

Essai Test de l'effet de l'enfouissement du fertilisant sur blé tendre biologique Campagne 2015 – 2016



C.R.E.A.B. Midi-Pyrénées

LEGTA Auch-Beaulieu
32020 AUCH Cedex 09

Loïc PRIEUR ou Laurent ESCALIER

Tél : 05.62.61.71.29 Fax : 05.62.61.71.10 ou

loiccreab@gmail.com ou
laurentcreab@gmail.com

Le CREAB MP est membre du



octobre 2016

Action réalisée avec le concours financier du Conseil Régional de Midi-Pyrénées :



Résultats de l'essai :
Test de l'enfouissement du
fertilisant sur blé biologique
Campagne 2015-16



1 Présentation de l'essai

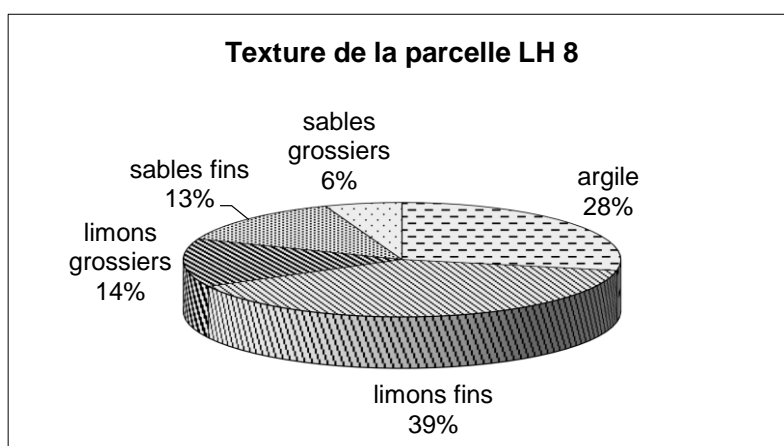
1.1 *Objectif de l'essai*

Le CREAB MP travail depuis de nombreuses années sur l'effet des fertilisants organiques du commerce. Les différents essais conduits précédemment ont permis de préciser la dose totale à apporter (comprise entre 80 et 100 unités d'azote/ha selon les reliquats en sortie d'hiver) ; de tester la date d'apport et le fractionnement (meilleur compromis avec un apport unique au stade épi 1 cm) ; et de comparer l'efficacité de différents fertilisants.

Toutefois, malgré une variation interannuelle très importante (de 5% à 45% d'efficacité) l'efficacité des fertilisants restent faible avec une moyenne générale de l'ordre de 26% sur les 5 dernières années (article Alter Agri n°134, nov-déc 2015, pp13-17). Le CREAB a donc décidé de tester des moyens permettant d'augmenter l'efficacité des fertilisants. La 1^{ère} hypothèse testée, est que l'enfouissement du fertilisant permettra d'augmenter son efficacité, c'est l'objet de l'essai mis en place durant cette campagne. Conduit pour la 1^{ère} fois l'an dernier, cet essai n'a pas donné les résultats escomptés de par un développement de ray-grass important. Les résultats présentés ici sont donc ceux de la 2^{ème} année d'essai sur l'enfouissement du fertilisant.

1.2 *Situation de l'essai*

L'essai est implanté sur la parcelle LH8 de la ferme expérimentale de La Hourre, la texture de la parcelle est présentée dans le graphe ci-dessous.



L'antécédent est une culture de soja, le précédent une culture de féverole d'hiver suivi par un couvert d'interculture composé de moutarde + vesce pourpre.

1.3 Dispositif et modalités étudiées

L'essai est mis en place en blocs de Fischer à 4 répétitions, du fait des contraintes pratiques liées à l'enfouissement du fertilisant, les modalités enfouies et surface furent groupées (cf. annexe 1 : plan de l'essai). Les 8 modalités testées sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Modalités étudiées

Modalité	Enfouissement	Dose d'N prévue (kg/ha)	Dose d'N réelle (kg/ha)
N0-SURF	Surface	-	-
N0-ENF	Enfoui	-	-
N60-SURF	Surface	60	67,8
N60-ENF	Enfoui	60	67,8
N100-SURF	Surface	100	113
N100-ENF	Enfoui	100	113
N140-SURF	Surface	140	158,2
N140-ENF	Enfoui	140	158,2

La dose réelle correspond à la dose apportée après l'analyse de la teneur du fertilisant au laboratoire

1.4 Précisions sur les fertilisants :

Le fertilisant utilisé est du 7-4-2 composé d'un mélange de protéines animales transformées (PAT) et fientes de volailles, fournie par la société Violleau.

Une analyse du fertilisant fut réalisée au laboratoire, les résultats sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : composition du fertilisant

Paramètre	Valeur
Matière organique (% brut)	67,4
Matière sèche (% brut)	88,7
Matière organique (% sec)	76,0
C organique / N total	4,3
Azote total (% brut)	7,91
Dont N nitrique (% brut)	<0,01
Dont N ammoniacal (% brut)	0,13
Dont N organique (% brut)	7,78
Phosphore P2O5 (% brut)	4,82
Potassium K2O (% brut)	1,4
Magnésium MgO (% brut)	0,56
Calcium CaO (% brut)	8,44

Le fertilisant correspond au fertilisant organique habituel : son C/N est bas avec une valeur de 4,3 la teneur en azote totale est conforme voire légèrement supérieure à la mention de l'étiquette avec très peu d'azote minérale (1,7% du total). La teneur en phosphore est également supérieure à la teneur prévue mais celle en potassium un peu inférieure.

Les résultats du dosage du fertilisant ayant été reçu après l'apport, les quantités réellement apportées sont un peu supérieures aux prévisions (cf. tableau 1).



Rouille jaune sur feuille (Nogal) le 19 avril 2016



Rouille jaune sur épi (Nogal) le 26 mai 2016

1.5 Conduite de la culture.

L'itinéraire technique réalisé est présenté dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : itinéraire technique réalisé

Date	Intervention	Outils	Remarques
6 juil-15	Moisson	Moissonneuse	Récolte Féverole
20 juil-15	Déchaumage	Déchaumeur à disques	Sol sec
8 sept-15	Déchaumage	Déchaumeur à ailettes	Sol sec
11 sept-15	Semis CI	Semoir à dents	Moutarde blanche (5 kg/ha) + Vesce pourpre (25 kg/ha)
4 nov-15	Destruction CI	Déchaumeur à disques	
9 nov-15	Travail du sol	Herse rotative	
13 nov-15	Semis	Semoir en ligne à disques	Semis 1 rang sur 2 (écartement 28,6 cm) densité 350 grains/m ² , variété Nogal
18 déc-15	Désherbage	Herse étrille	Stade 2 feuilles
6 fév-16	Désherbage	Herse étrille	
29 mars 16	Fertilisation	Manuelle	Selon modalités
29 mars 16	Désherbage	Vibroculteur	Binage / enfouissement, 3 dents vibro par éléments sur partie enfouie
29 mars 16	Désherbage	Herse étrille	Sur partie non enfouie
16 juil-17	Récolte	Moissonneuse pour essai	

2 Observations en végétation

2.1 Climatologie – Difficultés Rencontrées (cf. année climatique en annexe 2)

Du point de vue climatique les faits marquants sont la douceur de l'hiver ayant entraîné des avances pour le stade épi 1 cm mais cette avance c'est ensuite réduite à la floraison ; l'hydromorphie des mois de janvier et février (203 mm cumulé) a engendré des engorgements d'eau notamment sur les 2/3 du bloc 2 et 1/3 du bloc 3 pour la partie enfouie qui ont pénalisé la biomasse des blés et probablement la minéralisation ; des températures minimales fraîches début mai associées à un faible rayonnement qui ont pu impacter le nombre de grains par épis, et un déficit hydrique modéré courant juin lors du remplissages des grains.

Du point de vue agronomique le principal facteur limitant est à relier à la variété Nogal qui a fortement souffert cette année d'attaques de rouille jaune qui ont gravement atteint le feuillage et sont montées sur épi (Cf. photos ci-contre).

