

9. Fertilisation des céréales en agriculture biologique

M. Abras¹, B. Godden¹, J. Legrand², A. Stalport et O. Mahieu³

1	Mise en contexte	2
1.1	Gestion de la fertilisation en agriculture biologique.....	2
1.2	Mode d'action des engrais organiques	2
2	Les essais.....	4
2.1	Le réseau d'essais.....	4
2.2	Caractéristiques des matières testées	5
2.3	Résultats.....	6
2.3.1	Conditions des essais et valeurs témoins.....	6
2.3.2	Quel impact sur le rendement ?.....	8
2.3.3	Quel impact sur la qualité ?.....	10
2.3.4	Fumiers et fientes de volaille	12
2.4	La rentabilité économique des engrais	13
2.5	Perspectives et conclusions	15

1 CRA-W – Département Productions Agricoles – Unité Productions Végétales

2 CPL-VEGEMAR asbl – Centre Provincial liégeois des productions végétales et maraîchères

3 CARAH asbl – Centre pour l'Agronomie et l'Agro-industrie de la Province du Hainaut

1 Mise en contexte

1.1 Gestion de la fertilisation en agriculture biologique

En agriculture biologique, la gestion de la fertilisation repose essentiellement sur un raisonnement à long terme basé sur la fertilité du sol (rotation, légumineuses, apports de matières organiques). La spécialisation d'un nombre croissant de fermes bio en grandes cultures avec peu ou pas de bétail rend cette gestion de la fertilité du sol encore plus compliquée, en raison du manque d'engrais de ferme directement disponible sur l'exploitation et de l'absence de prairies dans la rotation.

Dans le cas particulier des céréales, les besoins en azote aux stades tallage et début redressement sont importants, à une période où la minéralisation de l'azote du sol est encore faible (faible température du sol et faible activité des bactéries nitrifiantes). Ce manque d'azote minéralisé se marque dès le début du développement de la végétation et se poursuit pendant tout le cycle végétatif des céréales. Cela impacte les rendements et explique notamment les faibles teneurs en protéines des céréales cultivées en agriculture biologique en Wallonie ou en France. De surcroît, le retard de développement de la culture entraîne un manque de concurrence vis-à-vis des adventices. C'est pourquoi le recours aux engrais organiques du commerce (ou à certains engrais de ferme si disponibles) est fréquent afin de compenser le déficit en fourniture d'azote par le sol et répondre à des besoins en azote à des moments clés de la croissance. Les engrais organiques les plus fréquemment utilisés en céréales biologiques sont soit des bouchons composés de matières naturelles (farines de plumes, de sang, poudre d'os ...), soit des engrais de ferme à action rapide (lisier, fientes de poules, ...) ou d'autres matières du type digestat et vinasse en accord avec le cahier des charges bio.

1.2 Mode d'action des engrais organiques

Les engrais organiques et engrais de ferme, à l'instar de la matière organique du sol, sont très dépendants des conditions d'humidité et de température au moment de l'application et dans la période qui suit. Ces conditions déterminent la vitesse de minéralisation des matières organiques et la mise à disposition des éléments pour la culture se fait donc progressivement au cours de la saison.

Les engrais organiques du commerce se caractérisent par un rapport C/N très bas (<5), pour agir plus rapidement que toutes autres MO « naturelles ».

Des tests d'incubation ont été réalisés et ont permis d'estimer prévisionnellement non seulement les quantités d'azote minéral fournies par différents engrais organiques mais aussi le moment de mise à disposition de ces fournitures.

Ces particularités de la fertilisation organique expliquent la nécessité en agriculture biologique d'appliquer la totalité de la dose d'engrais en une seule application à la reprise de

végétation, contrairement à la pratique conventionnelle qui consiste à appliquer l'azote en deux ou trois fractions. Sur la Figure 9.1 est montrée l'influence de la date d'apport de l'engrais sur la cinétique de fourniture d'azote minéral et met en évidence qu'un apport au mois de mai libère la majorité de son N après la phase d'absorption de l'azote par les céréales.

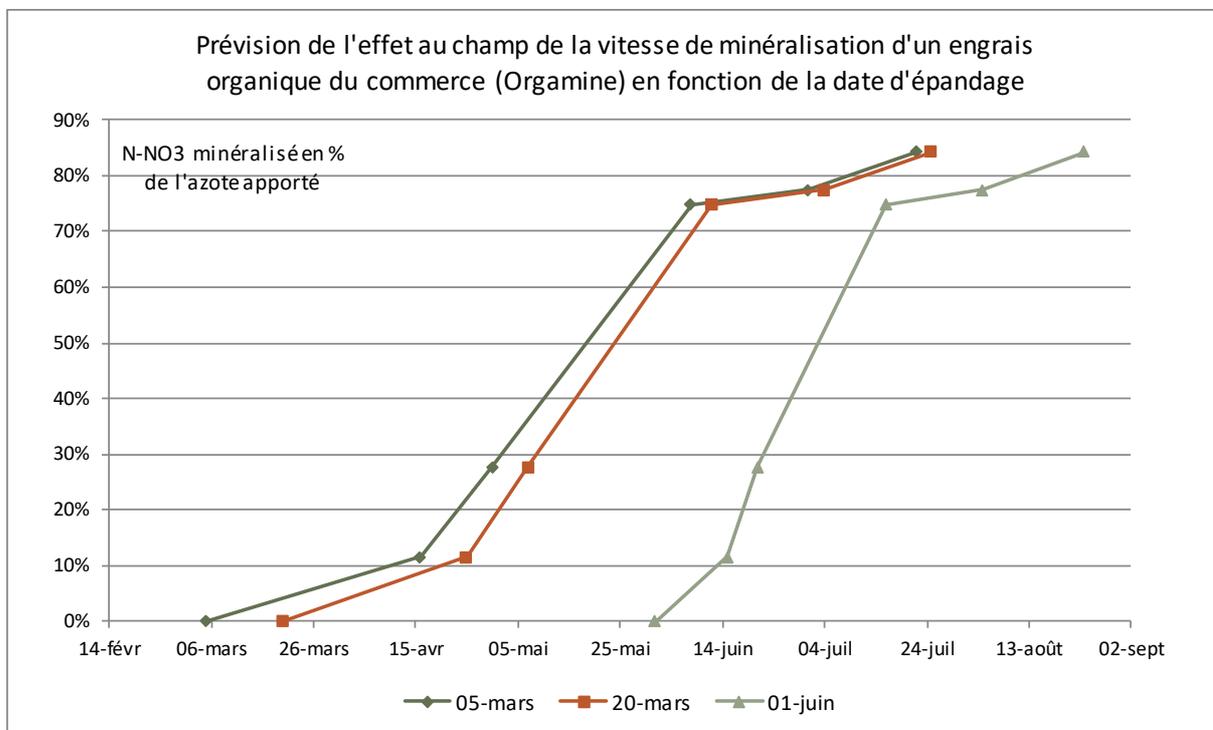


Figure 9.1 – Prévision de la minéralisation d'un engrais organique au champ sur base de mesures réalisées au laboratoire.

