

RESULTATS DE L'ESSAI :
Effet de l'enfouissement du fertilisant sur le
Coefficient Apparent d'Utilisation (CAU),
Test sur blé panifiable biologique
▲ Campagne 2003-2004 ▲

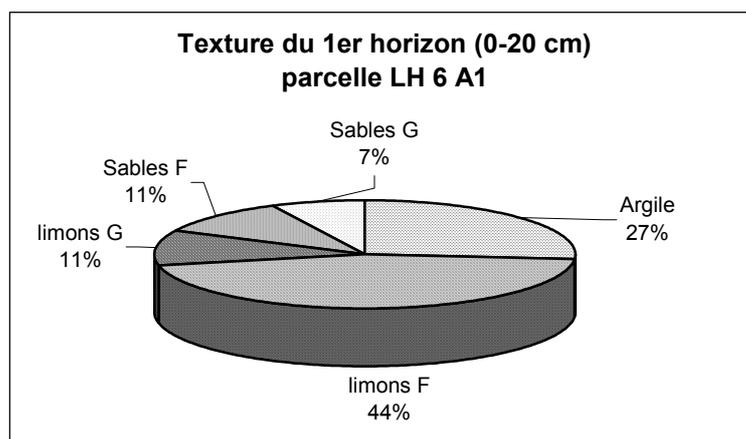
1 PRESENTATION GENERALE DE L'ESSAI

1.1 OBJECTIF DE L'ESSAI

L'objectif de cet essai est d'étudier l'effet de l'enfouissement du fertilisant sur les résultats du blé tendre : rendement, teneur en protéines, azote absorbé et CAU. Cet essai doit permettre l'élaboration de conseil en terme d'itinéraires techniques de fertilisation en agriculture biologique.

1.2 SITUATION DE L'ESSAI

L'essai est implanté sur le domaine expérimental de La Hourre, sur la parcelle LH6 A1. Il s'agit d'une parcelle faiblement pentue orientée au sud (adret). Le sol appartient à la classe des terreforts argilo-calcaires, la texture est présentée dans le graphe ci-dessous.



1.3 TYPE D'ESSAI

L'essai installé est réalisé sans répétitions, sur des surfaces de 2 m² par parcelle élémentaire.

1.4 FACTEURS ETUDIÉS

Le facteur étudié est l'enfouissement du fertilisant, pour cela l'enfouissement a été réalisé manuellement en réalisant une saignée à la serfouette, puis après apport du fertilisant, la saignée est rebouchée puis tassée en marchant dessus. Cette opération fut également réalisée pour le témoin non fertilisé (réalisation de la saignée et rebouchage).

Afin de vérifier si l'effet de l'enfouissement diffère selon le produit utilisé, et la dose totale, nous avons croisé l'ensemble de ces facteurs : 2 modes d'apport (enfoui ou surface) x 2 produits (farine de plumes hydrolysées et vinasses de betteraves) x 4 doses (témoin 0 ; 40 unités ; 80 unités et 120 unités) soit un total de 16 modalités sans répétitions.

2 SUIVI EN VEGETATION :

2.1 INTERVENTIONS REALISEES

Les interventions réalisées sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous. Le précédent cultural est une féverole d'hiver.

Tableau 1 : interventions en végétation

Date	Interventions	Remarques
4 juil-03	Déchaumeur à ailettes	Déchaumage et faux semis
12 sept-03	Labour	Sol sec
9 oct-03	vibroculteur	Faux semis
5 nov-03	Semis variété RENAN	Densité 168 kg/ha
6 nov-03	Rouleau packer	Car sol soufflé
11 déc-03	Herse étrille	Réglage 4/6, stade 2-3 feuilles
10 mars-04	Herse étrille	Réglage 6/6
1 avril-04	Apport des fertilisants	Apport unique
06 juil-04	Récolte manuelle	Méthode du bottillon
14 juil-04	Récolte machine	Moissonneuse de précisions

De part la réalisation de l'essai sur des petites surfaces, l'enherbement ne fut pas un facteur limitant car l'essai fut désherbé manuellement.

3 RESULTATS : COMPOSANTES DU RENDEMENT, RENDEMENT ET TENEUR EN PROTEINES.

3.1 COMPOSANTES DU RENDEMENT (CF. TABLEAU 2)

Le semis eu lieu le 5 novembre à une densité de 168 kg/ha de la variété Renan. Pour un PMG de 46g, la densité semée est de 365,2 grains/m².

Cet essai étant réalisé sans répétitions, l'étude des résultats sera réalisée par comparaison des moyennes de chaque facteur pris indépendamment puis par comparaison de deux facteurs combinés.