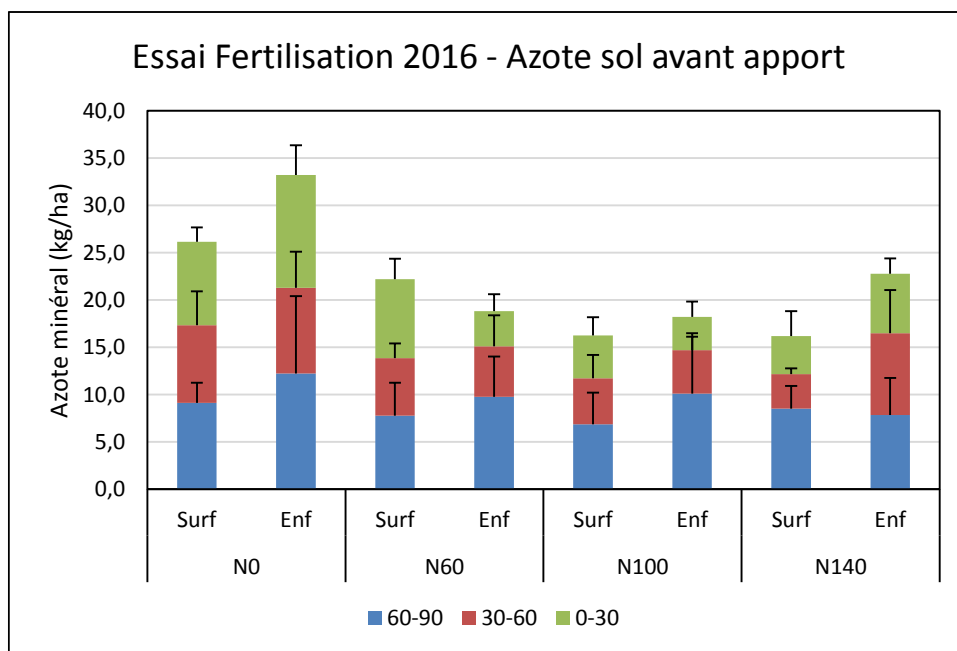
Enfin peu de temps avant la récolte nous avons observé des problèmes de verse sur la partie où le fertilisant fut enfoui, il semble que lors de l'enfouissement les dents du vibroculteur aient abimé les racines du blé. Il y avait 3 dents de vibroculteur par inter-rang, une centrale devant et deux extérieurs derrière d'un écartement maximum de 18 cm soit environ 5 cm non biné de chaque côtés des rangs de blé.

2.2 Développement des cultures

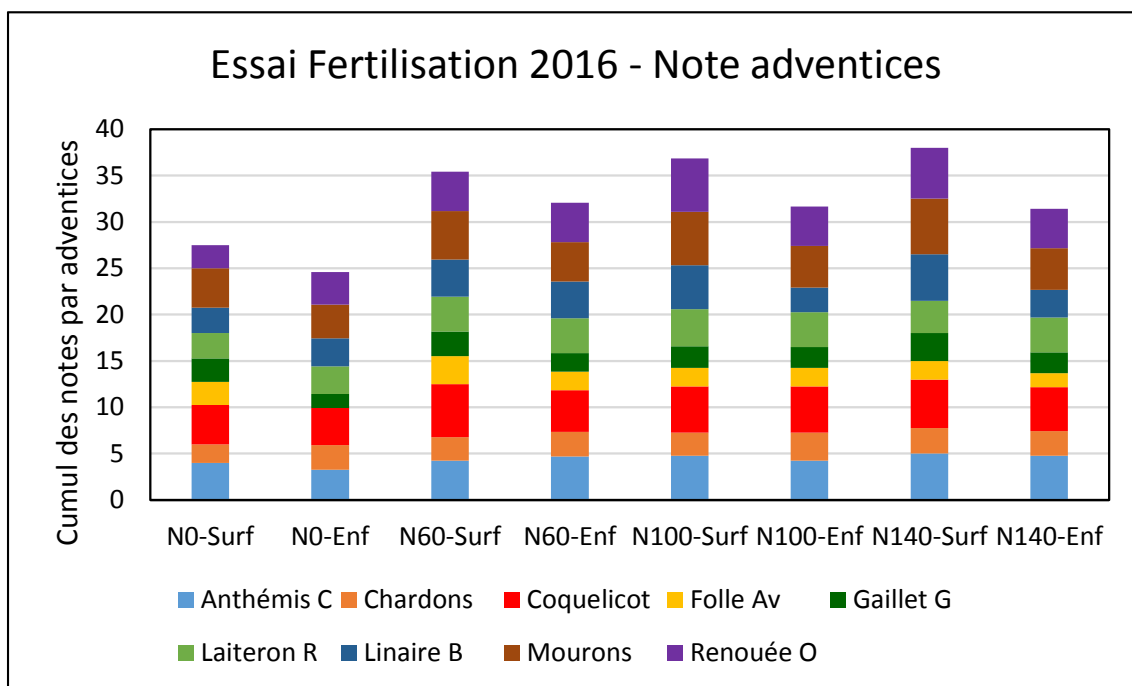
Compte tenu des températures douces, les levées furent rapides la date de levée fut observée le 2 décembre. Le développement rapide des cultures a permis la réalisation d'un passage de herse étrille dès le stade 2 feuilles le 18 décembre.

Le stade épi 1 cm est apparu précocement (effet année et variété), autour du 14 mars. Les prélèvements ont pu être réalisés au stade, mais l'apport de fertilisant fut décalé de quelques jours car les conditions de sols humides n'étaient pas propices au binage des blés.

Graphe n°1 : Azote sol avant apport de fertilisant



Graphe n°2 : Note enherbement



La date d'épiaison fut notée le 30 avril, la floraison est apparue le 7 mai, soit à une date normale compte tenu du choix d'une variété très précoce. La moisson eue lieu le 16 juillet, un peu décalée par rapport aux prévisions du fait d'un passage pluvieux quelques jours auparavant.

2.3 Suivi azote du sol avant apport d'engrais

Des prélèvements de sol pour réaliser des dosages d'azote minérale sur 90 cm ont été réalisés avant les apports de fertilisant. Les résultats sont présentés dans le graphe n°1. Malgré des parcelles réparties au hasard, l'analyse de variance réalisée sur ces dosages montre qu'il n'y a pas de différence significative entre la partie enfouie et la partie non enfouie, mais que la moyenne des microparcelles témoin (non fertilisée) présente des quantités d'azote supérieures aux autres parcelles (29,7 kg d'azote minérale pour les N0 contre 18,7 kg/ha pour les autres modalités). Toutefois cette différence de 10 kg/ha reste faible par rapport aux doses d'engrais utilisées.

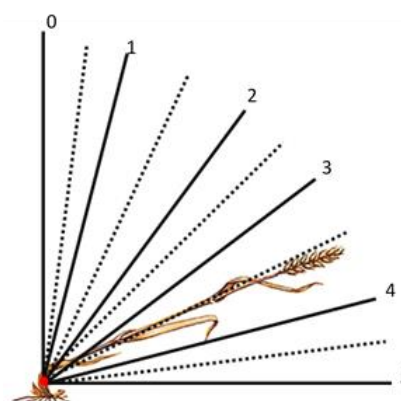
2.4 Bio-agresseurs

L'enherbement : les adventices furent notées sur les 4 répétitions en fonction de leur classe de densité selon le tableau présenté ci-contre le 20 mai 2016. Les résultats sont présentés dans le graphe 2 ci-contre qui ne tient compte que des principales espèces rencontrées. On remarque deux choses principalement, tout d'abord la moindre pression des adventices en absence de fertilisation (les 2 modalités N0) et la moindre pression là où le fertilisant fut enfouie. Ce dernier point vient du fait que le binage est beaucoup plus efficace que la herse étrille pour lutter contre les adventices, notamment quand celles-ci sont développées.

Note	Adventices/m ²
0	Absence d'adventices
1	1 à 5 adventices/m ²
2	6 à 20 adventices/m ²
3	21 à 50 adventices/m ²
4	51 à 100 adventices/m ²
5	>100 adventices/m ²

Les maladies : la principale maladie observée est la rouille jaune qui fut présente sur feuille et sur épis. Il y eu trois périodes de relevés maladies, au gonflement le 25 avril sur feuilles, à fin floraison le 19 mai sur feuille et épi, et ensuite le 14 juin mais à cette dernière date le feuillage était grillé. Le 25 avril la note 4 fut attribuée à l'ensemble des modalités quel que soit la dose ou l'enfouissement, la note 4 correspond à 100% de pieds atteint avec en moyenne pour la F1 et la F2 10% du feuillage atteint. Le 19 mai la note est de 5 pour toutes les modalités (100% des plantes atteintes et 25% de feuillage atteint en moyenne sur F1 et F2). La rouille jaune ne semble donc pas relier à un niveau de nutrition en azote. Sur épi la note est de l'ordre de 2,5 soit 50% des épis touchés avec de l'ordre de 10% de l'épi atteint.

