

Suivi de la minéralisation vernale en culture de froment et colza

Résultats d'expérimentations menées à GxABT



Ce document doit être cité comme suit :

Vandenberghe C., Meza R., Cartrysse C., Colinet G. 2014. *Suivi de la minéralisation vernale en culture de froment et colza. Résultats d'expérimentations menées à GxABT. Dossier GRENeRA 14-07*. 14p. In Vandenberghe C., De Toffoli M., Bah B., Imbrecht O., Bachelart F., Lambert R., Colinet G., 2014. *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne – Rapport d'activités annuel intermédiaire 2014 des membres scientifiques de Nitrawal*. Université catholique de Louvain et Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech, 65p. + annexes.

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	3
2. EXPÉRIMENTATION EN FROMENT	4
2.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	4
2.2. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	5
3. EXPERIMENTATION EN COLZA D'HIVER	10
3.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	10
3.2. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	12
4. SYNTHÈSE ET CONCLUSION.....	14

1. Introduction

Dans le cadre d'un conseil de fertilisation établi sur base de la méthode du bilan, un des termes de la fourniture d'azote est la minéralisation de la matière organique du sol.

En région limoneuse, les analyses réalisées par les laboratoires provinciaux indiquent que les parcelles cultivées contiennent de l'ordre de 1,5 g d'azote par kg¹, soit (en considérant 3000 tonnes de terre labourée par hectare) 4500 kg N/ha. La majeure partie de cet azote est liée à la matière organique et n'est donc disponible ni pour l'alimentation des plantes ni pour la lixiviation.

Néanmoins, sous l'effet des micro-organismes, cette matière azotée est digérée, décomposée et finalement minéralisée entre autre sous forme de nitrate. L'activité de ces micro-organismes est dépendante de facteurs climatiques (température et humidité), édaphiques (teneur en argile, en CaCO₃) et anthropiques (travail du sol).

Cette minéralisation représente annuellement plusieurs dizaines de kg d'azote nitrique et permet de fournir entre 1/3 et la moitié des besoins azotés d'une culture. Dans le cadre d'un conseil pour une fertilisation azotée optimale, son estimation revêt donc une importance toute particulière.

En 2014, GRENeRA a, dans ce cadre, participé à deux plates formes expérimentales mises en place sur les parcelles de Gembloux Agro-Bio Tech. La première, gérée par l'Unité de Phytotechnie des Régions Tempérées, est dédiée à un essai de fertilisation azotée du froment d'hiver ; la seconde, gérée par l'APPO², est vouée à un essai de fertilisation azotée du colza d'hiver. Ces expérimentations visent à améliorer les connaissances de la relation entre le rendement (qualitatif et quantitatif) et la fertilisation azotée.

Afin de pouvoir quantifier l'azote 'apporté' par la minéralisation, un objet « sol nu » a été ajouté à ces deux expérimentations. La quantification s'est faite par des mesures régulières de la concentration en azote nitrique du sol (sur une profondeur de 90 cm) dans divers objets dont l'objet « sol nu », de la fin de l'hiver au début de l'été.

D'un point de vue climatique, cette période a été caractérisée par un début d'année relativement chaud (sans épisode de gel), deux mois (mars et avril) anormalement secs et un mois de juillet très pluvieux (figure 1).