2 Les essais

2.1 Le réseau d'essais

Depuis 2016, des essais sur la fertilisation organique de printemps en céréales d'hiver biologiques ont été mis en place par le CRA-W, le CPL-VEGEMAR et le CARAH sur trois sites d'expérimentation : Horion-Hozémont, Chièvres et Rhisnes.

Ces essais ont pour objectif d'évaluer l'efficacité de ces engrais, leur impact sur la qualité du grain et enfin leur rentabilité économique. La majorité des engrais sont testés à des doses communes par les trois centres. D'autres engrais/doses spécifiques à chaque situation ont également été ajoutés par chaque centre. Les principales caractéristiques des parcelles d'essais sont présentées dans le Tableau 9.1 ci-dessous.

Tableau 9.1 – Principales caractéristiques des parcelles des quatre années d'essai.

Froment	Chièvres		Horion		Nethen		Rhisnes	
	Précédent	Reliquat 0-90 (30-60-90) (kg N/ha)	Précédent	Reliquat 0-90 (30-60-90) (kg N/ha)	Précédent	Reliquat 0-90 (30-60-90) (kg N/ha)	Précédent	Reliquat 0-90 (30-60-90) (kg N/ha)
2016					Féverole	18 (7-6-5)		
2017			Oignons	71 (15-31-25)				
2018	Maïs	56 (17-16-22)	Pomme de terre	50 (8-13-29)			Pois	31 (7-7-17)
2019	Couvert Spontané	88 (28-33-27)	Haricots	45 (6-11-28)			Pois	75 (5-23-47)

2.2 Caractéristiques des matières testées

L'ensemble des matières testées par année est repris dans le Tableau 9.2 ci-dessous.

Tableau 9.2 – Matières fertilisantes testées de 2017 à 2019 dans les essais.

Matière	Fournisseur	Composition	N	P	K	2017	2018	2019
Biomass	Walagri	Hydrolysats de fourrages et de cuir	13	0	0		x	
Bouchon 10/6/0	Scam	Poudres de viande, d'os et farine de plume	10	6	0			x
Digestat	BHG	Digestat liquide	0,5	0,2	0,3	x	x	x
Fumier de poules ¹	Exploitation bio	Fumier de poules d'élevage	Variable				x	x
Fumier de poulets ²	Exploitation bio	Fumier de poulet de chair d'élevage	Variable			x	x	x
Orgamine 7	Fayt-Carlier	Guano, algues, farine de plumes, vinasse, patenkali	7	5	2	x	x	x
Vinasse	Pomagro	Fermentation de la mélasse, co-produit de la betterave	3,3	0,2	0,8	x	x	x

¹ Pour les essais de Horion et Rhisnes

² Pour les essais de Chièvres

Il existe une multitude d'engrais organiques disponibles dans le commerce et la plupart ont des caractéristiques similaires. Les résultats obtenus sur base des engrais que nous avons choisis arbitrairement sont valables pour les autres engrais du marché, pour peu qu'ils soient dans les mêmes gammes de rapport C/N, de teneur en azote ammoniacal et de fraction carbonée soluble.

Les engrais organiques du commerce ont tous des teneurs en azote supérieures à 7 % alors que les engrais de fermes type lisiers et fumiers sont moins concentrés. Certaines matières comme les produits à base de vinasses (de betterave ou de canne à sucre (OPF)) ont de plus une forte proportion de leur azote sous forme ammoniacale (> à 40 %), ce qui les rend beaucoup plus rapidement minéralisables que les autres matières. Enfin, pour distinguer les matières organiques mises sur le marché, de plus en plus de pays imposent une caractérisation biochimique permettant de mesurer leurs différentes fractions carbonées. Sur base de l'analyse réalisée sur les matières utilisées dans les essais (voir Figure 9.2), trois catégories peuvent être distinguées : celle avec plus de 90 % de C soluble (vinasses, OPF, Biomass), les autres engrais organiques du commerce (quelle que soit leur composition) et les fumiers avec des fractions de cellulose et de lignine-cutine plus importantes (ce qui correspond à la litière).