Les ravageurs : ils furent très discrets cette année y compris les pucerons.



2.5 Verse

Peu de temps avant la récolte, de la verse fut observée sur certaines modalités, des notes furent attribuées selon le schéma ci-contre. Les résultats sont présentés dans le graphe n° 3. La verse est présente sur les parcelles où le fertilisant fut enfoui, très rarement en absence d'enfouissement. Ainsi il semble bien que l'enfouissement du fertilisant a occasionné quelques dégâts sur les racines des plantes ayant engendré la verse. L'an prochain la largeur de travail du vibroculteur ayant permis l'enfouissement du fertilisant sera diminuée.

Graphe n°3 : note de verse

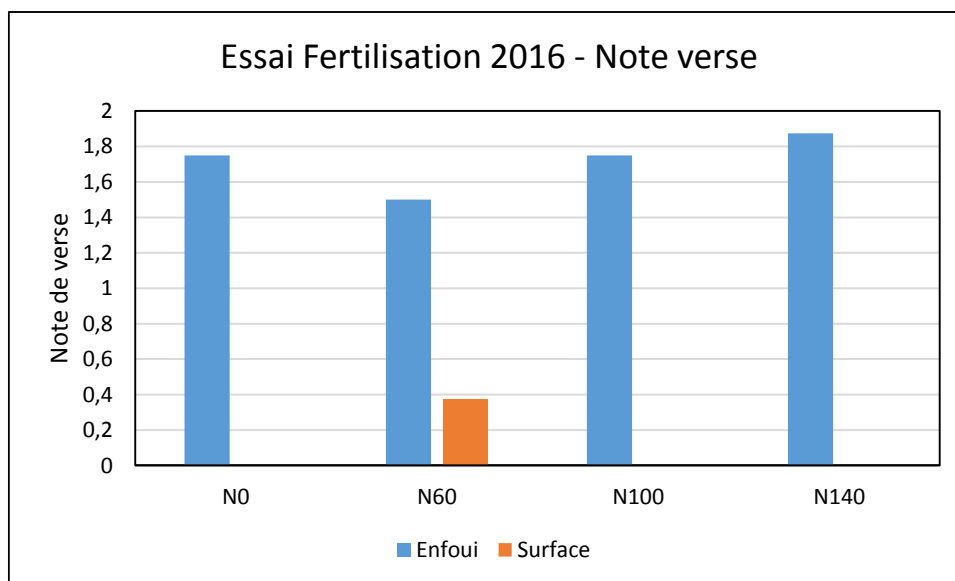
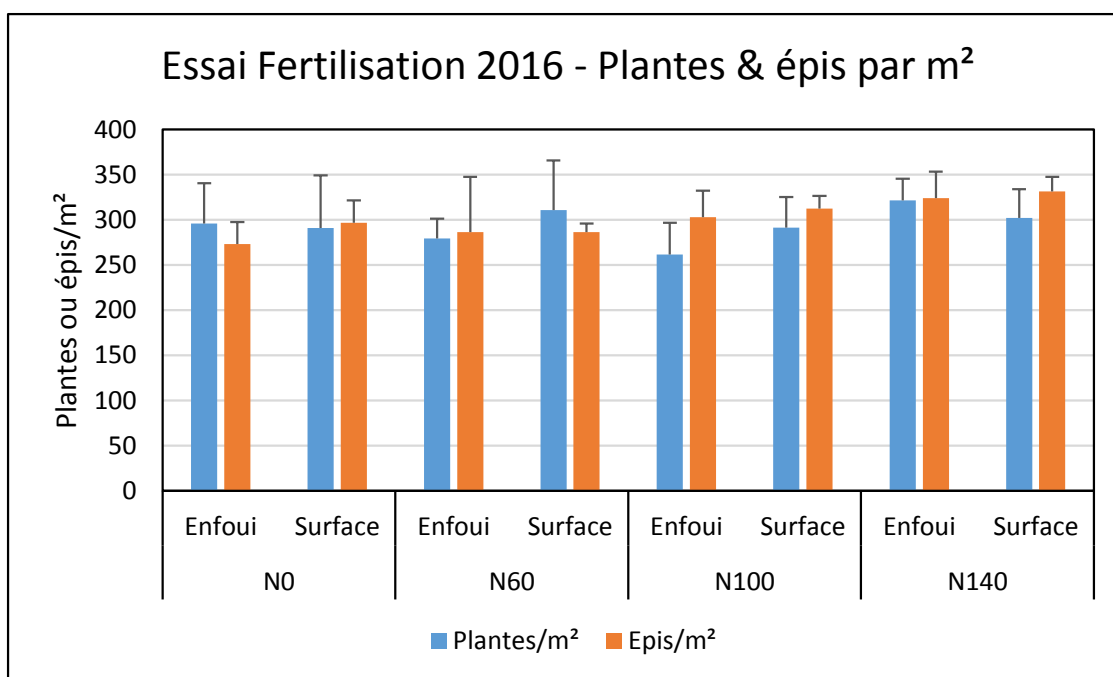


Tableau 4 : Composantes du rendement

Modalités	Plantes/m ²	Tallage	Epi/m ²	Grains/épi	Grains/m ²	PMG (g)
N0-SURF	290,9	1,04	296,7	17,75	5213,6	32,40
N0-ENF	295,9	0,93	273,4	19,51	5334,0	32,34
N60-SURF	310,8	0,94	286,3	20,57	5891,9	32,69
N60-ENF	279,5	1,02	286,4	22,08	6349,2	32,84
N100-SURF	291,5	1,08	312,4	23,00	7167,4	31,67
N100-ENF	261,6	1,17	302,8	23,60	7177,7	31,63
N140-SURF	302,2	1,11	331,7	24,49	8145,7	30,94
N140-ENF	321,5	1,01	323,9	24,23	7869,7	30,98
MOY-SURF	298,8	1,04	306,8	21,45	6604,7	31,93
MOY-ENF	289,6	1,03	296,6	22,36	6682,7	31,95
Moyenne	294,2	1,04	301,7	21,90	6643,7	31,94

Graphe n°4 : Plantes et épis/m²



3 Résultats

L'étude statistique des résultats est réalisée avec une analyse de variance à deux facteurs (split-plot) au risque $\alpha = 5\%$ avec comme facteur 1 l'enfouissement et comme facteur 2 la dose d'azote apportée.

3.1 Composantes du rendement (cf. tableau 4 et graphe n°4)

Les plantes levées : nous obtenons en moyenne 294,2 plantes/m² ce qui correspond à une perte moyenne de 15,9% ce qui est relativement faible mais ces comptages furent réalisés avant les passages de herse étrille.

Le nombre d'épi et le tallage : le tallage fut faible avec une moyenne de 1,05 sans différence notable entre modalités, comme bien souvent le tallage le plus élevé correspond à la modalité où le nombre de plante levée était le plus faible (N100-Enfoui dans le cas présent). Le nombre moyen d'épis/m² est de 301,7 ce qui est en dessous de l'objectif de 400 épis/m². Les conditions hydromorphes de janvier et février ont probablement limité le tallage des cultures. L'analyse de variance ne distingue pas d'effet de l'enfouissement sur le nombre d'épis produits, mais distingue un effet dose : la modalité avec 140 unités d'azote/ha permet d'obtenir le nombre d'épis le plus élevé, les autres modalités se situent dans un même groupe homogène. La fertilisation a permis de limiter la régression des talles présentes, mais seulement avec la dose la plus importante parmi celles testées.

La fertilité épi ou nombre de grains par épi : nous obtenons en moyenne 21,9 grains/épi ce qui est particulièrement faible, la rouille jaune fut probablement un facteur limitant pour cette composante. A nouveau l'analyse de variance ne distingue pas d'effet en lien avec l'enfouissement du fertilisant mais montre qu'il existe des différences significatives en lien avec la dose d'azote apportée : les modalités N140 et N100 sortent dans un même groupe homogène (a) avec en moyenne 23,8 grains/épi : la modalité N60 est présente dans les deux groupes homogènes (a et b) et la modalité N0 dans le groupe homogène (b).