↳ **Approche par dose** : malgré des apports moyennement tardifs (au stade 1 noeud, soit le 1^{er} avril), la dose d'azote semble avoir jouée sur la densité épi probablement en limitant les régressions de talles. Les doses 80 et 120 unités présentent des résultats équivalents pour la densité épi de 361 épi/m², la dose 40 unités permet d'atteindre les 336 épis/m² alors que les témoins sont en moyenne à 285 épis/m².

Par la suite, l'effet de la dose d'azote se distingue clairement sur la composante de densité grains. Le témoin présente une densité moyenne de 7 018 grains/m² ; la dose 40 unités une densité de 7 278 grains/m² (+ 260 grains/m²) ; la dose 80 unités une densité de 9 532 grains/m² (+ 2 514 grains/m² par rapport au témoin) ; la dose 120 unités permet d'atteindre 12 439 grains/m² (+ 5 421 grains/m² par rapport au témoin).

Ainsi par tranche de 40 unités d'azote apportée l'augmentation du nombre de grains/m² est de : +3,7% entre 0 et 40 unités ; +31% entre 40 et 80 unités et +23% entre 80 et 120 unités.

En ce qui concerne la **fertilité**, la réponse à la fertilisation azotée n'est pas aussi linéaire. En effet le témoin présente une fertilité de 25,5 grains/épi supérieur à celle de la dose 40 unités (21,6 grains/épi). La dose 80 unités permet un léger gain par rapport au témoin (26,5 grains/épi), seule la dose 120 unités permet un gain significatif du point de vue de la fertilité avec 35,3 grains/épi.

Les **PMG** restent assez équivalent d'une modalités à l'autre, les variations de poids restent indépendante de la dose d'azote.

↳ **Approche par produit** : l'effet des plumes ou des vinasses sur les composantes du rendement fut différent : les vinasses permettent une augmentation de la densité épi de +46 épis/m² par rapport aux plumes. Par contre les plumes ont permis un gain au niveau de la fertilité par rapport aux vinasses de + 7,3 grains/épi. Cette différence d'expression sur les premières composantes est à l'avantage des plumes qui permettent d'atteindre une densité grains de + 1 061 grains/m². Pour le PMG, les plumes permettent un gain de +1,2 g par rapport aux vinasses. Ces remarques amènent à penser que les vinasses ont mis à disposition leur azote plus rapidement que les plumes, ainsi il fut utiliser pour les 1ères composantes au détriment de la fertilité.

↳ **Approche par enfouissement** : l'effet de l'enfouissement du fertilisant fut peu marqué cette année, les différences observées restent faibles entre les deux modes d'apports. Par rapport au non enfouissement, l'enfouissement permet un gain de + 12,5 épis/m² ; de +0,2 grains/épis et de + 290 grains/m². L'effet sur le PMG est également faible, l'enfouissement permet un gain de +0,4 g. Ainsi l'enfouissement a peut être eu un léger effet sur la vitesse de mise à disposition de l'azote, ce qui permet une légère augmentation de la densité épis, cet effet est quasi nul par la suite.

↳ **Approche par dose et produit** : les observations précédentes se retrouvent dans cette approche qu'il faut nuancer de part un faible nombre de valeurs (les moyennes pour 2 facteurs correspondent à la moyenne de 2 valeurs). Pour réaliser les comparaisons, nous avons classé les moyennes du facteur : dose x produit pour chacune des composantes.

Les résultats sont les suivants : pour la **densité épis** les modalités vinasses sortent en tête (dose 120 et 80) suivi par les plumes à la dose 80 unités. Les autres moyennes restent du même ordre de grandeur à l'exception du témoin plumes qui présente un écart important avec le témoin vinasses alors que les deux parcelles ont été conduites de façon identique. Par contre pour la **fertilité**, la modalités plumes 120 unités se dégage très nettement des autres, et d'une façon générale les plumes permettent une fertilité plus importante que les vinasses. La résultante de ces deux composantes fait que les **densités grains** suivent principalement le facteur dose d'azote avec à chaque fois des valeurs supérieures (pour une même dose) pour les plumes.

↳ **Approche par dose et enfouissement** : l'enfouissement semble à nouveau avoir un effet favorable sur la **densité épi**, les deux moyennes les plus élevées correspondent aux modalités 120 et 80 unités enfouies suivies par les modalités 80 et 120 non enfouie. Par contre pour la **fertilité**, l'effet de la dose d'azote semble plus marqué, les modalités ayant le mieux exprimée cette composante sont classées par dose avec un très léger avantage pour les apports non enfouie. On notera également que les deux valeurs les plus faibles concernent la dose 40 unités. Ainsi pour la **densité grain**, l'effet de la dose semble plus important que celui de l'enfouissement.

