protéagineux En Agriculture Biologique Campagne 2008 – 2009**






Loïc PRIEUR & Laurent LAFFONT

C.R.E.A.B. Midi-Pyrénées

LEGTA Auch-Beaulieu 32020 AUCH Cedex 9

☎ 05 62 61 71 29 ▲ 📠 05 62 61 71 10 ▲ 📧 [auch.creab@voila.fr](mailto:auch.creab@voila.fr)

**Action réalisée avec le concours financier :**

 <p>MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE</p>	<p>Du compte d'affectation spéciale « Développement agricole et rural » géré par le Ministère de l'agriculture et de la pêche, du Conseil Régional de Midi-Pyrénées, et de l'ONIGC</p>	 <p>CONSEIL RÉGIONAL MIDI-PYRÉNÉES</p>	 <p>ONIGC</p>
--	--	---	--



**Résultats de l'essai :**  
**Association Céréales-Pois**  
**protéagineux en AB**  
*Campagne 2008-09*



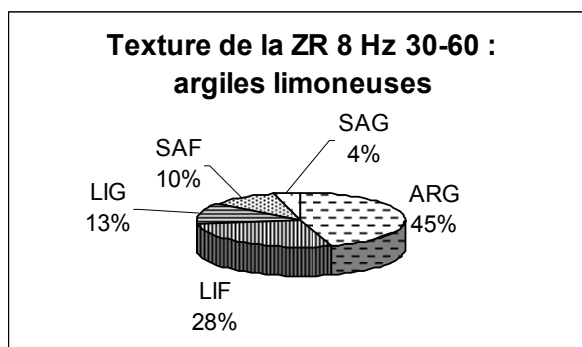
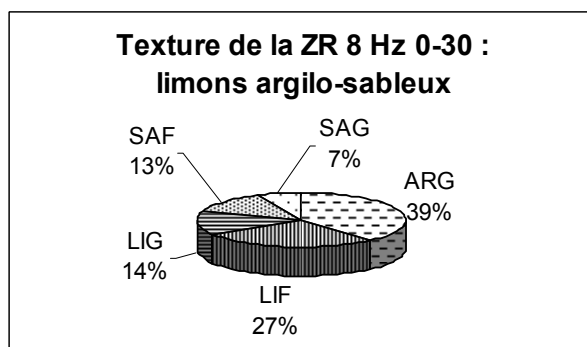
## 1 Objectif de l'essai

L'objectif de cet essai est d'étudier la mise en culture simultanée de deux espèces différentes, ce que l'on appelle des cultures associées. Cet essai devra permettre d'étudier l'efficacité des associations en terme de production et de qualité des grains pour les deux cultures associées.

Nous nous situons ici dans le cadre d'un essai destiné à produire soit un mélange de céréales et de protéagineux à destination de l'alimentation animale (proportion 50% - 50% de céréale et de pois), soit un mélange permettant de maximiser la production de pois qui reste difficile à maîtriser en culture pure en agriculture biologique (proportion 30% céréale – 70% pois).

## 2 Situation de l'essai

L'essai est implanté sur la commune d'Auch (Gers-32), sur la ferme de La Hourre, parcelle LH8. La texture de la parcelle est présentée dans les graphes ci-dessous :



Sur cette parcelle le taux de matière organique s'élève à 1,53% sur 30 cm.

### 3 Présentation de l'essai

#### 3.1 Modalités étudiées

Dans le cadre de cet essai, deux grands types d'association devaient être mis en place, chacun répondant aux deux objectifs de production d'un mélange et de maximisation de la production de pois. Toutefois les contraintes climatiques de l'automne n'ont pas permis de mettre en place l'ensemble des modalités souhaitées pour la date de semis hivernale. En effet dès la dernière décade de d'octobre des précipitations régulières ont empêchées toutes interventions sur les sols argileux (Cf. document climatologie et incidence sur les cultures, campagne 2008-09). Le semis fut très fortement décalé avec une date de réalisation début février.

La modalité pois d'hiver pur, n'a pu être mise en place, la variété de blé tendre a été modifiée pour semer un type alternatif, le pois fut systématiquement un pois de type printemps (tableau 1). Pour les semis de printemps les modalités prévues ont été mises en place.

**Tableau 1 : Modalités étudiées prévues et réalisées**

#### Semis d'hiver

Prévue	Pois hiver pur	BTH pur	BTH 30%+ Pois hiver 70%	BTH 50% + Pois hiver 50%
Réalisée	-	BTH pur	BTH 30% + Pois printemps 70%	BTH + Pois printemps 50% - 50%

#### Semis de printemps

Pois printemps pur	Orge de printemps pur (OP)	OP 30%+ Pois printemps 70%	OP 50%+ Pois printemps 50%
--------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Les proportions de chaque espèce concernent la densité de semis, les densités et variétés semées furent :

**Tableau 2 : Variétés et densités de semis (en grains/m<sup>2</sup>)**

	Variété	BTH pur	BTH+Pois 30-70	BTH+Pois 50-50	Pois pur	Orge P pur	OP+Pois 30-70	OP+Pois 50-50
BTH	PR22R58	400	120	200				
Pois	Livia		70	50	100		70	50
OP	Nevada					400	120	200

Le semis des associations a été réalisé en un seul passage. Le mélange des espèces a été réalisé au préalable puis mis dans la trémie. Le semis fut réalisé avec un semoir céréales pneumatiques à disques (KUNN Venta LC 402). Le mélange est mis dans la trémie au niveau des bâtiments, après trajet jusqu'à l'essai le mélange est resté bien homogène dans la trémie. L'écartement est de 17,5 cm entre rangs.

## 4 Conduite de la culture

**Tableau 3 : itinéraire technique réalisé**

Date	Intervention	Outils	Remarques
15 oct-08	Moisson soja en sec	Moissonneuse	RDT = 17,3 q/ha
17 oct-08	Broyeur	Broyage	
20 oct-08	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	
6 fév-09	Semis	Herse rotative + Semoir	
12 juil-09	Récolte	Moissonneuse	

L'ensemble de l'essai a été conduit en condition non fertilisée et non désherbée. A la mi-mars, les reliquats azotés étaient compris entre 45 et 50 kg d'azote minéral par hectare sur 120 cm de profondeur, toutefois compte tenu des fortes précipitations d'avril (105 mm) et les forts décalage de stade il n'est pas impossible qu'il y ait eu des pertes d'azote par lixiviation.

## 5 Observation en végétation

### 5.1 Développement des cultures

Compte tenu du retard de semis, l'apparition des différents stades fut cette année fortement décalée. Le blé et l'orge ont levés début mars, le pois quelques jours après.

A la fin mars, le blé présentait 3 feuilles, l'orge 3 à 4 feuilles et le pois 6 étages. Début mai, alors que les fleurs de pois n'étaient pas encore ouvertes des pucerons étaient observés sur le méristème terminal.

Le stade épi 1 cm de l'orge de printemps est apparu le 19 avril, celui du blé tendre le 24 avril. En ce qui concerne le stade floraison, la floraison de l'orge de printemps a été mal repérée car les étamines sont restées à l'intérieur de l'épi, il a fallu réaliser une dissection pour observer le jour du prélèvement (le 29 mai) que le stade était dépassé (Cf. photo ci-contre). Pour le blé le stade floraison est apparu le 2 juin.



### 5.2 Composantes du rendement (Cf. tableau 4)

Malgré un semis réalisé en conditions peu favorables, les pertes à la levée restent modérées pour l'ensemble des cultures, le blé tendre est la culture qui a le plus souffert.

Le blé tendre a particulièrement souffert durant cette campagne, du fait du semis tardif et d'une faible disponibilité en azote. Ainsi le tallage du blé est déficitaire en culture pure (il y eu des pertes de pieds) est modéré en culture associé avec un tallage respectif de 1,4 et 1,2 pour des densités semées de 30% et 50%.

L'orge de printemps s'est mieux comporter avec un tallage nul en culture pure, mais une bonne compensation en culture associée avec respectivement 2,2 et 1,4 pour des semis réalisés à 30 et 50% de la dose pure.