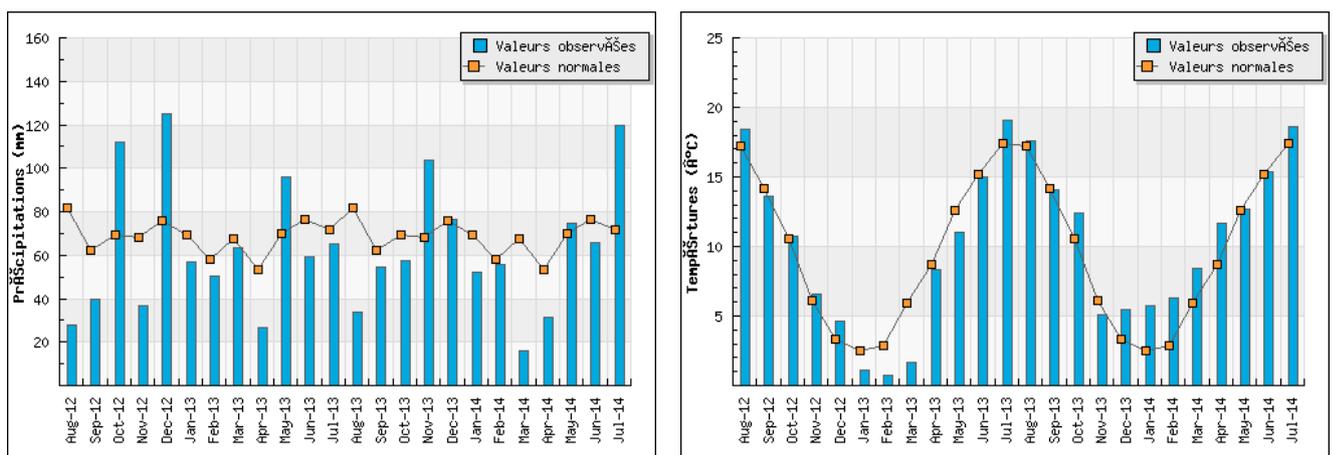


Figure 1. Température et pluviométrie à Gembloux (source : CRAw)³

¹ <http://requisol.requisud.be/element.php?param=N&minimap=1> consulté le 7 novembre 2014

² Association pour la Promotion des Protéagineux et Oléagineux (sise à Gembloux Agro-Bio Tech)

³ <http://www.cra.wallonie.be/fr/34/agrometeo> consulté le 7 novembre 2014

2. Expérimentation en froment

2.1. Matériel et méthode

La parcelle expérimentale se trouve à proximité de Gembloux (Lonzée), sa texture est principalement limoneuse et le précédent cultural est une betterave. Le froment d'hiver (variété KWS Ozon) a été semé le 21 octobre 2013 à une densité de 250 grains/m².

Quarante objets de fertilisation, en quatre répétitions, ont été installés sur cette parcelle (tableau 1).

Tableau 1. Détail des objets 'fertilisation azotée' en froment d'hiver

	T	R	DF	Tot		T	R	DF	Tot		T	R	DF	Tot	
1	0	0	0	0	16	75	-	75	150	31	-	-	-	-	Nue
2	50	-	-	50	17	-	75	75	150	32	0	0	0	0	0 N
3	-	50	-	50	18	75	75	75	225	33	50	60	75	185	Fum optimal ^{LB-3F}
4	-	-	50	50	19	75	75	50	200	34	-	100	75	175	
5	50	50	-	100	20	75	75	100	250	35	100	100	-	200	
6	50	-	50	100	21	-	75	50	125	36	100	-	100	200	
7	-	50	50	100	22	75	-	50	125	37	-	100	100	200	
8	50	50	50	150	23	-	75	100	175	38	100	100	100	300	
9	50	50	75	175	24	75	-	100	175	39	50	60	75	185	
10	50	50	100	200	25	100	-	-	100	40	80	-	105	185	
11	50	50	125	225	26	-	100	-	100						
12	50	75	50	175	27	-	-	100	100						
13	50	75	75	200	28	100	-	50	150						
14	50	75	100	225	29	-	100	50	150						
15	75	75	-	150	30	100	-	75	175						

Légende : T = tallage, R = redressement, DF = dernière feuille, Tot = T+R+DF
1^{ère} colonne = n° d'objet, colonnes suivantes = fertilisation azotée en kg N/ha

Les trois objets suivis (sol nu, 0 N et fertilisation optimale) se retrouvent dans chacun des quatre blocs (en grisé dans le tableau 2).

Tableau 2. Dispositif expérimental en froment d'hiver

	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
800	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	27	22	4	29	15	14	31	32	33	34
700	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	26	24	12	40	3	8	38	10	2	23
600	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	6	25	20	13	35	30	9	1	36
500	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7	18	16	39	19	28	21	37	5	17
400	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460
	29	28	19	3	23	12	35	2	37	6	17	29	28	19	37	15	24	16	7	21
300	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
	14	22	25	5	7	16	30	11	13	36	14	23	30	1	22	10	18	4	26	12
200	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
	38	9	26	1	10	20	8	21	27	4	2	6	5	11	40	36	8	3	35	27
100	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	15	40	18	39	24	31	32	33	34	17	39	20	31	32	33	34	38	13	9	25

Des échantillons de sol ont été prélevés à cinq reprises, de février à août 2014; le dernier échantillonnage ayant été réalisé quelques jours après la récolte du froment d'hiver. Grâce à l'absence de végétation, seul l'objet « sol nu » a pu être échantillonné en mai et juin (tableau 3).

Tableau 3. Programme d'échantillonnage de sol

Date	Objet	Sol nu	0 N	Fertilisation optimale
3 février 2014		X	X	X
12 mars 2014		X	X	X
8 mai 2014		X		
25 juin 2014		X		
6 août 2014		X	X	X

A chaque prélèvement, un échantillon composite a été constitué pour chaque répétition de chaque objet à partir de 8 carottes de sol prélevées à la gouge.

Les analyses (dosage de l'azote nitrique) ont été réalisées dans les 24 heures qui ont suivi l'échantillonnage, par le laboratoire de GxABT agréé pour ce type d'analyse (agrément APL).