Le nombre de grains/m² : cette composante tient compte à la fois du nombre de grains/épi et du nombre d'épi. La moyenne est de 6 643,7 grains/m² ce qui est assez faible, l'objectif étant d'atteindre les 10 000 grains/m². A nouveau on ne distingue pas d'effet en lien avec l'enfouissement, mais un effet dose bien marquée, chaque dose d'azote apportée sort d'un groupe homogène distinct, plus l'apport d'azote fut élevé et plus le nombre de grains/m² l'est aussi.

Le Poids de Mille Grains (PMG) à 15% d'humidité : le PMG moyen est de 31,94 g valeur un peu faible mais Noyal est une variété à petits grains (le PMG de la semence était de 34 g). Comme cela arrive souvent, le PMG a tendance à diminuer avec la fertilisation azotée, ceci est à mettre en relation avec le nombre de grains/m², plus le nombre de grains produit est élevé est plus le remplissage peut être limité.

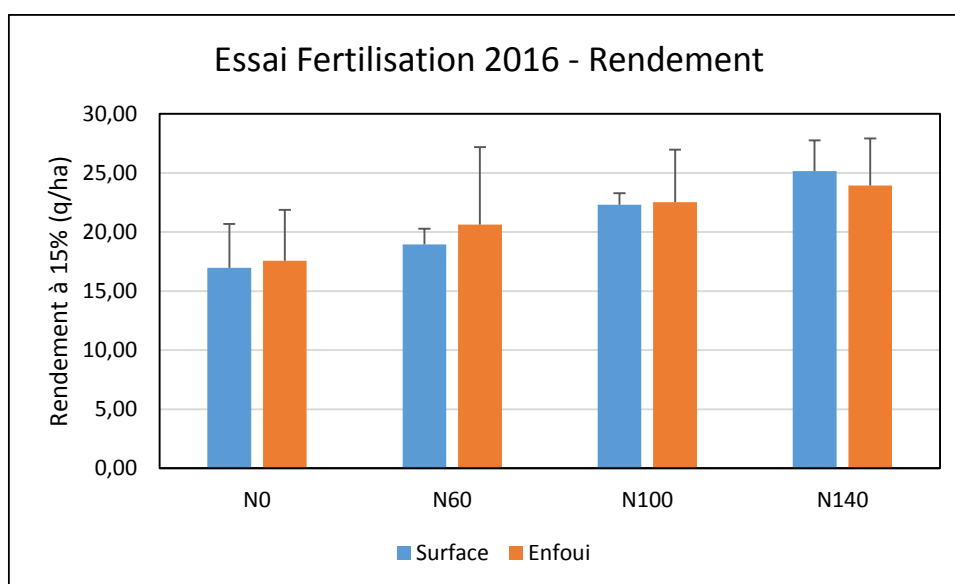
3.2 Le rendement et la qualité (cf. tableau 5 et graphes n°5 et 6)

Le poids spécifique (PS) : comme pour le PMG on observe à nouveau une relation inverse entre le poids spécifique et la fertilisation pour les mêmes raisons que celles énoncées ci-dessus. On constate également que le poids spécifique est faible, inférieur à la norme des 76 kg/hl. L'analyse de variance permet de distinguer l'effet des doses d'azote apportées, le témoin non fertilisé présente le PS le plus élevé (73,3 kg/hl groupe a) ; suivi par la dose à 60 unités (72,0 kg/hl groupe b) les deux autres modalités ne se distinguent pas avec en moyenne 70,7 kg/hl (groupe c).

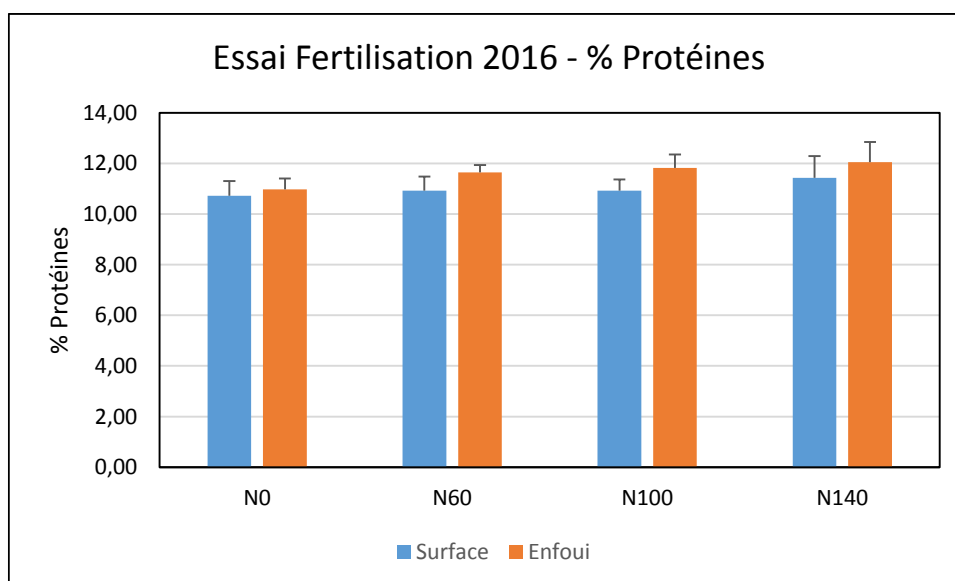
Tableau 5 : Rendement et qualité

Modalités	PS (kg/hl)	Rendement à 15% (q/ha)	% Protéine	W	P/L
N0-SURF	73,4	16,9 c	10,73 b	198	0,61
N0-ENF	73,2	17,3 c	10,98 b	184	0,52
N60-SURF	72,1	19,2 b	10,93 ab	204	0,53
N60-ENF	72,0	20,9 b	11,65 ab	191	0,63
N100-SURF	71,0	22,7 a	10,93 ab	213	0,57
N100-ENF	70,9	22,7 a	11,83 ab	237	0,51
N140-SURF	70,3	25,2 a	11,43 a	233	0,43
N140-ENF	70,7	24,4 a	12,05 a	240	0,47
MOY-SURF	71,7	21,0	11,00	212	0,54
MOY-ENF	71,7	21,3	11,63	213	0,53
Moyenne	71,7	21,2	11,31	212,5	0,53

Graphe n°5 : Rendement



Graphe n°6 : % Protéine



Le rendement à 15% d'humidité : le rendement moyen de l'essai est de 21,2 q/ha valeur faible en lien avec la variété et sa sensibilité à la rouille jaune. Comme jusqu'à présent, l'analyse de variance ne distingue pas d'effet lié au fertilisant, mais distingue un effet de la dose d'azote apportée. Les doses de 140 et 100 unités d'azote/ha permettent le rendement le plus élevé avec en moyenne 23,7 q/ha (groupe a) ; la dose avec 60 unités d'azote est intermédiaire avec 20,1 q/ha (groupe b) et le témoin se classe dernier avec 17,1 q/ha.

La teneur en protéine : nous obtenons une teneur en protéine moyenne de 11,3%. Comme pour les résultats précédents, l'analyse de variance ne montre pas de différence significative de teneur en protéine en lien avec l'enfouissement du fertilisant. Par contre nous observons des gains de protéines en lien avec la dose d'azote apportée : La modalité avec 140 unité permet l'obtention des teneurs en protéines les plus élevées avec 11,74% (groupe a) ; les doses de 100 et 60 unités ne se distinguent pas avec en moyenne 11,33 % (groupes a et b), le témoin non fertilisé se classe dernier avec 10,85% de protéine (groupe b). Il existe tout de même un effet de l'enfouissement sur la teneur en protéine, sur les modalités enfouies le gain moyen est de 0,63% toutefois ce gain se situe juste au dessus du seuil de significativité.

La qualité boulangère : compte tenu de l'obtention de teneur en protéine satisfaisante, la force boulangère (W) l'est aussi, elle atteint la valeur de 200 pour presque toutes les modalités à l'exception du témoin non fertilisé qui n'atteint pas les 11% de protéine. La fertilisation permet donc d'augmenter la force boulangère des blés et permet ainsi de sécuriser le débouché en blé panifiable. Le lien avec le P/L indicateur de l'équilibre de la pâte est moins clair, mais dans le cas présent les valeurs restent proches de l'optimum qui se situe vers 0,6. On remarque que la fertilisation a tendance à faire diminuer la valeur du P/L en augmentant la valeur du L (extensibilité ou gonflement de la pâte).