9. Fertilisation organique en agriculture biologique

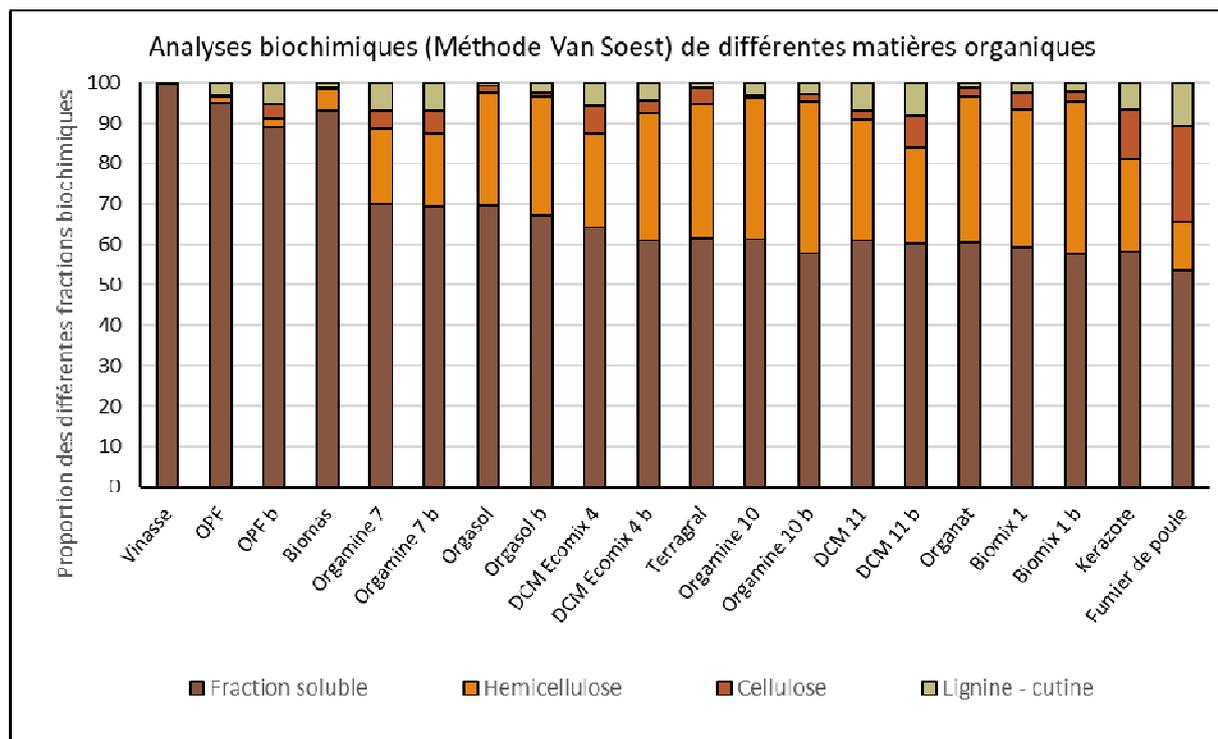


Figure 9.2 – Analyse biochimique (Méthode Van Soest) de diverses matières organiques.

2.3 Résultats

2.3.1 Conditions des essais et valeurs témoins

Le précédent de la culture et les reliquats azotés qui en découlent influencent fortement l'efficacité des engrais organiques appliqués. Ainsi, les engrais organiques auront généralement un impact plus important sur le rendement si les reliquats sont faibles. A cela viennent se superposer les conditions climatiques de l'année qui ont un impact sur la minéralisation des engrais ainsi que l'historique de la parcelle, la pression en maladies sur le feuillage et le grain, la réserve en eau du sol, etc.

L'ensemble de ces facteurs a un impact déterminant sur le rendement des témoins non fertilisés de chaque site d'expérimentation sur base desquels seront comparés l'ensemble des applications d'engrais. La Figure 9.3 illustre la variabilité des témoins d'un site à l'autre et d'une année à l'autre.

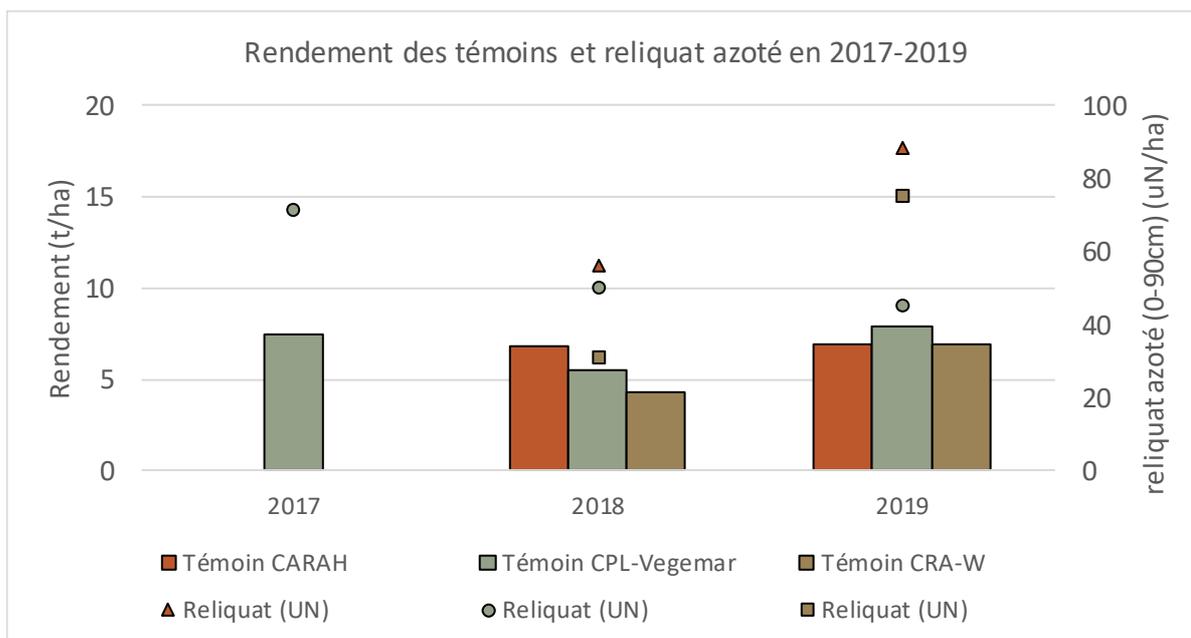


Figure 9.3 – En histogramme, rendement des témoins 0uN de chaque site mis en parallèle, sur l'axe secondaire, avec les reliquats azotés mesurés de ces mêmes parcelles à la sortie de l'hiver.

Les témoins sont élevés sur le site du CPL-VEGEMAR, avec plus de 7 t/ha hormis en 2018, avec 5.5 t/ha due à la chaleur et la sécheresse. Avec des rendements aussi élevés, le potentiel des engrais est plus difficilement exprimable.

Sur le site du CRA-W, les rendements sont plus faibles et sur le site du CARAH, les rendements sont assez stables d'une année à l'autre.

Dans la Figure 9.4 ci-dessous sont exprimés les reliquats azotés à la sortie de l'hiver, ainsi que la pluviométrie et la température au tallage et redressement, ensemble des paramètres qui influencent la vitesse de minéralisation de l'azote, la mise à disposition des éléments nutritifs fournis par les engrais organiques et au final, le rendement.