2.2. Résultats et discussion

Le tableau 4 et la figure 2 illustrent les résultats (kg N-NO₃/ha) des analyses réalisées.

Tableau 4. Synthèse des résultats d'analyse (kg N-NO₃/ha)

Results for Objet = 0 N						
Variable	Mois	N	Mean	Minimum	Median	Maximum
0-90 cm	2	4	52,16	48,26	52,36	55,64
	3	4	7,18	3,14	7,68	10,23
	8	4	24,06	22,33	23,35	27,20
Results for Objet = N conseil						
Variable	Mois	N	Mean	Minimum	Median	Maximum
0-90 cm	2	4	54,49	48,57	52,50	64,37
	3	4	22,62	13,86	19,91	36,81
	8	4	40,75	29,72	39,59	54,08
Results for Objet = Sol nu						
Variable	Mois	N	Mean	Minimum	Median	Maximum
0-90 cm	2	4	56,64	48,91	56,55	64,54
	3	4	19,18	12,07	18,85	26,95
	5	4	65,10	53,96	61,19	84,07
	6	4	109,66	92,52	107,84	130,44
	8	4	116,4	87,6	116,7	144,6

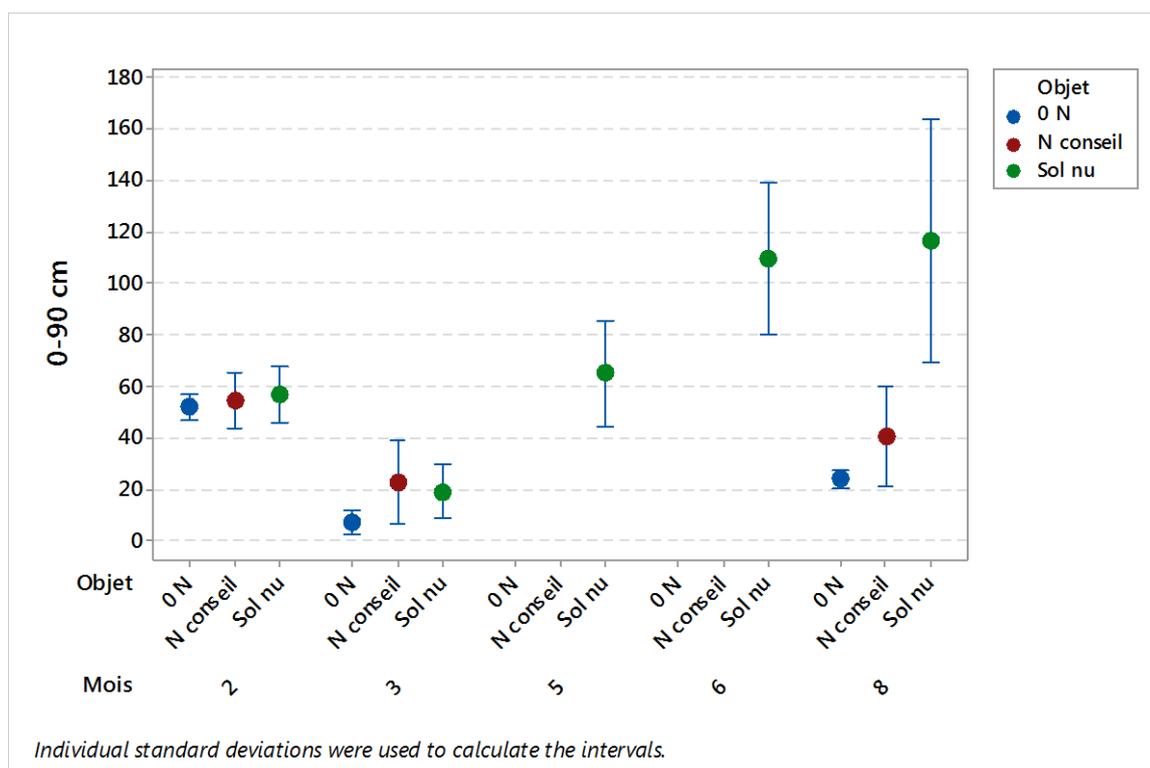


Figure 2. Concentration (kg N-NO₃/ha 0-90 cm) moyenne (et intervalle de confiance) par objet et par mois

Un test de Tukey réalisé sur l'ensemble des données ne met aucun effet bloc en évidence (figure 3).