3.3 Suivi de l'état nutritionnel des blés en végétation (cf. graphes en annexe pour le stade floraison)

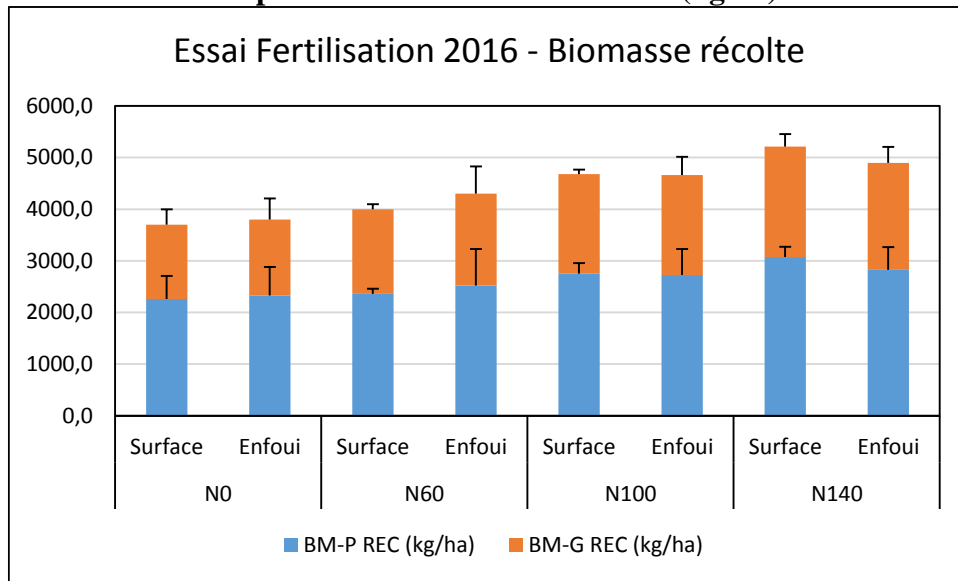
Stade épi 1 cm : Le stade épi 1 cm est apparu autour du 14 mars soit relativement tôt en lien avec la précocité de la variété et la douceur de l'hiver. La biomasse moyenne produite est de 1,24 t_{MS}/ha ce qui est plutôt supérieure aux valeurs des autres années. La quantité d'azote absorbée dans les parties aériennes est en moyenne de 23,6 kg/ha ce qui correspond à des valeurs moyennes. L'indice de nutrition azoté moyen est de 0,45 valeur plus faible que d'habitude.

Pour aucune de ces données nous n'observons de différences significatives, ce qui est normal car le fertilisant n'avait pas été apporté à cette date. Les quantités d'azote absorbées sont un peu faible par rapport à la biomasse produite et la faible valeur de l'indice de nutrition azoté montre que les blés souffrent d'une carence en azote précoce, à mettre en lien avec les conditions hydromorphes de janvier et février.

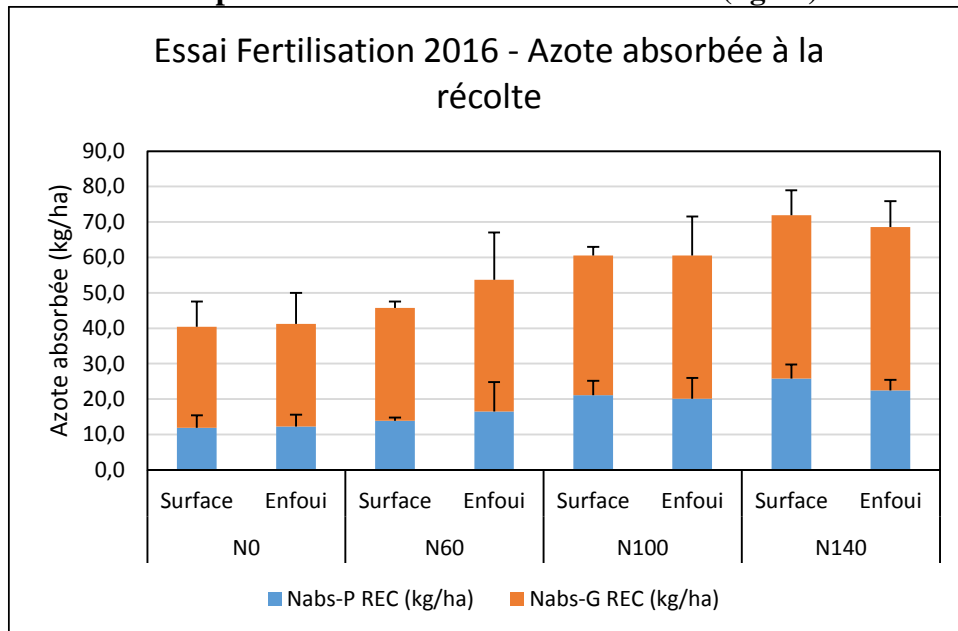
Stade floraison : Ce stade est apparu le 11 mai soit à une date normale par rapport à la précocité de la variété. Il s'est écoulé 43 jours entre l'apport de fertilisant et le stade floraison et 103 mm de précipitations. A ce stade la biomasse moyenne des parties aériennes est de 4,38 t_{MS}/ha valeur un peu plus faible que la moyenne. La quantité d'azote absorbée dans les parties aériennes est en moyenne de 52,3 kg/ha valeur également un peu en deçà de la moyenne. L'indice de nutrition azote est en moyenne de 0,42 valeur guère plus faible qu'au stade épi 1 cm, ce qui montre que les blés sont carencés mais qu'ils ont pu absorber de l'azote entre le stade épi 1 cm et floraison.

Comme précédemment, l'analyse de variance fait ressortir des différences significatives en liens avec la dose d'azote apportée mais pas avec l'enfouissement. Pour chacune de ces données (biomasse floraison, quantités d'azote absorbées et indice de nutrition azoté), la dose 140 unités sort dans le groupe A, la dose de 100 unités dans les groupes A et B ; la dose de 60 unités sort dans les groupes B et C et le témoin dans le groupe C.

Graphe n°7 : Biomasse à la récolte (kg/ha)



Graphe n°8 : Azote absorbée à la récolte (kg/ha)



3.4 Azote absorbé à la récolte et coefficient apparent d'utilisation (graphes n°7 et 8)

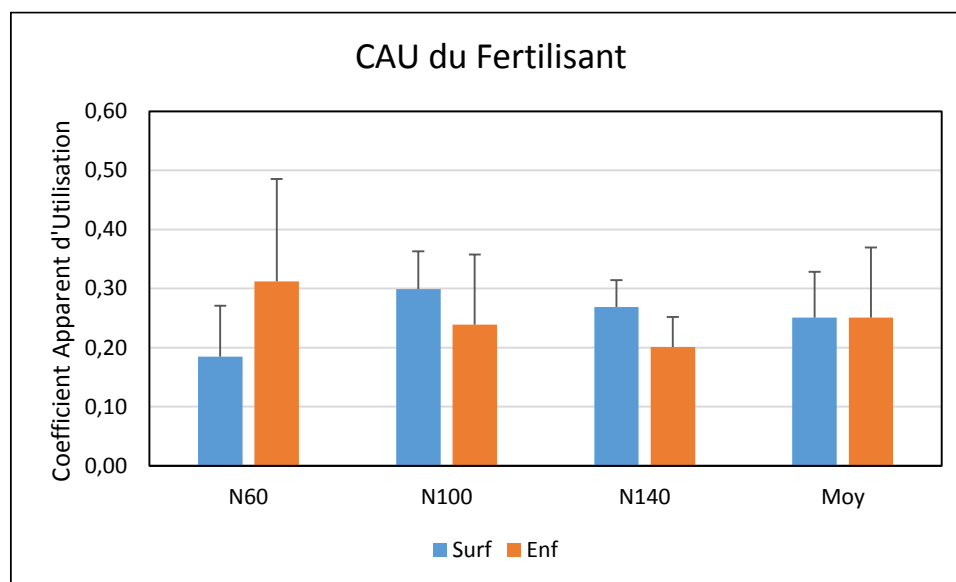
A la récolte, la biomasse des pailles est en moyenne de 3,37 t_{MS}/ha et celle des grains de 2,33 t_{MS}/ha. Le rapport BM-Paille / BM-Grain est de 1,46. Cette valeur est plus élevée que la moyenne, alors qu'il s'agit d'une variété à paille courte, ce qui indique qu'il y a eu des facteurs limitants importants pour faire de la biomasse de grains.