↳ **Approche par produit et par enfouissement** : cette approche à l'avantage de grouper un nombre plus important de valeurs par moyenne (4 valeurs). A nouveau le facteur produit prend l'ascendant sur le facteur enfouissement, les vinasses enfouie ou non présentent des valeurs supérieures aux plumes enfouies ou non en terme de **densité épi**. Pour la **fertilité**, c'est toujours le facteur produit qui est prépondérant mais au bénéfice des plumes (plumes enfouie ou non, supérieures aux vinasses enfouies ou non). Pour la **densité grains** le classement est identique à celui de la fertilité, ce qui montre que cette composante intervient de façon plus importante que la densité épi sur la densité grains.

Ainsi au vue de l'ensemble des résultats, il semble que ce soit avant tout l'effet de la dose d'azote qui a le plus joué favorablement sur les composantes du rendement. Les produits répondent différemment sur les composantes, les vinasses permettent de maintenir une densité épis importante au détriment de la fertilité, et les plumes répondent de façon inverse. Par contre pour cette année la mise à disposition plus lente des plumes à permis d'avoir un effet plus marqué que les vinasses sur la composante de densité grain. L'enfouissement a eu un effet peu marqué, la seule différence au niveau des composantes du rendement intervient au niveau de la densité épi, l'enfouissement à peut être permis une mise à disposition de l'azote un peu plus rapide que sur la partie non enfouie.

3.2 RENDEMENT ET TENEUR EN AZOTE (CF. TABLEAU 2)

Le rendement moyen de l'essai s'élève à 42,6 q/ha, pour des différences allant de 28,1 à 62,6 q/ha.

- ↪ **Approche par dose** : comme cela s'observe régulièrement, les faibles doses d'azote (40 unités) ne permettent pas cette année une augmentation significative du rendement par rapport au témoin (33,1 q/ha pour le témoin et 33,2 q/ha pour la dose 40 unités). Par contre la dose 80 unités a permis une augmentation de +39% du rendement par rapport au témoin (46 q/ha). La dose 120 unités permet quant à elle une augmentation de +75% par rapport au témoin (58 q/ha) et de +26% par rapport à la dose 80 unités.
- ↪ **Approche par produit** : pour la 1^{ère} année, et malgré l'absence de traitement statistique, on observe une différence significative pour le rendement en fonction du produit fertilisant. Les plumes permettent un gain de 17,6% par rapport aux vinasses (49,4 q/ha pour les plumes contre 42 q/ha pour les vinasses [moyenne calculée sans le témoin]).
- ↪ **Approche par enfouissement** : les moyennes (hors témoin) montre un léger plus au niveau du rendement pour les modalités enfouies. Toutefois la différence reste faible (2,4 q/ha soit une augmentation de 5,4%) sans savoir si elle est significative.
- ↪ **Approche par dose et par produits** : quelle que soit la dose testée, les plumes permettent toujours l'obtention de rendement supérieur à ceux fertilisés avec les vinasses (Cf. tableau 3 ci-dessous, les moyennes ne tiennent pas compte de la valeur du témoin)

Tableau 3 : rendement moyen hors témoin : facteur dose x produit

Dose	40	80	120
Plumes	38,1	49,7	60,5
Vinasses	28,2	42,2	55,6
PLU-VIN	9,9	7,5	4,9
Ecart en %	35,1%	17,8%	8,8%

On constate que les écarts de rendement s'amenuisent avec l'augmentation de la dose entre les deux produits. Comme nous l'avons vu précédemment, les rendements supérieurs obtenus avec les plumes sont directement liés à une réponse favorable du nombre de grains par épi, ainsi les densités grains sont toujours supérieures sur les modalités fertilisées avec les plumes.

- ↪ **Approche par dose et par enfouissement** : les valeurs moyennes hors témoin sont présentées ci-dessous :

Tableau 4 : rendement moyen hors témoin : facteur dose x enfouissement

Dose	40	80	120
Enfouie	36,7	47,2	56,8
Surface	29,7	44,7	59,2
Enf-Surf	7,0	2,5	-2,4
Ecart en %	23,6%	5,6%	-4,1%

L'effet de l'enfouissement du fertilisant sur le rendement semble positif principalement pour des faibles doses apportées. L'enfouissement a peut être permis de limiter les pertes par voie gazeuse, perte qui sont du même ordre de grandeur quelle que soit la dose apportée. Ainsi cette limitation des pertes est proportionnellement plus importante pour les faibles doses que pour les doses plus importantes.

↳ **Approche par produit et par enfouissement :**

Tableau 5 : rendement moyen hors témoin : facteur dose x enfouissement

Dose	Plumes	Vinasses
Enfouie	51,4	42,4
Surface	47,4	41,6
Enf-Surf	4,0	0,8
Ecart en %	8,4%	1,9%

L'effet de l'enfouissement du fertilisant semble supérieur pour les plumes que pour les vinasses. Cette différence est peut être due à une différence au niveau de la vitesse de mise à disposition de l'azote. Les plumes étant plus lentes à fournir leur azote que les vinasses, l'effet de l'enfouissement peut ainsi diminuer en partie les pertes par voie gazeuse, alors que pour les vinasses qui mettent plus rapidement de l'azote disponible, l'effet de l'enfouissement est moins marqué. Enfin le conditionnement du fertilisant a ici aussi un rôle important, l'enfouissement reste plus efficace pour des formes solides que pour les formes liquides.

