

10. La fertilisation organique en région froide

Synthèse des essais des années 2016 à 2019

E. Escarnot¹, S. Crémer², M. De Toffoli³, S. Gofflot⁴, B. Godin⁴, G. Sinnaeve⁴, R. Lambert³

1	Protocole expérimental.....	2
2	Analyse des rendements	4
3	Qualité de la récolte.....	7
4	Reliquats azotés	9
5	Conclusion.....	11

¹ CRA-W – Département Science du Vivant – Unité Biodiversité et Amélioration des Plantes & Forêts
² Centre de Michamps ASBL

³ UCL – Earth & Life Institute – Pôle Agronomie

⁴ CRA-W – Département Connaissance et Valorisation des Produits – Unité Valorisation des Produits, de la Biomasse et du Bois

10. Fumure organique épeautre

Le développement des modes de production biologique, la disponibilité d'engrais de ferme provenant des élevages et les préoccupations environnementales au sujet de l'utilisation des engrais nous ont conduits à mener un essai sur la fertilisation organique en région froide. Cet essai a été mené pendant quatre années au centre Agri-environnemental de Michamps en Ardenne et cet article présente la synthèse de ces expérimentations.

1 Protocole expérimental

Cette expérimentation a été conduite de manière à se rapprocher des conditions de l'agriculture biologique et aucune protection fongicide, aucun régulateur de croissance, aucun herbicide ni insecticide n'a été appliqué sur la culture d'épeautre. Le semis a été réalisé à 300 grains/m². Aucun désherbage mécanique n'a été effectué sur l'essai car cela ne fut pas nécessaire. Le Tableau 10.1 présente les différentes interventions.

Tableau 10.1 – Itinéraire cultural des essais implantés à Michamps pour les saisons 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019.

Année culturelle	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Précédent	Avoine fourragère	Avoine fourragère	Maïs ensilage	Prairie temporaire
Date de semis	12/10/2015	03/10/2016	17/10/2017	12/10/2018
Variété	Cosmos	Sérénité	Sérénité	Sérénité
Application d'engrais minéral	31/03, 22/04, 19/05	06/04, 04/05, 09/06	-	02/04
Application d'engrais organique ou de ferme	04/04/16 fientes volaille 05/04/16 fumier de bovin	13/04	06/04 organique du commerce 26/3 fumier de bovin et fientes volailles	02/04
Date de récolte	17/08	07/08	07/08	08/08

Le protocole comprenait sept modalités de fertilisation qui sont présentées dans le tableau 2. L'objectif était de comparer des engrais de ferme (action lente/rapide, dose moyenne/élevée) à l'engrais minéral en raison de notre connaissance sur le sujet, puis également à un engrais organique du commerce.

La modalité avec de l'engrais minéral était basée sur les résultats de l'essai mené en fertilisation azotée minérale au centre de Michamps depuis plusieurs années afin d'avoir une base de comparaison. Après deux premières années d'essai, une modalité avec de l'engrais organique du commerce dont le processus d'utilisation par la plante est plus proche des engrais de ferme que l'engrais minéral a été ajoutée. La dose d'engrais organique du commerce a été choisie sur base des pratiques habituelles.

Tableau 10.2 – Protocole de l'essai pour les années 2016, 2017, 2018 et 2019 : type d'engrais, dose théorique (kg N/ha), dose appliquée (kg N/ha) et différence entre dose théorique et appliquée (kg N/ha).

Objet	Apport théorique (kg N/ha)	Apport appliqué (kg N/ha)			
		2016	2017	2018	2019
Témoin zéro	0	0	0	0	0
Engrais minéral	65 à 150	150	150	-	65
Engrais organique du commerce	70	-	-	70	70
Fumier de bovin composté	150	145 (-5)	133 (-17)	188 (+38)	150 (0)
Fumier de bovin composté	230	222 (-8)	203 (-27)	288 (+58)	230 (0)
Fumier de volaille	150	175 (+25)	156 (+6)	141 (-9)	150 (0)
Fumier de volaille	230	270 (+40)	244 (+14)	221 (-9)	230 (0)

L'apport d'azote minéral consistait en 3 fractions de 50 kg N/ha (150 kg N/ha) en 2015-2016 et 2016-2017 et en un apport unique au tallage de 65 kg N/ha en 2018-2019. L'engrais organique du commerce (un équivalent de 70 kg N/ha avec du 10-4-0 à base de poudre de viande et farine de plume) a été appliqué en 2017-2018 et en 2018-2019.

Par ailleurs, les engrains de ferme ont été appliqués en 2016, 2017 et 2018 sur base de doses théoriques de richesse en azote mais les analyses a posteriori ont montré des concentrations différentes, ce qui a engendré des apports en équivalent de kg N/ha différents d'année en année et de modalité en modalité. Le Tableau 10.3 reprend les valeurs réelles d'apport en équivalent de Kg N/ha. Nous attirons l'attention sur un surdosage d'azote via le fumier de volaille et un sous-dosage via le fumier de bovin en 2016 et 2017 alors qu'en 2018 c'est l'inverse. Pour l'année 2019, les analyses d'engrais de ferme ont été réalisées a priori et la quantité exacte du protocole a pu être appliquée.