De plus nous observons des différences significatives en lien avec la dose d'azote apportée aussi pour les teneurs en azote des pailles et pour les quantités d'azote absorbées par les pailles. Ce résultats est plutôt atypique, et montre qu'il y a eu un problème de translocation de l'azote des feuilles vers les grains. Ceci est à mettre en relation avec les fortes attaques de rouille jaune observées sur feuilles et sur épis. Pour les teneurs en azote des grains l'analyse de variance présente une différence significative, la dose de 140 unités a permis d'obtenir une meilleur teneur en azote que les autres doses. D'habitude l'étude de la teneur en azote des grains est plus discriminante, ce qui confirme les problèmes de remobilisation d'azote des feuilles vers les grains.

Si on regarde les quantités totales d'azote absorbé par les blés (paille + grains), l'analyse de variance distingue les 4 modalités de dose dans un groupe homogène différents, mais toujours pas l'effet de l'enfouissement.

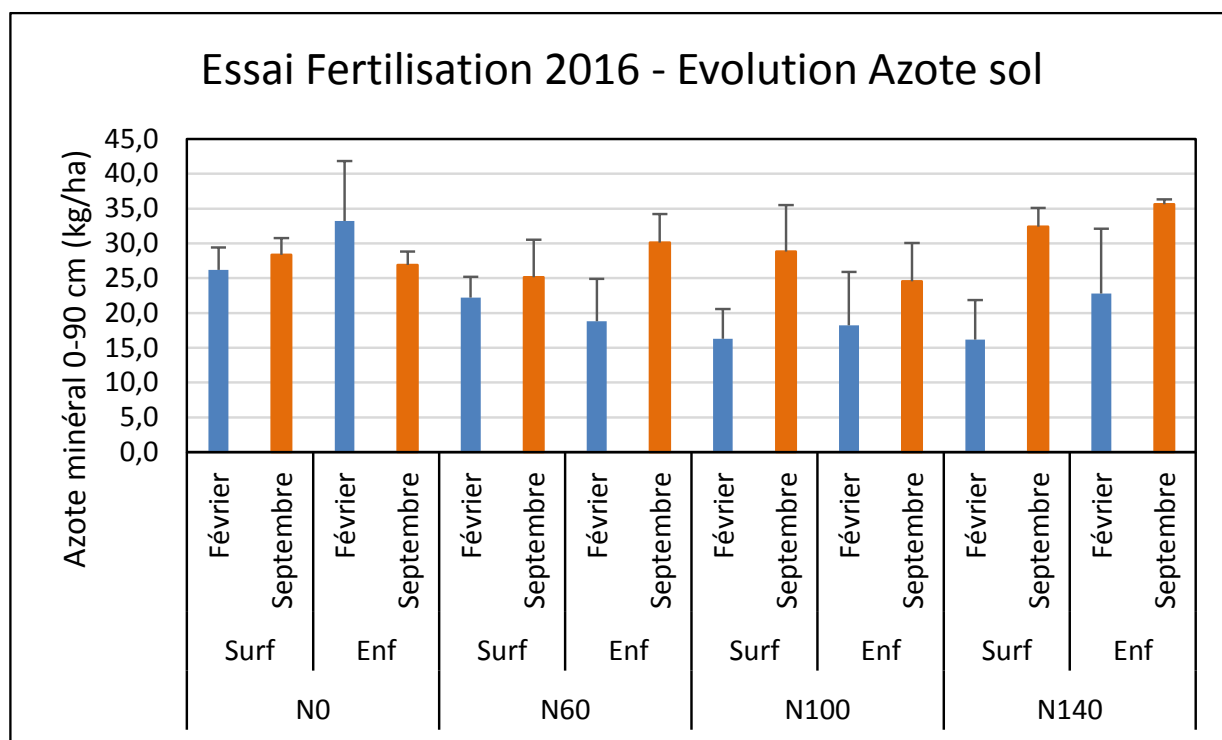
Ainsi il y a bien des différences d'absorption d'azote par les blés selon la dose apportée, mais il y a eu ensuite un problème de migration de l'azote des feuilles vers les grains du fait de la rouille jaune (en général de 70 à 75% de l'azote des grains provient de remobilisation de l'azote issue des dernière feuilles).

Le coefficient apparent d'utilisation (CAU) : les résultats concernant le CAU sont à prendre avec précautions de par la forte variation entre les différentes parcelles :



En moyenne on n'observe pas de différence d'efficacité en lien avec l'enfouissement ou non du fertilisant. L'efficacité mesurée correspond aux valeurs moyennes observées soit de l'ordre de 25% d'efficacité.

Graphe n°9 : Evolution azote sol



3.5 Evolution azote sol (graphe n°9)

Les prélèvements post récolte furent réalisés en septembre suite à une panne du préleveur en juillet. Toutefois les conditions très sèches de l'été n'ont pas engendré de lixiviation de l'azote. Après la récolte, l'analyse de variance n'est pas significative et ne permet pas de distinguer des différences entre modalités. Ainsi il n'est pas possible de dire qu'une partie de l'engrais n'a pas été utilisé par les cultures.

3.6 Approche économique

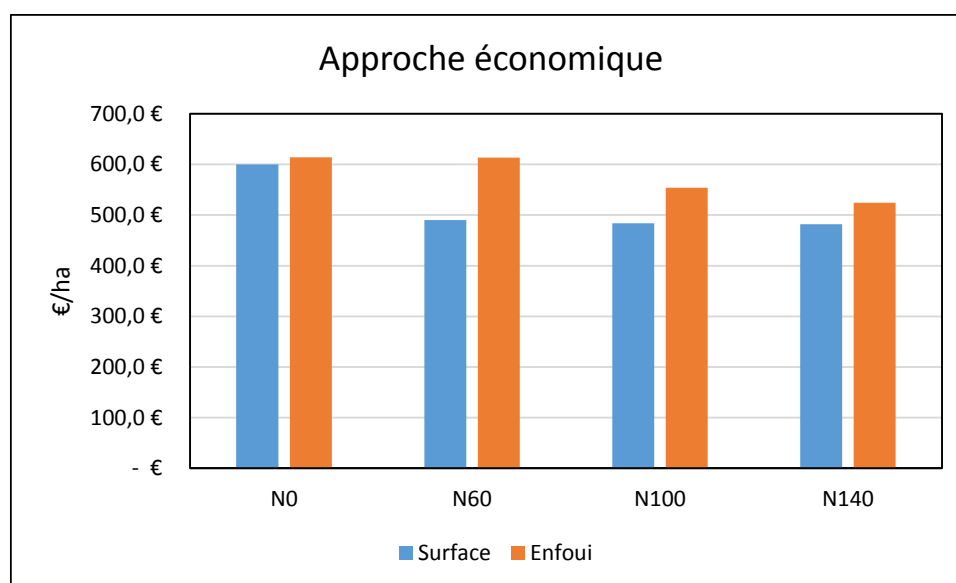
Cette approche a pour but de voir si l'usage du fertilisant permet des gains économiques, toutefois elle ne tient compte que du prix du blé (avec un différentiel lié à la teneur en protéines), et du coût du fertilisant. Le coût des passages d'outils (épandeur, bineuse et herse étrille) ne sont pas pris en compte, ni les autres interventions (semis, récolte ...) qui sont équivalentes sur chaque modalités.

Le coût du fertilisant 7-4-2 est de 225 €/t, soit 3,21 € le coût de l'unité d'azote (2,84 € l'unité en tenant compte de la teneur analysée qui est de 7,91%).

Le prix du blé est présenté dans le tableau ci-dessous :

% Protéine	10,50 à 10,99	11,00 à 11,49	11,50 à 11,99	12,00 à 12,49
Prix €/t	355	370	385	400

Les résultats sont présentés dans le graphe ci-dessous :



On remarque deux choses pour les résultats de l'année :

- Le coût du fertilisant ne fut pas compensé par les gains de rendement et/ou de teneur en protéine, toutefois les faibles rendements obtenus sont avant tout à mettre en lien avec la forte attaques de rouille jaune qui fut le 1^{er} facteur limitant sur l'essai (à titre de comparaison sur l'essai variétés de blé situé sur la même parcelle le rendement moyen est de 37,4 q/ha sans fertilisation et de 41,9 q/ha avec fertilisation)
- L'enfouissement du fertilisant via l'accroissement de la teneur en protéine du blé a permis d'obtenir une marge plus conséquente qu'en absence d'enfouissement

Toutefois compte tenu des difficultés rencontrées, une confirmation de ces données est nécessaire sur une variété non pénalisée par les maladies et en limitant également les dégâts occasionné par le binage.