En ce qui concerne les **teneurs en protéines**, nous n'avons pas pu réaliser de mesure à l'aide d'un inframatic faute de quantité (il faut entre 400 et 500 g de grain pour une mesure, les récoltes réalisées sur 2 m² ne permettent d'atteindre cette quantité). Toutefois les grains ont été envoyés au laboratoire pour analyse de leurs teneurs en azote. Les valeurs s'échelonnent de 1,48 à 1,81% d'N sur la matière sèche pour une moyenne de 1,68%. Si on utilise un coefficient pour avoir l'équivalent en protéines sur grains (coefficient = 5,7) alors les teneurs vont de 8,4 à 10,3% pour une moyenne de 9,2%.

Il est difficile de réaliser la même approche pour les teneurs en protéines que pour les rendements, car l'ensemble des valeurs reste proche, l'écart type de toutes les valeurs est de 0,5% soit une variation globale de 5,9% pour l'ensemble des valeurs.

Toutefois certains facteurs ressortent plus que d'autres : c'est le cas principalement pour le facteur dose, qui permet des gains au niveau de la teneur en protéines : 1,54% (8,7% sur grains) pour le témoin et la dose 40 unités ; 1,63% (9,3%) pour la dose 80 unités et 1,68% (9,5%) pour la dose 120 unités. Ces résultats correspondent à ceux généralement observés lorsque l'azote est mis à disposition de façon précoce pour les plantes, dans ces cas il est utilisé principalement pour réaliser du rendement au détriment des teneurs en protéines.

Les différences entre les produits (hors témoin) sont faibles, les plumes permettent une teneur moyenne de 1,60% (9,14% sur grains) et les vinasses une moyenne de 1,63% (9,26%).

Le critère d'enfouissement seul ne montre pas de différence particulière (1,61% avec enfouissement contre 1,62% sans l'enfouissement). De même si l'on croise l'enfouissement avec la dose on obtient des résultats difficilement interprétable car pour la dose 120 unités l'enfouissement permet un gain des teneurs (1,72% contre 1,64%), mais pour la dose 80 unités la tendance s'inverse (1,59% pour les modalités enfouies contre 1,68% pour celles en surfaces). Pour la dose 40 unités l'écart est très faible (0,03%). L'effet de l'enfouissement ressort en partie quand on croise ce facteur avec le produit :

Tableau 6 : % d’N moyen sur grain

	Plumes	Vinasses
Enfouie	1,57%	1,64%
Surface	1,63%	1,61%
Ecart en %	3,8%	-1,8%

Selon le produit les résultats ne vont pas dans le même sens, pour les plumes l’enfouissement a eu un effet favorable sur le rendement mais pas sur les teneurs en protéines, et pour les vinasses l’enfouissement procure un léger mieux pour le rendement et pour les teneurs en protéines. Toutefois ces différences assez faibles, semblent être plus la résultantes de la consommation d’azote pour faire du rendement qu’un réel effet de l’enfouissement sur les teneurs en protéines.

Les seules différences notables (mise à part l’effet de la dose seule) apparaissent en croisant l’effet de la dose et du produit où pour les doses de 80 et 120 unités les vinasses permettent toujours l’obtention de teneurs en protéines un peu plus élevées (1,66 % pour les plumes contre 1,70% pour les vinasses à la dose 120 unités et 1,62% pour les plumes contre 1,65% pour les vinasses à la dose 80 unités). Pour la dose 40 unités les valeurs ne diffèrent que d’un centième.

4 RESULTATS : ETAT DE NUTRITION AZOTE ET C.A.U.

4.1 BIOMASSE PRODUITE ET QUANTITE D’AZOTE ABSORBEE

↳ Stade épi 1 cm

Le 31 mars, la veille de l’apport des fertilisants un prélèvement moyen fut réalisé sur l’ensemble de l’essai. A cette date le stade épi 1 cm était passé de quelques jours, nous étions plus proche du stade 1 nœud. Au 31 mars 2004 la production moyenne était de 2,4 t_{MS}/ha, et les blés avaient absorbé en moyenne 42,4 kg d’N/ha. Malgré la réalisation du prélèvement après le stade épi 1 cm, les valeurs restent supérieures à celles obtenues les années précédentes [en moyenne sur les années 2001 à 2003, la biomasse est de 1,1 t_{MS}/ha pour 25,6 kg d’N absorbé].

↳ Stade floraison (Cf. tableau 8)

A la floraison (prélèvements du 27 mai 2004) la biomasse moyenne produite est de 8,4 t_{MS}/ha pour une quantité moyenne de 71,8 kg d’N absorbé. A nouveau ces valeurs sont très supérieures à celles obtenues les années précédentes [moyenne 2001 – 2003 : 4,9 t_{MS}/ha pour 49,2 kg d’N absorbé].