Les conditions météorologiques des quatre années d'essais ont été assez contrastées. La campagne 2015-2016 fut caractérisée par une pluviométrie très élevée, 750 l/m² entre le 1^{er} octobre 2015 et le 15 août 2016, surtout au printemps avec des pluies intenses le 27 mai, le 30 mai et le 2 juin (plus de 25 l/m² par jour). L'ensoleillement était réduit et montrait une très grande variabilité journalière, surtout de début mai à la mi-août. En 2016-2017, le printemps et le début de l'été ont été relativement secs et la pluviométrie a été plus abondante à partir de début juillet. Les températures moyennes ont été relativement élevées au notamment aux mois de juillet et d'août. En 2017-2018, l'hiver fut rigoureux puis le printemps est arrivé en avril et mai avec des températures plus élevées que les normales. Des températures très élevées ont été observées en juin et en juillet associées à un déficit hydrique marqué en raison des faibles pluies. La saison 2018-2019 présente des similarités avec la précédente avec une sécheresse et des températures élevées en été bien que ces deux phénomènes fussent moins forts qu'en 2017-2018. En revanche l'hiver fut sec et lumineux.

2 Analyse des rendements

Après des rendements très faibles en 2016, dus à un manque d'ensoleillement et à une grande pluviosité au printemps, et des rendements très élevés en 2017, les années 2018 et 2019 ont offert des rendements se situant entre ces deux extrêmes. En effet, la sécheresse printanière de 2018 a touché l'essai où les sols peu profonds et caillouteux ne disposent pas de réserve hydrique importante, et a impacté négativement le rendement. En 2019, la sécheresse déjà présente en hiver s'est maintenue durant toute la période de développement de la culture, et a également défavorisé le rendement. La moyenne de l'essai était de 3544 kg/ha en 2016, de 6946 kg/ha en 2017, 5322 kg/ha en 2018 et 5889 kg/ha en 2019.

Les rendements furent très variables d'année en année pour le témoin zéro, oscillant entre 2904 kg/ha en 2016 et 6679 kg/ha en 2017. Dans tous les cas, une augmentation de rendement était observée par l'apport d'engrais quel qu'il soit mais elle n'est pas statistiquement significative chaque année. L'apport d'engrais organique du commerce ou de fumier de bovin composté à hauteur de 150 ou 230 kg N/ha a permis d'obtenir des rendements similaires sur les quatre années. L'apport de fientes de poules à hauteur de 230 kg N/ha a permis d'obtenir un rendement supérieur à celui obtenu avec les autres engrains de ferme ou organique mais n'est pas statistiquement significatif chaque année tandis que l'apport à hauteur de 150 kg N/ha a donné des rendements parfois similaires à celui obtenu avec du fumier de bovin composté et parfois supérieurs, mais jamais statistiquement significatifs. C'est l'apport de 150 kg N/ha d'engrais minéral qui a fourni les rendements les plus élevés mais non statistiquement significatif par rapport aux autres modalités avec apport (2016 et 2017). Si l'apport d'engrais minéral était limité à 65 kg N/ha, ce sont les rendements obtenus avec les fientes de volaille (150 et 230 kg N/ha) qui furent les plus élevés (2019) (Tableau 10.3 et Figure 10.1). Seul le rendement obtenu par l'apport de fientes de volaille à hauteur de 230 kg N/ha est statistiquement supérieur aux rendements obtenus avec les autres apports sauf pour le minéral (non statistiquement significatif) en 2019.

Le coefficient d'efficacité (gain de rendement par équivalent kilo d'azote apporté) fut très variable d'année en année, il fut compris entre 0.6 et 5.8 pour le fumier de bovin composté (variation de 9.7) et entre 1.6 et 11.7 pour les fientes de volaille (variation de 7.3). Les quatre années d'essais ont démontré la supériorité de l'efficacité des fientes de volaille sur le fumier de bovin composté, les fientes sont en moyenne deux fois plus efficaces que le fumier de bovin composté. L'engrais organique avait des efficacités de 10 et 14.6 (variation de 1.5) qui illustre une bonne stabilité. Ce coefficient était supérieur à celui des engrains de ferme, en partie dû à un niveau d'azote total plus faible que dans le cas des autres engrains. Enfin, l'engrais minéral avait une efficacité de 3.7 et 10.2 (variation de 2.7) avec un apport de 150 kg N/ha et une efficacité de 23.5 avec un apport de 65 kg N/ha. L'importante différence d'efficacité provient du stade de l'apport, nous savons que la fraction la mieux valorisée est celle du tallage, de la quantité totale plus faible et de la disponibilité de l'azote minéral (Figure 10.2).

Tableau 10.3 – Etude de la réponse de l'épeautre à la fumure organique dans l'essai de Michamps pour les saisons 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019.