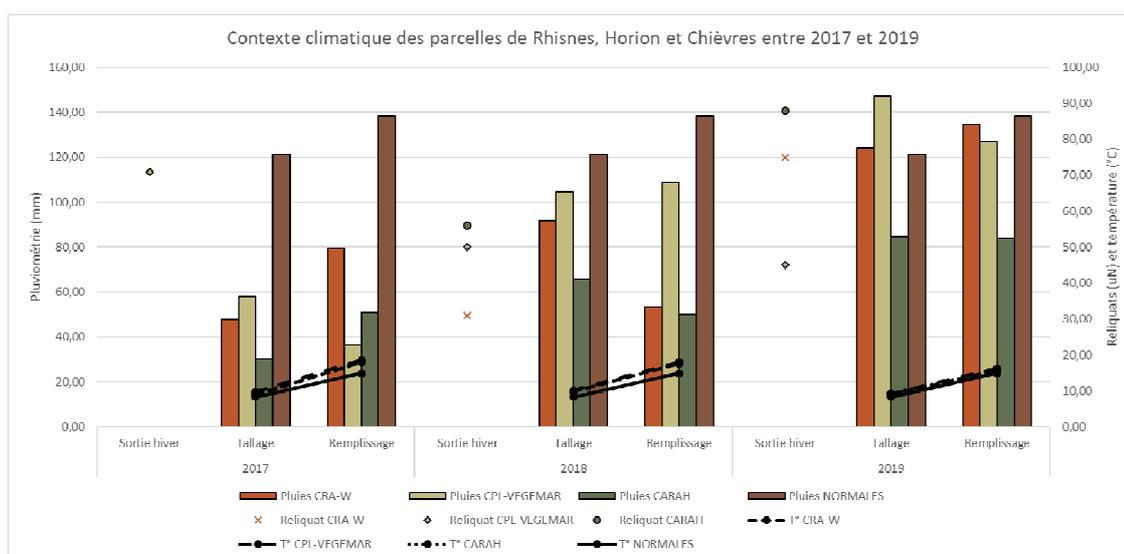


Figure 9.4 – Pluviométrie, températures et reliquats azotés des parcelles d'essais des 3 centres, comparées aux normales de saison, pour 2017, 2018 et 2019.

9. Fertilisation organique en agriculture biologique

En 2017 et 2018, nous avons connu des printemps secs dans les 3 sites d'expérimentation, contrairement à 2019 où la pluviométrie a été normale sauf pour le site de Chièvres.

La température moyenne du début de printemps, au moment du tallage, est relativement proche des normales. En mai-juin, les températures ont été plus élevées que les normales saisonnières en 2017 et 2018, ce qui a pu avoir un impact sur le rendement.

Afin d'évaluer cet impact, le gain sur le rendement et le taux de protéines moyen par année est représenté dans la Figure 9.5 ci-contre.

On observe que le gain de rendement par rapport au témoin, et donc l'expression des engrais, a été meilleur l'année 2019 où il a fait moins sec au printemps.

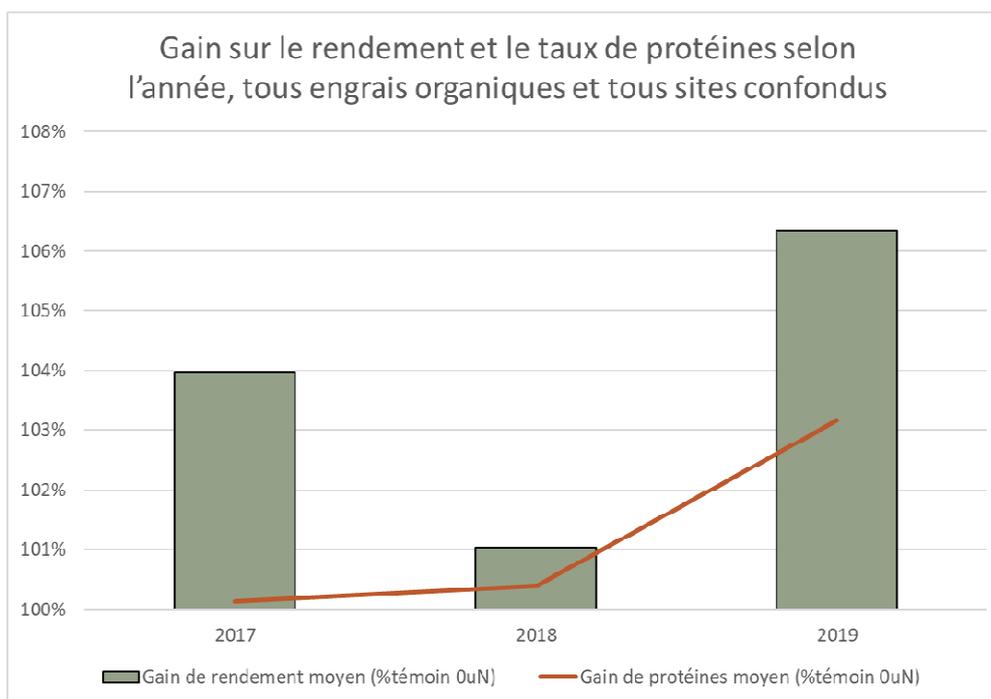


Figure 9.5 – Gain sur le rendement et sur le taux de protéines (en % par rapport au témoin 0 uN) selon l'année, tous engrais organiques confondus, moyenne des doses 40uN et 80uN.

2.3.2 Quel impact sur le rendement ?

Les engrais et matières organiques apportés lors des essais ont, à quelques rares exceptions près, apporté un gain de rendement. Ces gains sont généralement de quelques pourcents par rapport aux témoins non fertilisés mais peuvent aller jusqu'à 25% pour les doses les plus élevées. Le gain de rendement dans les essais est assez faible, étant donné les valeurs déjà assez hautes des rendements sans fertilisation (Figure 9.6). Les sites d'essais n'étaient pas en conditions très limitantes pour la céréale.

En raison du coût et/ou de la disponibilité limitée de ces engrais et matières, les quantités appliquées sont généralement faibles (maximum 80 unités pour les bouchons et 120 unités pour des matières moins coûteuses).

Le Figure 9.6 montre le gain de rendement obtenu suite à l'épandage de différents engrais à des doses d'azote croissantes. Ce graphique ne présente pas l'ensemble des matières testées

mais seulement celles pour lesquelles les modalités étaient identiques dans les différents essais la même année.

Les engrais, tels que la vinasse ou le digestat, mènent à une augmentation du rendement proportionnelle à la dose appliquée. Par contre, pour les engrais organiques du commerce (Biomass, Scam et Orgamine), le gain de rendement est moins marqué. Dans les conditions particulières de ces essais, il arrive même que l'effet soit négatif mais ces données sont à prendre avec précaution car elles ne se basent que sur une seule année d'essai pour les engrais « Scam » et Biomass.

