

Essai Test de fertilisants organiques sur blé tendre biologique Campagne 2009 – 2010



C.R.E.A.B. Midi-Pyrénées

LEGTA Auch-Beaulieu
32020 AUCH Cedex 09

Loïc PRIEUR ou Laurent LAFFONT

Tél : 05.62.61.71.29 Fax : 05.62.61.71.10 ou
auch.creab@voila.fr

Octobre 2010

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 et de FranceAgriMer



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

Résultats de l'essai :
Test de fertilisants organiques
Campagne 2009-10



1 Objectif de l'essai

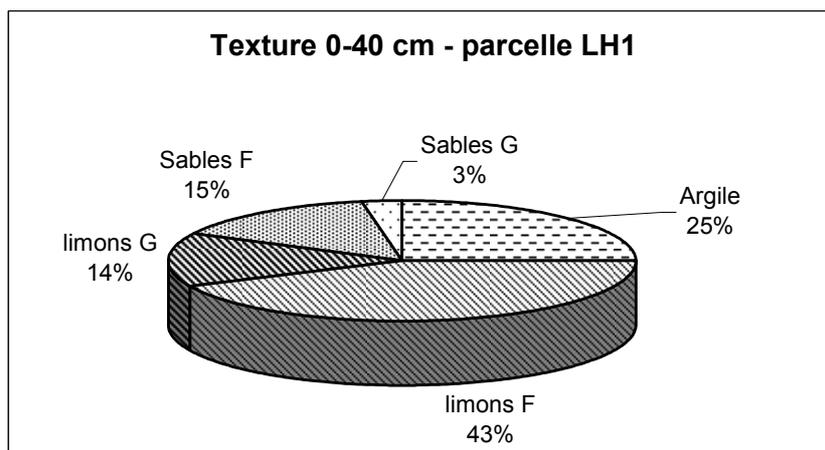
L'objectif de cet essai est de tester deux fertilisants organiques (farines de plumes hydrolysées et farine d'os) ainsi que 3 modalités d'application sur la culture du blé tendre d'hiver biologique : 50 unités au semis et au stade épi 1 cm ; 50 unités aux stades épi 1 cm et 2 nœuds ; 100 unités au stade épi 1 cm.

Les résultats devront permettre de comprendre l'effet du fertilisant (produit et date d'apport) sur les composantes du rendement, le rendement et la teneur en protéine des blés. L'essai permettra également de calculer le coefficient apparent d'utilisation de chacun des deux engrais (CAU) selon les itinéraires techniques d'apports.

2 Situation de l'essai

L'essai est implanté sur la parcelle LH7 de la ferme expérimentale de La Hourre (Gers-32, Auch). Le précédent cultural est un soja.

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



Sur cette parcelle le taux de matière organique s'élève à 2,8 % sur 30 cm.

3 Présentation de l'essai

3.1 Modalités étudiées

L'essai est mis en place en blocs de Fischer à 5 répétitions. Les modalités étudiées sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 : Modalités étudiées

Modalités	Code	Fertilisant	Stade et quantité d'N apporté/ha		
			Semis	Epi 1 cm	2 noeuds
N0	N0	Aucun	-	-	-
N1	P-S+E1	Plumes	50 kg	50 kg	-
N2	P 2xE1	Plumes	-	50 kg	50 kg
N3	P E1+2N	Plumes	-	100 kg	-
N4	O-S+E1	Os	50 kg	50 kg	-
N5	O 2xE1	Os	-	50 kg	50 kg
N6	O E1+2N	Os	-	100 kg	-

3.2 Précisions sur les fertilisants :

Plumes = Farines de plumes hydrolysées 13-0-0

Farine d'Os = Orgaliz B 9-12-0

Afin de connaître les quantités réelles apportées, les fertilisants ont été analysés. Les résultats sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Résultat de l'analyse des fertilisants

g/100g	Farines de Plumes	Farines d'Os
N-P-K Etiquette	13-0-0	9-12-0
Mat. Sèche à 105°C (g/100g)	90,1	93,7
M.O. par calcination (g/100g)	85,0	58,7
C org par calcination (g/100g)	42,5	29,3
Rapport C/N	3,3	3,7
N total par analyseur élémentaire	12,7	7,9
N ammoniacal	0,2334	0,0322
N nitrique	<0,0162	<0,0168
N organique	12,5	7,9
Phosphore total (P ₂ O ₅)	1,2	13,3
Potassium total (K ₂ O)	< 0,417	0,56
Calcium (CaO)	1,6	17,1
Magnésium (MgO)	0,14	0,41
Soufre (SO ₃)	3,8	0,81
Unités réellement apportée/ha (calcul = 100)	97,7	87,8

4 Conduite de la culture

L'essai est mis en place après une culture de soja en sec. Le semis a pu être réalisé fin novembre sur des sols ressuyés. La culture a reçu 3 passages de herse étrille, tous réalisés avant les apports de fertilisant. Le premier passage a engendré un fort recouvrement des cultures car le sol était très soufflé du fait des gels. L'itinéraire technique est présenté dans le tableau 3.

Tableau 3 : itinéraire technique réalisé

Date	Intervention	Outils	Remarques
30 oct-09	Moisson	Moissonneuse	Soja sec, RDT = 9,1 q/ha
03 nov-09	Labour	Charrue	Profondeur = 30 cm
26 nov-09	Semis	Combiné rotative	Densité 350 grains/m ² , variété Renan
26 nov-09	Fertilisation	Manuelle	50 kg d'N/ha stade semis
02 fév-10	Désherbage	Herse étrille	
02 mars-10	Désherbage	Herse étrille	
25 mars-10	Désherbage	Herse étrille	
06 avr-10	Fertilisation	Manuelle	50 ou 100 kg d'N/ha stade épi 1 cm
20 avr-10	Fertilisation	Manuelle	50 kg d'N/ha stade 2 noeuds
13 juil-10	Moisson	Moissonneuse	

5 Observation en végétation

5.1 Développement des cultures

Le semis a été réalisé dans de bonnes conditions, les levées furent rapides et régulières car la fin novembre et la première décennie de décembre furent douces. Par contre à partir de la 2^{ème} décennie de décembre les températures ont fortement chuté pour rester fraîches jusqu'à la fin mars. Les stades de développement sont décalés par rapport aux autres années de part le froid hivernal, le stade épi 1 cm est apparu le 6 avril, celui de la floraison le 26 mai. Le froid hivernal a été peu favorable au tallage du blé, ce qui a pénalisé les densités épi, par contre les abondantes précipitations ont permis un remplissage des grains satisfaisant en termes de PMG et de PS, mais les teneurs en protéines restent faibles. La campagne 2010 se caractérise également par une pression maladie modérée.

Remarques sur l'analyse statistique des résultats : les résultats furent traités de 2 façons, avec un seul facteur étudié soit les 7 modalités séparément pour pouvoir faire des comparaisons avec le témoin non fertilisé, et à deux facteurs étudiés (le produit et l'itinéraire technique d'apport) pour comparer entre elles les modalités fertilisées en comparant à la fois l'effet produit (moyenne des 3 itinéraires techniques) et l'effet de l'itinéraire technique (moyenne des 2 produits), donc sans le témoin non fertilisé.