2016		Cosmos							
Objet		T	R	DF	Total	Rendement phytotechnique	PHL	Effic.	
					(kgN/ha)	(kg/ha)	(qx/ha)	(kg/hl)	(-)
Témoin zéro		0	0	0	0	2904	29	33	-
Minéral		50	50	50	150	4432	44	29	10,2
Fumier bovin composté	145	-	-	-	145	3247	32	35	2,4
Fumier bovin composté	222	-	-	-	222	3416	34	34	2,3
Fientes de volaille	175	-	-	-	175	3459	35	34	3,2
Fientes de volaille	270	-	-	-	270	3805	38	33	3,3
2017		Sérénité							
Objet		T	R	DF	Total	Rendement phytotechnique	PHL	Effic.	
					(kgN/ha)	(kg/ha)	(qx/ha)	(kg/hl)	(-)
Témoin zéro		0	0	0	0	6679	67	37	-
Minéral		50	50	50	150	7232	72	35	3,7
Fumier bovin composté	133	-	-	-	133	6805	68	37	0,9
Fumier bovin composté	203	-	-	-	203	6795	68	38	0,6
Fientes de volaille	156	-	-	-	156	7103	71	37	2,7
Fientes de volaille	244	-	-	-	244	7060	71	38	1,6
2018		Sérénité							
Objet		T	R	DF	Total	Rendement phytotechnique	PHL	Effic.	
					(kgN/ha)	(kg/ha)	(qx/ha)	(kg/hl)	(-)
Témoin zéro		0	0	0	0	4631	46	38	-
Engrais organique	70	-	-	-	70	5334	53	42	10,0
Fumier bovin composté	188	-	-	-	188	5351	54	43	3,8
Fumier bovin composté	288	-	-	-	288	5319	53	36	2,4
Fientes de volaille	141	-	-	-	141	5373	54	41	5,3
Fientes de volaille	221	-	-	-	221	5921	59	40	5,8
2019		Sérénité							
Objet		T	R	DF	Total	Rendement phytotechnique	PHL	Effic.	
					(kgN/ha)	(kg/ha)	(qx/ha)	(kg/hl)	(-)
Témoin zéro		0	0	0	0	4794	48	34	-
Engrais organique	70	-	-	-	70	5656	57	34	14,6
Fumier bovin composté	150	-	-	-	150	5499	55	36	5,8
Fumier bovin composté	230	-	-	-	230	5651	57	37	4,4
Fientes de volaille	150	-	-	-	150	6384	64	35	11,7
Fientes de volaille	230	-	-	-	230	7081	71	34	10,6
Engrais minéral	65	-	-	-	65	6156	62	36	23,5

T : tallage, R : redressement, DF : dernière feuille ; PHL : poids à l'hectolitre ; Effic. : coefficient d'efficacité

10. Fumure organique épeautre

En ce qui concerne le poids à l'hectolitre (ou poids spécifique), la moyenne de l'essai était de 33 kg/hl en 2016, 37 kg/hl en 2017, 40 kg/hl en 2018 et 35 kg/hl en 2019. Les variations entre les modalités de fertilisation n'étaient pas importantes. Lors de l'apport de 150 kg N/ha d'engrais minéral, le PS était plus faible que ceux obtenus sans apport ou avec des engrains de ferme (statistiquement significatif). Ceci n'était pas le cas avec l'apport de 65 kg N/ha qui a permis d'obtenir un des meilleurs poids spécifiques de l'essai. Le poids spécifique est un critère commercial plutôt que physiologique ou technologique. Il est hérité du temps où les transactions étaient basées plus sur le volume que sur le poids. Le poids spécifique est influencé par deux éléments principaux. Le premier est la densité de remplissage de l'enveloppe des grains, celle-ci est souvent favorisée par une teneur en protéines élevée en raison de la meilleure agglomération de l'amidon dans la matrice protéique. Cependant dans le cas présent, nous observons simultanément une bonne teneur en protéines et un faible poids spécifique. Le second est l'aptitude à l'agencement spatial des grains les uns par rapport aux autres et serait essentiellement variétal ; à densité égale les grains plus petits laissent plus d'interstices engendrant un poids spécifique plus faible. Dans le cas de l'épeautre, la proportion de balles influencera aussi le poids spécifique. Dans le cas présent, le poids spécifique plus faible sous fertilisation minérale pourrait s'expliquer par des grains plus gros qui engendrent une ouverture plus ample des balles et donc un moins bon agencement spatial.