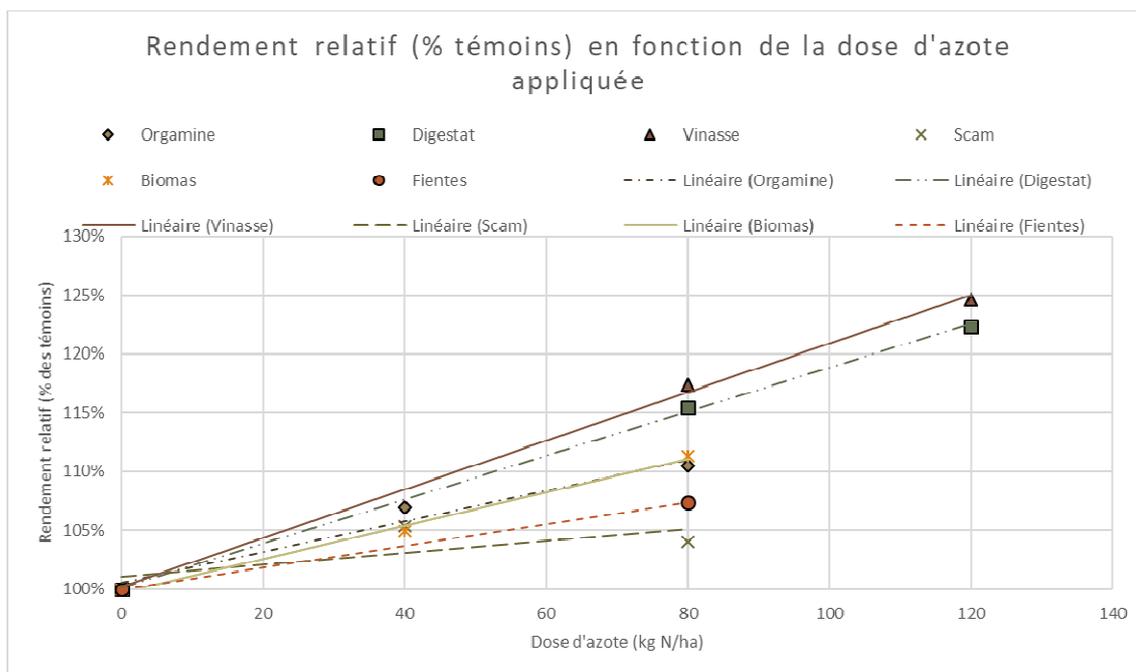


Figure 9.6 – Evolution des rendements relatifs en fonction de l'épandage de quatre matières organiques à des doses croissantes d'azote.

D'autre part, ce graphique permet de comparer les différentes matières pour une même dose de référence 80 uN. On remarque que l'efficacité est liée à la teneur en N ammoniacal de l'engrais au départ et à la vitesse de minéralisation de celui-ci. En terme de gain de rendement, le digestat et la vinasse occupent la première place, suivis du Biomass et de l'Orgamine et enfin des fientes de poule qui arrive en dernière position. On remarque la position assez faible du bouchon Scam mais qui doit être confirmé par d'autres essais.

Le résultat de l'essai du CARAH en 2018 (début de saison très sèche) où ont été appliquées des doses croissantes de Biomass illustre bien le plafonnement de la réponse de la céréale à l'apport d'engrais organique (Figure 9.7). Le maximum de rendement est déjà atteint à 80-100 uN et ne progresse plus peu importe la dose appliquée. Etant donné le prix élevé de ces engrais, augmenter les doses inutilement peut impacter considérablement la marge brute de la culture.

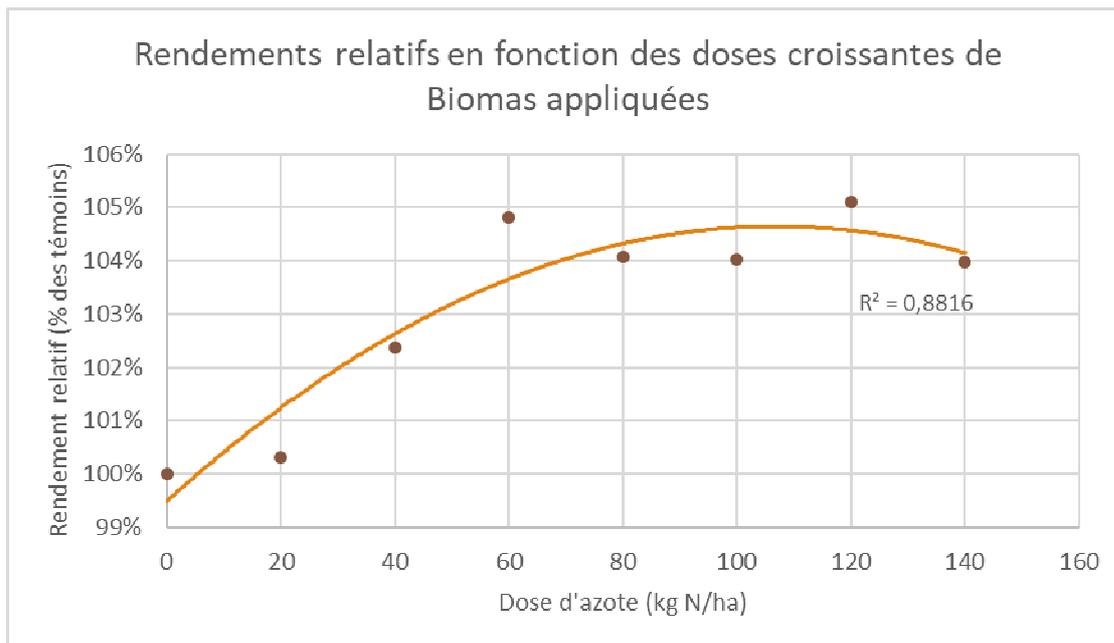


Figure 9.7 – Evolution des rendements relatifs en fonction de l'épandage de Biomass à des doses croissantes d'azote.

2.3.3 Quel impact sur la qualité ?

L'impact sur la qualité est fortement variable en fonction de l'engrais utilisé et de la dose appliquée, comme montré sur la Figure 9.8.

Comme expliqué au point précédent, les **engrais « bouchons »** (Biomass, et Orgamine), ont tendance à provoquer une augmentation de rendement proportionnelle à la dose appliquée, en ayant un faible impact sur la teneur en protéines contenues dans le grain qui a même tendance à diminuer avec l'augmentation de la dose (effet de dilution). L'engrais bouchon de la Scam et Biomass n'ont été testés qu'une année, ce qui ne nous permet pas de tirer de conclusions les concernant.

Le **digestat** et la **vinasse** présentent une dynamique intéressante puisqu'ils apportent un gain de rendement couplé à un gain de protéines.