Tableau 4 : Composantes du rendement, rendement, PS et protéines

Modalités	Plantes/m²	Tallage	Epi/m²	Grains/épi	Grains/m²	PMG (g)	Rendement 15% (q/ha)	% Protéines (Inframatic)	PS (kg/hl)
N0	226,4	1,01	228,9	23,3	5 237,4	50,4	26,4	8,7	77,8
P-S+E1	243,6	1,14	277,1	32,1	8 930,9	48,8	43,5	9,7	77,8
P_2xE1	217,1	1,11	239,3	30,9	7357,7	49,6	36,5	11,4	78,3
P_E1+2N	227,5	1,15	262,5	33,5	8 828,5	49,1	43,2	11,0	78,6
O-S+E1	264,6	1,14	301,8	26,0	7 868,0	49,4	38,8	8,8	78,0
O_2xE1	247,5	1,02	252,9	24,3	6 115,0	48,4	29,6	9,1	78,0
O_E1+2N	249,3	1,05	262,9	28,4	7 486,8	48,5	36,3	9,5	77,9
Moyenne	239,4	1,09	260,8	28,4	7 403,5	49,2	36,3	9,8	78,1
<i>Moy. Plumes</i>	229,4	1,14	259,6	32,2	8372,4	49,2	41,1	10,7	78,2
<i>Moy. Os</i>	253,8	1,07	272,5	26,2	7156,6	48,8	34,9	9,2	78,0
<i>Moy. Semis+E1</i>	254,1	1,14	289,5	29,1	8399,4	49,1	41,1	9,2	77,9
<i>Moy. E1</i>	238,4	1,1	262,7	31,0	8157,6	48,8	39,7	10,3	78,3
<i>Moy. E1 + 2N</i>	232,3	1,1	246,1	27,6	6736,4	49,0	33,0	10,3	78,1

5.2 Composantes du rendement (Cf. tableau 4)

Les pertes à la levée sont moyennes avec 32% de perte mesurées en sortie d'hiver, ce qui correspond à une densité moyenne de 239 plantes/m² levées. Avec un tallage moyen de 1,09 les densités épis sont faibles avec en moyenne 261 épis/m². L'apport d'azote au semis n'a pas influé sur le nombre de plantes/m², par contre il a favorisé le tallage et/ou limité les régressions de talle et donc la densité épi (289,5 épis/m² en moyenne pour les deux modalités fertilisées au semis). L'apport unique au stade épi 1 cm a également permis d'améliorer la densité épi (262,7 épis/m²), par contre les apports épi 1 cm et 2 nœuds présentent les plus faibles densités épis (246,0 épis/m²) ce qui reste supérieur au 228,9 épis/m² du témoin non fertilisé qui a probablement perdu des talles en cours de montaison.

Pour ce qui est des composantes de fertilité (grains/épi) et de densité grain (grains/m²) les analyses de variance permettent de mettre en évidence des différences liées aux produits, et aux itinéraires techniques d'apports. Tout d'abord les modalités fertilisées présentent un gain significatif moyen de 5,9 grains/épi par rapport au témoin non fertilisé. Pour ce qui est des produits, les plumes présentent des résultats significatifs supérieurs par rapport aux os avec un gain moyen de 5,9 grains/épis par rapport aux farines d'os. L'itinéraire technique d'apports ne se différencie pas pour la composante de fertilité.

Pour les densités grains, les modalités fertilisées présentent un gain significatif moyen de 2527 grains/m² par rapport au témoin non fertilisé. Pour les produits, les plumes permettent un gain de 1 216 grains/m² par rapport au os, et les itinéraires techniques semis+épi 1 cm et tout à épi 1 cm permettent un gain de 1 542 grains/m² par rapport à l'apport à épi 1 cm et 2 nœuds.

Le nombre de grain par épis moyen reste un peu faible (inférieur de 5 grains/épi par rapport aux autres années) d'autant que les densités épis le sont aussi. La période de froid survenue (accompagnée d'un faible ensoleillement) début mai (3 jours avec des minimales inférieures à 3,5°C) a pu limiter la fécondation des grains.

Nous n'observons pas de différence significative en termes de PMG et de poids spécifiques entre les produits et les itinéraires techniques, on notera que le témoin non fertilisé présente le PMG le plus élevé, mais non statistiquement différents des autres modalités.

5.3 Biomasse, prélèvements azoté, et indice de nutrition azoté aux stades épi 1 cm et floraison (Cf. tableau 5)

Au stade épi 1 cm, les biomasses sont faibles avec une valeur moyenne inférieure à 1 tonne de matière sèche par hectare. L'itinéraire technique avec apport au semis permet d'augmenter les biomasses qui sont en moyenne de 1,13 t_{MS}/ha soit 230 kg/ha de plus que les autres itinéraires techniques. Il ne faut pas oublier qu'à ce stade se sont les seules modalités qui ont reçu un apport de fertilisant. L'indice de nutrition azoté est déjà faible à ce stade (0,63), peut être à cause du froid qui a limité la minéralisation de l'humus et les prélèvements par les cultures. Toutefois, il reste supérieur pour les modalités ayant reçu un apport au semis 0,68 contre 0,6 pour les autres. Pour ce qui est des quantités d'azote absorbées, elles sont de 24 kg/ha pour les modalités n'ayant pas reçues d'apports et de 34 kg/ha pour celle ayant reçu un apport au semis.

A la floraison les biomasses sont à nouveau faibles avec 5 t_{MS}/ha (soit 1 tonne de moins que les valeurs moyennes). La fertilisation a permis un gain de biomasse de 570 kg/ha par rapport au témoin non fertilisé. Des différences de biomasse produite apparaissent aussi bien pour les produits que pour les itinéraires techniques d'apports :

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

Stade	Epi 1 cm (6 avril 2010)			Floraison (26 mai 2010)			Récolte				
	BM (kg/ha)	N abs (kg/ha)	INN	BM (kg/ha)	N abs (kg/ha)	INN	BM-P	BM-G	Nabs-P	Nabs-G	Nabs PA
N0	839,3	24,1	0,66	4 656,9	37,5	0,30	3442,4	2238,0	9,6	36,9	46,5
P-S+E1	1 056,4	30,3	0,66	6 305,1	65,0	0,43	5366,9	3698,8	19,5	68,3	87,8
P 2xE1	840,7	23,1	0,62	4 652,0	47,1	0,37	3827,7	3110,3	14,8	65,9	80,7
P E1+2N	947,1	25,2	0,61	5 571,9	63,8	0,45	4661,0	3675,0	18,6	76,5	95,1
O-S+E1	1 207,1	37,6	0,70	5 175,4	45,3	0,34	5154,2	3292,0	16,0	55,0	71,0
O 2xE1	891,4	23,3	0,60	4 429,6	39,7	0,32	3328,4	2480,4	9,6	42,9	52,5
O E1+2N	988,6	25,7	0,59	5 226,7	49,0	0,36	4288,5	3188,6	12,9	56,2	69,1
Moyenne	967,2	27,1	0,63	5 145,4	49,6	0,37	4295,6	3097,6	14,4	57,4	71,8
<i>Moy. Plumes</i>	<i>947,1</i>	<i>25,2</i>	<i>0,61</i>	<i>5571,9</i>	<i>63,8</i>	<i>0,45</i>	<i>4618,5</i>	<i>3494,7</i>	<i>17,6</i>	<i>70,2</i>	<i>87,9</i>
<i>Moy. Os</i>	<i>988,6</i>	<i>25,7</i>	<i>0,59</i>	<i>5226,7</i>	<i>49,0</i>	<i>0,36</i>	<i>4257,0</i>	<i>2987,0</i>	<i>12,8</i>	<i>51,4</i>	<i>64,2</i>
<i>Moy. Semis+E1</i>	<i>1131,8</i>	<i>34,0</i>	<i>0,68</i>	<i>5740,3</i>	<i>55,1</i>	<i>0,38</i>	<i>5260,5</i>	<i>3495,4</i>	<i>17,7</i>	<i>61,7</i>	<i>79,4</i>
<i>Moy. E1</i>	<i>967,9</i>	<i>25,5</i>	<i>0,60</i>	<i>5399,3</i>	<i>56,4</i>	<i>0,41</i>	<i>4474,7</i>	<i>3431,8</i>	<i>15,7</i>	<i>66,4</i>	<i>82,1</i>
<i>Moy. E1 + 2N</i>	<i>866,1</i>	<i>23,2</i>	<i>0,61</i>	<i>4540,8</i>	<i>43,4</i>	<i>0,35</i>	<i>3578,0</i>	<i>2795,4</i>	<i>12,2</i>	<i>54,4</i>	<i>66,6</i>

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.

Les plumes permettent les biomasses les plus élevées avec 5,5 t_{MS}/ha, les farines d'os suivent avec 4,9 t_{MS}/ha et le témoin non fertilisé avec 4,6 t_{MS}/ha. Pour les apports, ceux réalisés au semis + épi 1 cm permettent une production de 5,7 t_{MS}/ha ; ceux tout à épi 1 cm de 5,4 t_{MS}/ha et ceux à épi 1 cm + 2 nœuds décroche avec 4,5 t_{MS}/ha.