Les témoins non fertilisé ont en moyenne prélevé 48,4 kg d’N à la floraison issus des fournitures du sol, pour une production moyenne de 6,7 t_{MS}/ha. Malgré des prélèvements azotés conséquents, l’indice de nutrition azoté des témoins est de 0,31 ce qui montre que les blés étaient fortement carencés en azote.

Le facteur produit semble avoir influer sur les résultats, en effet les moyennes par produits (hors témoin) font apparaître une différence en faveur des vinasses à la fois pour la biomasse produite (8,1 t_{MS}/ha pour les plumes contre 9,8 t_{MS}/ha pour les vinasses ; et 72,6 kg d’N absorbé en moyenne pour les plumes contre 86,7 kg pour les vinasses). Ainsi à la floraison les modalités fertilisées avec les vinasses sont légèrement moins carencées que celles fertilisées avec les plumes (INN = 0,42 pour les plumes, contre 0,45 pour les vinasses). Le facteur dose présente également un effet marqué les moyennes sont les suivantes :

Tableau 7 : Matière sèche, azote absorbé et INN à la floraison, moyenne par dose

Dose (unités ou kg/ha)	0	40	80	120
MS (t/ha)	6,7	8,5	9,1	9,2
N abs (kg/ha)	48,4	66,5	81,2	91,3
INN	0,31	0,37	0,44	0,49
Biomasse Ecart au témoin	-	+ 1,7	+ 2,4	+ 2,4
Biomasse Ecart au témoin %	-	+ 26,1%	+ 35,2%	+ 35,9%
N abs écart au témoin	-	+ 18,1	+ 32,8	+ 43,0
N abs écart au témoin %	-	+ 37,4%	+ 67,9%	+ 88,8%

Sur cet essai, la dose 40 unités permet déjà un gain à la floraison sur l'ensemble des critères mesurés (biomasse, azote absorbé et INN), la dose 80 unités permet également un gain important par rapport au témoin et par rapport à la dose 40 unités. Par contre comme cela s'observe souvent, les écarts entre la dose 80 et 120 sont faibles, principalement du point de vue de la biomasse produite.

↪ **A la récolte (Cf. Tableau 9)**

Le témoin non fertilisé présente une biomasse aérienne de 7,9 t_{MS}/ha pour une quantité totale de 59,6 kg d'N absorbé dans les parties aériennes. Ces valeurs sont élevées pour un témoin non fertilisé. Par contre alors qu'en moyenne à la récolte la répartition de la biomasse avoisine les 50% grains et 50% paille, cette année la biomasse des pailles représente la part la plus importante avec 60% de la biomasse produite. Cette répartition de la biomasse se retrouve pour l'ensemble des modalités quelle que soit la dose ou le produit utilisé.

A la récolte, les écarts de production et de quantité d'azote absorbé, observés à la floraison ne se retrouve plus. En effet à ce stade il n'y a plus de différence entre le témoin et la dose 40 unités. Par contre la dose 80 unités montre des écarts importants avec le témoin, puis à nouveau les différences entre 80 et 120 unités d'azote ne sont pas significatives.

Ainsi pour les 2 produits testés, les CAU sont nuls pour la dose 40 unités ; de l'ordre de 61% pour la dose 80 unités et de 40% pour la dose 120 unités (Cf. tableau 10).

Si l'on regarde le facteur produit, on observe que pour une même dose les différences suivantes :

- Pour la dose 40 unités, les plumes présentent des valeurs négatives, l'apport d'azote a pu ici entraîner des réorganisations de la matière organique. Par contre pour les vinasses les valeurs sont du même ordre de grandeur que le témoin
- Pour la dose 80 unités, les quantités d'azote absorbée sont équivalentes pour les deux produits, ainsi les CAU le sont aussi à hauteur de 61%.
- Pour la dose 120 unités, les vinasses permettent une absorption supérieure à celle des plumes (+15 kg d'N pour les vinasses), ainsi le CAU des plumes s'élève à 34% contre 46% pour les vinasses.

L'effet de l'enfouissement sur le CAU n'est pas probant cette année, les facteurs doses et produit semble l'avoir plus fortement influencé que l'enfouissement seul. Toutefois on observe quelque différence :

- Pour la dose 40 unités, les valeurs des parcelles fertilisées sont inférieures au témoin sauf pour les vinasses enfouies
- Pour la dose 80 unités le non enfouissement a permis un fort gain du CAU qui passe de 31,2% à 65,2% pour les plumes et de 36,6% à 63,2% pour les vinasses
- Pour la dose 120 unités, l'effet de l'enfouissement est peu marqué pour les plumes (le CAU augmente de 25,5% à 28,2%) et l'est fortement pour les vinasses (CAU non enfoui = 21,6% et CAU enfoui = 52,2%).