**Tableau 4 : Composantes du rendement, Essai association AB 2009**

Modalités	Cultures	Plantes/m <sup>2</sup>	% perte levée	Epis ou gousses/m <sup>2</sup>	Epis ou gousses/plante	Grains/épi ou gousse	Grains/m <sup>2</sup>	PMG (g)
<b>Pois pur</b>	<b>Pois</b>	<b>87,1</b>	<b>13%</b>	<b>103,4</b>	<b>1,9</b>	<b>2,1</b>	<b>216,9</b>	<b>158,4</b>
<b>BTH pur</b>	<b>BTH</b>	<b>245,2</b>	<b>39%</b>	<b>163,2</b>	<b>0,7</b>	<b>36,3</b>	<b>5 732,4</b>	<b>39,4</b>
<b>BTH+Pois 30-70</b>	<b>Pois</b>	<b>64,3</b>	<b>8%</b>	<b>106,2</b>	<b>1,4</b>	<b>2,7</b>	<b>262,7</b>	<b>123,7</b>
	<b>BTH</b>	<b>71,4</b>	<b>40%</b>	<b>97,0</b>	<b>1,4</b>	<b>35,5</b>	<b>3 446,6</b>	<b>40,4</b>
<b>BTH+pois 50-50</b>	<b>Pois</b>	<b>43,8</b>	<b>12%</b>	<b>58,6</b>	<b>1,2</b>	<b>1,5</b>	<b>85,7</b>	<b>113,5</b>
	<b>BTH</b>	<b>143,3</b>	<b>28%</b>	<b>109,4</b>	<b>0,8</b>	<b>42,4</b>	<b>4 555,9</b>	<b>40,3</b>
<b>Orge P pur</b>	<b>Orge</b>	<b>344,3</b>	<b>14%</b>	<b>360,6</b>	<b>1,0</b>	<b>17,9</b>	<b>6 426,8</b>	<b>41,2</b>
<b>OP+Pois 30-70</b>	<b>Pois</b>	<b>63,8</b>	<b>9%</b>	<b>122,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>	<b>233,1</b>	<b>146,2</b>
	<b>Orge</b>	<b>81,0</b>	<b>33%</b>	<b>174,0</b>	<b>2,2</b>	<b>25,4</b>	<b>4 384,4</b>	<b>50,3</b>
<b>OP+pois 50-50</b>	<b>Pois</b>	<b>40,0</b>	<b>20%</b>	<b>74,2</b>	<b>1,6</b>	<b>1,8</b>	<b>130,1</b>	<b>145,2</b>
	<b>Orge</b>	<b>167,1</b>	<b>16%</b>	<b>234,4</b>	<b>1,4</b>	<b>22,1</b>	<b>5 181,6</b>	<b>46,3</b>

La densité des organes fructifères (épis ou gousses) varient fortement selon les cultures et les modalités :

- Les pois ont exprimé une faible densité gousse, en culture pure nous obtenons 103 gousses/m<sup>2</sup> (la moyenne pluri annuelle sur les essais variétés avec Livia est de 349 gousses/m<sup>2</sup>). En association semée à 70% la densité gousse est identique à celle en culture pure et pour la densité 50% elle n'est que de 59 gousses/m<sup>2</sup>. Ces faibles densités sont principalement à relier à la composante de gousses/plante. Cette année les attaques de pucerons, rapidement contrôlées naturellement par les *Entomophthora*, ont à nouveau détruit le méristème des pois de façon précoce, ce qui a limité le nombre d'étages fructifères. Ainsi nous avons cette année 1,9 gousses/plante en culture pure (pour une moyenne avec Livia de 3,6) et des valeurs allant 1,2 à 1,6 gousses/plantes pour les pois associés.
- Pour le blé tendre la densité épi est également faible avec 163 épi/m<sup>2</sup> en culture pure (la valeur optimale en AB se situe à 400 épis/m<sup>2</sup>), en association ces densités sont proches, 97 épi/m<sup>2</sup> pour un semis à 30% de la culture pure et 109 épi/m<sup>2</sup> pour le semis à ½ densité.
- A nouveau l'orge de printemps est la culture qui s'en sort le mieux avec 361 épis/m<sup>2</sup> en culture pure ; 174 épis/m<sup>2</sup> pour le semis à 30% et 234 pour le semis à 50%.

En ce qui concerne la fertilité des pois, le nombre de grains/gousses ne semble pas avoir été affecté, il est de 2,1 en culture pure ce qui correspond aux valeurs habituelles. Par contre pour le pois semé à 70% nous obtenons 2,7 grains/gousses contre seulement 1,5 pour le pois semé à 50%. Pour les céréales, le blé pur présente une fertilité plutôt faible avec 36,3 grains/épi, le blé semé à 30% présente une fertilité identique avec 35,5 grains/épi par contre le blé semé à 50% exprime une fertilité plus élevée avec 42,4 grains/épi. L'orge de printemps présente des valeurs satisfaisantes avec 18 grains/épis en pur et respectivement 25,4 et 22,1 pour le semis à 30% et à 50%.

Compte tenu de la faiblesse des composantes de début de cycle, les densités grains sont en général faibles :

- Pour le pois pur nous obtenons 217 grains/m<sup>2</sup> (pour une moyenne pluri annuelle avec Livia de 752 grains/m<sup>2</sup>). Le pois associé à 70% s'est mieux comporter que le pois pur pour cette composante qu'il soit associer au blé ou à l'orge avec respectivement 262,7 grains/m<sup>2</sup> et 233,1 grains/m<sup>2</sup>. Par contre le pois associé à 50% présente les plus faibles densités grains. En association avec l'orge la densité est de 130,1 grains/m<sup>2</sup> soit 60% de la densité du pois pur, et en association avec le blé la densité n'est que de 85,7 grains/m<sup>2</sup> soit 39,5% de la densité du pois pur.
- Au niveau des blés, la densité grain en culture pure est faible avec 5 732 grains/m<sup>2</sup>, le blé associé à 50% présente une densité grain qui atteint presque 80% de la culture et le blé associé à 30% atteint une densité de 60% de la culture pure.
- Pour les orges les densités grains sont un peu moins faibles avec 6 427 grains/m<sup>2</sup> en orge pure, les associations atteignent 80,6 % de la culture pure pour le semis à 50% et 68% de la culture pure pour le semis à 30%.

Pour ce qui est des PMG, le premier constat est que les valeurs sont faibles avec une moyenne générale pour le pois de 137,4 g pour un PMG de la semence (conventionnelle non traité) de 274 g et une moyenne pour Livia sur les essais analytiques de 214 g. Les plus gros grains sont obtenu en culture pure avec 158,4 g, vient ensuite le pois associé à l'orge avec 145,7 g mais la différence n'est pas significative avec le pois pur, et ensuite le pois associé au blé avec un PMG significativement plus faible de 118,6 g. Nous n'observons pas de différence significative de PMG liée aux différences de densités semée aussi bien en blé qu'en orge.

Pour le blé les PMG sont équivalents sur l'ensemble des modalités avec une moyenne de 40 g soit 10 g de moins que celui de la semence. Pour l'orge le PMG décroît lorsque la densité d'orge augmente : 50,3 g pour le semis à 30% ; 46,3 g pour celui à 50% et 41,2 g en culture pure. Le PMG de la semence était de 44 g.

### 5.3 Les maladies cryptogamiques

Des notations ont été réalisées sur la culture de pois pour estimer la pression de l'antracnose. Ces notations ont été réalisées le 19 mai sur les deux feuilles les plus hautes (F1 = feuille la plus haute, F2 = feuille en dessous), l'échelle de notation va de 0 à 6 (Cf. annexe 1).

Les résultats sont présentés dans le graphe n°1. Pour la campagne 2009 l'étude statistique des notes antracnose montre que la modalité la plus touchée par la maladie est celle associée avec le blé tendre à 70% (note = 3,4). Vient ensuite l'association avec le blé à 50% (note = 3), puis la modalité associée avec l'orge à 70% (note = 2,8). Les deux modalités les plus saines sont le pois pur (note = 2,5) et le pois associé à l'orge à 50% (note 2,4).

Ainsi sur cette année les modalités associées semblent plus touchées par l'antracnose que le pois pur, pour les associations plus la densité de pois augmente et plus la pression antracnose est forte.

## 6 Résultats culturaux

### 6.1 Rendement (Cf. graphe n°2).

Compte tenu de ce que nous avons vu précédemment sur les composantes, les rendements sont faibles cette année (Cf. graphe n° 2). Pour étudier la productivité des associations nous utilisons comme indicateur le Land Equivalent Ration (LER) ou rapport de surface équivalente. Le LER correspond à la surface nécessaire pour produire en culture pure autant qu'en association, ainsi pour un LER de 1,6 il faudrait 1,6 ha de culture pure (0,8 ha de céréales et 0,8 ha de pois) pour produire autant qu'1 ha d'association.

La formule de calcul du LER est la suivante :  $LER_{asso} = LER_{blé} + LER_{pois}$  avec :

$LER_{blé} = (RDT \text{ blé associé}) / (RDT \text{ blé pur})$  et  $LER_{pois} = (RDT \text{ pois associé}) / (RDT \text{ pois pur})$

Les résultats des récoltes à la moissonneuse batteuse sont présentés dans les graphes n°2 à 4.

Le pois pur présente un rendement après triage de 3,4 q/ha du fait de conditions de semis défavorables, des attaques de pucerons et de l'antracnose. Le pois associé à la céréales à 70% présente un rendement du même ordre de grandeur que le pois pur (3,4 q/ha avec l'orge et 3,2 q/ha avec le blé). Par contre le pois associé à 50% décroche avec 1,9 q/ha en association avec l'orge et 1 q/ha en association avec le blé.