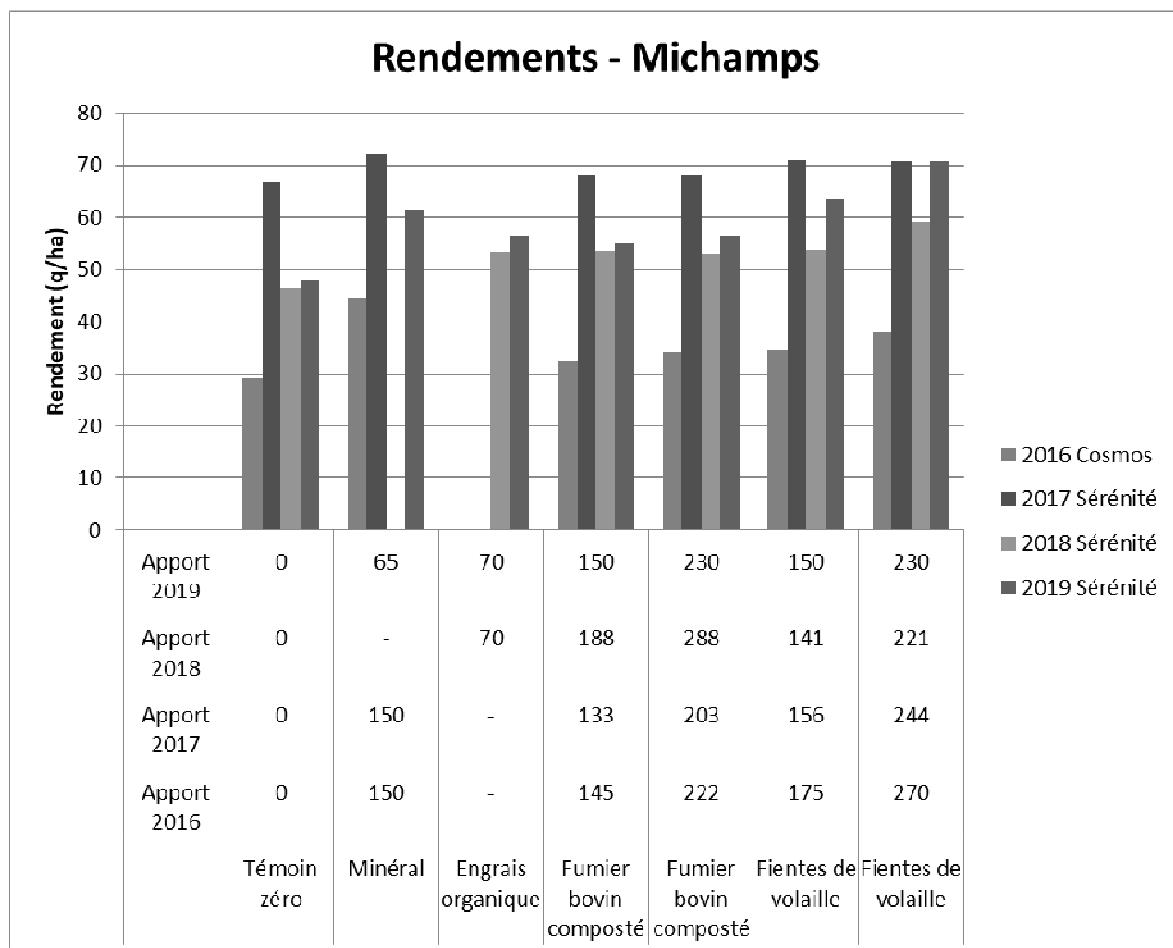


Figure 10.1 – Rendements (q/ha) selon les modalités de fertilisation (quantités apportées en kg N/ha) dans les essais réalisés à Michamps pour les saisons 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019.

