



**aGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRES D'AGRICULTURE



GUIDE PRATIQUE POUR LES PORTEURS DE PROJET ET LES CONSEILLERS

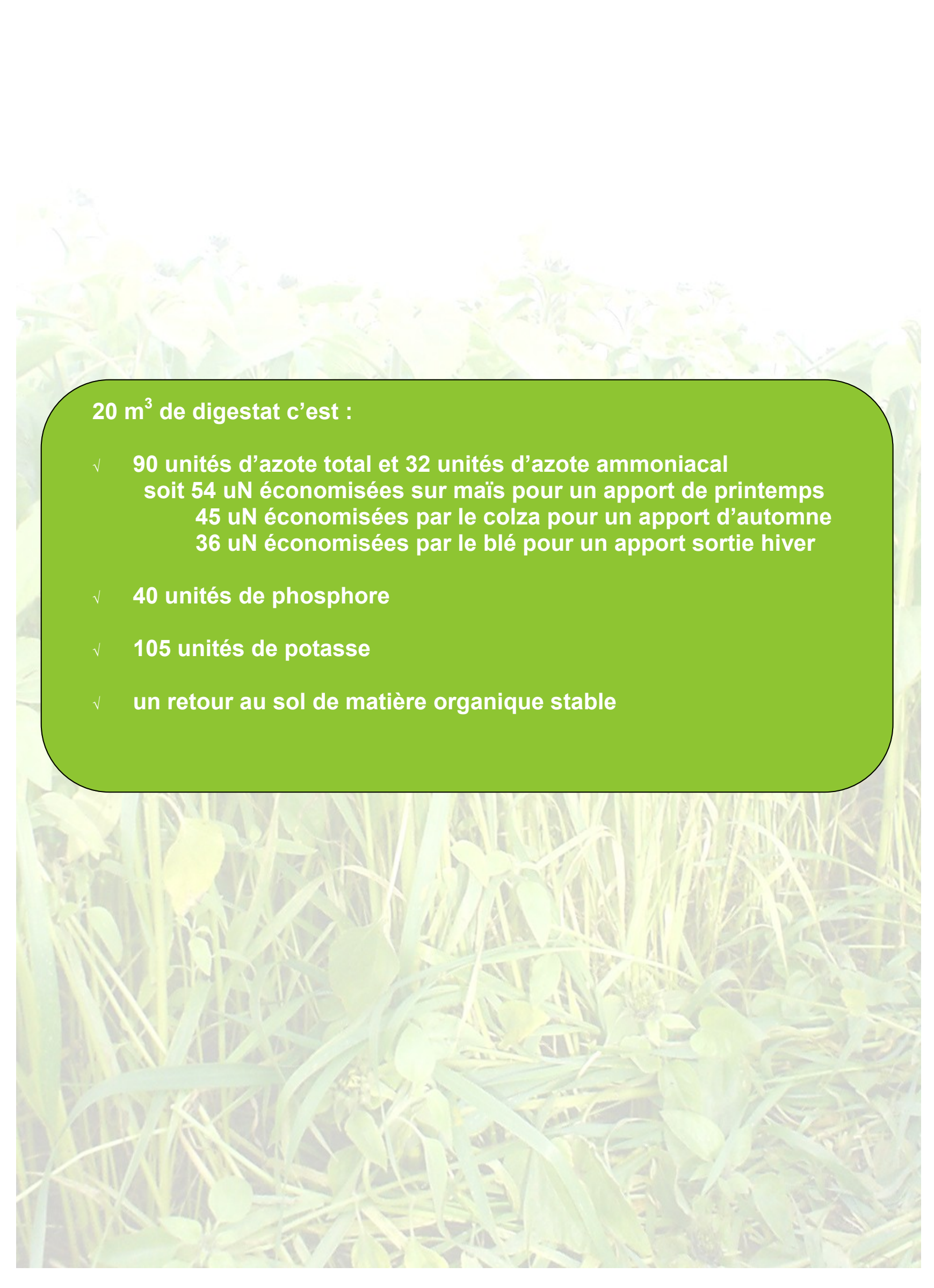
OCTOBRE 2019

Digestats de méthanisation : Optimiser le retour au sol pour profiter des bénéfices agronomiques et économiques

Résultats d'essais et suivis d'exploitations

Bilan de 4 années





20 m³ de digestat c'est :