En termes de quantités d'azote absorbées les plumes permettent une plus forte absorption avec 58,6 kg/ha, suivi par les os avec 44,7 kg/ha et le témoin non fertilisé n'a absorbé que 37,5 kg/ha d'azote. Au niveau des itinéraires techniques, les apports semis + épi 1 cm et tout à épi 1 cm sont équivalents avec 55,8 kg/ha d'azote absorbé, alors que celui avec apport à épi 1 cm et 2 nœuds décroche à 43,4 kg/ha. Ainsi les indices de nutrition azoté sont supérieurs pour la plume (0,42) que pour les os (0,34), et chaque itinéraires techniques se distinguent : tout à épi 1 cm est le moins carencé avec 0,41 ; suivi par l'apport au semis + épi 1 cm (0,38), l'apport épi 1 cm + 2 nœuds est le moins efficace avec un INN de 0,35 ce qui reste tout de même supérieur à celui du témoin non fertilisé qui est fortement carencé (0,3).

6 Résultats culturaux

6.1 Rendement (Cf. graphe n°1 et 2).

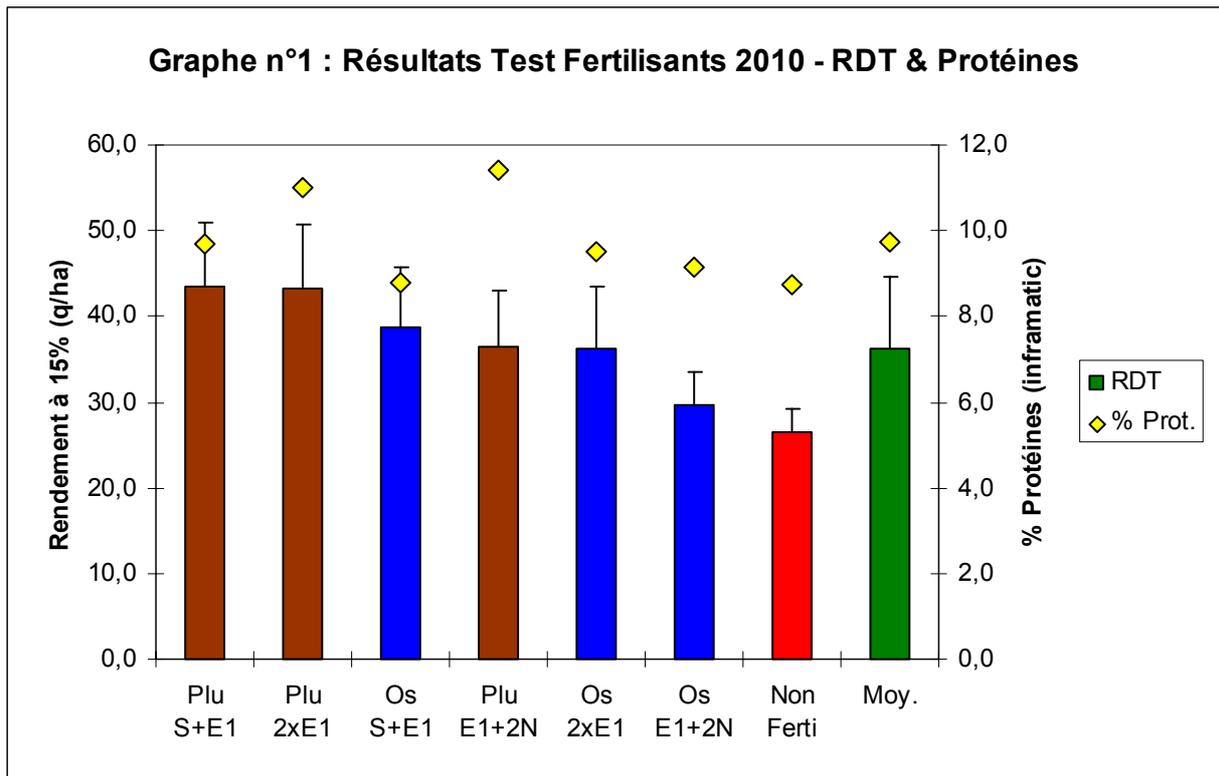
Le rendement moyen toutes modalités confondues est de 36,3 q/ha. Le témoin non fertilisé décroche avec seulement 26,4 q/ha, soit 11,6 q/ha de moins que la moyenne des modalités fertilisées. Pour ce qui est des produits, à nouveau les farines de plumes permettent les gains de rendement plus importants avec 41,1 q/ha de moyenne soit 6,2 q/ha de mieux que les modalités fertilisées avec les os (moyenne de 34,9 q/ha). Ainsi les plumes permettent un gain de 14,6 q/ha par rapport au témoin non fertilisé, et les os un gain de 8,5 q/ha.

En termes d'itinéraires techniques, les modalités apport au semis + épi 1 cm et tout à épi 1 cm sont équivalentes avec 40,4 q/ha soit 7,4 q/ha de mieux que les modalités fertilisées avec apport à épi 1 cm + 2 nœuds et 14 q/ha de mieux que le témoin non fertilisé.

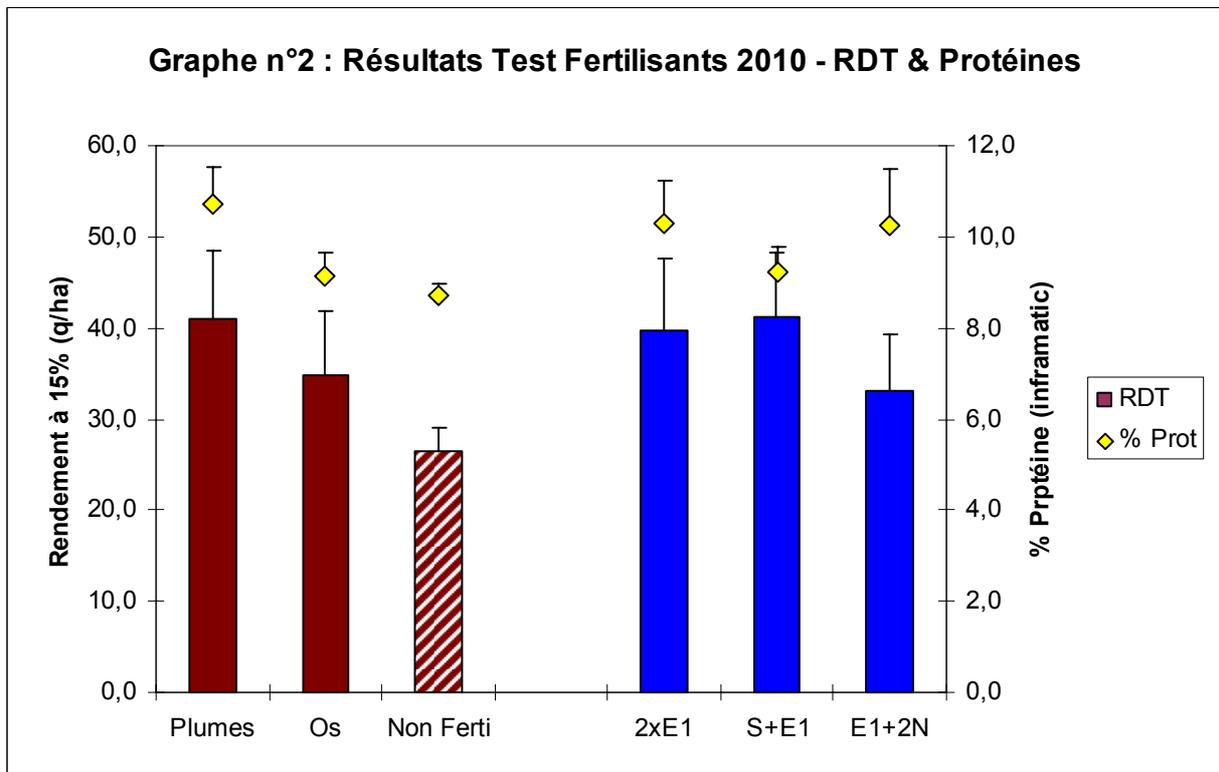
L'étude du rendement à un facteur présente 4 groupes :

- Un premier avec un rendement moyen de 41,8 q/ha comprenant les modalités : Plumes au semis+épi 1 cm ; plumes tout à épi 1 cm ; et os semis+épi 1 cm
- Un deuxième groupe avec un rendement moyen de 36,4 q/ha avec les modalités : plume épi 1 cm+2 nœuds et os tout à épi 1 cm
- La modalité os, épi 1 cm + 2 nœuds (29,6 q/ha)
- En dernier le témoin non fertilisé avec 26,4 q/ha.