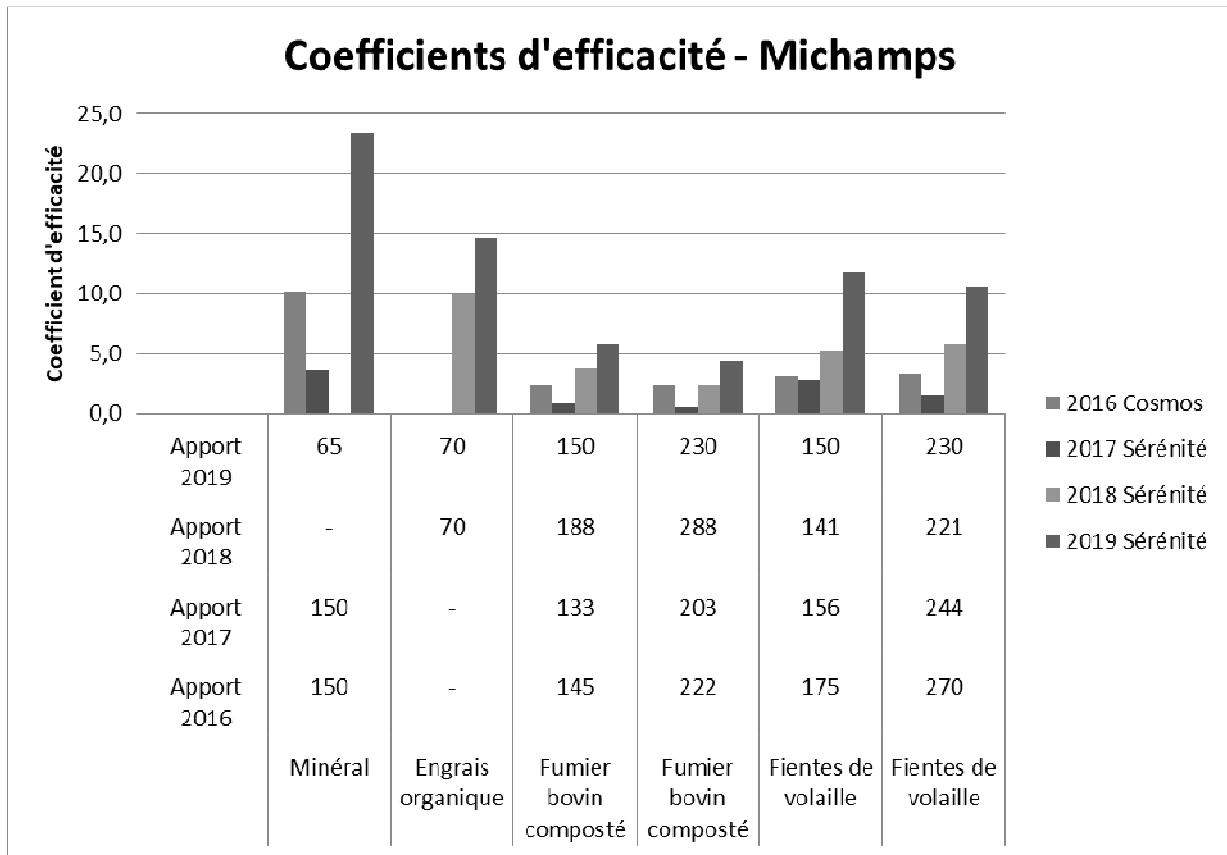


Figure 10.2 – Coefficients d'efficacité selon les modalités de fertilisation (quantités apportées en kg N/ha) dans les essais réalisés à Michamps pour les saisons 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019.

3 Qualité de la récolte

La teneur en protéines du grain d'épeautre est calculée avec le facteur de conversion de 5.7 car le marché requiert des épeautres panifiables, même si la majorité de la production est valorisée en alimentation animale. De plus, cela permet une comparaison avec le froment pour lequel le même facteur de conversion est utilisé.

Les quatre années de résultats sur la teneur en protéines mettent en exergue le caractère exceptionnel de 2017, les apports d'engrais réalisés ont été valorisés par les pluies du mois de juillet qui ont fait augmenter la teneur du grain en protéines.

L'effet de l'apport de 150 kg N/ha d'azote minéral en trois fractions par rapport au témoin zéro était clair, les teneurs en protéines étaient de 13.8 et 13.6 % alors qu'elles étaient de 15.4 et 15.3 % pour la fertilisation minérale respectivement pour 2016 et 2017. L'apport en une fraction de 65 kg N/ha n'a pas eu d'impact sur la teneur en protéine par rapport au témoin. La teneur en protéines de la production sous fertilisation minérale est assez indépendante des conditions météorologiques et indépendante du rendement dans le cas présent mais est bien dépendante de l'apport tardif au stade dernière feuille.

10. Fumure organique épautre

L'apport d'engrais organique n'a eu qu'un effet nul à faible sur la teneur en protéines comme les apports de 150 kg N/ha sous forme de fumier de bovin composté ou de fientes de volaille. L'effet de l'apport de 230 kg N/ha sous forme de fumier de bovin composté ou de fientes de volaille est resté supérieur aux précédents mais n'est pas très marqué (Figure 10.3).