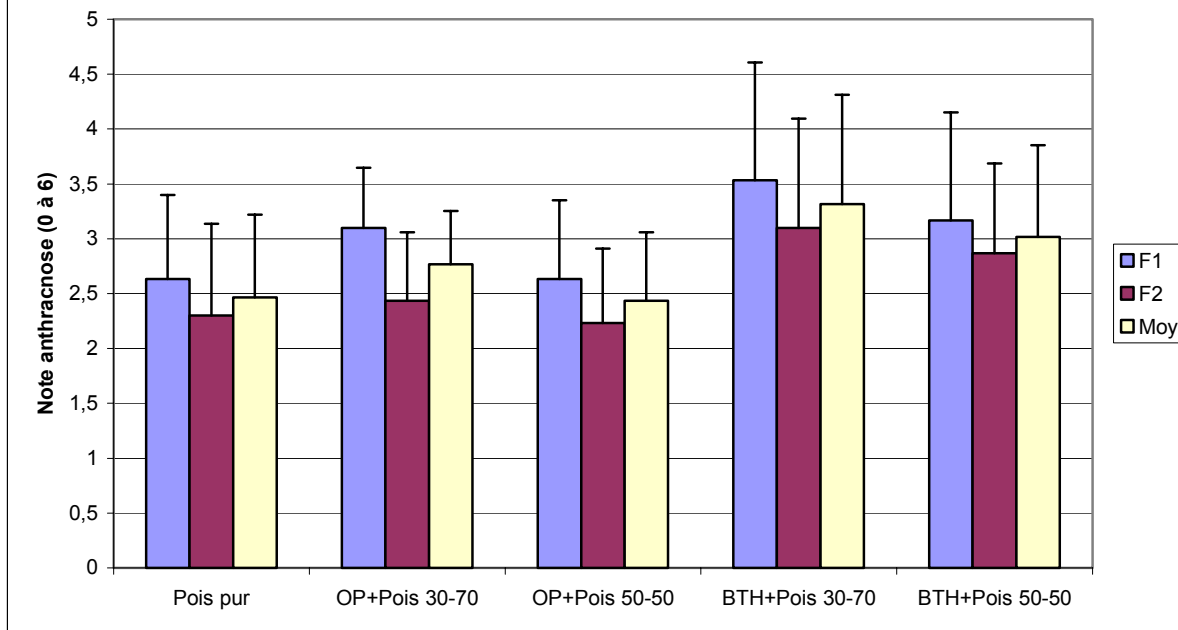
Pour les céréales les rendements sont également faibles, notamment pour le blé car la variété PR22R58 a fortement décroché en semis tardif. Le blé pur atteint 22,6 q/ha et l'orge pur 26,4 q/ha.

Une étude statistique réalisée à 2 facteurs (facteur 1 l'espèce [blé ou orge] et facteur 2 l'ITK [pur, asso 30% et asso 50%]) distingue les modalités suivantes :

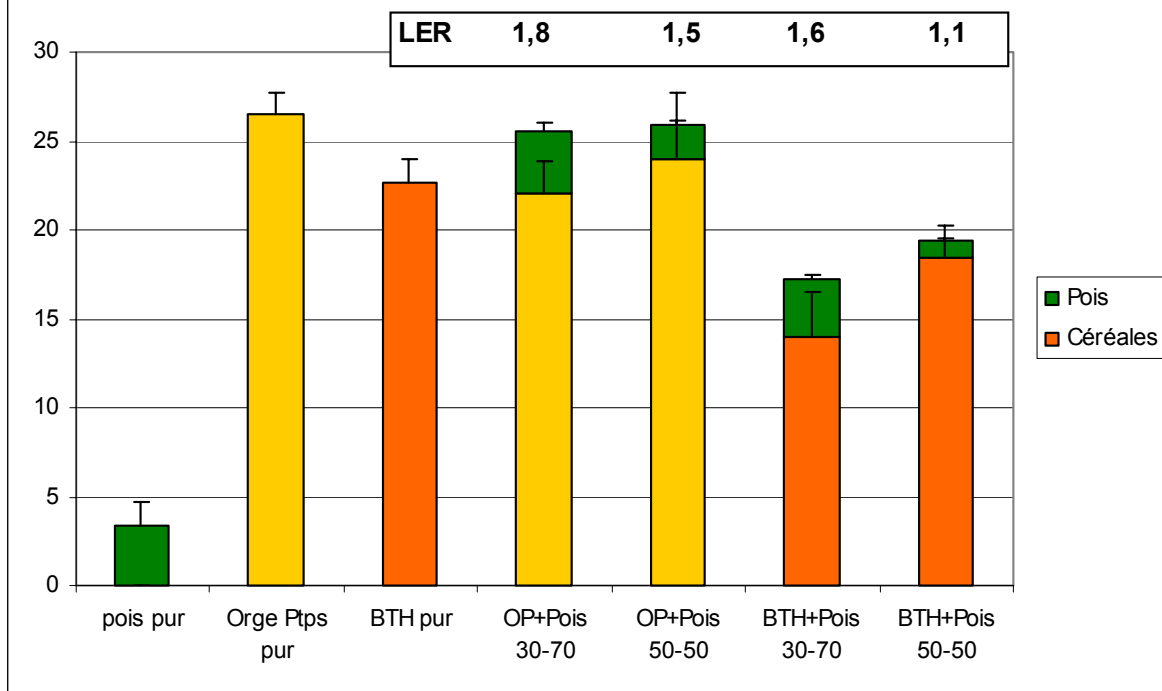
- L'orge en pur et l'orge associée à 50% sont les céréales les plus productives avec en moyenne 25,2 q/ha
- Viennent ensuite le blé pur et l'orge associée à 30% avec 22,3 q/ha
- Les deux blés associés décrochent fortement avec 18,4 q/ha pour l'association à 50% et 13,9 q/ha pour l'association à 30%.



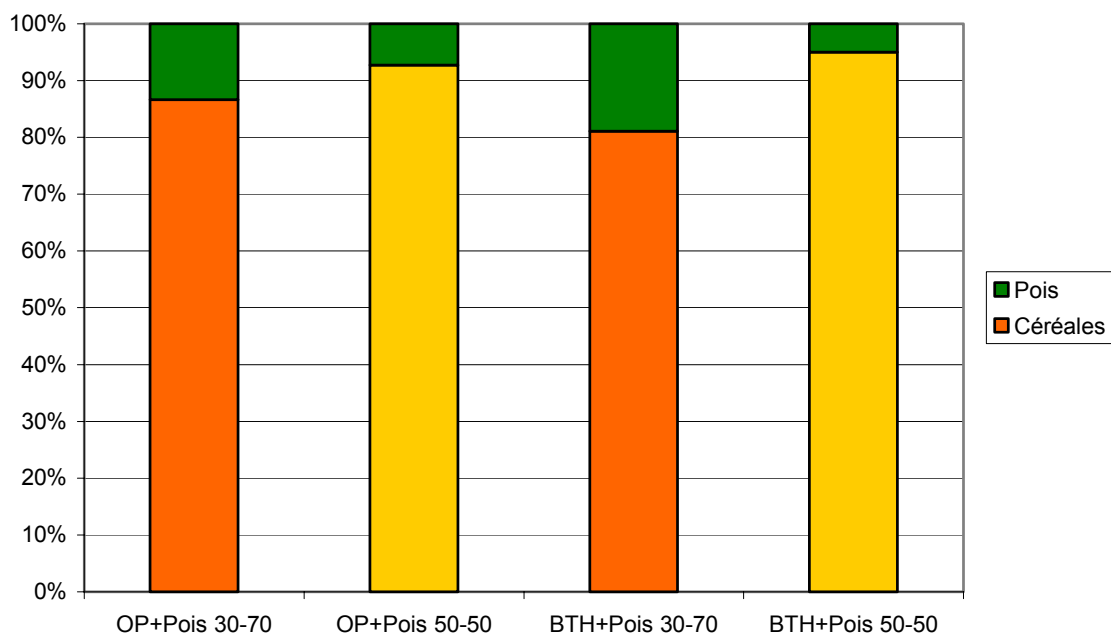
**Graphe n°1 : Essai Association AB 2009 - Anthracnose du Pois**



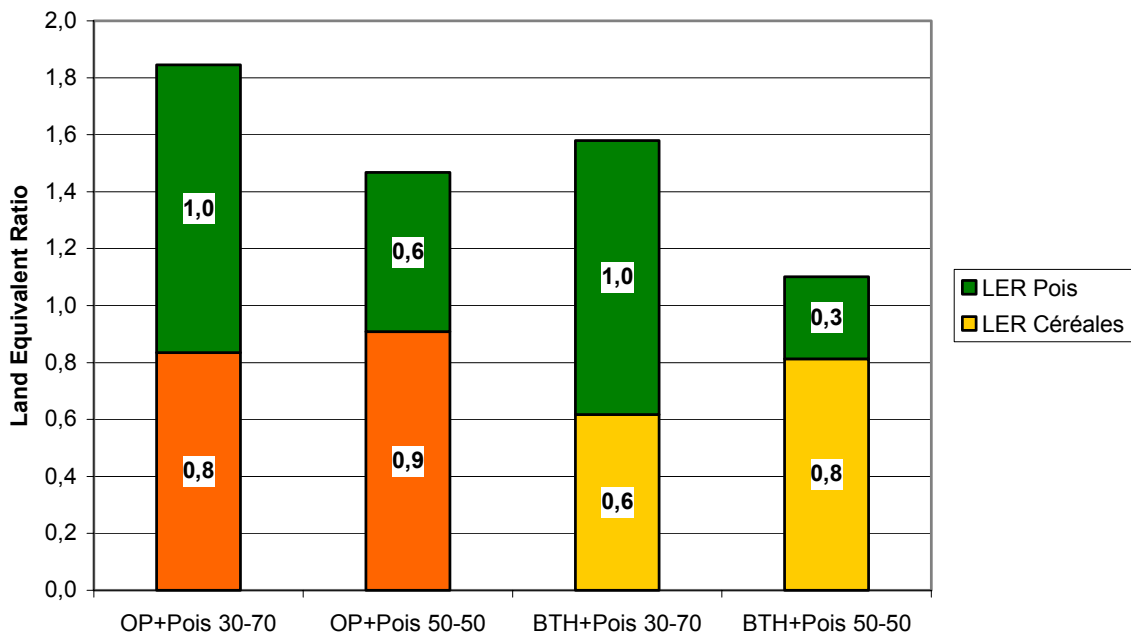
**Graphe n°2 : Rendement Moissonneuse aux normes après triage**



**Graphe n°3 : Rendement Moissonneuse, proportion des espèces**



**Graphe n°4 : Essai association AB 2009 - Détail des LER**



Ainsi pour les céréales, et probablement du fait de la date de semis, la culture d'orge de printemps a permis une production supérieure à celle du blé.