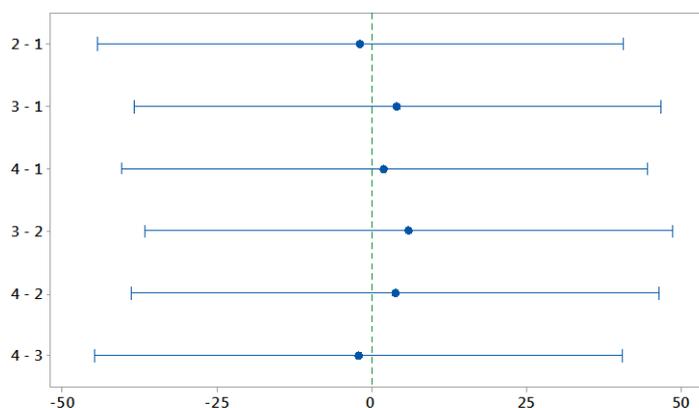


Figure 3. Test de Tukey (0-90 cm, février à aout 2014)

Par contre, si le test est limité au seul mois de février 2014 (Figure 4), il apparaît que le bloc 1 (parcelles 146, 147 et 148) présente une moyenne significativement différente des blocs 3 (parcelles 841, 842 et 843) et 4 (parcelles 857, 858 et 859).

Le même test réalisé couche par couche pour ce mois de février 2014 ne met en évidence aucune différence entre ces blocs ; c'est donc l'addition des trois couches qui 'déclenche' la différence. Celle-ci (de l'ordre d'une dizaine de kg N-NO₃/ha) pourrait par exemple avoir été engendrée, dans le bloc 1, par un redoublement de dépôt de feuilles de betterave lors de la récolte qui a précédé le semis.

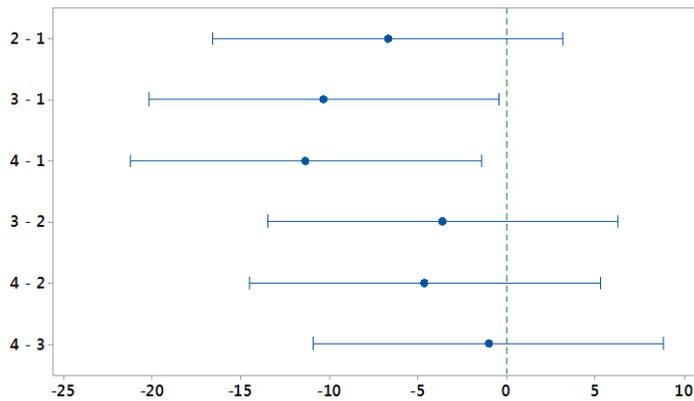


Figure 4. Test de Tukey (0-90 cm, février)

Les quelques 50 mm de pluie tombés au mois de février 2014 (figure 1) ont engendré une lixiviation importante (~ 40 kg N-NO₃/ha) du reliquat azoté (figure 2), que ce soit en sol nu ou couvert. Ce 'rinçage' a également eu pour conséquence d'effacer les différences entre le bloc 1 et les blocs 3 et 4.

L'examen de la figure 2 révèle qu'entre la mi-mars et fin juin, le stock d'azote nitrique dans la couche 0-90 cm des parcelles en sol nu a augmenté de quelque 90 kg N-NO₃/ha.

Pour ces mêmes parcelles, la Figure 5 illustre :

- de février à mars 2014, une diminution du contenu en azote nitrique dans toutes les couches de sol (non significatif⁴ dans la couche 0-30 cm) des quatre parcelles de sol nu ;
- de mars à juin 2014, une augmentation significative dans la couche 0-30 cm, indicatrice d'une minéralisation de l'humus du sol ;
- de mars à aout 2014, une augmentation significative dans la couche 30-60 cm, indicatrice d'une lixiviation de l'azote nitrique de la couche 0-30 cm à la couche 30-60 cm
- de mars à juin 2014, une augmentation significative dans la couche 60-90 cm, également indicatrice d'une lixiviation de la couche 30-60 cm vers la couche 60-90 cm et
- de juin à aout 2014, d'une stabilité (significative) du contenu dans la couche 60-90 cm. Cette stabilité ne signifie pas absence de flux, elle indique seulement un stock équivalent à ces deux périodes d'observation.