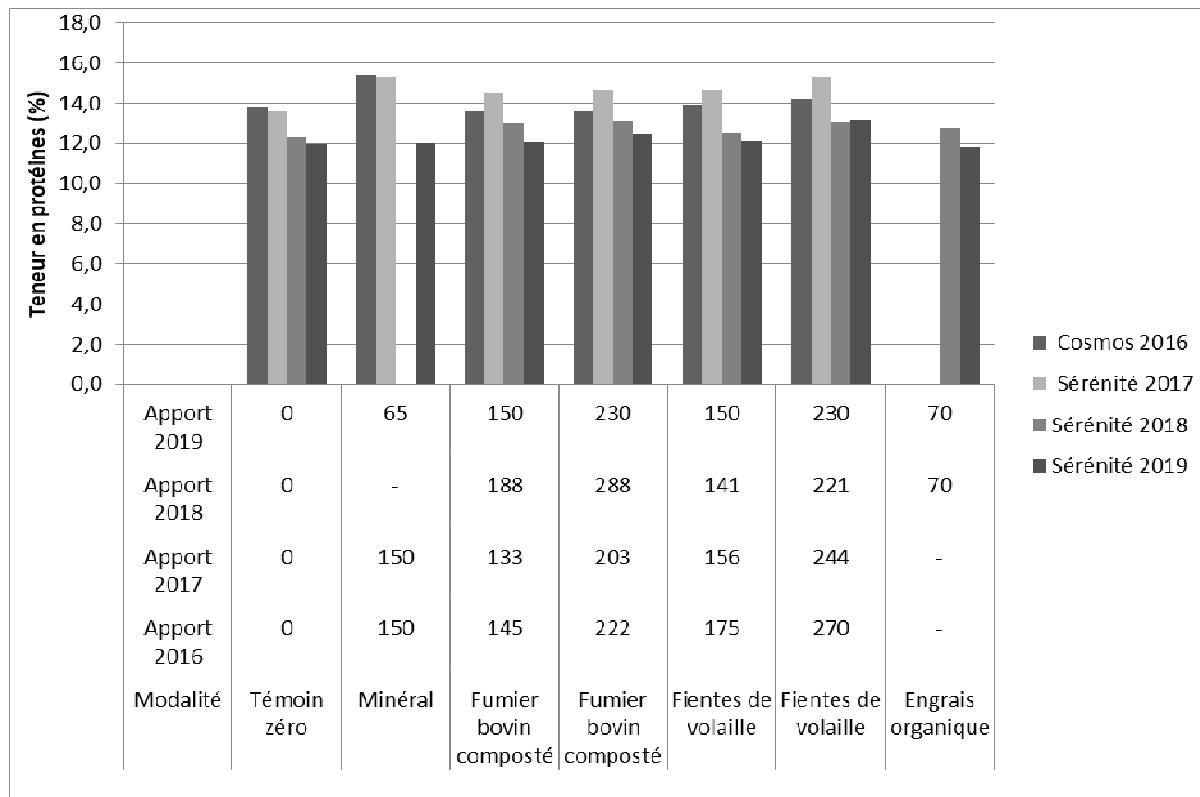


Figure 10.3 – Teneurs en protéines (N*5,7%) selon les modalités de fertilisation (quantités apportées en kg N/ha) dans les essais réalisés à Michamps pour les saisons 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019.

L'impact des différentes fumures sur l'indice de Hagberg était très faible, aucune différence importante n'a été observée sur les années 2017, 2018 et 2019 (Tableau 10.4).

Tableau 10.4 – Indice de Hagberg selon les modalités de fertilisation (quantités apportées en kg N/ha) dans les essais réalisés à Michamps pour les saisons 2017-2018, 2018-2019.

Modalité	Apport 2017	Apport 2018	Apport 2019	Sérenité 2017	Sérenité 2018	Sérenité 2019
Témoin zéro	0	0	0	336	311	357
Minéral	150	-	65	365	-	373
Fumier bovin composté	133	188	150	351	325	362
Fumier bovin composté	203	288	230	369	327	360
Fientes de volaille	156	141	150	327	312	366
Fientes de volaille	244	221	230	347	326	368
Engrais organique	-	70	70	-	319	363

En ce qui concerne l'indice de Zélény et le ratio Z/P, l'année 2017 reste exceptionnelle avec des résultats très élevés. L'engrais organique, le fumier de bovin composté et les fientes de volaille à hauteur de 150 kg N/ha n'ont eu qu'un effet nul à très faible sur les deux indices.

Un apport de 230 kg N/ha sous forme de fumier de bovin composté ou de fientes de volaille n'a montré qu'un léger impact sur ces deux indices (Figure 10.4 et Tableau 10.5).

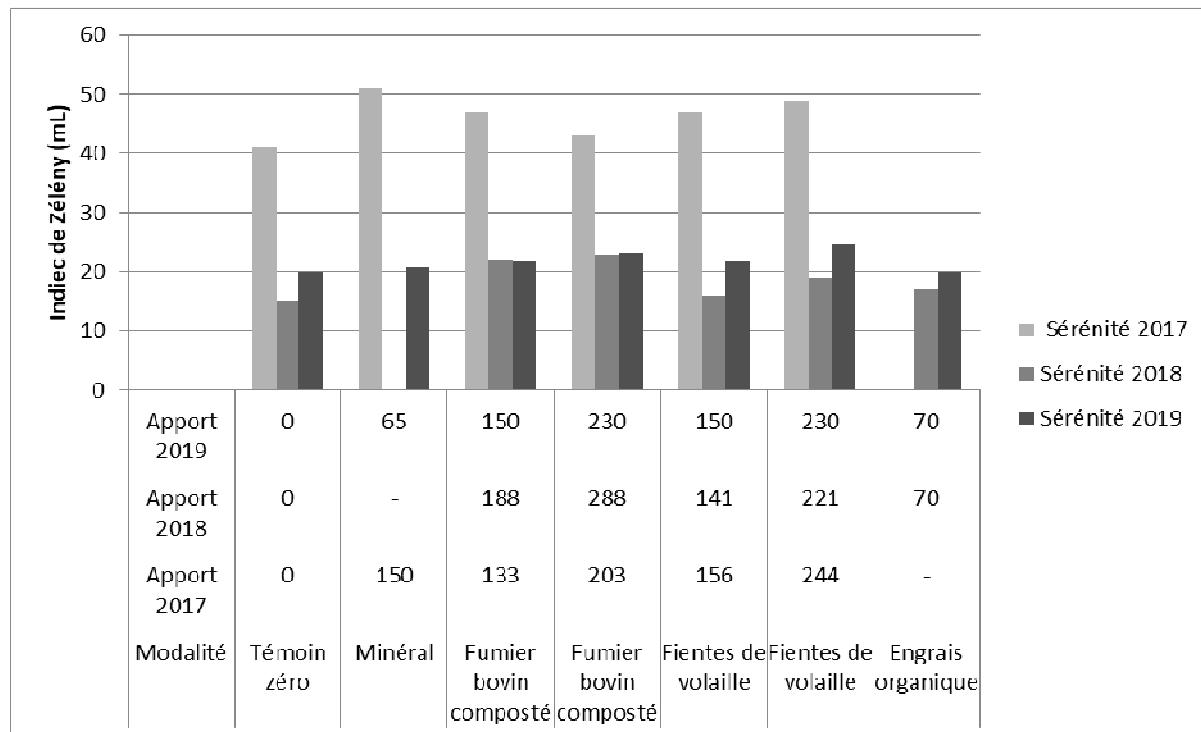


Figure 10.4 – Indices de Zéleny selon les modalités de fertilisation organique dans les essais réalisés à Michamps pour les saisons 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019.