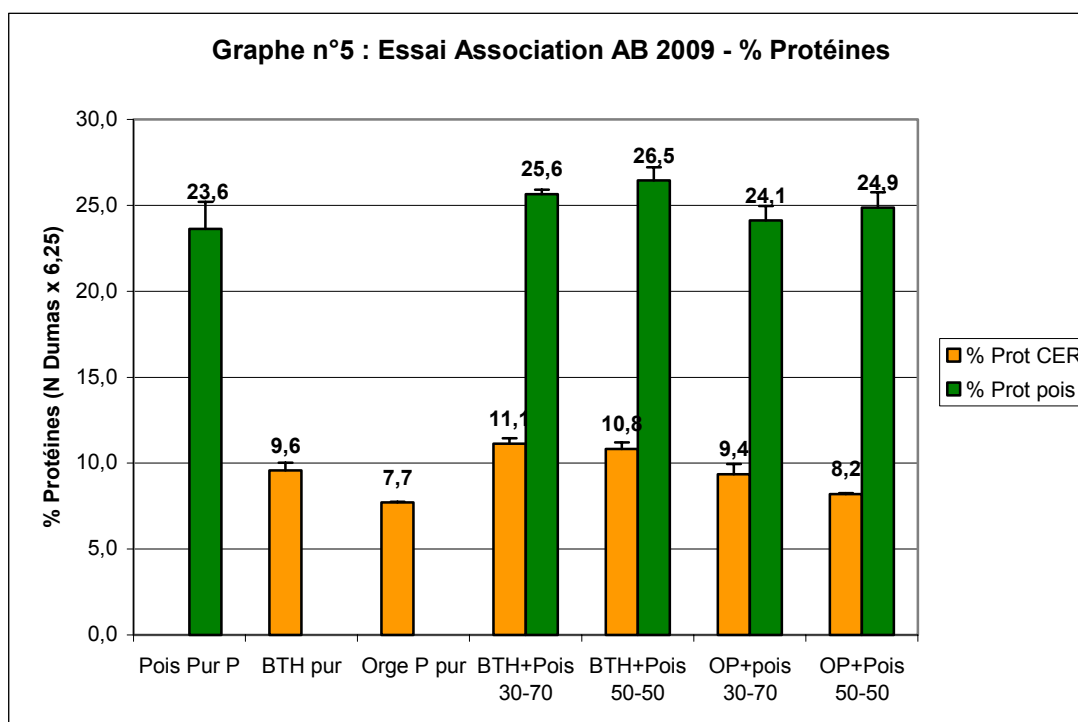
Si l'on regarde la productivité des associations (LER) on constate tout d'abord qu'elle est particulièrement élevée cette année (graphe n°4). Les LER élevés s'expliquent principalement par les faibles rendements obtenus en culture pure. Ainsi le pois produit autant en pur qu'en association à 70% ce qui donne un LER partiel du pois de 1. De plus l'orge de printemps associé décroche peu par rapport à la culture il réalise 80% du rendement pur en association à 30% et 90% du rendement pur en association à 50%. Pour le pois associé à 50% les résultats sont plus équilibrés au niveau des LER.

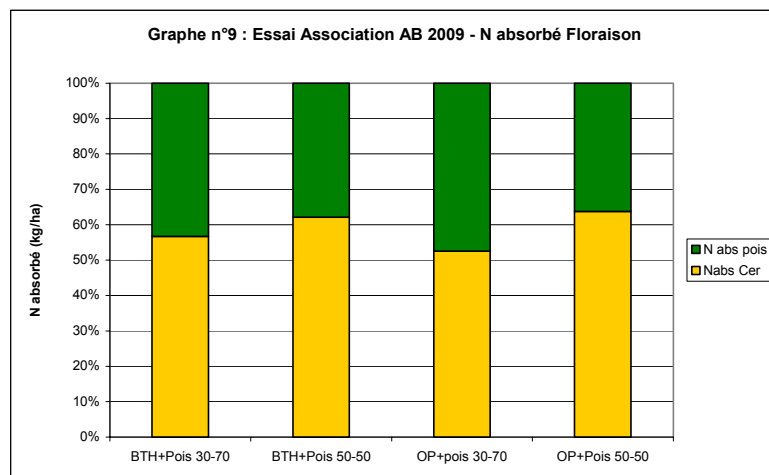
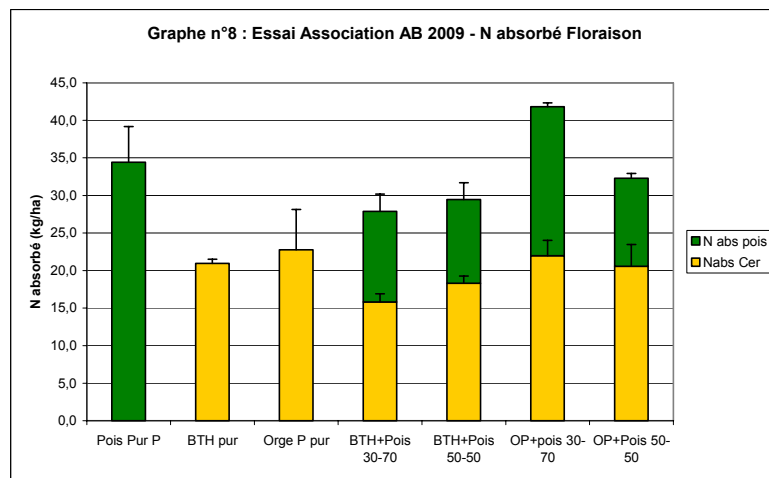
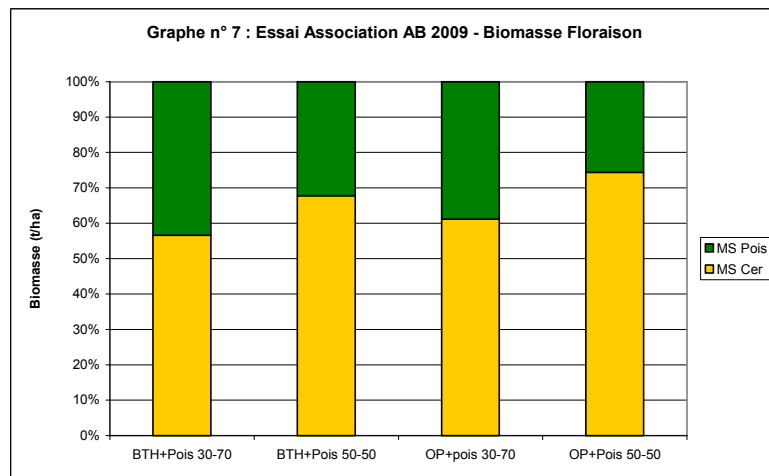
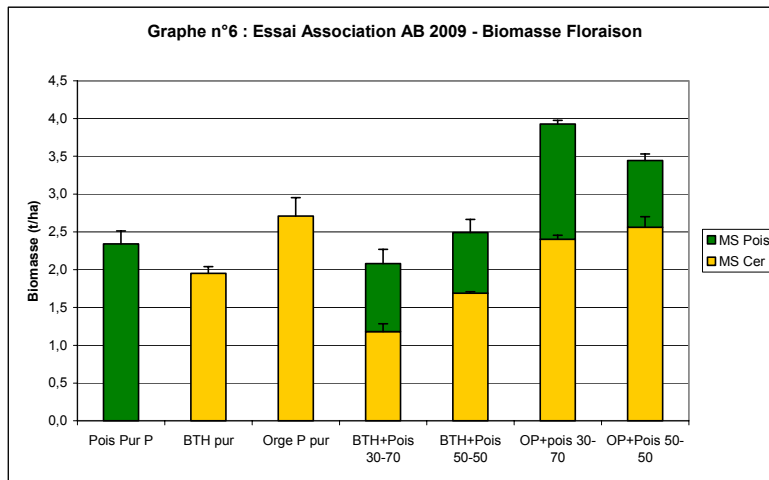
Malgré des LER élevés pour le pois, la proportion final du mélange reste composé très majoritairement de céréales, ces dernières constituent au minimum 80% du mélange, pour atteindre 95% dans l'association blé + pois à 50% (graphe n°3).

## 6.2 Teneurs en protéines (Cf. graphe n°5).

Les teneurs en protéines sont issues de la mesure de la teneur en azote, et non de l'inframatric. Etant donné que le blé est destiné à l'alimentation animale, le coefficient utilisée est de 6,25 pour le pois comme les céréales (teneur en protéines = %N grains x 6,25).