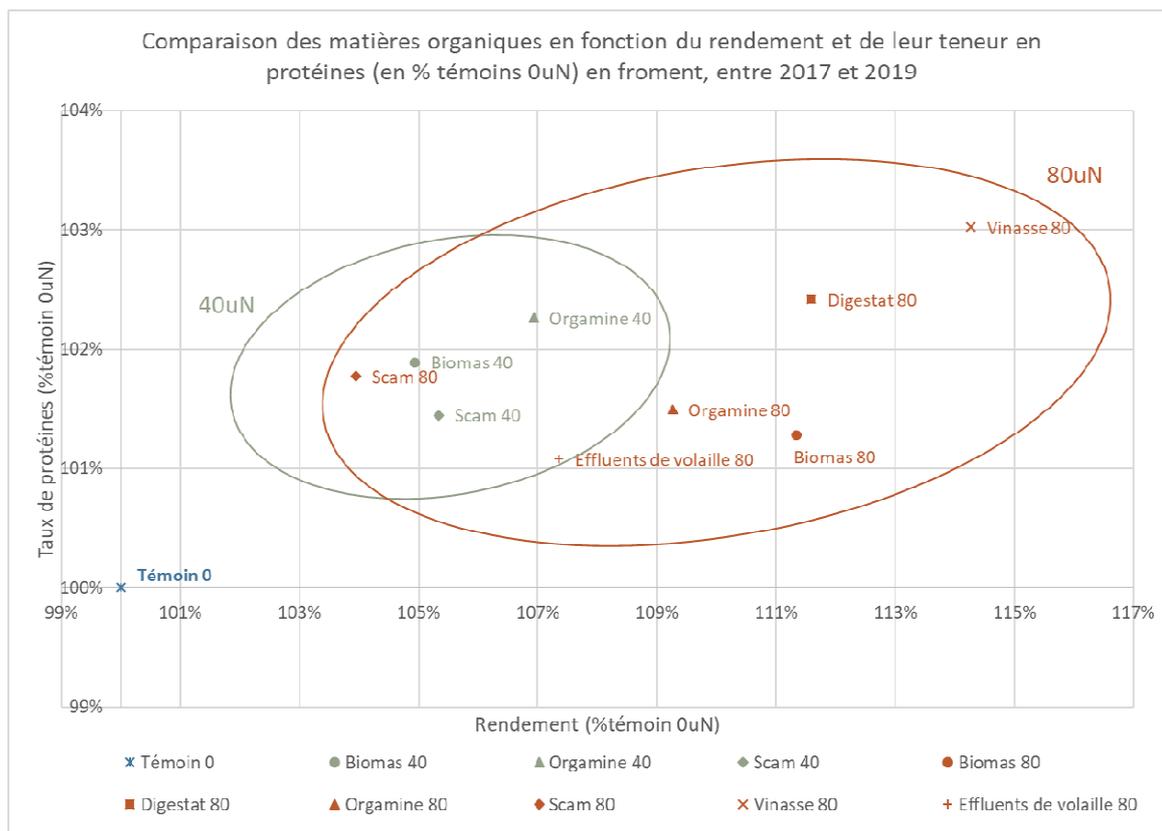


Figure 9.8 – Evolution du rendement corrélée à la teneur en protéines en fonction de la matière organique appliquée en culture de froment.

Si l'on se focalise sur le gain de protéines au cours des deux dernières années (Figure 9.9), on observe que ce gain est relativement faible et très variable en fonction des sites. Cette variabilité était d'autant plus importante en 2018, probablement suite aux conditions sèche de l'année. Ce graphique illustre la difficulté d'obtenir un gain de protéines significatif avec la fertilisation organique en céréales.

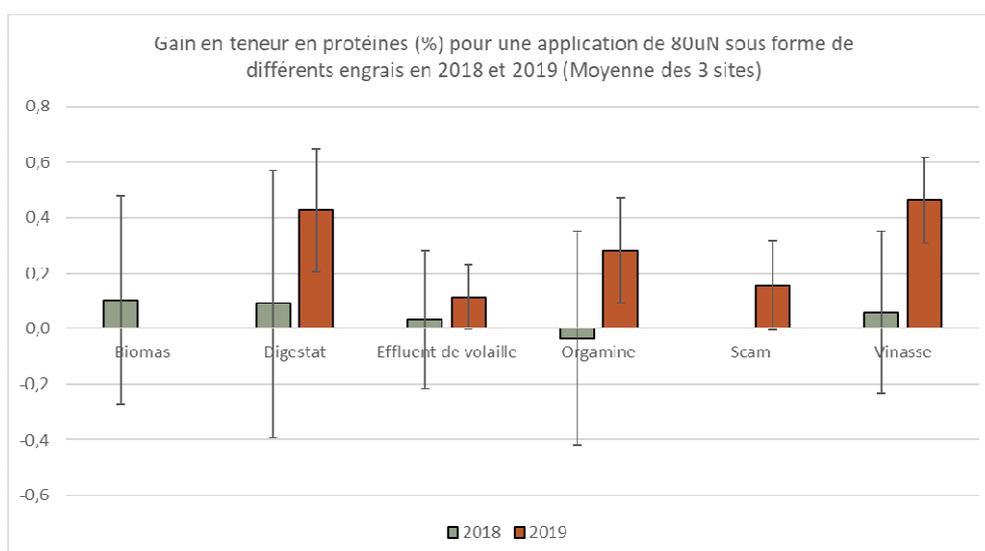


Figure 9.9 – Evolution de la teneur en protéines du froment en fonction des matières appliquées à hauteur de 80 uN en 2018 et en 2019.

9. Fertilisation organique en agriculture biologique

2.3.4 Fumiers et fientes de volaille

Une valeur moyenne de fumier de volaille a été utilisée dans les précédents graphiques. Cependant, les matières étaient différentes d'un site à l'autre comme nous le montre le Tableau 9.3.

Les **fumiers/fientes de volailles** vont travailler différemment selon l'alimentation des volailles (poulets de chair ou poules pondeuses) mais aussi de la composition de la litière. Leur impact sur la culture est donc plus variable (voir Figure 9.10). Plus le fumier est riche en litière ($C/N > 20$), plus l'azote qu'il contient risque d'être mis à disposition des plantes tardivement dans la saison et ne pas concorder avec la phase d'absorption de l'azote par les céréales. Il est donc très important de tenir compte de ce paramètre, afin que la céréale dispose de l'azote aux étapes clés de son développement.

Enfin, il faut également tenir compte du fait que les fumiers/fientes apportent d'autres éléments majeurs qui peuvent également avoir un impact sur le rendement.

Tableau 9.3 – Composition des matières issues d'élevage de volailles.