4 Discussion, conclusion

Attention aux résultats présentés, car trois points ont perturbé les résultats de l'essai : la rouille jaune, l'enfouissement en tant que tel (plus forte variation du rendement sur la zone avec enfouissement que sur celle sans) qui a probablement abimé les racines des plantes, engendrant la verse et l'hydromorphie temporaire de janvier et février.

La rouille jaune fut probablement le facteur pénalisant, son effet s'observe à la fois via la valeur du rapport poids des pailles / poids des grains qui est beaucoup plus élevé que d'habitude, mais aussi par les quantités d'azotes absorbées dans les pailles qui sont différentes entre modalités. En effet en situation plus normale l'azote des feuilles est remobilisée vers les grains ce qui fait que les quantités dans les pailles sont peu différentes entre modalités.

Vis-à-vis de la fertilisation des blés nous pouvons dire :

- Que la rouille jaune ne semble pas être en lien avec les quantités d'azote apportée, les notes sont les mêmes quelle que soit la dose apportée
- Que l'azote apportée permet des gains : sur le nombre d'épis produit, sur le nombre de grains par épis et donc sur le nombre de grains/m² et le rendement
- Que l'azote apporté permet une augmentation significative de la teneur en protéine des blés, elle-même en lien avec la qualité boulangère
- Que l'azote a tendance aussi à favoriser le développement des adventices

Vis-à-vis de l'enfouissement du fertilisant les résultats sont plus difficile à interpréter, toujours à cause de la rouille jaune qui a gommé un éventuel effet, mais aussi parce que l'enfouissement a probablement engendré des dégâts sur les racines (verse avant récolte). Cette année nous pouvons dire :

- Que l'effet de l'enfouissement fut principalement un effet binage qui a permis de mieux contrôler les adventices
- Il semble que l'enfouissement fut favorable à l'obtention de teneur en protéines plus élevées (+0,63%), cet effet n'est pas significatif au seuil de 5% mais l'est au seuil de 7% (c'est-à-dire qu'on accepte 7% de chance de se tromper)

Afin de clarifier l'effet de l'enfouissement sur l'efficacité du fertilisant, cet essai sera reconduit avec une autre variété et avec un écartement de binage plus modéré.

Annexe 1 : Plan de l'essai

Route de Pessan								
	1	2	3	4	5	6	7	8
Bloc 4	N140	N0	N60	N100	N140	N0	N60	N100
Bloc 3	N100	N140	N0	N60	N100	N140	N0	N60
Bloc 2	N0	N60	N100	N140	N0	N60	N100	N140
Bloc 1	N60	N100	N140	N0	N60	N100	N140	N0
Enfoui					Non Enfoui			

Annexe 2 : Climatologie campagne 2015-2016

Les références à la moyenne concernent la moyenne des 20 dernières années

Automne 2015 (octobre à décembre)

Après un mois d'octobre assez frais (-1,3°C par rapport à la moyenne) novembre et décembre furent très doux (+2,1°C et +2,9°C) Les 1ères gelées sont arrivées les 23 et 24 novembre (-3,3 et -4,3 °C). En décembre il y eut huit jours avec des gelées matinales mais peu prononcées (maximum -2,6°C). L'automne fut également très sec avec un cumul de 71 mm en trois mois pour une moyenne de 174 mm avec un mois de décembre très sec (8,4 mm). Les semis furent donc réalisés en conditions de sols secs. Le 18 décembre nous avons réalisé le 1^{er} désherbage à agressivité modéré sur blé (stade 2 feuilles) et sur féverole (stade levée) sans dégâts sur les cultures.

Hiver 2015-2016 (janvier à mars)

Le début de l'hiver fut toujours très doux, un peu moins en mars (+2,6°C en janvier, +1,8°C en février et -0,5°C en mars). Par contre janvier et février furent très arrosés avec 203 mm pour une moyenne de 111 mm. Mars présente des pluies au niveau de la moyenne. Par contre pour ces trois premiers mois de l'année l'ensoleillement fut déficitaire. Les températures douces sans gel, associée à des pluies abondantes ont engendrés des sols tassés limitant l'effet des désherbages mécaniques. De plus le nombre de jours disponibles pour réaliser les travaux sur sols ressuyés fut très réduit.

Printemps 2016 (avril à juin)

Les trois mois du printemps sont très proches de la moyenne pour les températures et les précipitations, à l'exception de juin un peu sec. Avril et mai présente encore des durées d'ensoleillement limitées.

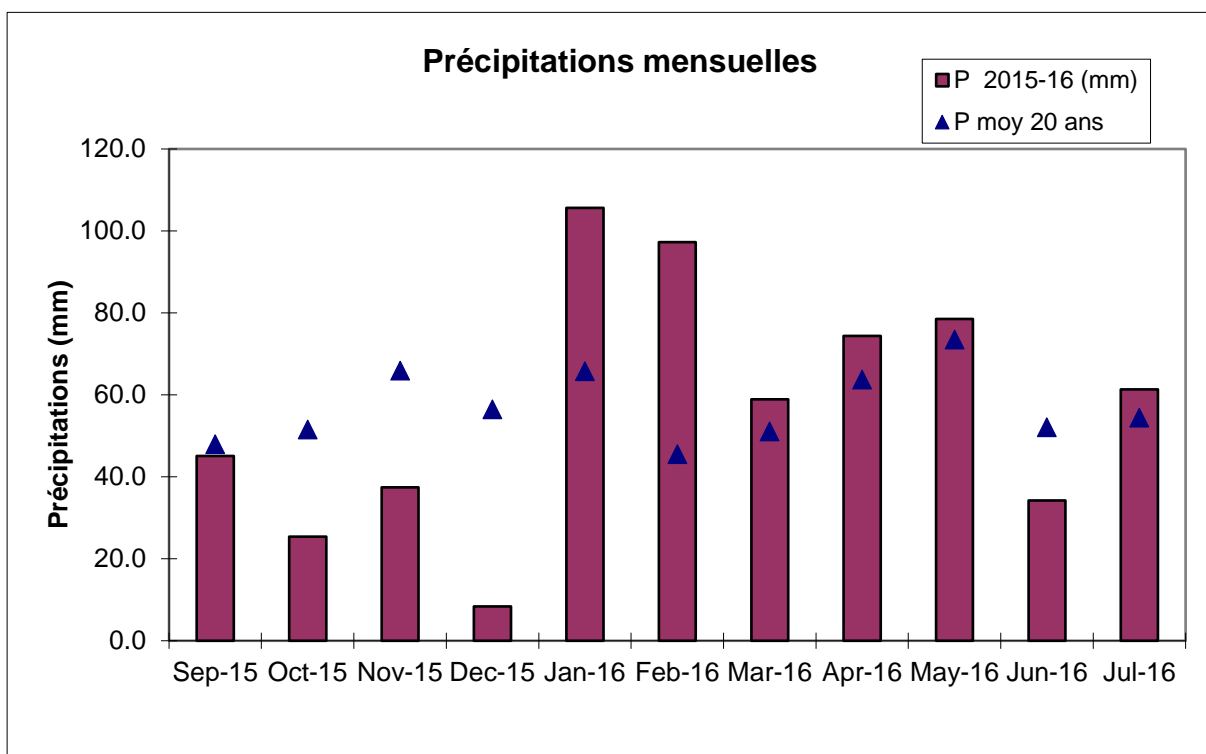
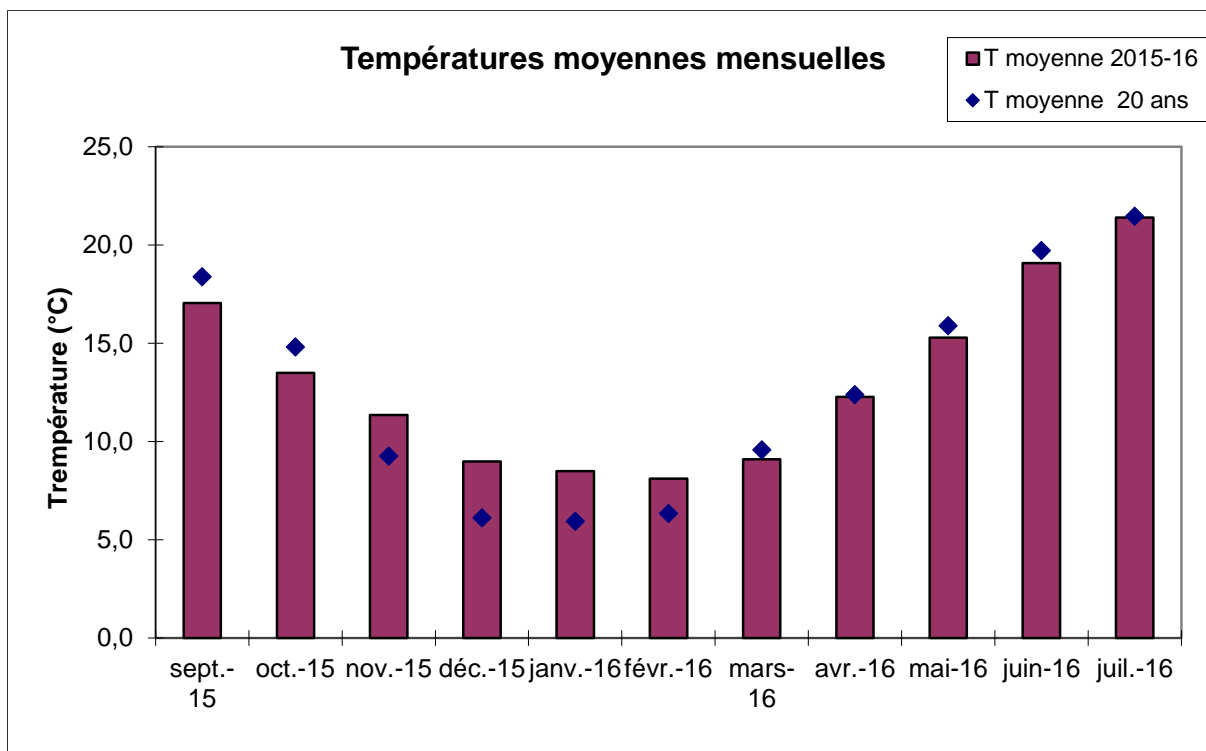
Les températures fraîches de fin avril et début mai (2,1°C le 19 avril, 2,2°C le 2 mai, 3°C le 4 et 3,9°C le 5 mai) associées à une faible insolation peuvent avoir engendré des problèmes de stérilité male sur blé tendre (froid à la méiose environ 10 jours avant épiaison). Ces conditions furent également favorables au développement de la septoriose sur blé et du botrytis sur les fèves.