Pour le pois, les teneurs sont satisfaisantes avec en moyenne de 24,9% de protéine. L'étude statistique montre des différences significatives entre modalités, le pois associé au blé permet les teneurs les plus élevés, vient ensuite le pois associé à l'orge et en dernier le pois pur. Pour ce qui est des céréales, l'orge associée à 30% permet un gain de 1% de protéines par rapport à l'orge pur et l'orge associée à 50%. Pour le blé on constate tout d'abord que les teneurs sont faibles avec une moyenne de 9,6% ce qui est à relier avant tout à la variété. La teneur la plus élevée s'obtient avec le blé associé à 30%, puis le blé associé à 50% et en dernier avec le blé pur qui décroche fortement avec 8,7% de protéines.





## 7 Suivi biomasse et quantité d'azote absorbé

### 7.1 Stade floraison (Cf. tableau 5 en annexe 2)

Pour les cultures pures et les associations avec le blé tendre, les biomasses à la floraison restent faibles (graphe n°6), elles sont plus conséquentes pour les associations avec l'orge de printemps.

En ce qui concerne le pois, la culture pure permet la biomasse la plus élevée avec 2,3 t<sub>MS</sub>/ha, vient ensuite le pois associé à l'orge à 70% avec 1,5 t<sub>MS</sub>/ha, les trois autres modalités avec le pois présentent des valeurs variant de 0,8 à 0,9 t<sub>MS</sub>/ha. Pour les céréales, chaque modalité présente un résultat significatif différent avec par ordre décroissant : l'orge de printemps pur, l'orge de printemps à 50%, l'orge de printemps à 30%, le blé pur, le blé à 50% et le blé à 30%.

A ce stade les proportions en biomasse des différentes espèces sont assez équilibrées (graphe n°7) avec 55 à 60% de céréales pour les associations semées à 30% et des valeurs proche de 70% de céréales pour les associations semées à 50%.

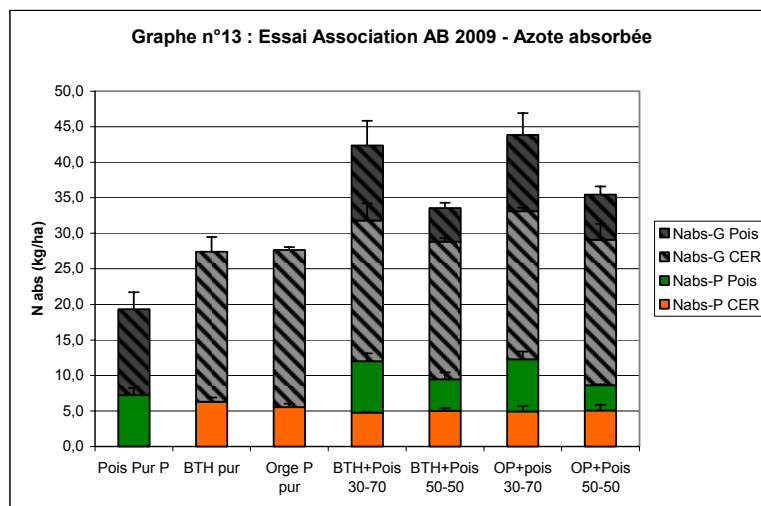
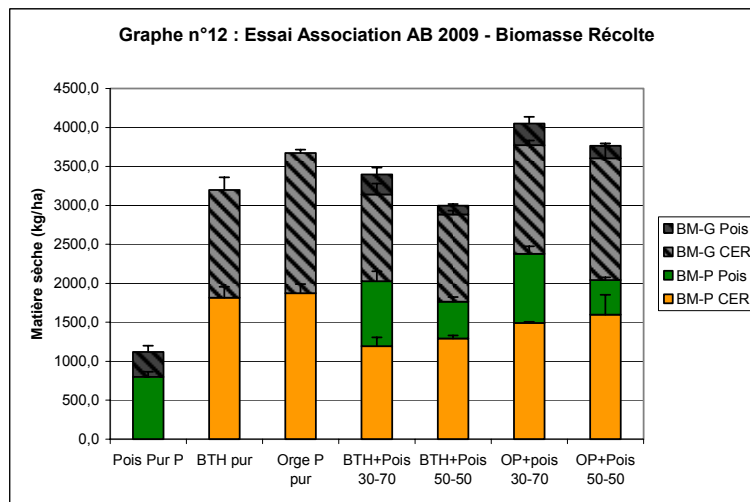
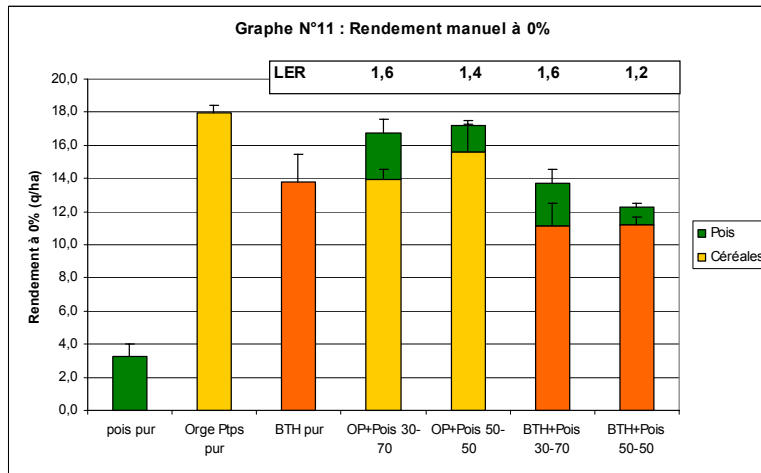
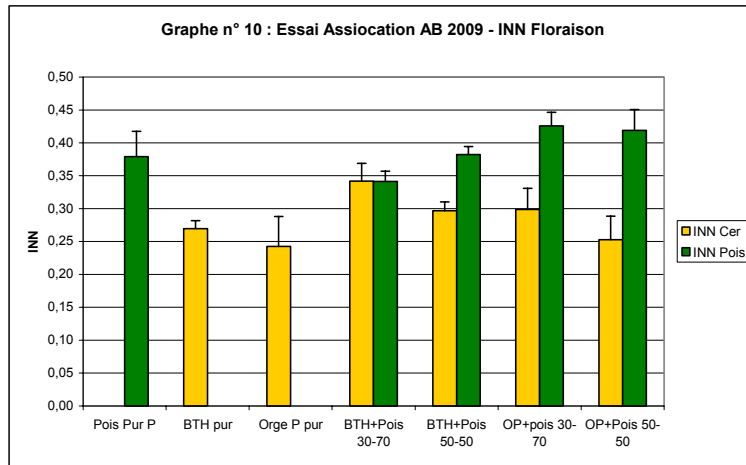
Les quantités d'azote absorbées sont à des niveaux très faibles pour l'ensemble des cultures (graphe n°8). Le pois pur a absorbé presque 35 kg d'N/ha, le pois associé à l'orge à 70% de l'ordre de 20 kg et les autres modalités ne se distinguent pas les unes des autres avec environ 12 kg d'N/ha absorbé. Pour les céréales l'étude avec le blé et l'orge ne permet pas de distinction entre les modalités, la valeur moyenne est de 20,1 kg d'N/ha absorbé. Si on réalise une étude en distinguant les deux espèces de céréales, nous n'observons pas de différences significatives pour l'orge de printemps avec 21,8 kg d'N absorbé en moyenne, mais pour le blé les quantités d'azotes décroissent de la culture pure vers le blé associé à 30%.

Si on observe les répartitions des quantités d'azote absorbées entre les cultures associées (graphe n°9), ces dernières restent équivalentes aux proportions obtenues pour la biomasse (graphe n°7).

Pour ce qui est des indices de nutrition azotée (INN), les valeurs calculées sont très faibles cette année et doivent être prises avec précaution (graphe n°10). En effet compte tenu des faibles niveaux de biomasse les valeurs calculées peuvent se situer en dehors de la gamme de validité de la méthode. Ainsi ces valeurs peuvent être utilisées pour comparer les modalités les unes par rapports aux autres, mais il ne faut pas tenir compte de la valeur en tant que telle.

Pour le pois, les cultures les moins carencées sont les associations avec l'orge pour les deux densités (INN = 0,42), vient ensuite le pois associé au blé à 50% et le pois pur (INN = 0,38), enfin le pois associé au blé à 70% décroche avec un INN de 0,34.

Pour les céréales, les différences entre modalités sont moins marquées. Le blé associé à 30% est la culture la moins carencée (INN = 0,34), vient ensuite l'orge de printemps associé à 30%, le blé associé à 50% et le blé pur (INN = 0,29), les deux modalités les plus carencées sont l'orge associé à 50% et l'orge pur (INN = 0,25).



## **7.2 Stade récolte (cf. tableau 5 en annexe 2)**

A la récolte (prélèvement manuel), nous obtenons des résultats proches de ceux réalisés à la moissonneuse batteuse en terme de rendement (graphe n° 11).

Pour ce qui est des biomasses produites (graphe n°12), toutes les modalités à l'exception du pois pur ont vu leurs biomasses augmentées entre la floraison et la récolte. Pour les pois l'étude statistique distingue deux groupes de valeurs : les pois associé à 70% et le pois pur qui produisent plus que les pois associé à 50%. A nouveau il n'y a pas de différence entre le pois pur et les pois associé à 70%. Pour les céréales, l'orge de printemps pur présente la biomasse la plus élevée, suivi par le blé pur et l'orge de printemps associé à 50%, vient ensuite l'orge de printemps associé à 30% puis les deux blés associés qui ont le moins produit sans se distinguer l'un de l'autre.