Graphe n°1 : Résultats Test Fertilisants 2010 - RDT & Protéines



Graphe n°2 : Résultats Test Fertilisants 2010 - RDT & Protéines



6.2 Protéines et alvéographe (Cf. graphes n°1, 2, et 3).

La teneur en protéine moyenne de l'essai est faible avec 9,8 % en moyenne, le témoin non fertilisé présente une teneur de 8,7% soit 1,2% de moins que la moyenne de toutes les modalités fertilisées. Au niveau des produits, les plumes sortent encore en tête une moyenne de 10,7% soit 1,55% de plus que les farines d'os (moyenne 9,2%). Les plumes permettent un gain de 2% par rapport au témoin non fertilisé et les os seulement 0,4%.

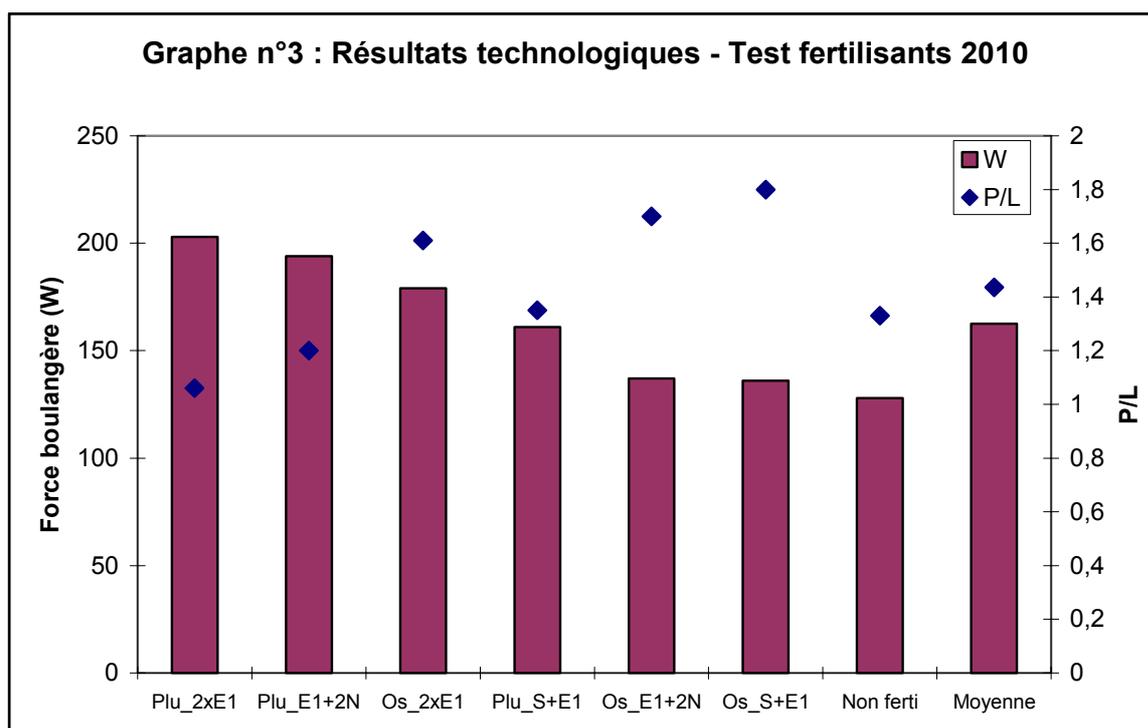
En ce qui concerne les itinéraires techniques, les modalités tout à épi 1 cm et épi 1 cm+2 nœuds ne se différencient pas avec 10,3%, la modalité avec apport au semis+épi 1 cm décroche avec 9,2%. Ainsi les apports tout à épi 1 cm et épi 1 cm+2 nœuds permettent un gain de 1,5% de protéine par rapport au témoin non fertilisé et l'apport au semis + épi 1 cm un gain de seulement 0,5%.

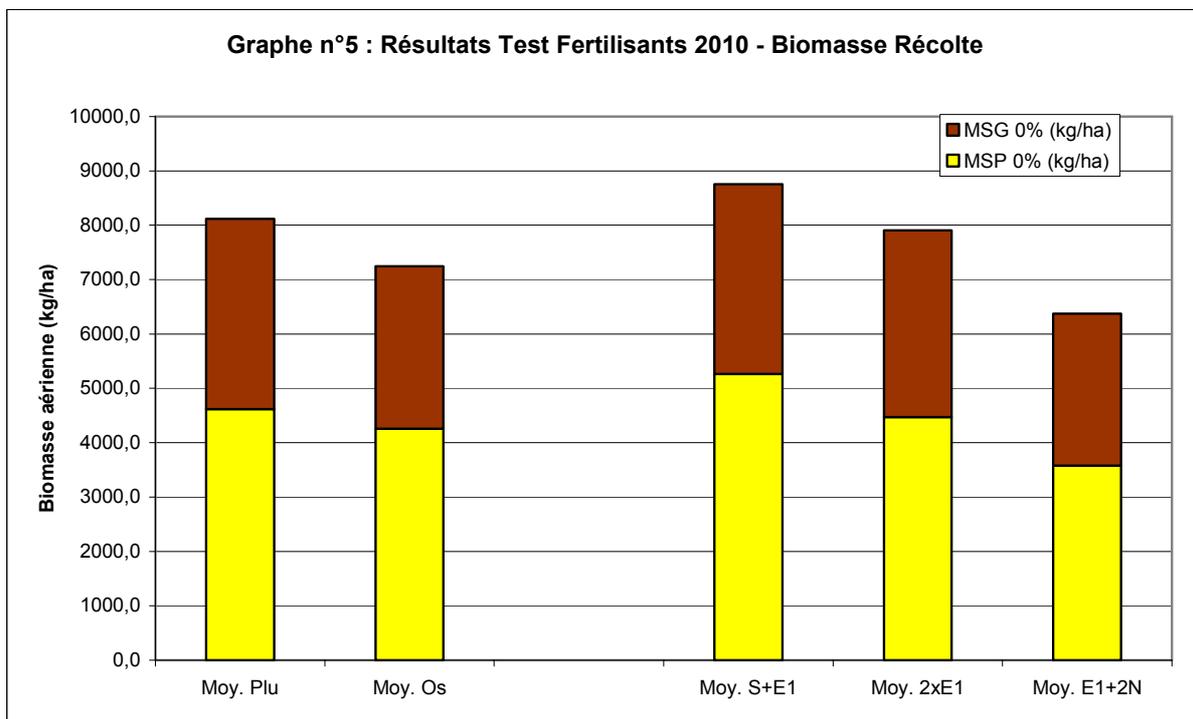
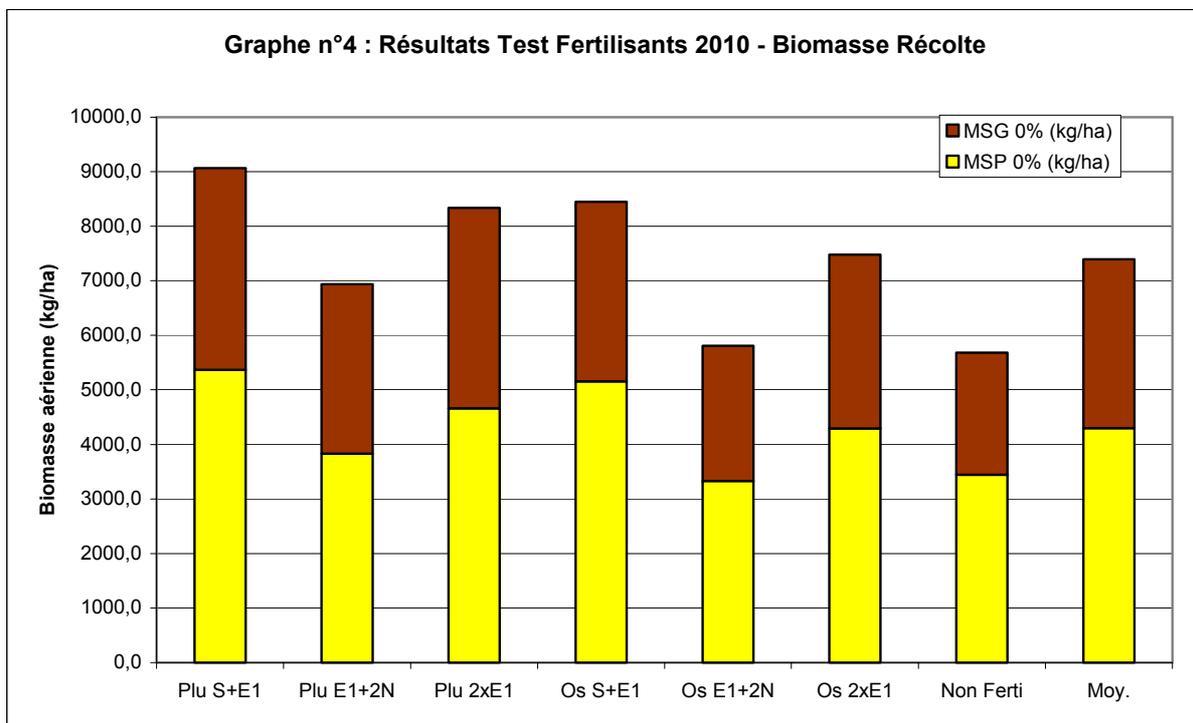
Pour l'étude à un facteur on distingue 4 groupes distincts :

- La modalité plume épi 1 cm+2 nœuds sort seule en tête avec 11,4%
- Suit la modalité plumes tout à épi 1 cm avec 11,0%
- Les modalités plumes semis+épi 1 cm et os tout à épi 1 cm sont équivalentes avec 9,6% de protéines
- Enfin le dernier groupe comprend les modalités : os épi 1 cm+2 nœuds, os semis+épi 1 cm et le témoin non fertilisé avec 8,7% en moyenne.