Tableau 10.5 – Indice Z/P selon les modalités de fertilisation (quantités apportées en kg N/ha) dans les essais réalisés à Michamps pour les saisons 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019.

Modalité	Apport 2017	Apport 2018	Apport 2019	Sérénité 2017	Sérénité 2018	Sérénité 2019
Témoin zéro	0	0	0	2,8	1,2	1,7
Minéral	150	-	65	3,0	-	1,7
Fumier bovin composté	133	188	150	3,0	1,7	1,8
Fumier bovin composté	203	288	230	2,7	1,8	1,9
Fientes de volaille	156	141	150	2,9	1,3	1,8
Fientes de volaille	244	221	230	2,9	1,5	1,9
Engrais organique	-	70	70	-	1,3	1,7

4 Reliquats azotés

Les reliquats azotés varient peu selon les modalités de fertilisation et restent relativement stables d'une année sur l'autre. De manière générale, les reliquats en azote minéral se situent dans une fourchette restreinte autour de la moyenne de 70 kg N/ha, allant de 61 à 77 kg N/ha en 2017, de 45 à 70 kg N/ha en 2018 et de 63 à 77 kg N/ha en 2019 avec un pic exceptionnel à 137 kg N/ha pour les fientes de volailles à 230 kg N/ha. La comparaison des résultats des

10. Fumure organique épeautre

expérimentations avec les mesures effectuées dans des parcelles de référence en céréales sans CIPAN en Haute Belgique montre que les valeurs moyennes sont proches pour 2017 et 2019, avec respectivement 66 et 97 kg N-NO₃/ha en octobre dans les parcelles de références (respectivement 70 et 79 kg N/ha dans l'essai). En 2018, la moyenne de l'essai (57 kg N/ha) est sensiblement plus faible que la moyenne des reliquats de référence (98 kg/ha).

Si l'on observe les reliquats en fonction des modalités, l'épeautre fertilisé avec la dose maximale de fientes de volaille (230 kg N/ha) donne chaque année les reliquats les plus élevés. Cela met en évidence que cette quantité d'engrais de ferme à action rapide entraîne le risque dépasser l'optimum de fertilisation, ce qui a été le cas en 2019 malgré un très bon rendement pour cette modalité. Les reliquats mesurés après apports de fumier de bovin compostés restent faibles, proches du témoin non fertilisé, et ce quelle que soit la dose apportée. Cela montre qu'ici l'optimum n'est pas dépassé avec la dose maximale.

Les fertilisations avec des engrains du commerce, que ce soit des engrains minéraux conventionnels ou de l'engrais organique bio, présentent des reliquats azotés proches du témoin zéro quelle que soit l'année ou la dose apportée (pour la fertilisation minérale) témoignant d'une bonne valorisation de l'azote par la culture (Figure 10.5).