	2017	2018		2019			
	Horion	Chièvres	Horion	Rhisnes	Chièvres	Horion	Rhisnes
Fientes poules pondeuses	x		x	x		x	x
Fumier poulets de chair		x			x		
COMPOSITION							
N (%sur matière fraîche)	1,66	1,84	1,60	1,60	2,71	2,11	2,05
P (%sur matière fraîche)	1,35	0,75	2,73	2,73	1,16	2,26	1,90
K (%sur matière fraîche)	1,36	0,92	1,83	1,83	1,62	1,67	1,70
C/N	7,58	6,03	10,63	10,63	7,86	10,22	10,34

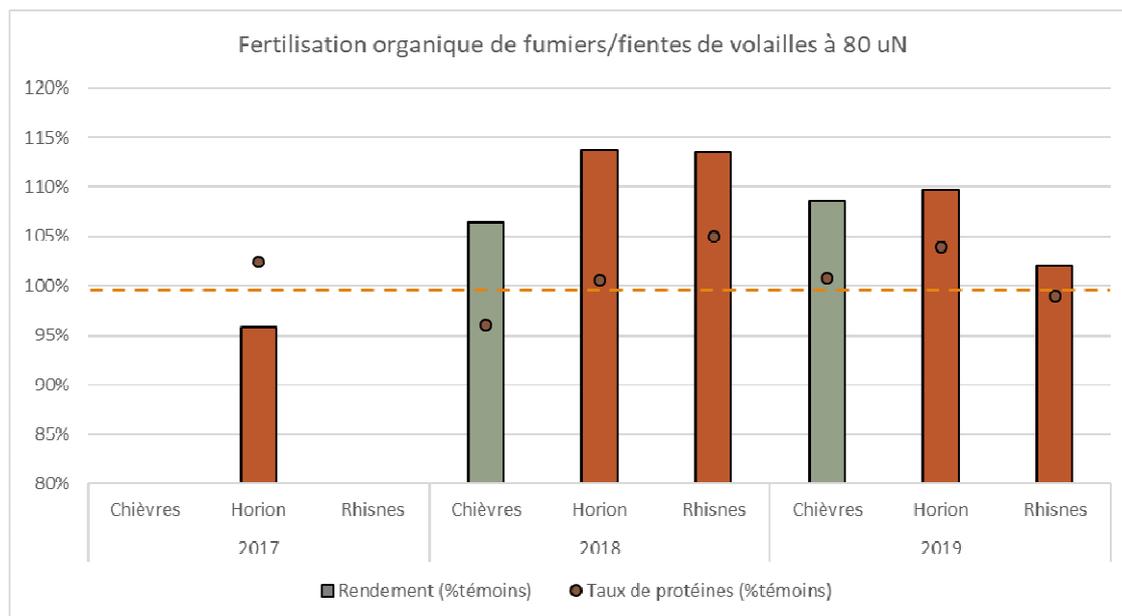


Figure 9.10 – Comparaison des différents fumiers et fientes de volaille testés. En blanc, le fumier de poulets et en gris, les fientes de poules.

2.4 La rentabilité économique des engrais

L'analyse économique a été réalisée sur base de prix d'engrais moyen et sur la base d'un prix de vente des froment bio (non panifiable) à 300 €/t ou 360 €/t (panifiable).

Dans les conditions de nos deux années d'essais et en moyenne sur les trois sites, le bilan économique est négatif pour la majorité des engrais testés à cause d'une part du faible gain de rendement par rapport à celui du témoin déjà fort élevé et d'autre part du coût des engrais organiques. Ainsi, l'Orgamine a un coût à l'unité d'azote deux fois supérieur aux autres bouchons alors que les engrais de ferme de volaille, bien que sensiblement, moins onéreux que les bouchons mènent à un gain de rendement moindre.

En moyenne, seul le digestat qui a un coût inférieur semble rentable dans les conditions de nos essais.

La Figure 9.11 illustre le gain économique en fonction du gain de rendement apporté par les matières.

L'efficacité des matières est fortement liée aux sites, comme détaillé précédemment. Ce phénomène est illustré par deux exemples concrets dans la Figure 9.12 ci-dessous. A **Horion en 2018**, la situation, avec un précédent pauvre, était favorable à l'expression des matières dont l'application s'est relevée rentable pour la majorité (sauf pour l'Orgamine, principalement en raison de son coût élevé). Par contre, dans une situation à précédent riche tel qu'à **Rhisnes en 2019**, il n'y a que le digestat qui s'avère rentable (suite à son faible coût).

9. Fertilisation organique en agriculture biologique

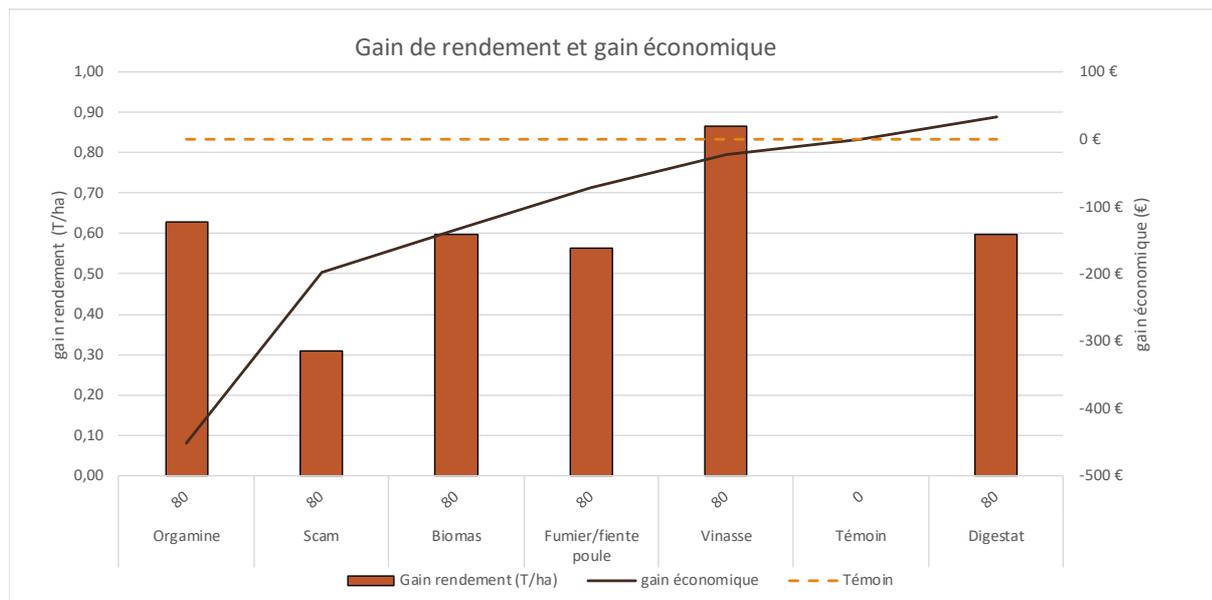


Figure 9.11 – Sur l'axe principal : histogramme du gain de rendement (t/ha) engendré par l'apport de 80uN d'azote. Sur l'axe secondaire : courbe du gain économique (€), calculée sur base du gain de rendement, du prix de vente de ce gain de céréales produit et du coût des engrais. Moyenne des 3 sites sur 2018-2019.