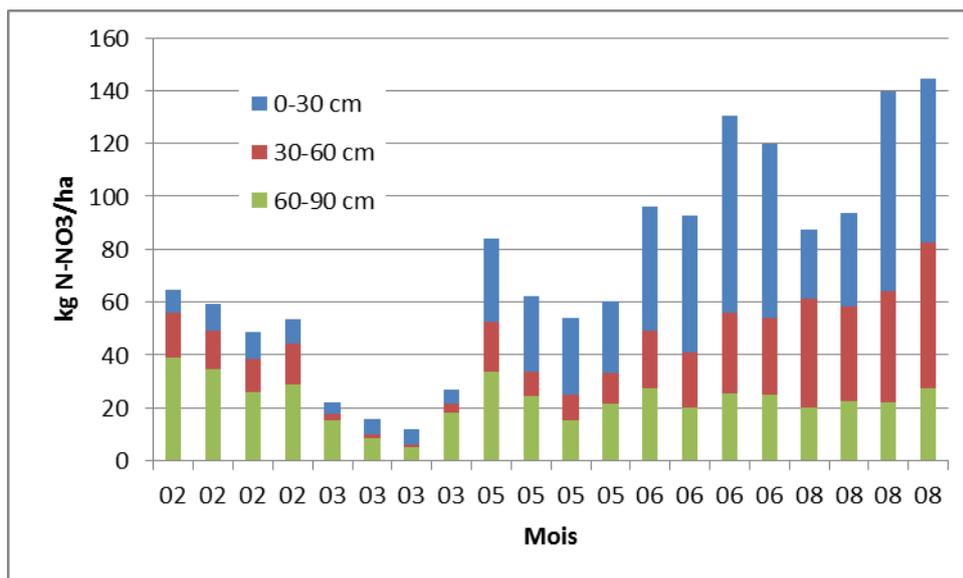


Figure 5. Distribution du reliquat azoté dans les parcelles de sol nu de février à aout

⁴ Test de Tukey (alpha = 5%)

En ce qui concerne les parcelles « 0 N », la figure 6 illustre :

- une diminution du stock d'azote nitrique dans toutes les couches entre février et mars 2014 ;
- une augmentation du stock d'azote nitrique entre mars et aout 2014 dans les couches 0-30 cm et 30-60 cm

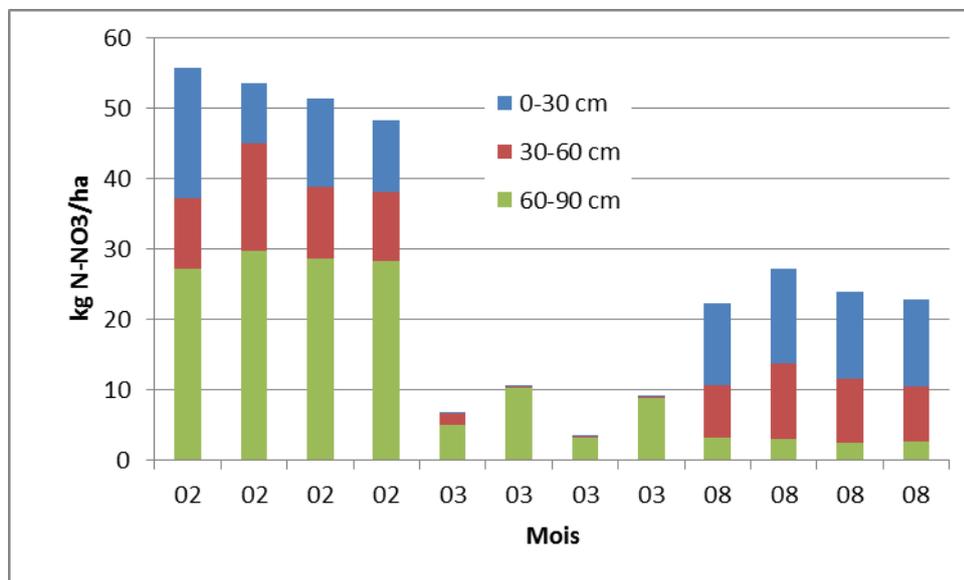


Figure 6. Distribution du reliquat azoté dans les parcelles « 0 N » de février à aout

Enfin, l'examen (figure 7) des résultats observés au mois d'aout 2014 indique (de façon significative au sens du test de Tukey) que le reliquat azoté mesuré à la récolte n'est pas différent entre les objets « 0 N » et « N conseil » (la différence des moyennes n'est pas significativement différente de 0).

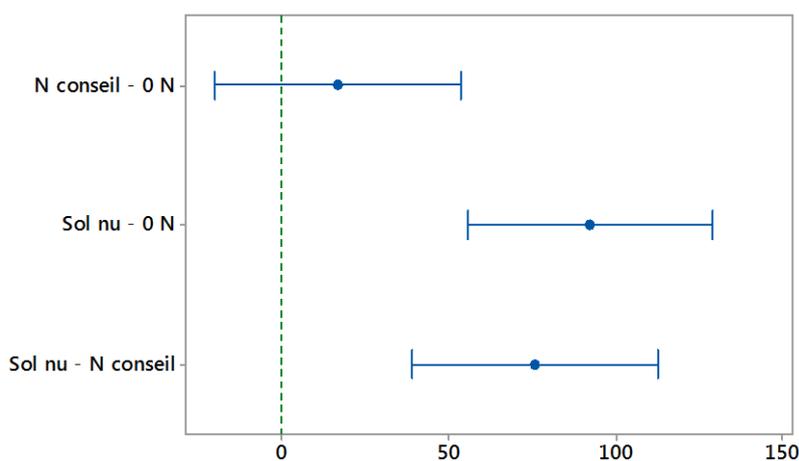


Figure 7. Reliquat azoté au mois d'aout. Test (Tukey) de différence entre les moyennes des trois objets.