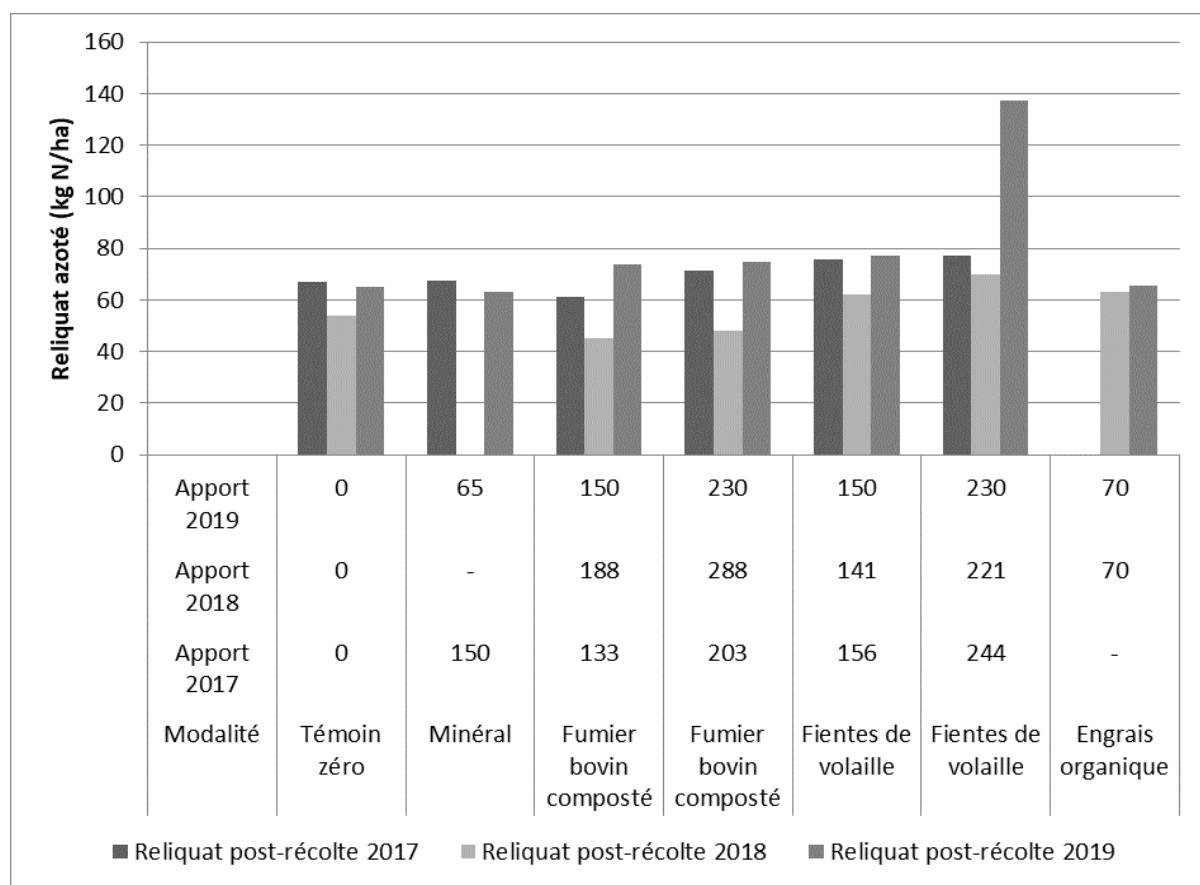


Figure 10.5 – Reliquat en azote minéral sur 90 cm selon les modalités de fertilisation azotée de l'épeautre (quantités apportées en kg N/ha) dans les essais réalisés à Michamps pour les saisons 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019.

5 Conclusion

Les quatre années d'expérimentation permettent de disposer d'informations fiables sur la question de la fertilisation organique en région froide. Il en ressort que les fientes de volailles permettent d'obtenir un rendement supérieur à ceux obtenus avec du fumier de bovin composté mais ceci n'est pas statistiquement significatif chaque année ; leur coefficient d'utilisation est également supérieur. L'engrais organique représente un certain coût mais est valorisé par la culture et présente un bon coefficient d'efficacité. L'engrais minéral présente l'avantage de la facilité d'utilisation et montre de bons résultats comme nous maîtrisons la dose et le fractionnement à appliquer. Il a un bon coefficient d'efficacité surtout lorsqu'une faible dose est distribuée et de surcroit au tallage. Les différentes modalités de fertilisation n'ont montré qu'un impact faible ou nul sur les paramètres de qualité : teneur en protéines, indice de Hagberg, indices de Zélény et Zélény/protéines. Enfin les reliquats azotés sont restés dans une gamme raisonnable pendant les quatre années d'expérimentation. Il faut toutefois être prudent dans l'utilisation des engrains de ferme à action rapide telles que les fientes de volailles dont l'efficacité peut être élevée et donc limiter ce type d'engrais de ferme à 100-150 kg N/ha afin de ne pas dépasser la dose qui peut être valorisée par la culture.

Concernant la rentabilité de ces apports, il n'est pas réaliste de la calculer car une telle étude serait basée sur le coût de l'apport d'azote uniquement alors que les engrains de ferme servent également de fumure de fond grâce à leur richesse en phosphore et en potasse. Leur prix est donc basé sur les teneurs en différents minéraux leur conférant une valeur plus élevée en €/tonne que l'engrais minéral. Pour les fermes qui ont une production animale, ces engrains sont un sous-produit qu'elles ont l'opportunité de valoriser en respectant certaines normes. Finalement, le coût de ces engrains réside principalement dans leur gestion et l'opération d'épandage.

Quant aux engrains organiques du commerce, leur prix très élevé engendre forcément un bilan économique négatif mais leur utilisation peut se justifier lorsque la structure de l'exploitation, l'indisponibilité d'engrais de ferme ou un cahier des charges particulier l'exigent. Les exploitations sans production animale devraient probablement dans ce cas plutôt favoriser l'échange paille/fumier en raison des effets bénéfiques des engrains de ferme.

Nous souhaitons rappeler qu'en dépit d'une efficacité variable selon les années, l'apport d'engrais de ferme est toujours bénéfique pour la culture et la parcelle : effets positifs sur la teneur en matière organique, la structure du sol, l'activité biologique, la régulation du pH et de l'eau du sol. Les effets des engrains de ferme ne sont pas totalement visibles sur une seule année de culture. Ils apportent des éléments qui ont des impacts pendant plusieurs années mais qui sont difficilement quantifiables. Il est donc nécessaire de les considérer dans leur globalité à l'échelle de la rotation.