4.2 CONCLUSION ET DISCUSSION :

L'effet de l'enfouissement du fertilisant sur les résultats agronomiques (objectif 1^{er} de cet essai) est le facteur pour lequel les résultats sont le plus difficile à interpréter. En effet l'enfouissement semble avoir eu un léger effet positif pour la dose 40 unités, mais à cette dose, les modalités fertilisées ont prélevés moins d'azote que le témoin. Ainsi l'azote apporté a engendré une moindre disponibilité en azote dans le sol, peut être du fait d'une réorganisation importante. Pour la dose 80 unités, quelque soit le produit l'enfouissement semble avoir pénalisé la mise à disposition de l'azote, et pour la dose 120 unités, l'enfouissement ne semble avoir un effet positif que pour les vinasses.

Ainsi sur sol argilo-calcaires et dans les conditions climatiques de l'année, où les pluies ont été conséquentes après les apports d'engrais (84 mm en avril +79 mm en mai) l'enfouissement ne semble pas montrer un avantage particulier.

Cet essai permet toutefois de mieux cerner le problème de la fertilisation en agriculture biologique et notamment la difficulté de faire coïncider les périodes de besoin important de la culture avec les périodes de mise à disposition de l'azote. Dans cet essai les deux produits testés se caractérisent par une différence initiale vis à vis de la mise à disposition de l'azote. Les vinasses permettent une mise à disposition plus rapide de part leur forme liquide, et une part plus importante d'azote minérale (pour les plumes 8% de l'azote total est présent sous forme N-NH₄ ; pour les vinasses 17,5% de l'azote est sous forme minérale dont une partie (7,5%) directement sous forme nitrique N-NO₃).

Cette différence au niveau de la mise à disposition se voit à la fois sur les composantes et sur la biomasse et la quantité d'azote absorbée. Les vinasses ont permis une augmentation des densités épi, et permettent un gain de l'azote absorbée à la floraison par rapport aux plumes. Les plumes ont permis un gain de fertilité important, et une plus grande absorption d'azote à la récolte. Ceci fait que du point de vue agronomique, les plumes cette année permettent des résultats en rendement supérieur à ceux des vinasses, alors que les teneurs en protéines sont partout équivalentes.

Si l'on compare l'essai de cette année à celui de l'an dernier, on constate :

- L'année 2003 fut sèche sur la période de la montaison, contrairement à 2004 (234 mm de mars à mai 2004 ; contre 144 mm pour la même période en 2003)
- En 2003, les rendements furent plutôt faible (25,9 q/ha) pour des teneurs en protéines moyennes (10,5%). En 2004 les rendements sont élevés (42,6 q/ha) et les teneurs en protéines faibles (9,5%)

- En 2003 année sèche pendant la montaison, les modalités vinasses ont mieux répondu que les plumes principalement sur le rendement en permettant une mise à disposition plus rapide de l'azote que les plumes
- Cette année, plutôt humide pendant la montaison les vinasses souffrent d'une mise à disposition trop rapide de leur azote, qui fut consommé pour les premières composantes (densité épi), mais a manqué par la suite. Inversement les périodes de mise à disposition de l'azote par les plumes ont cette année mieux correspondu aux périodes de besoin des cultures

Même si l'effet de l'enfouissement devra être à nouveau étudié (notamment sur d'autres types de sol) l'essai de cette année montre toute la difficulté de faire coïncider les périodes de besoin des cultures (du stade épi 1 cm à la floraison) et les périodes de mise à disposition de l'azote qui sont elles dépendantes à la fois du produit utilisé (conditionnement et proportion d'azote minérale) et des conditions climatiques nécessaires (i) au délitage du produit (principalement pour les bouchons) et (ii) à la minéralisation du produit.

Une des solutions qui à ce jour nous semble en partie sécurisante est de réaliser 2 apports de l'ordre de 40 à 45 unités : un 1^{er} de façon précoce (au tallage) avec des plumes ; et un 2^{ème} plus tardif (courant montaison) avec des vinasses.

Tableau 2 : Composantes du rendement, rendement et teneurs en protéines
Valeur par modalité et moyenne par facteur