Une fertilisation optimale (en l'occurrence, 185 kg N/ha) (tableau 1) n'engendre donc pas de différence significative de reliquat azoté à la récolte par rapport à une absence de fertilisation mais elle permet d'améliorer le rendement (tableau 5) et la qualité (tableau 6) de la production.

Tableau 5. Rendement des parcelles « 0 N » et « N conseil » (froment d'hiver, 2014)

	T	R	DF	Total	Rdt (Kg/ha)				Moy Rdt
	12-mars	7-avr	6-mai		R1	R2	R3	R4	(kg/ha)
Nue	-	-	-						
0 N	0	0	0	0	6861	6092	6045	8108	6777
Fum optimale LB	50	60	75	185	11246	11022	11274	11542	11271

Tableau 6. Teneur en protéines des parcelles « 0 N » et « N conseil » (froment d'hiver, 2014)

	T	R	DF	Total	Protéines (%ms)				Moyenne
	12-mars	7-avr	6-mai		R1	R2	R3	R4	
Nue	-	-	-						-
0 N	0	0	0	0	9,5	9,5	9,4	9,5	9,5
Fum optimale LB	50	60	75	185	11,3	11,3	11,2	11,1	11,2

3. Expérimentation en colza d'hiver

3.1. Matériel et méthode

La parcelle expérimentale se trouve à proximité de Gembloux (Les Isnes), sa texture est principalement limoneuse et le précédent cultural est un froment d'hiver. Le colza d'hiver (variété Hertz, hybride restauré) a été semé le 5 septembre 2013.

Douze objets de fertilisation, en quatre répétitions, ont été installés sur cette parcelle (tableau 7).

Tableau 7. Détail des objets (1 à 12) 'fertilisation azotée' en colza d'hiver

	N	N1	N2
1	parcelles nues	0	0
2	Témoin 0 N	0	0
3	50 N	50	0
4	100 N	100	0
5	125 N	100	25
6	150 N	100	50
7	175 N	100	75
8	200 N	100	100
9	225 N	150	75
10	250 N	150	100
11	275 N	150	125
12	300 N	150	150

(100 N correspond à un apport de 100 kg N/ha).

Il convient de préciser que la végétation sur les parcelles nues (objet 1) a été enlevée en février 2014. Ces parcelles ne sont donc devenues nues qu'à partir de cette période.

Les apports N1 et N2 ont été respectivement effectués les 25 février et 17 mars 2014. Il n'y a pas eu de traitement insecticide ni de régulateur de croissance sur cet essai.

Les cinq objets suivis (sol nu, 0 N, 150 N, 200 N et 250 N) se retrouvent dans chacun des quatre blocs (en grisé dans le tableau 8).

Tableau 8. Dispositif expérimental en colza d'hiver

(en rouge : n° micro parcelle – en noir : n° objet – en trame grisée : objet suivi en analyse de sol)

9	11	2	7	8	1	T	5	12	3	6	4	10
1015	1016	1017	1018	1019	1020		1022	1023	1024	1025	1026	1027
10	7	3	12	8	2	T	9	6	1	11	5	4
915	916	917	918	919	920		922	923	924	925	926	927
12	3	9	7	1	10	T	5	4	11	8	6	2
815	816	817	818	819	820		822	823	824	825	826	827
1	2	3	4	5	6	T	7	8	9	10	11	12
715	716	717	718	719	720		722	723	724	725	726	727

Des échantillons de sol ont été prélevés à trois reprises (février, mars et juillet 2014); le dernier échantillonnage ayant été réalisé quelques jours après la récolte du colza d'hiver. A cause du

développement de la végétation dans les micro-parcelles voisines, l'objet « sol nu » n'a pu être échantillonné qu'en mars et après la récolte (tableau 9).

Tableau 9. Programme d'échantillonnage de sol

Date	Objet	Sol nu	0 N et 200 N	150 N et 250 N
5 février 2014		X	X	
31 mars 2014		X		
22 juillet 2014		X	X	X

A chaque prélèvement, un échantillon composite a été constitué pour chaque répétition de chaque objet à partir de 8 carottes de sol prélevées à la gouge.

Les analyses (dosage de l'azote nitrique) ont été réalisées dans les 24 heures qui ont suivi l'échantillonnage, par le laboratoire de GxABT agréé pour ce type d'analyse (agrément APL).

3.2. Résultats et discussion

Le tableau 10 et la figure 8 illustrent les résultats (kg N-NO₃/ha) des analyses réalisées.