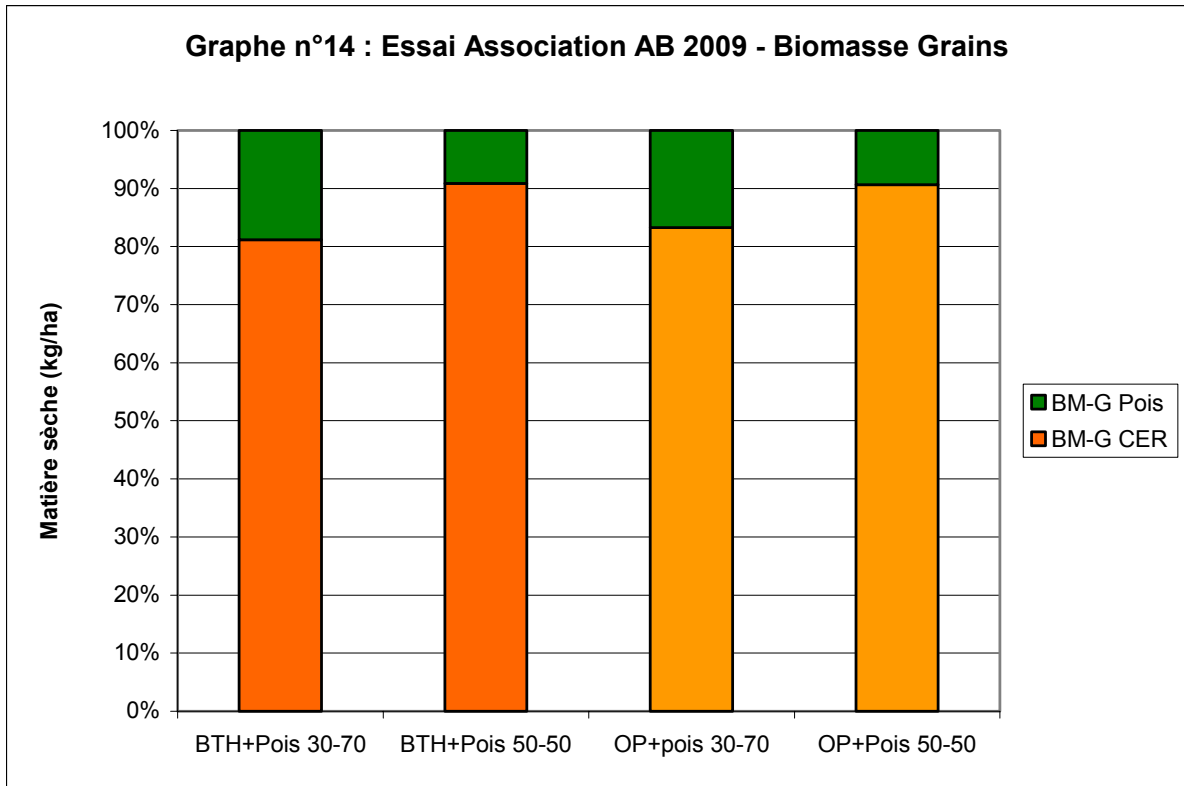
Pour le pois, l'indice de récolte (poids des grains / poids des grains + tiges) est supérieur en culture pure qu'en association, ainsi dans les associations les pois ont proportionnellement produit plus de tige. Pour les céréales ce n'est pas le cas, l'indice de récolte reste équivalent en pure comme en association.

Pour ce qui est des quantités d'azote absorbées (graphe n°13) les associations tirent leur épingle du jeu, notamment celles avec 70% de pois grâce aux quantités d'azote présentent dans leurs grains. Pour les cultures de pois nous retrouvons les deux mêmes groupes que pour les biomasses c'est-à-dire que le pois pur absorbe autant que les pois associé à 70%, seul les pois associés à 50% ont prélevé moins d'azote. Au niveau des céréales, l'étude des quantités totales d'azote absorbée n'est pas significative, les quantités d'azote étant peu différente pour l'ensemble des modalités.

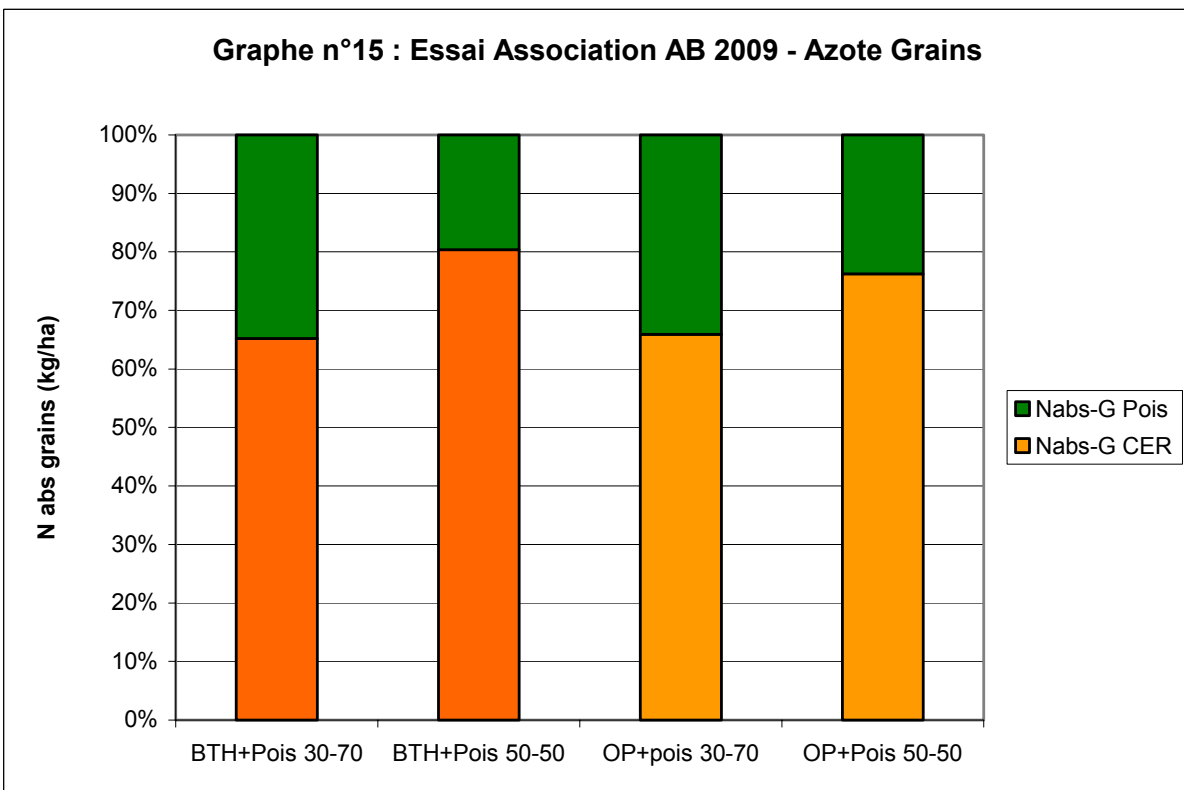
Pour ce qui est de la proportion de grains des différentes espèces dans les associations, on n'observe pas de différence liée à l'espèce de céréale, les proportions dépendent principalement de la densité de semis. En semis à 50-50% on obtient en biomasse 90% de grains de céréales et 10% de grains de pois et pour les semis avec 70% de pois et 30% de céréales on obtient à la récolte de l'ordre de 80% de céréales et 20% de pois (graphe n°14).

Les résultats sont peu différents pour les quantités d'azote absorbé dans les grains (graphe n°15), si ce n'est que la proportion issue des pois est plus forte. Pour les associations 50-50% on obtient de l'ordre de 80% de l'azote dans les céréales et 20% dans les pois, et pour les associations à 30-70% les valeurs sont de 65% de l'azote dans les céréales et 35% dans les pois.