Les résultats technologiques présente une force boulangère assez faible (moyenne de 163) ce qui est à mettre en relation avec les faibles teneurs en protéines. 2 modalités seulement sont au niveau de 200 : les plumes tout à épi 1 cm et plumes épi 1 cm+2 nœuds.

Pour ce qui est de l'équilibre de la pâte (rapport P/L) le résultat moyen est assez satisfaisant avec une valeur de 1,4 (optimum vers 0,6). Pour le P/L les résultats les plus faibles sont obtenus avec les farines de plumes (P/L de 1,2), vient ensuite le témoin non fertilisé (P/L = 1,3), les modalités fertilisées avec les os sont moins équilibrées avec une valeur de 1,7.





MSG = Matières sèche grains ; MSP = matière sèche paille

6.3 Biomasse et azote absorbé à la récolte (graphes n° 4 à 7).

La biomasse totale à la récolte des parties aériennes est de 7,4 t_{MS}/ha qui se décompose en 3,1 t_{MS}/ha de grain et 4,3 t_{MS}/ha de paille. Les farines de plumes permettent d'acquérir la biomasse totale la plus importante avec 8,1 t_{MS}/ha, les farines d'os 7,2 t_{MS}/ha et le témoin non fertilisé 5,7 t_{MS}/ha. Pour les itinéraires techniques, les apports au semis+épi 1 cm permettent les biomasses les plus élevées avec 8,8 t_{MS}/ha, l'apport tout à épi 1 cm permet de produire 7,9 t_{MS}/ha et les apports épi 1 cm+2 noeuds 6,4 t_{MS}/ha.

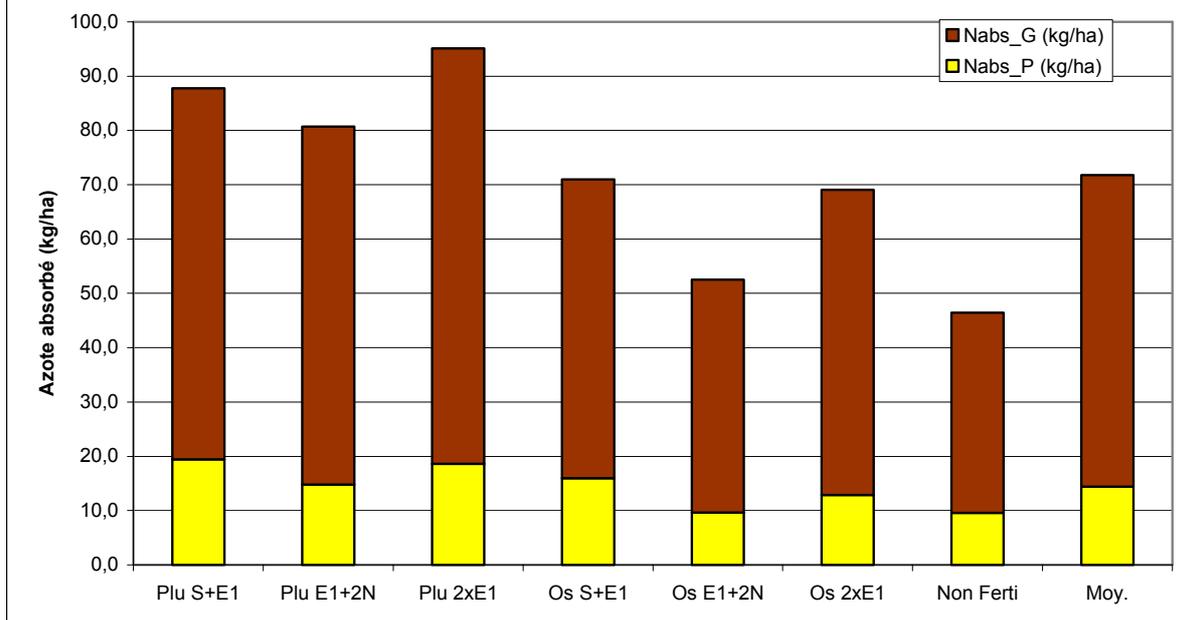
En moyenne la biomasse des grains représente 41,9% du total des parties aériennes. Cette proportion de grains est assez stable sur l'ensemble des modalités (de 39% à 44,8% du total). Les modalités ayant produit le plus de pailles sont celles fertilisées avec les farines d'os au semis+épi 1 cm et le témoin non fertilisé. Inversement les modalités plumes épi 1 cm+2 noeuds et plumes tout à épi 1 cm ont produit une proportion de grain plus importante. Donc pour ce qui concerne les produits les plumes ont permis la production d'une plus forte proportion de grains par rapport aux os. Pour les itinéraires techniques, c'est la modalité avec apport au semis qui décroche en ayant produit moins de grains en proportion de la biomasse totale (le poids des grains représente 39,9% du total pour cette modalité, contre 43,6% pour les deux autres itinéraires techniques d'apports).

Les quantités d'azote prélevé dans les parties aériennes sont de 71,8 kg/ha en moyenne, qui se répartissent en 14,4 kg/ha dans les pailles et 57,4 kg/ha dans les grains, ces derniers représentent donc presque 80% de la totalité de l'azote absorbé.

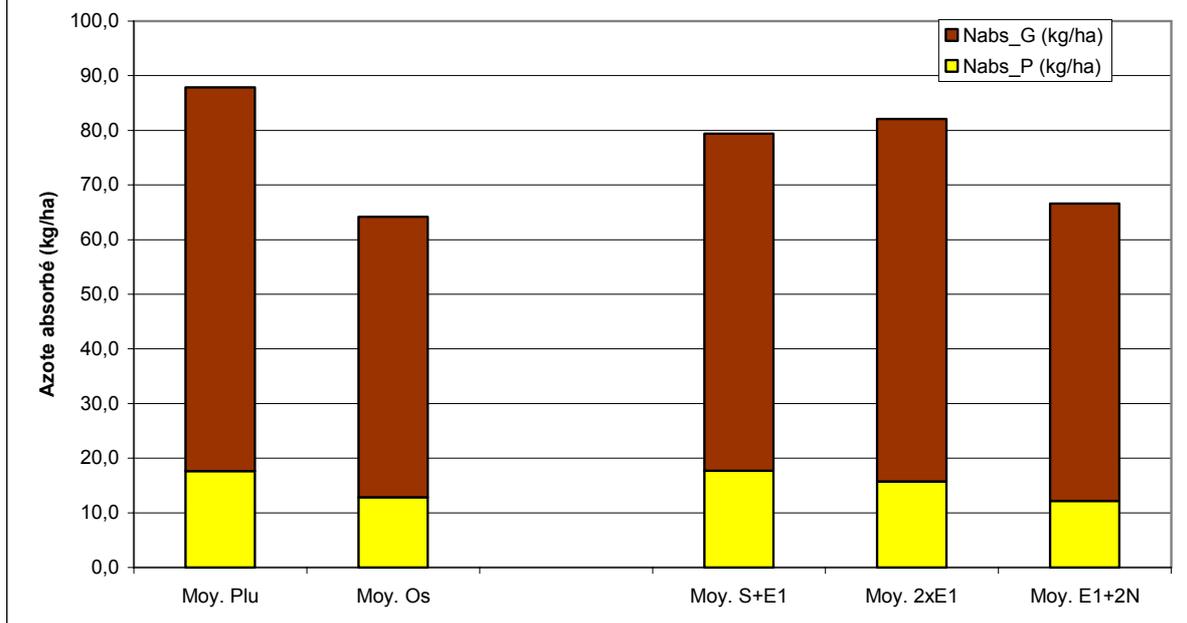
Les modalités fertilisées avec les plumes ont absorbé en moyenne dans leurs parties aériennes 87,9 kg d'azote/ha, contre 64,2 kg/ha pour celles fertilisées avec les farines d'os et 46,5 kg/ha pour le témoin non fertilisé. Pour les itinéraires techniques, l'apport tout à épi 1 cm a permis la plus forte absorption d'azote avec un total de 82,1 kg/ha, vient ensuite l'apport au semis+épi 1 cm avec 79,4 kg/ha, l'apport épi 1 cm+2 noeuds décroche avec 66,6 kg/ha.