- ✓ **90 unités d'azote total et 32 unités d'azote ammoniacal
soit 54 uN économisées sur maïs pour un apport de printemps
45 uN économisées par le colza pour un apport d'automne
36 uN économisées par le blé pour un apport sortie hiver**
- ✓ **40 unités de phosphore**
- ✓ **105 unités de potasse**
- ✓ **un retour au sol de matière organique stable**

Un programme de suivi des unités de méthanisation

De 2015 à 2018, un réseau de 22 unités de méthanisation a été accompagné sur la Lorraine par les Chambres Départementales d'Agriculture. Ce suivi a permis de mesurer les performances techniques, énergétiques et économiques de ces unités. Des conseillers agronomes ont également pu appuyer les exploitants dans leur gestion des digestats afin de mieux connaître et de valoriser au mieux cette nouvelle ressource dans une logique de performance agronomique et de moindre impact environnemental. En complément de cet accompagnement, un bilan détaillé de l'évolution des pratiques agronomiques a été réalisé sur 18 exploitations disposant d'un méthaniseur en propre ou appartenant à un collectif (carte ci-contre). De plus un certain nombre d'essais a été mis en place au cours de ces 4 années sur cultures et sur prairies afin d'affiner la prise en compte du digestat dans la fertilisation. L'ensemble de ces travaux sont relatés dans ce guide.



Sommaire

Composition et valeurs des digestats	2
Carbone et matières organiques	5
Approvisionnement du méthaniseur	6
Les Cultures Intermédiaire à Vocation Energétique.....	7
Retour au sol des digestats en grandes cultures	8
Retour au sol des digestats sur prairies.....	10
Retour au sol des digestats en Agriculture Biologique	11
Gestion des épandages et matériel d'épandage	12
Contacts	14

Composition et valeurs des digestats

Digestats bruts

36 analyses mesurées sur 16 installations. Ces unités présentent des rations d'approvisionnement fortement chargées en effluents (55 à 97%), principalement fumiers et lisiers de bovin, complétées essentiellement par quelques résidus de cultures (cf. page suivante).

Digestats bruts

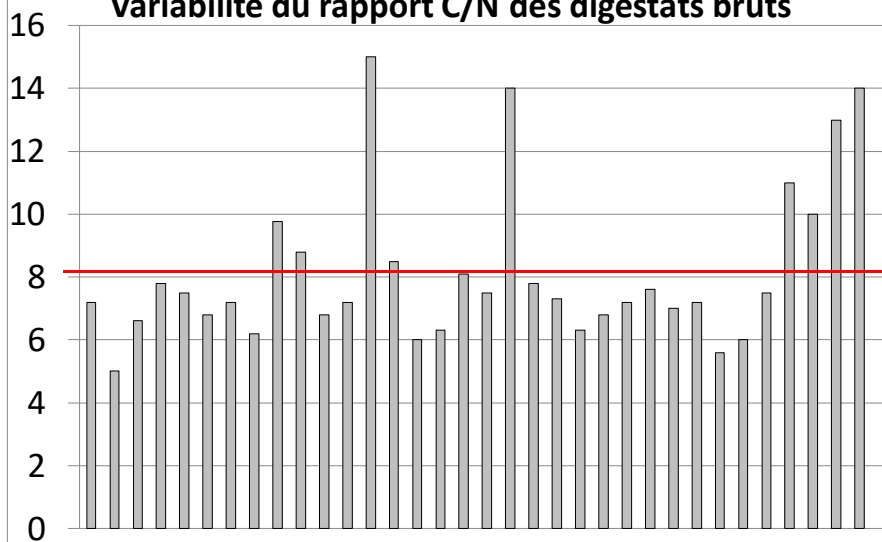
	MS (%)	Ph	C/N	N Total (kg/T brute)	dont N-NH4 (kg/T brute)	Part d'azote minéral (%)	P2O5 (kg/T brute)	K2O (kg/T brute)	CaO (kg/T brute)	MgO (kg/T brute)
Moyenne (36 analyses)	8,8	8,1	8,1	4,56	1,65	37%	2,00	5,26	3,24	1,23
Ecart-type	1,6	0,3	2,5	1,12	0,44	9%	0,51	0,86	1,24	0,42
Min	5,9	7,3	5,0	1,73	0,90	21%	1,28	3,46	1,71	0,74
Max	12,9	8,8	15,0	7,26	2,99	70%	3,58	7,59	8,12	3,18