**Graphe n°14 : Essai Association AB 2009 - Biomasse Grains**



**Graphe n°15 : Essai Association AB 2009 - Azote Grains**



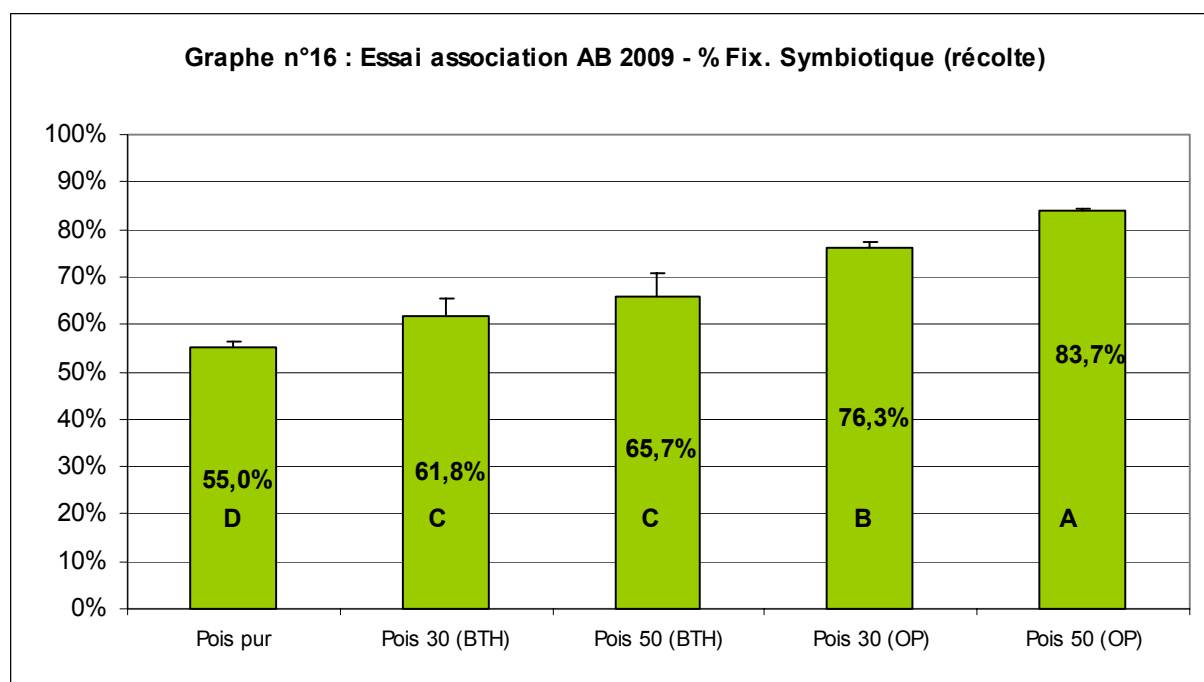


### 7.3 Répartition des prélèvements azotés des légumineuses

Les pois de famille des légumineuses ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique grâce à leur symbiose avec des bactéries. Toutefois cette symbiose ayant un coût énergétique, les pois ne font fonctionner leurs nodosités que lorsque l'azote devient limitant. Dans le cadre des cultures associées une des hypothèses permettant d'expliquer la meilleure nutrition de la céréale en association, vient du fait que cette dernière est plus compétitive que le pois pour absorber l'azote du sol, ce qui oblige le pois associé à utiliser la fixation symbiotique de façon plus précoce, et ce qui laisse plus d'azote issu du sol à la céréale.

Pour vérifier cette hypothèse il est possible de réaliser des mesures à partir du dosage de l'azote radioactif naturel (le  $^{15}\text{N}$  qui est l'équivalent du  $^{14}\text{C}$  pour le carbone en terme d'élément radioactif naturel). La méthode compare la différence d'enrichissement en  $^{15}\text{N}$  entre le sol et l'atmosphère, le sol étant plus fortement marqué que l'air. On peut donc en mesurant les quantités d'azote radioactif au sein des légumineuses et en le comparant à celui d'une plante référence ne fixant que l'azote du sol (dans ces essais la plante référence est la céréale associée), calculer la part de l'azote provenant du sol et celle provenant de la fixation symbiotique. Ainsi plus il y aura de  $^{15}\text{N}$  est plus la plante aura prélevé l'azote du sol et inversement la fixation symbiotique va diluer le  $^{15}\text{N}$ .

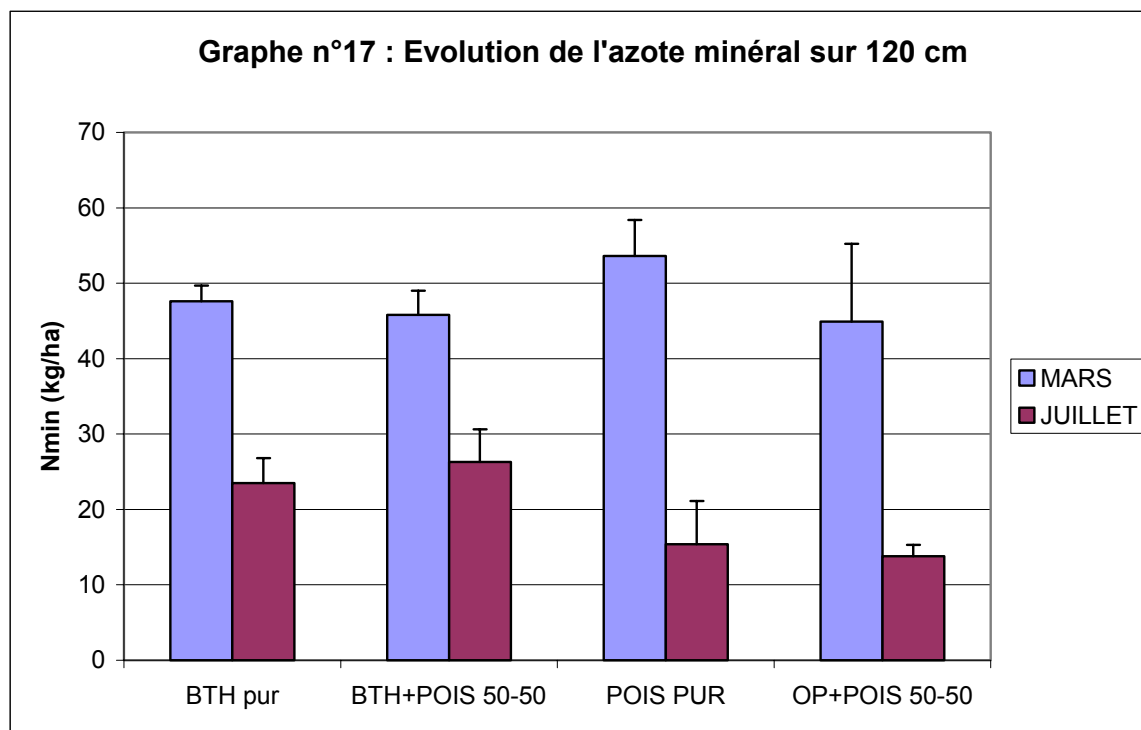
Les résultats sont présentés dans le graphe 16.



Les résultats sont conformes à ceux présentés dans la bibliographie. Le pois pur a dans ce cas présent prélevé 45% de son azote dans le sol et 55% via la fixation symbiotique. Pour les cultures associées, on constate que les prélèvements issus de la fixation symbiotique sont plus importants qu'en culture pure, et que la part d'azote fixée par voie symbiotique augmente quand la proportion de céréale augmente. Ceci est donc en accord avec l'hypothèse de départ, à savoir qu'en association les protéagineux utilisent plus rapidement la fixation symbiotique car l'azote du sol est prélevé préférentiellement par la céréale.

## 8 Suivi de l'azote minéral du sol.

Des prélèvements de sol ont été réalisés par tranche de 30 cm et jusqu'à 120 cm en sortie d'hiver (15 mars) et après la récolte sur les modalités de blé et pois pur et sur les cultures associées à 50-50%. Les résultats sont présentés dans le graphe n°17.



Les valeurs permettent de comprendre en partie les fortes carences en azote sur cet essai non fertilisé. Ainsi en sortie d'hiver les reliquats sont de l'ordre de 45 à 50 kg d'azote disponible sur 120 cm. Toutefois compte tenu des mauvaises conditions d'implantation on peut penser que les plantes ont disposé d'un peu moins d'azote car les enracinements n'ont probablement pas excédé les 60 cm. Les valeurs de mars sur 0-60 cm montrent qu'il y avait de l'ordre de 30 à 35 kg d'azote disponible. De plus le mois d'avril fut très arrosé avec 105 mm reçu et il n'est pas impossible qu'il y eu des pertes par lixiviation car les cultures étaient peu développées à cette période.

A la récolte les reliquats sur 120 varient de 15 à 25 kg d'azote avec une très forte proportion dans le 1<sup>er</sup> horizon (de 52 à 64% du total).

## 9 Conclusion et discussion.

Il convient de rappeler une dernière fois que cet essai fut réalisé avec de fortes contraintes concernant l'implantation des cultures (date et conditions de semis), au niveau des céréales le blé d'hiver a plus souffert que l'orge de printemps du décalage de semis car une variété d'hiver alternative reste moins adapté qu'une variété de type printemps pour un semis de février. Toutefois les résultats obtenus permettent de confirmer certains aspects déjà validés par des essais ultérieurs, mais également d'apporter de nouvelles pistes sur les associations de céréales protéagineux.

Cet essai a permis de valider le fait que les associations permettent une meilleure nutrition azotée à la floraison pour la céréale associée et que cet effet augmente lorsque la densité de la céréale diminue. Cet effet se retrouve à la récolte notamment en ce qui concerne les teneurs en

protéine de la céréale qui sont systématiquement plus élevées en association qu'en culture pure.