Si on regarde la proportion d'azote absorbé par les grains par rapport à l'absorption dans les parties aériennes, elle représente 80% du total. Il n'y a pas de différence pour ce rapport entre les produits, par contre l'itinéraire technique avec apport au semis+épi 1 cm présente une proportion plus faible (77,7%) que les autres itinéraires techniques (81,3%).

Graphe n°6 : Résultats Test Fertilisants 2010 - N absorbé Récolte



Graphe N°7 : Résultats Test Fertilisants 2010 - N absorbé Récolte



6.4 Le coefficient apparent d'utilisation de l'engrais (graphes n°9 et 10)

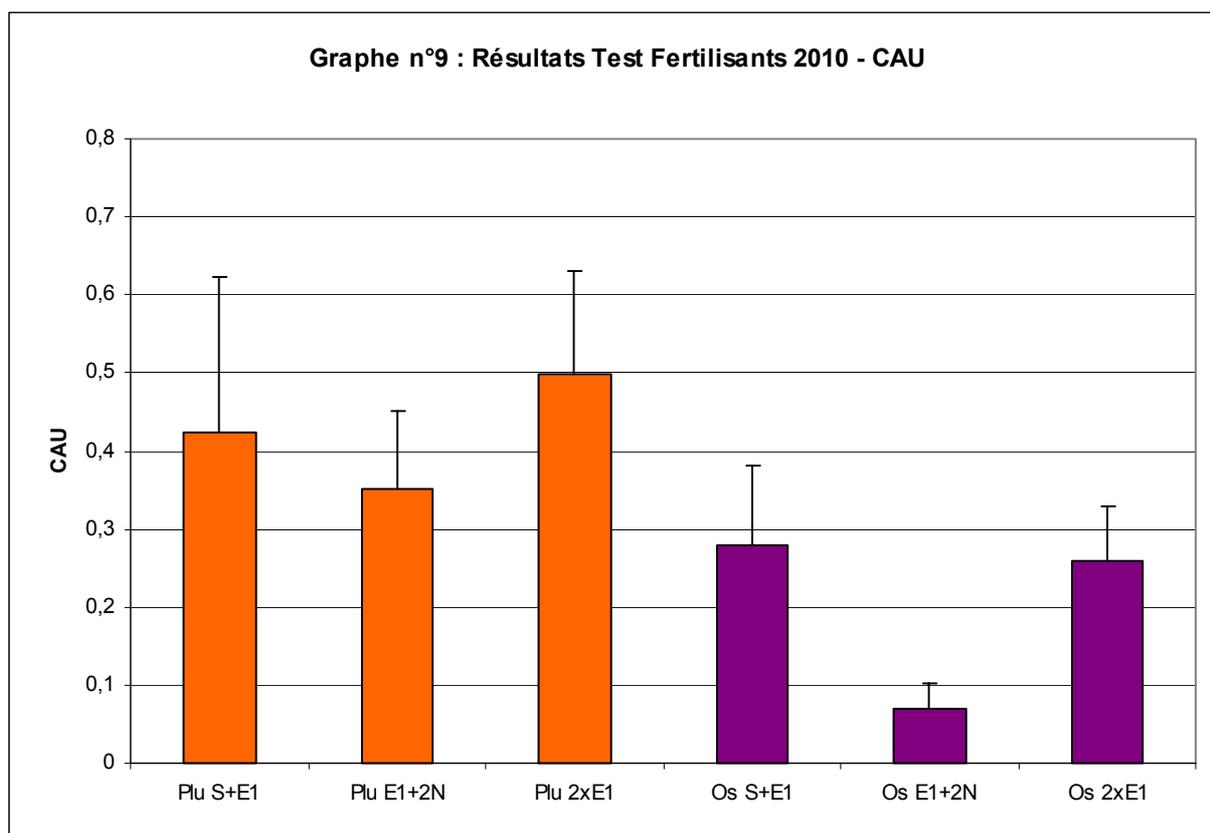
La coefficient apparent d'utilisation (CAU) de l'engrais se calcul de la manière suivante :

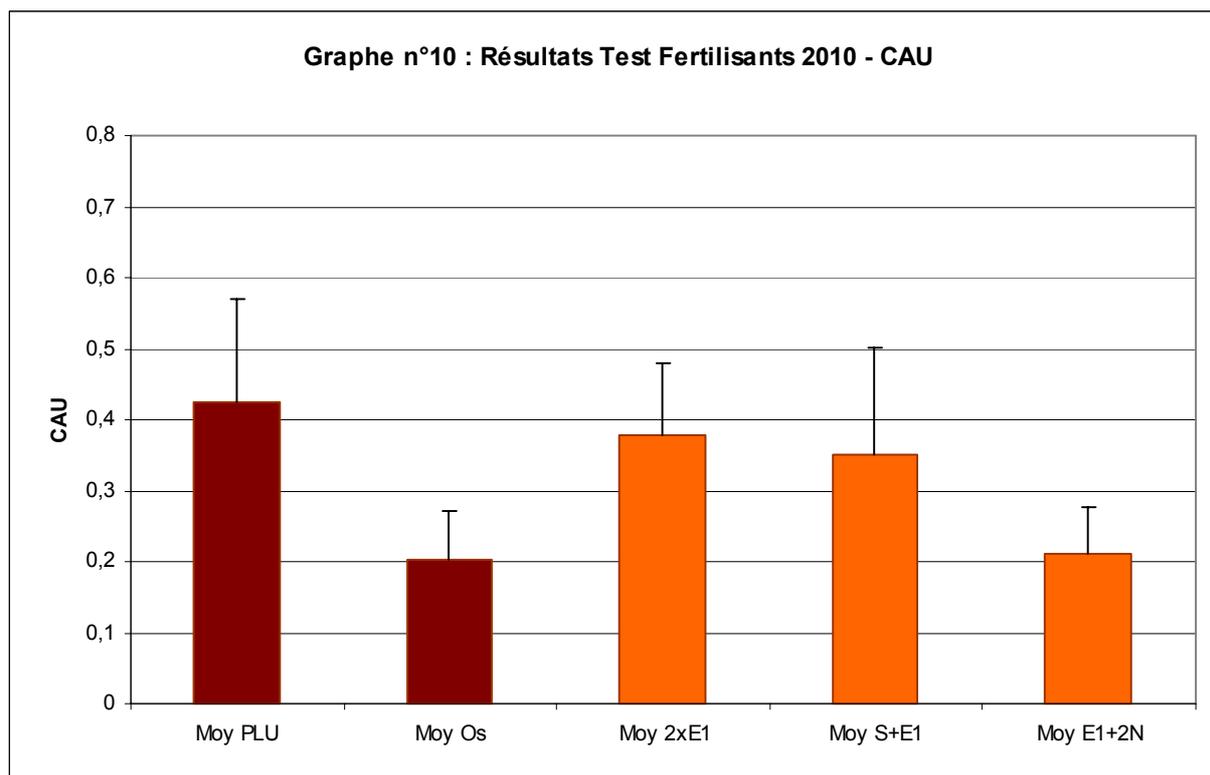
- Les quantités d'azote absorbé dans les parties aériennes du témoin non fertilisé (ici 46,5 kg/ha) représentent les fournitures du sol
- Pour chaque modalité on soustrait à la quantité totale absorbée la valeur des fournitures du sol, ce qui nous donne la quantité d'azote absorbé issue du fertilisant
- Cette quantité d'azote absorbé provenant du fertilisant et divisé par la quantité totale d'azote apporté par le fertilisant (calculé à partir des teneurs fournies par l'analyse du fertilisant), cela donne le CAU.