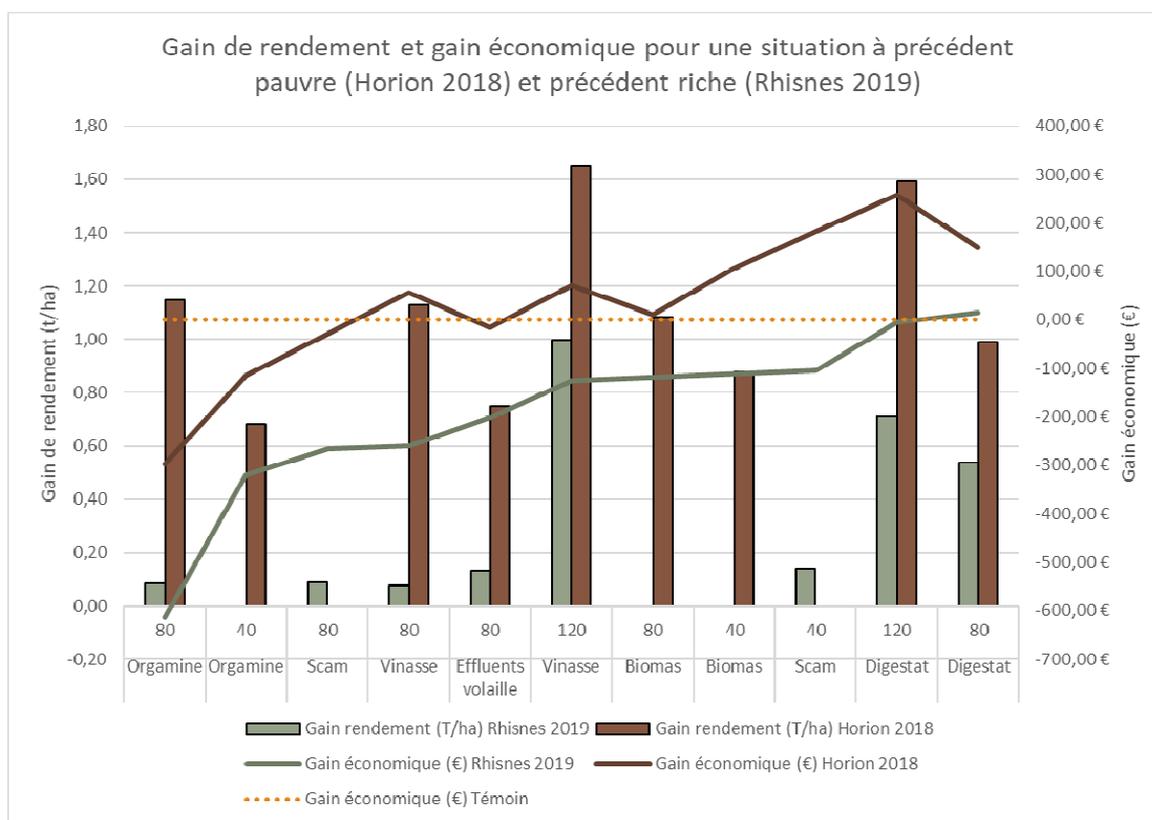


Figure 9.12 – Gain de rendement et gain économique liés à l'application de différents engrais sur les sites de Rhisnes 2019 (situation avec précédent riche) et d'Horion en 2018 (situation avec précédent pauvre).

2.5 Perspectives et conclusions

Trois paramètres ont façonné les essais sur la fertilisation organique de printemps en céréales d'hiver biologiques au cours des trois dernières années.

Tout d'abord, les essais ont été mis en place sur des parcelles à précédents souvent riches et les rendements des témoins non fertilisés y sont donc assez élevés. De ce fait, les gains de rendements potentiels fournis par les différents engrais par rapport à ces témoins étaient assez faibles. A cela s'ajoute des conditions météorologiques particulières où les deux derniers printemps ont été marqués par des déficits en eau plus ou moins importants et des températures assez fraîches en 2019. Ces conditions ont freiné la minéralisation des engrais organiques.

Enfin, la composition des bouchons change parfois d'année en année, ce qui complique la répétabilité des expérimentations d'une année à l'autre.

Ces éléments nous invitent donc à être prudent sur les conclusions à tirer de ces années d'essais et montrent la complexité de la fertilisation des céréales en agriculture biologique. D'autre part, ces essais mettent en avant l'importance de connaître la composition et teneur en azote des matières organiques épandues afin de prédire au mieux l'impact qu'elles auront sur la culture. Il convient d'être vigilant au fait que la composition des matières peut varier d'une année à l'autre (ou d'un fournisseur à l'autre pour les fumiers/fientes de volaille). Même si les bouchons sont relativement stables et fiables d'après les prédictions du fabricant, certains bouchons (dont les résultats n'ont pas été présentés ici), nous indiquaient des teneurs inférieures en azote par rapport à l'étiquette. De bonnes conditions de stockage sont indispensables pour une bonne conservation et stabilité de ces matières.

De plus, les formes d'azote composant l'engrais sont importantes à connaître pour prédire sa minéralisation et sa libération. Toutes les matières ne travaillent pas de la même manière et n'offrent pas le même gain de rendement. Ainsi les matières comme les digestat, vinasse et Orgamine ont montré une plus grande efficacité, car elles contiennent une plus grande partie d'azote directement assimilable par la plante. Parmi ces trois matières, le digestat est le meilleur marché. En conséquence, il se présente comme la matière la plus rentable en moyenne dans les essais.

Enfin, le prix de ces matières, souvent élevé, n'est pas négligeable et est à prendre en compte dans le calcul de la rentabilité économique. Même si dans nos essais, le gain économique est négatif dans la majorité des cas, enrichir le sol est capital sur le long terme et faire l'impasse sur les apports d'éléments nutritifs sur une culture exigeante en azote comme une céréale peut nuire aux cultures suivantes de la rotation. Nous insisterons à nouveau sur l'importance d'inclure des légumineuses dans la rotation, notamment avant une céréale, afin de profiter de leur capacité à capter l'azote de l'air et donc de diminuer les doses qui devront être appliquées ensuite sur la céréale.

Afin de lisser les conditions particulières du climat et des sites d'expérimentations, ces essais seront répétés au sein du réseau dans les années à venir.