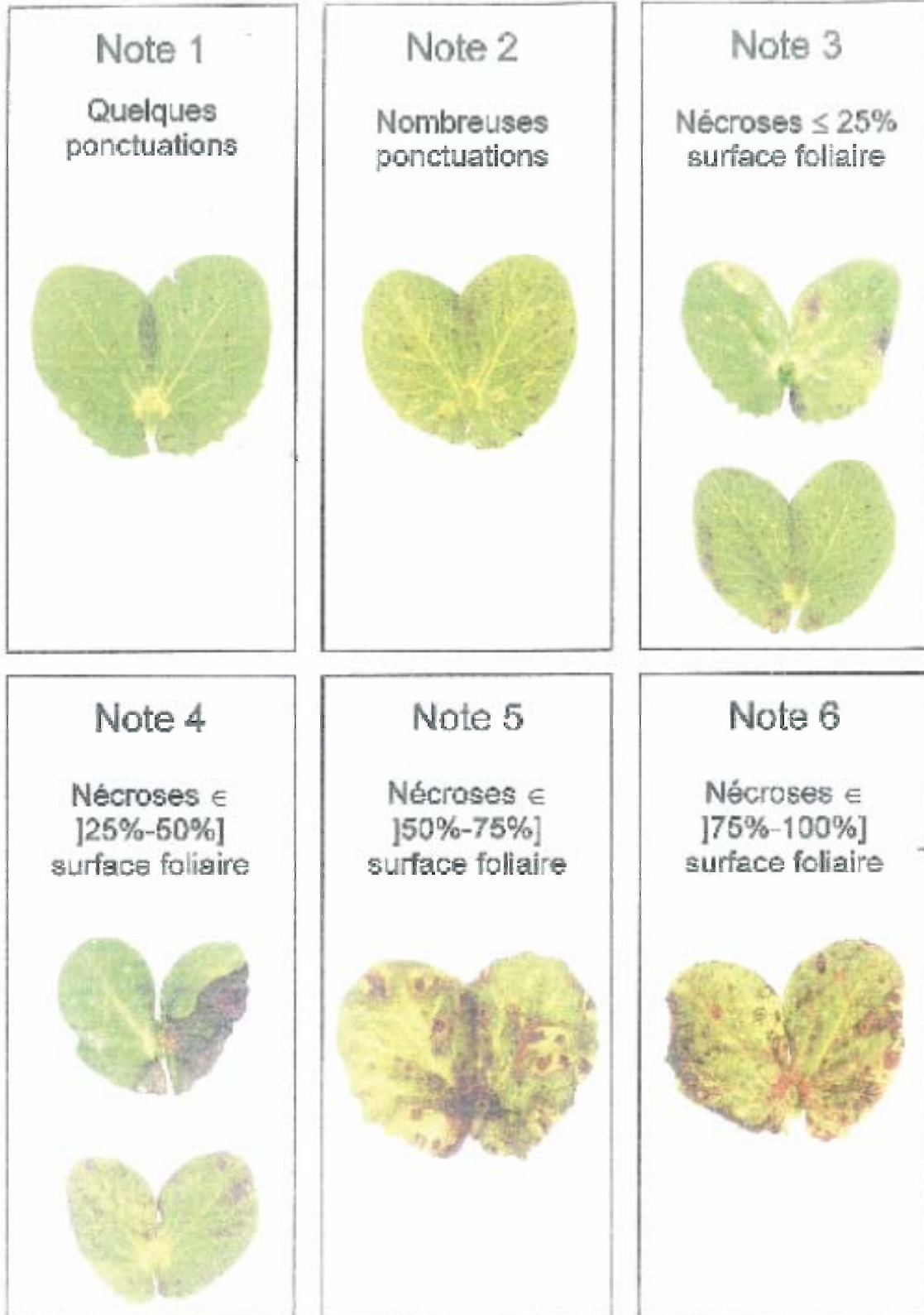
En ce qui concerne la productivité des associations, l'essai a pu montrer que cette année en conditions difficiles, les associations ont permis des gains importants de productivité. Ces gains s'expliquent par le fait que chaque culture indépendamment a produit plus que la moitié de la culture pure. L'étude des deux densités différentes a permis de montrer que les associations avec 70% de pois et 30% de céréales sont celles permettant la plus forte productivité. Cela s'explique par le fait que le rendement du pois en pur est quasi identique à celui du pois associé à 70%, et que de plus le rendement de la céréale est également peu diminué : l'orge de printemps dans ces conditions a produit 83% de la culture pure et le blé 62%. Cet itinéraire technique qui consiste à maximiser la proportion de pois semble donc très intéressant pour produire du pois, culture peu évidente en agrobiologie compte tenu de ces nombreux bio-agresseurs. Les associations réalisées avec des densités de 50 – 50% sont également plus productives que les cultures pures, mais dans une moindre mesure notamment celle avec le blé tendre.

Enfin cet essai a permis de valider l'hypothèse concernant la répartition des voies d'absorption de l'azote des légumineuses associées, qui montre que les pois associés utilisent plus la fixation symbiotique que les cultures pures, et que cet effet augmente lorsque la proportion de pois diminue. Cette différence qui est liée au fait que la céréale est plus compétitive pour absorber l'azote du sol, permet également à cette dernière d'être mieux alimenté en azote.

Les associations sont donc une voie intéressante pour produire directement des mélanges destinés à l'alimentation animale, mais également pour prendre moins de risque pour produire du pois, notamment en majorant la proportion de légumineuses.

Annexe 1

**ANTHRACNOSE DU POIS**  
Echelle de notation 0-6



## Annexe 2

**Tableau 5 : Suivi des biomasses, des quantités d'azote absorbé et INN**

Modalités	Stade Culture	Floraison			Récolte (kg/ha)				
		BM (kg/ha)	N abs (kg/ha)	INN	BM-P	BM-G	Nabs-P	Nabs-G	Nabs PA
<b>Pois pur</b>	<b>Pois</b>	<b>2340.7</b>	<b>34.4</b>	<b>0.38</b>	<b>798.3</b>	<b>322.6</b>	<b>7.2</b>	<b>12.1</b>	<b>19.3</b>
<b>BTH pur</b>	<b>BTH</b>	<b>1952.2</b>	<b>20.9</b>	<b>0.27</b>	<b>1815.3</b>	<b>1380.3</b>	<b>6.3</b>	<b>21.1</b>	<b>27.4</b>
<b>BTH+Pois 30-70</b>	<b>Pois</b>	<b>902.5</b>	<b>12.1</b>	<b>0.34</b>	<b>831.1</b>	<b>258.0</b>	<b>7.2</b>	<b>10.6</b>	<b>17.8</b>
	<b>BTH</b>	<b>1179.0</b>	<b>15.8</b>	<b>0.34</b>	<b>1195.7</b>	<b>1113.8</b>	<b>4.8</b>	<b>19.8</b>	<b>24.6</b>
<b>BTH+pois 50-50</b>	<b>Pois</b>	<b>802.2</b>	<b>11.1</b>	<b>0.38</b>	<b>472.8</b>	<b>112</b>	<b>4.4</b>	<b>4.7</b>	<b>9.2</b>
	<b>BTH</b>	<b>1689.8</b>	<b>18.3</b>	<b>0.30</b>	<b>1292.1</b>	<b>1118.6</b>	<b>5.0</b>	<b>19.4</b>	<b>24.4</b>
<b>Orge P pur</b>	<b>Orge</b>	<b>2710.3</b>	<b>22.8</b>	<b>0.24</b>	<b>1874.4</b>	<b>1796.6</b>	<b>5.5</b>	<b>22.1</b>	<b>27.7</b>
<b>OP+Pois 30-70</b>	<b>Pois</b>	<b>1524.1</b>	<b>19.8</b>	<b>0.43</b>	<b>886.2</b>	<b>279.7</b>	<b>7.4</b>	<b>10.8</b>	<b>18.1</b>
	<b>Orge</b>	<b>2402.7</b>	<b>22.0</b>	<b>0.30</b>	<b>1492.1</b>	<b>1392.9</b>	<b>4.9</b>	<b>20.8</b>	<b>25.8</b>
<b>OP+pois 50-50</b>	<b>Pois</b>	<b>882.5</b>	<b>11.7</b>	<b>0.42</b>	<b>444.0</b>	<b>160.5</b>	<b>3.5</b>	<b>6.4</b>	<b>9.9</b>
	<b>Orge</b>	<b>2562.7</b>	<b>20.6</b>	<b>0.25</b>	<b>1599.5</b>	<b>1560.2</b>	<b>5.1</b>	<b>20.5</b>	<b>25.5</b>

Légende : BM = Biomasse = matière sèche (kg/ha) ; BM-P = Biomasse paille ; BM-G = Biomasse grains ; INN = Indice de nutrition azoté ; Nabs = Azote absorbé (kg/ha) ; Nabs-P = azote absorbée paille ; Nabs-G = azote absorbée grain ; Nabs-PA = Azote absorbée parties aériennes.

Remarques : pour les cultures associées le calcul de l'INN se fait en tenant compte de la biomasse de l'ensemble du couvert :

$$INN_{CER\ Asso} = \%N_{CER\ Asso} / [(MS_{CER\ Asso} / MS_{Asso}) \times \%N_{crit.\ CER} + (MS_{Pois\ asso} / MS_{Asso}) \times \%N_{crit.\ Pois}]$$

$$INN_{Pois\ Asso} = \%N_{Pois\ Asso} / [(MS_{CER\ Asso} / MS_{Asso}) \times \%N_{crit.\ CER} + (MS_{Pois\ asso} / MS_{Asso}) \times \%N_{crit.\ Pois}]$$

$$\text{Avec } N_{crit.\ CER} = 4,4\% \text{ si } MS_{CER} < 1,55 \text{ t/ha et } 5,35 \times MS_{CER}^{-0.442}$$

$$\text{Et } N_{crit.\ Pois} = 5,08\% \text{ si } MS_{Pois} < 1 \text{ t/ha et } 5,08 \times MS_{Pois}^{-0.32}$$

Pour les cultures pures les formules sont :

$$INN = \%N / \%N_{crit.} \text{ Les valeurs de } N_{crit.} \text{ sont les mêmes que celles présentées ci-dessus.}$$