En moyenne le CAU des modalités fertilisé est de 0,31 c'est-à-dire que seulement 31% des unités d'azote apportées sont absorbées par la culture. On observe cette année une forte différence entre produit, le CAU des plumes est de 42% contre seulement 20% pour les os.

Pour les itinéraires techniques, l'apport tout à épi 1 cm est le plus efficace avec 38% d'efficacité, suivi par l'apport au semis+épi 1 cm avec 35% d'efficience et l'apport épi 1 cm+2 nœuds décroche avec 21% d'efficacité.

Si on croise le produit et l'itinéraire technique d'apport la modalité avec les plumes apportées en une fois au stade épi 1 cm est la plus efficace avec un CAU de 50%. Vient ensuite les plumes apportées au semis et au stade épi 1 cm avec une efficacité de 42%. La modalités avec les plumes apportées à épi 1 cm+2 nœuds décroche avec un CAU de 35%, mais reste supérieure au meilleur CAU obtenu avec les os qui est de 28% pour l'apport au semis+épi 1cm (CAU de 28%), suivi par les os tout à épi 1 cm (CAU de 26%), alors que l'apport avec les os à épi 1 cm+2 nœuds fut très peu efficace avec seulement 7% d'efficacité.





6.5 Discussion sur les produits et les dates d'apports

Tout d'abord il convient de dire que malgré les faibles efficacités observées, la fertilisation a en moyenne permis une augmentation de 11,6 q/ha et de 1,2% protéine par rapport au témoin non fertilisé.

Pour ce qui est des produits, l'essai de cette année confirme des résultats obtenus les années précédentes :

- Sur sol argilo-calcaire les plumes sont plus efficaces que les farines d'os. La raison de cette différence entre produit n'est pas claire, la composition du produit pourrait avoir un rôle important, les farines d'os présente une moindre teneur en matière organique, un C/N légèrement plus élevé et une quantité de calcium 10 fois plus importante que dans les plumes, ce qui pourrait limiter leur minéralisation sur sol calcaire. Afin d'éclaircir ce point, l'an prochain les farines d'os seront caractérisées en conditions de minéralisation contrôlée. Les plumes ont donc un CAU du double de celui des farines d'os, et ont permis des gains en termes ; de biomasse totale produite (+0,9 t_{MS}/ha) ; d'INN à la floraison (0,36 pour les os contre 0,45 pour les plumes) ; de quantités d'azote absorbée (+23,7 kg d'N/ha) ; de rendement (+ 6,2 q/ha) et de teneur en protéines (+1,55%).

En ce qui concerne les itinéraires techniques d'apports de fortes différences ont été observées :

- Les apports 50 kg d'N/ha au semis + 50 kg d'N/ha au stade épi 1 cm ont eu pour effet : d'augmenter les densités épis, ce qui permet d'obtenir une densité grain élevée via cette composante et donc un rendement satisfaisant. Par contre pour cet itinéraire technique les teneurs en protéines sont faibles. Le CAU de cet itinéraire technique est de 35%

- L'apport 100 kg d'N/ha tout à épi 1 cm est le meilleur compromis car il permet une augmentation des densités épis (plus modérée qu'avec l'apport au semis) et du nombre de grain par épis, ce qui lui permet d'atteindre une densité grain équivalente à celle obtenue avec les apports au semis+épi 1 cm et donc un rendement équivalent. Mais cet itinéraire technique reste très intéressant car il a également permis une forte augmentation de la teneur en protéine. De plus cet itinéraire technique permet le meilleur CAU parmi les 3 testés avec 38% d'efficacité.
- L'apport 50 kg d'N/ha au stade épi 1 cm + 50 kg d'N/ha au stade 2 nœuds reste le moins efficient, il présente avant tout un faible CAU de l'ordre de 21%. Ensuite cet itinéraire technique fut défavorable à l'obtention d'un rendement élevé, il représente le plus faible gain de rendement. Son seul avantage vient du fait qu'il a permis d'augmenter la teneur en protéines, mais autant que l'itinéraire technique précédent.

Ces résultats confirment des points déjà connus :

- Les apports précoces sont favorables au rendement, mais la teneur en protéine n'est pas augmentée
- Les apports tardifs sont peu efficaces, et ne permettent d'augmenter que la teneur en protéine
- Les apports avant montaison, sans fractionnement restent le meilleur compromis en terme d'efficacité, de gain de rendement et de gain sur la teneur en protéine.

6.6 Approche économique simple :

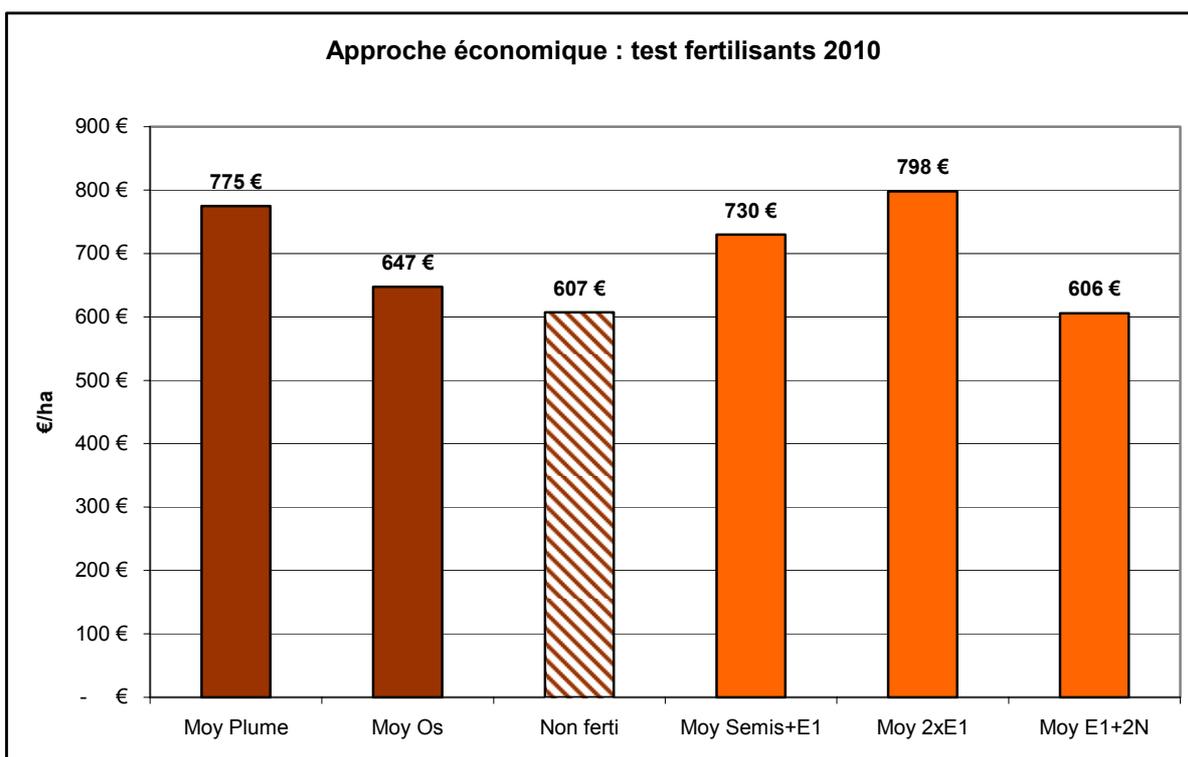
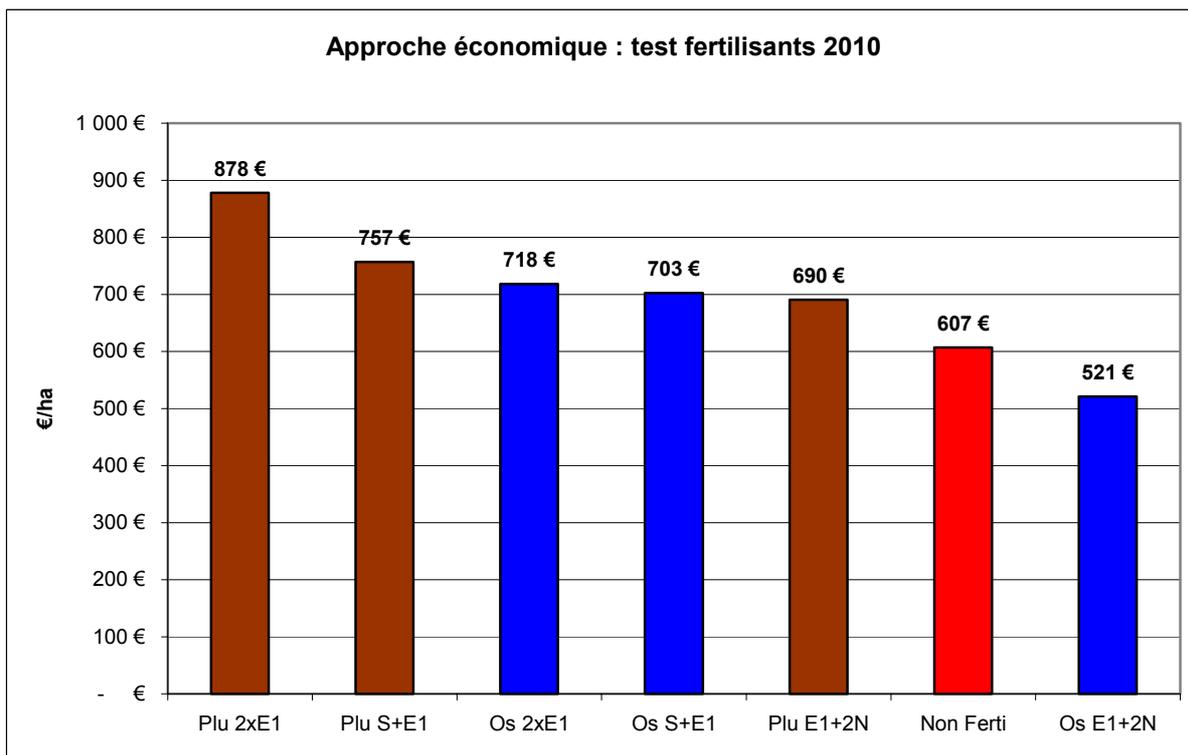
Il s'agit ici non pas de réaliser un calcul de marge, mais de comparer du point de vue économique les résultats en prenant en considération le coût du fertilisant apporté et les bonifications de prix du blé liées à la teneur en protéine.