Tableau 10. Synthèse des résultats d'analyse (kg N-NO₃/ha)

Results for Objet = 0N						
Variable	mois	N	Mean	Minimum	Median	Maximum
0-90	02	4	9,425	7,881	9,258	11,305
	07	4	24,30	18,74	25,61	27,27
Results for Objet = 150N						
Variable	mois	N	Mean	Minimum	Median	Maximum
0-90	07	4	20,72	18,52	20,31	23,72
Results for Objet = 200N						
Variable	mois	N	Mean	Minimum	Median	Maximum
0-90	02	4	9,27	6,33	8,89	12,98
	07	3	49,53	43,32	50,85	54,43
Results for Objet = 250N						
Variable	mois	N	Mean	Minimum	Median	Maximum
0-90	07	4	31,50	27,25	29,28	40,17
Results for Objet = Sol Nu						
Variable	mois	N	Mean	Minimum	Median	Maximum
0-90	02	4	10,41	6,82	11,17	12,48
	03	3	11,40	7,40	11,56	15,25
	07	3	63,91	55,06	66,75	69,92

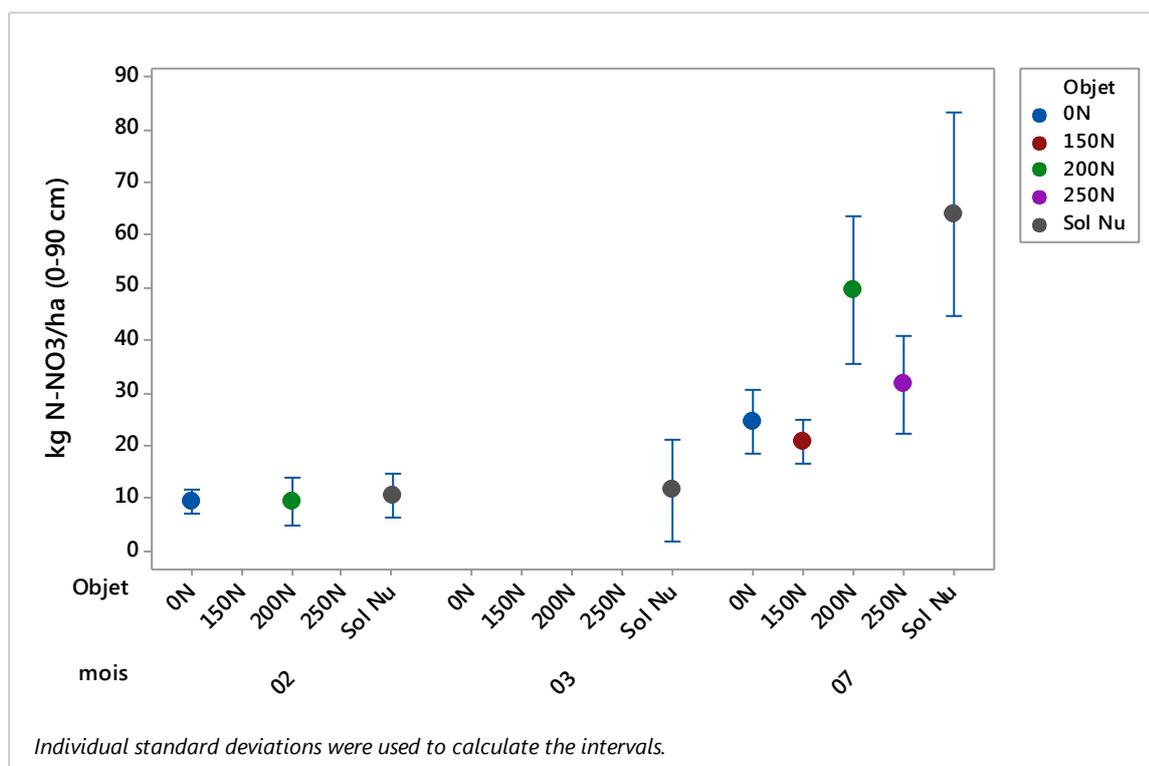


Figure 8. Concentration (kg N-NO₃/ha 0-90 cm) moyenne (et intervalle de confiance) par objet et par mois

L'examen de ce tableau et de cette figure renseignent que :

- de début février à fin mars 2014, la minéralisation de l'humus du sol n'a pas augmenté le stock d'azote nitrique dans le sol (nu) ;
- de fin mars à fin juillet 2014, le reliquat azoté dans les parcelles nues a augmenté de quelques 53 kg N-NO₃/ha ;
- à la récolte, l'objet '200 N' présente un reliquat azoté moyen supérieur aux objets adjacents (150 N et 250 N) (différence significative avec l'objet 150 N). Il a été observé (figure 9) que le rendement moyen de l'objet 8 (200 N) est inférieur aux rendements moyens des objets 6 (150 N) et 10 (250 N) (différences non significatives) ;
- les reliquats azotés des objets 0 N, 150 N et 250 N ne sont pas significativement différents. Une fertilisation azotée raisonnée ne conduit donc pas à augmenter significativement le reliquat azoté dans le sol à la récolte par rapport à une absence de fertilisation.