	Produit	Dose	Enfouissement	Epi/m ²	Grains/m ²	Grains/épi	PMG	RDT (q/ha)	%N dumas grains	% Prot	
Modalités	PLU	120	ENF	325,7	12752,8	39,2	45,7	58,3	1,62	9,2	
	VIN	120	ENF	434,3	12032,3	27,7	46,0	55,3	1,81	10,3	
	PLU	120	N-ENF	308,6	13627,3	44,2	46,0	62,6	1,69	9,6	
	VIN	120	N-ENF	374,3	11343,5	30,3	49,2	55,8	1,58	9,0	
	PLU	80	ENF	348,6	10339,1	29,7	49,0	50,7	1,62	9,2	
	VIN	80	ENF	385,7	8900,2	23,1	49,1	43,7	1,56	8,9	
	PLU	80	N-ENF	342,9	10012,1	29,2	48,7	48,8	1,61	9,2	
	VIN	80	N-ENF	368,6	8877,9	24,1	45,8	40,7	1,74	9,9	
	PLU	40	ENF	354,3	8816,7	24,9	51,4	45,3	1,48	8,4	
	VIN	40	ENF	320,0	7020,7	21,9	40,0	28,1	1,56	8,9	
	PLU	40	N-ENF	322,9	6590,7	20,4	46,9	30,9	1,60	9,1	
	VIN	40	N-ENF	348,6	6685,3	19,2	42,5	28,4	1,50	8,6	
	PLU	0	ENF	225,7	7871,1	34,9	46,9	36,9	1,52	8,7	
	VIN	0	ENF	342,9	5962,9	17,4	48,1	28,7	1,56	8,9	
	PLU	0	N-ENF	274,3	6768,6	24,7	44,6	30,2	1,51	8,6	
	VIN	0	N-ENF	297,1	7468,0	25,1	49,2	36,8	1,55	8,8	
		moyenne			335,9	9066,8	27,2	46,8	42,6	1,59	9,1
		ET			47,7	2392,9	7,2	2,9	11,7	0,09	0,5
	CV			14,2%	26,4%	26,6%	6,1%	27,5%	5,6%	5,6%	
Moyenne par facteur	Moy 120			360,7	12439,0	35,3	46,7	58,0	1,68	9,5	
	Moy 80			361,4	9532,3	26,5	48,2	46,0	1,63	9,3	
	Moy 40			336,4	7278,4	21,6	45,2	33,2	1,54	8,7	
	Moy 0			285,0	7017,6	25,5	47,2	33,1	1,54	8,7	
	Moy PLU			312,9	9597,3	30,9	47,4	45,5	1,58	9,0	
	Moy VIN			358,9	8536,3	23,6	46,2	39,7	1,61	9,2	
	Moy ENF			342,1	9212,0	27,3	47,0	43,4	1,59	9,1	
	Moy N-ENF			329,6	8921,7	27,1	46,6	41,8	1,60	9,1	
	Moy PLU 120			317,1	13190,1	41,7	45,8	60,5	1,66	9,4	
	Moy VIN 120			404,3	11687,9	29,0	47,6	55,6	1,70	9,7	
	Moy PLU 80			345,7	10175,6	29,4	48,9	49,7	1,62	9,2	
	Moy VIN 80			377,1	8889,0	23,6	47,5	42,2	1,65	9,4	
	Moy PLU 40			338,6	7703,7	22,6	49,2	38,1	1,54	8,8	
	Moy VIN 40			334,3	6853,0	20,6	41,2	28,2	1,53	8,7	
	Moy PLU 0			250,0	7319,8	29,8	45,7	33,5	1,52	8,6	
	Moy VIN 0			320,0	6715,4	21,3	48,7	32,7	1,56	8,9	

Tableau 8 : résultats des prélèvements à la floraison

Produit	Dose	Enfouissement	MS tot (kg/ha)	MS tot (t/ha)	% N opt	%N dumas	INN	N abs (kg/ha)
PLU	0	ENF	4383,5	4,4	2,8	0,68	0,24	29,8
PLU	0	N-ENF	6838,8	6,8	2,3	0,76	0,33	52,0
VIN	0	ENF	8503,5	8,5	2,1	0,73	0,35	62,1
VIN	0	N-ENF	7288,7	7,3	2,2	0,68	0,30	49,6
PLU	40	ENF	7796,3	7,8	2,2	0,74	0,34	57,7
PLU	40	N-ENF	7965,3	8,0	2,1	0,81	0,38	64,5
VIN	40	ENF	9082,3	9,1	2,0	0,83	0,41	75,4
VIN	40	N-ENF	9223,9	9,2	2,0	0,74	0,37	68,3
PLU	80	ENF	8074,3	8,1	2,1	0,94	0,44	75,9
PLU	80	N-ENF	8386,2	8,4	2,1	0,86	0,41	72,1
VIN	80	ENF	9400,8	9,4	2,0	0,88	0,44	82,7
VIN	80	N-ENF	10672,4	10,7	1,9	0,88	0,47	93,9
PLU	120	ENF	8412,5	8,4	2,1	1,01	0,48	85,0
PLU	120	N-ENF	7977,8	8,0	2,1	1,01	0,47	80,6
VIN	120	ENF	11064,1	11,1	1,9	1,01	0,54	111,7
VIN	120	N-ENF	9259,2	9,3	2,0	0,95	0,47	88,0
Moyenne			8395,6	8,4	2,1	0,8	0,4	71,8
ET			1544,9	1,5	0,2	0,1	0,1	19,6
CV			18,4%	18,4%	10,0%	13,8%	19,3%	27,3%