Bases du calcul :

- Coût de la farine de plume = 430 €/t soit 330,77 €/ha pour 100 kg d'N
- Coût de la farine d'os = 170 €/t soit 188,89 €/ha pour 100 kg d'N
- Prix du blé précisé dans le tableau ci-contre.

% Protéines	Achat BTH €/t
8 à 8,49	220,00 €
8,5 à 8,99	230,00 €
9 à 9,49	240,00 €
9,5 à 9,99	250,00 €
10 à 10,49	260,00 €
10,5 à 10,99	270,00 €
11 à 11,49	280,00 €
11,5 à 11,99	290,00 €
>12	300,00 €

Tout d'abord il convient de remarquer qu'avec une fertilisation à hauteur de 100 kg d'azote/ha la fertilisation reste rentable (sauf pour les apports tardifs avec les os). Malgré une différence de coût important, les plumes restent rentables économiquement par rapport aux farines d'os. Enfin l'itinéraire technique le plus rentable est celui alliant rendement et protéine, donc un apport unique au stade épi 1 cm.



6.7 Suivi de l'azote minéral du sol.

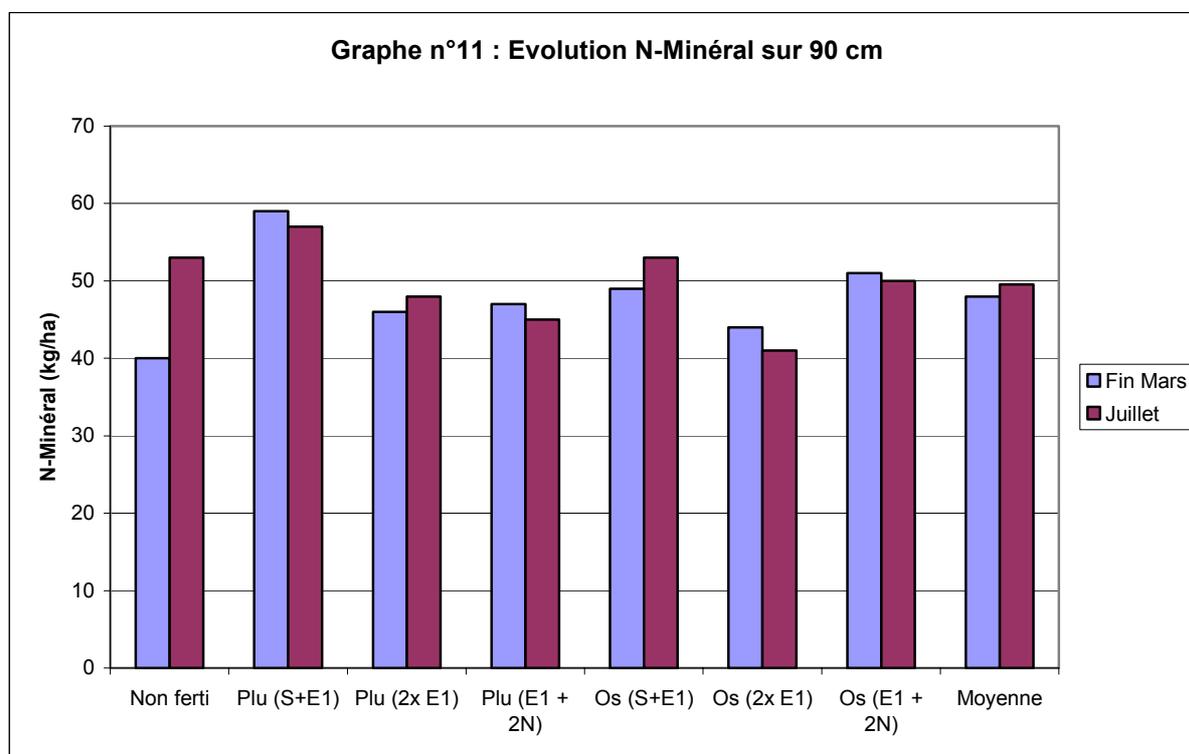
Des prélèvements pour mesurer la quantité d'azote disponible sur 90 cm ont été réalisés à deux périodes : le 24 mars et après la récolte le 24 juillet (Cf. graphe n° 11).

Les prélèvements de sol de mars ont été réalisés 118 jours après l'apport de fertilisant au semis. On constate plusieurs choses :

- le reliquat moyen hors parcelle ayant reçu un apport au semis et de 46 kg/ha d'azote minéral sur 90 cm avec peu de différence entre modalités (coefficient de variation = 8,9%).
- L'apport au semis réalisé avec les plumes semble montrer un gain d'azote minéral (59 kg/ha) alors que celui réalisé avec les plumes ne se distingue pas des modalités non fertilisées.

A la récolte, les quantités d'azote présent dans le profil ont peu évolué, la moyenne générale est de 50 kg d'azote présent sur 90 cm, mais plus de la moitié (53%) se situe dans le premier horizon de 30 cm.

- Comme au stade épi 1 cm, la modalité avec apport de plume présente les reliquats les plus importants
- Le témoin non fertilisé présente des reliquats légèrement supérieur à la moyenne des modalités fertilisées.



7 Conclusion et discussion.

L'essai de cette année a l'avantage d'être précis et de très bien distinguer l'effet des différents facteurs étudiés.

Cette année nous constatons une forte différence de CAU entre les deux produits ce qui ne fut pas toujours le cas (Cf. graphe n°12). La moyenne sur trois ans montre que les farines de plumes présentent systématiquement une meilleure efficacité que les farines d'os sur sol argilo-calcaire.

Mais cet essai est très intéressant vis-à-vis des trois itinéraires techniques d'apports testés. En effet il valide très bien les tendances qui se détachaient jusqu'ici :

- Les apports précoces (avant épi 1 cm) sont parmi les plus efficaces et permettent d'augmenter le rendement de la culture au détriment de la teneur en protéine
- Les apports tardifs (courant montaison) sont généralement moins efficaces, ils ne permettent pas d'augmenter le rendement, mais jouent favorablement sur la teneur en protéine
- Les apports uniques au stade épi 1 cm permettent le meilleur compromis car il reste le plus efficace et permettent un gain sur les tableaux que sont le rendement et la teneur en protéines.