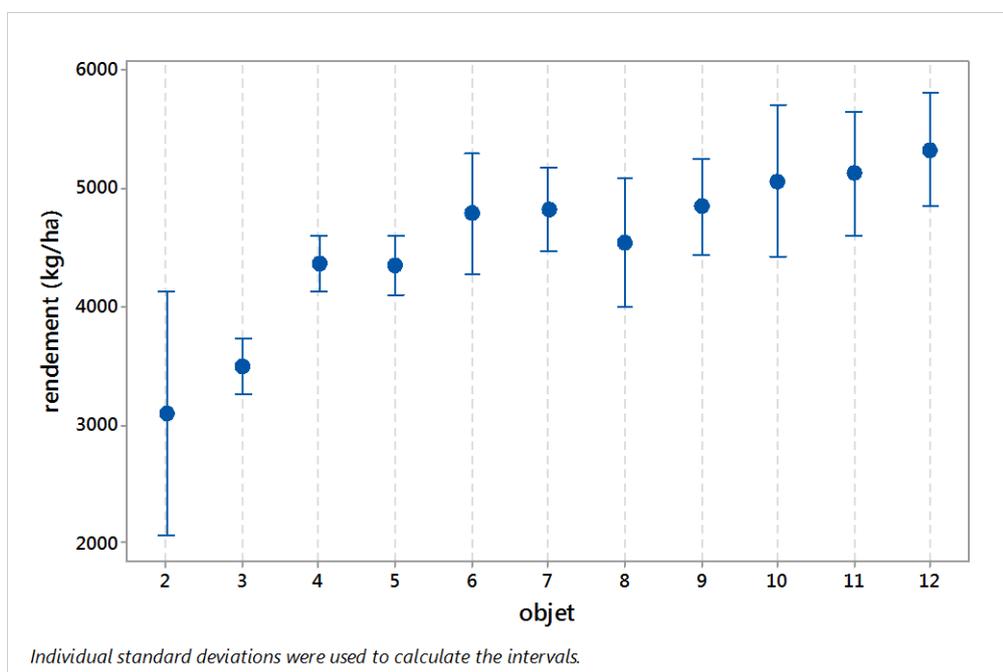


Figure 9. Rendement moyen (et intervalle de confiance) des micro-parcelles de colza

4. Synthèse et conclusion

En 2014, GRENeRA s'est inséré dans deux expérimentations menées dans la région de Gembloux par l'Unité de Phytotechnie des Régions Tempérées de Gembloux Agro-Bio Tech (ULg) et l'APPO⁵ respectivement sur du froment d'hiver et du colza d'hiver.

Les objectifs du suivi réalisé étaient

- de mesurer la minéralisation de l'humus en vue de contribuer à la validation des conseils de fertilisation et plus spécifiquement du terme relatif à la production d'azote nitrique par le sol en cours de végétation ;
- de confirmer qu'une fertilisation raisonnée ne conduit pas à laisser dans le sol, à la récolte, un reliquat azoté significativement supérieur à celui observé en présence d'une fertilisation réduite ou nulle.

En 2014, suite à un hiver exceptionnellement doux, la reprise de végétation a été rapide et précoce en colza d'hiver et froment d'hiver.

Les observations réalisées lors de ces expérimentations ont permis de confirmer la seconde thèse dans le contexte des deux cultures suivies.

En ce qui concerne le potentiel de minéralisation du sol, une différence a été observée entre les parcelles de froment d'hiver et colza d'hiver. Dans cette dernière, la production d'azote nitrique en cours de végétation n'a été que légèrement supérieure à 50 kg N-NO₃⁻/ha alors que sur la parcelle de froment d'hiver, la minéralisation de l'humus du sol a apporté quelques 90 kg N-NO₃⁻/ha au cours de la même période (février à juillet 2014) ; ces deux valeurs sont cependant supérieures aux attentes telles qu'estimées par la méthode harmonisée Réquasud – Nitrawal (environ 30 kg N-NO₃⁻/ha pour le colza et 60 kg N-NO₃⁻/ha pour le froment).

Ces observations, ajoutées à celles réalisées cette année et précédemment par GRENeRA et l'UCL, membres scientifiques de Nitrawal, contribueront à la validation ou adaptation des références utilisées pour le conseil de fertilisation azotée afin d'atteindre un rendement agronomique optimum et un impact environnemental minimum.

⁵ Association pour la Promotion des Protéagineux et Oléagineux (sise à Gembloux Agro-Bio Tech)