Tableau 9 : résultats des prélèvements à la récolte

Modalités	MS tot paille (kg/ha)	MS tot grain (kg/ha)	MS TOT (kg/ha)	% N grain labo	%N paille labo	N abs grains (kg/ha)	N abs paille (kg/ha)	N abs aérien (kg/ha)
PLU 0 ENF	5555,4	3352,3	8907,8	1,52	0,26	51,0	14,4	65,4
PLU 40 ENF	5809,7	4146,9	9956,6	1,48	0,28	61,4	16,3	77,6
PLU 80 ENF	6425,1	4615,6	11040,7	1,62	0,33	74,8	21,2	96,0
PLU 120 ENF	7257,7	5315,7	12573,5	1,62	0,35	86,1	25,4	111,5
PLU 0 N-ENF	4135,9	2738,9	6874,8	1,51	0,27	41,4	11,2	52,5
PLU 40 N-ENF	4123,5	2814,9	6938,4	1,6	0,32	45,0	13,2	58,2
PLU 80 N-ENF	6426,3	4456,8	10883,1	1,61	0,29	71,8	18,6	90,4
PLU 120 N-ENF	7993,2	5695,4	13688,6	1,69	0,42	96,3	33,6	129,8
VIN 0 ENF	4127,1	2602,1	6729,2	1,56	0,31	40,6	12,8	53,4
VIN 40 ENF	4251,7	2564,5	6816,2	1,56	0,35	40,0	14,9	54,9
VIN 80 ENF	6235,4	3966,3	10201,7	1,56	0,28	61,9	17,5	79,3
VIN 120 ENF	7686,9	5051,3	12738,1	1,81	0,34	91,4	26,1	117,6
VIN 0 N-ENF	5819,9	3324,3	9144,1	1,55	0,27	51,5	15,7	67,2
VIN 40 N-ENF	3776,1	2558,8	6334,9	1,5	0,31	38,4	11,7	50,1
VIN 80 N-ENF	5954,6	3688,3	9642,9	1,74	0,31	64,2	18,5	82,6
VIN 120 N-ENF	7651,4	5077,8	12729,3	1,58	0,33	80,2	25,2	105,5
Moyenne	5826,9	3873,1	9700,0	1,6	0,3	62,2	18,5	80,8
ET	1410,4	1073,5	2464,4	0,1	0,0	19,4	6,3	25,5
CV	24,2%	27,7%	25,4%	5,6%	13,0%	31,2%	33,9%	31,6%

Tableau 10 : résultats des prélèvements à la récolte : valeur du CAU

Produit	Dose	Enfouissement	MS tot paille (kg/ha)	MS tot grain (kg/ha)	% N grain labo	%N paille labo	N abs grains (kg/ha)	N abs paille (kg/ha)	N abs aérien (kg/ha)	Moy N abs	N abs (témoin - mod)	CAU
PLU	0	ENF	5555,4	3352,3	1,52	0,26	51,0	14,4	65,4	89,4		
PLU	0	N-ENF	5809,7	4146,9	1,48	0,28	61,4	16,3	77,6			
PLU	40	ENF	4135,9	2738,9	1,51	0,27	41,4	11,2	52,5	69,2	-20,2	-50%
PLU	40	N-ENF	4123,5	2814,9	1,6	0,32	45,0	13,2	58,2			
PLU	80	ENF	6426,3	4456,8	1,61	0,29	71,8	18,6	90,4	137,6	48,2	60%
PLU	80	N-ENF	7993,2	5695,4	1,69	0,42	96,3	33,6	129,8			
PLU	120	ENF	6425,1	4615,6	1,62	0,33	74,8	21,2	96,0	129,7	40,3	34%
PLU	120	N-ENF	7257,7	5315,7	1,62	0,35	86,1	25,4	111,5			
VIN	0	ENF	4127,1	2602,1	1,56	0,31	40,6	12,8	53,4	67,7		
VIN	0	N-ENF	4251,7	2564,5	1,56	0,35	40,0	14,9	54,9			
VIN	40	ENF	5819,9	3324,3	1,55	0,27	51,5	15,7	67,2	73,3	5,7	14%
VIN	40	N-ENF	3776,1	2558,8	1,5	0,31	38,4	11,7	50,1			
VIN	80	ENF	5954,6	3688,3	1,74	0,31	64,2	18,5	82,6	117,6	49,9	62%
VIN	80	N-ENF	7651,4	5077,8	1,58	0,33	80,2	25,2	105,5			
VIN	120	ENF	6235,4	3966,3	1,56	0,28	61,9	17,5	79,3	123,1	55,4	46%
VIN	120	N-ENF	7686,9	5051,3	1,81	0,34	91,4	26,1	117,6			