Les pluies des 10 et 11 juillet ont entraîné un petit décalage de la récolte sans conséquences.

Etat des cultures

Compte tenu des précipitations les levées furent rapides. Suite aux températures douces, les stades de développement du blé sont apparus précocement : sur l'essai fertilisation (variété Nogal, très précoce) le stade épi 1 cm est apparu le 14 mars, pour Renan aux alentours du 24 mars.

Maladies : certaines variétés de blés ont connues de fortes attaques de rouille jaune dès début mars (Corbetta), cette variété présente maintenant une dernière feuille saine, c'est actuellement Nogal la variété la plus touchée, la rouille jaune est montée jusqu'aux épis. L'année fut également marquée par une pression assez forte de la septoriose, la rouille brune est apparue tardivement principalement début mai.



Annexe 3 : Protocole notation maladie

Réseau criblage variétal – ITAB

Protocole de notation globale des maladies foliaires des céréales

Édition : mai 2015

Rédacteurs : François BOISSINOT (CRAPL), Philippe DU CHEYRON (Arvalis-Institut du végétal), Laurence Fontaine (ITAB)

Domaine d'application

Ce protocole doit être utilisé pour réaliser des notations globales des maladies des feuilles ou des épis des céréales à paille.

Principe

L'objectif est d'estimer visuellement l'intensité d'une maladie foliaire (ou des épis) sur un ensemble de plantes.

- L'INTENSITE d'une maladie (surtout foliaire) est estimée visuellement sur un ensemble de plantes d'une même zone homogène.
- La NOTATION est GLOBALE et intègre le pourcentage de plantes atteintes, le nombre de strates atteintes et le pourcentage de surface foliaire atteinte par la maladie.
- 2 ZONES élémentaires minimum d'une même parcelle expérimentale (environ 15 m²) sont notées par un ou plusieurs notateurs.
- La MOYENNE des notes correspondant au même traitement représente l'INTENSITE de la maladie visible le jour de la notation.

Quoi noter ?

Surtout les maladies foliaires	De manière générale, cette méthode s'adresse aux maladies FOLIAIRES. Elle peut être utilisée pour des maladies des épis. Elle est à EVITER, si la maladie est difficile à visualiser (ex : maladies du pied comme le piétin, la fusariose, le rhizoctone...).
Une seule maladie à chaque fois	L'estimation de l'intensité ne porte que sur UNE SEULE MALADIE notée spécifiquement. Plusieurs maladies présentes au même moment d'une observation sont notées séparément .
Les symptômes visibles	L'estimation visuelle se fait en observant les SYMPTÔMES bien reconnus, sans manipulation excessive (arrachage...) de plantes au moment de la notation.

Où noter ?

Une note pour une zone élémentaire	Une parcelle expérimentale (environ 15 m ²) est notée à partir de plusieurs « petites » zones élémentaires. 2 zones minimum par parcelle expérimentale. Une note est attribuée à chaque zone.
Une zone est une petite surface proche du notateur	La taille de la zone est laissée à l'initiative de chaque notateur. Mais la surface est proche et correspond à un champ de vision limitée après arrêt dans la parcelle. <u>Exemple 1 :</u> Le notateur reste debout et note par vue de dessus la présence globale de la maladie visible sur l'ensemble des dernières feuilles dans un rayon de 50 à 100 cm devant lui... <u>Exemple 2 :</u> Le notateur écarte la végétation avec le bras ou un bâton perpendiculairement aux lignes de semis et note globalement la présence de la maladie. Remarque : il est conseillé au(x) notateur(s) d'observer les symptômes sur une végétation ombragée en conservant une orientation « dos au soleil » en cas de fort ensoleillement par exemple.

Quand noter ?

L'objectif est de suivre l'évolution des maladies. Donc :

- Prévoir 3 passages avec notation (2 a minima)
- À partir du stade montaison, jusqu'au stade remplissage du grain

Comment noter ?

Tableau 1 : échelle de notation pour les maladies foliaires (sauf rouilles)

Note	Etages de feuilles atteints	Plantes affectées	Surfaces foliaires attaquées <i>(moyenne sur F1 et F2)</i>
0	absence de dégâts		
1	F3 uniquement	< 50 %	traces sur F3
2	F3 uniquement	> 50 %	< 50% sur F3
3	F1, F2 et F3	25 %	< 10 %
4	F1, F2 et F3	25 %	10 % < X < 20 %
5	F1, F2 et F3	50 %	20 % < X < 30 %
6	F1, F2 et F3	100 %	30 % < X < 40 %
7	F1, F2 et F3	100 %	40 % < X < 50 %
8	F1, F2 et F3	100 %	50 % < X < 60 %
9	F1, F2 et F3	100 %	60 % < X < 70 %
10	F1, F2 et F3	100 %	> 70 %

Tableau 2 : échelle de notation pour les maladies foliaires (rouille jaune et rouille brune)

Note	Plantes affectées	Surfaces foliaires attaquées <i>(moyenne sur F1 et F2)</i>
0	absence de dégâts	
1	traces	traces
2	< 50 %	10 %
3	> 50 %	10 %
4	100 %	10 %
5	100 %	25 %
6	100 %	50 %
7	100 %	60 %
8	100 %	75 %
9	100 %	90 %
10	100 %	100 %

Tableau 3 : échelle de notation pour les maladies sur épis (rouille jaune)

Note	Plantes affectées	Surface de l'épi attaqué
0	absence de dégâts	
1	traces	traces
2	< 50 %	10 %
3	> 50 %	10 %
4	100 %	10 %
5	100 %	25 %
6	100 %	50 %
7	100 %	60 %
8	100 %	75 %
9	100 %	90 %
10	100 %	100 %

Remarque pour la rouille jaune :

- Être sûr de la présence de rouille jaune, **ne noter que si le diagnostic est confirmé** (par exemple : éviter la confusion avec de la sénescence ou de la septoriose).
- Si note RJ > 7, ne pas noter d'autres maladies (risques de confusion).
- **Épis atteints** : réaliser une note à part (ouvrir quelques glumes, la rouille jaune étant parfois à l'intérieur et non visible à l'extérieur).

Annexe 4 : Résultats à la floraison