C/N Digestats bruts

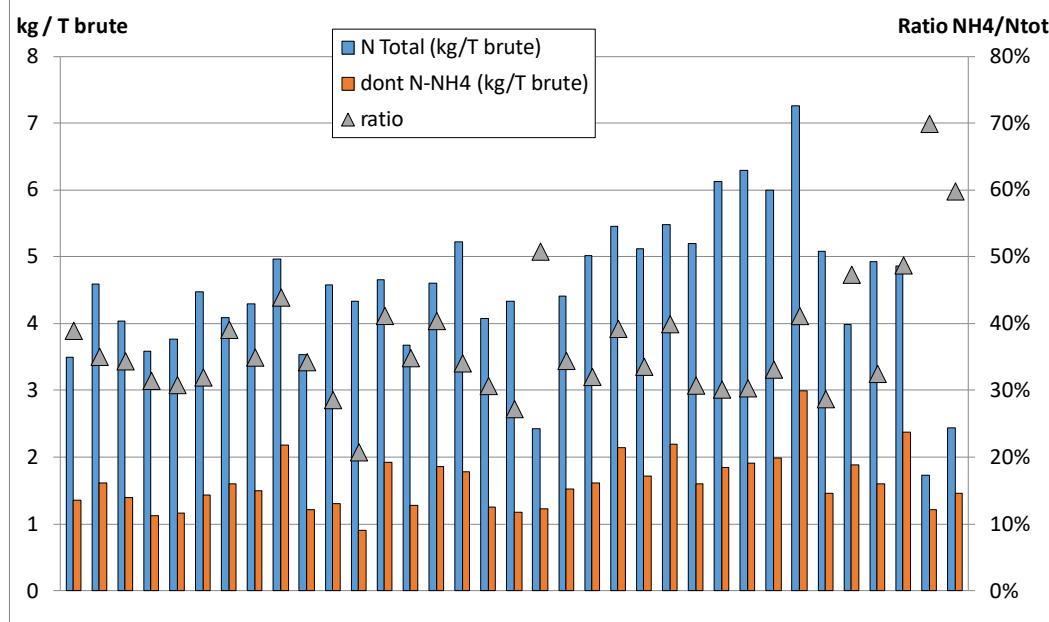
Le rapport C/N des digestats bruts étudiés est relativement faible en moyenne à 8.1, la moitié des analyses se situant entre 6.8 et 8.4. Ces niveaux de C/N restent relativement élevés par rapport à des digestats issus de lisiers de porcs (digestats de l'Ouest) ou de fortes proportions de maïs (digestats allemands). Sur cette base, les digestats sont à classer comme **fertilisants de type II au titre de la directive nitrates**, c'est-à-dire comme les lisiers.

En fonction de la composition de la ration, on note quelques analyses avec des rapports C/N supérieurs à 12, se rapprochant plus des caractéristiques d'un fumier. Ils restent cependant des effluents liquides avec un comportement à l'épandage plus proche d'un lisier.

Variabilité du rapport C/N des digestats bruts



Variabilité du taux d'azote total et ammoniacal des digestats bruts



Azote Digestats bruts

Le taux d'azote total des digestats bruts se rapproche des valeurs d'un fumier frais à **4.52‰ en moyenne**.

Contrairement aux références couramment disponibles à l'échelle nationale, les digestats des unités suivies en Lorraine présentent des **proportions d'azote ammoniacal relativement modérée**. Les analyses présentent effectivement un **ratio N-NH4/N-total compris entre 20 et 50%, à 37% en moyenne**.

Une seule unité présente une part ammoniacal importante à 60-70%, mais sur laquelle le taux d'azote total est de faible à 2%.

Séparation de phase

La séparation de phase est utilisée sur 8 des installations suivies.

Sur les installations sur lesquelles des analyses sont effectuées avant et après séparateur de phase, le processus permet de :

- ✓ réduire de 16% le taux d'humidité du digestat solide obtenu
- ✓ réduire le rapport C/N du digestat liquide de 0.9
- ✓ faire varier le pH, le digestat solide présentant un pH plus basique
- ✓ faire varier les compositions en azote et phosphore des digestats obtenus.



Digestats liquides séparés

17 analyses mesurées

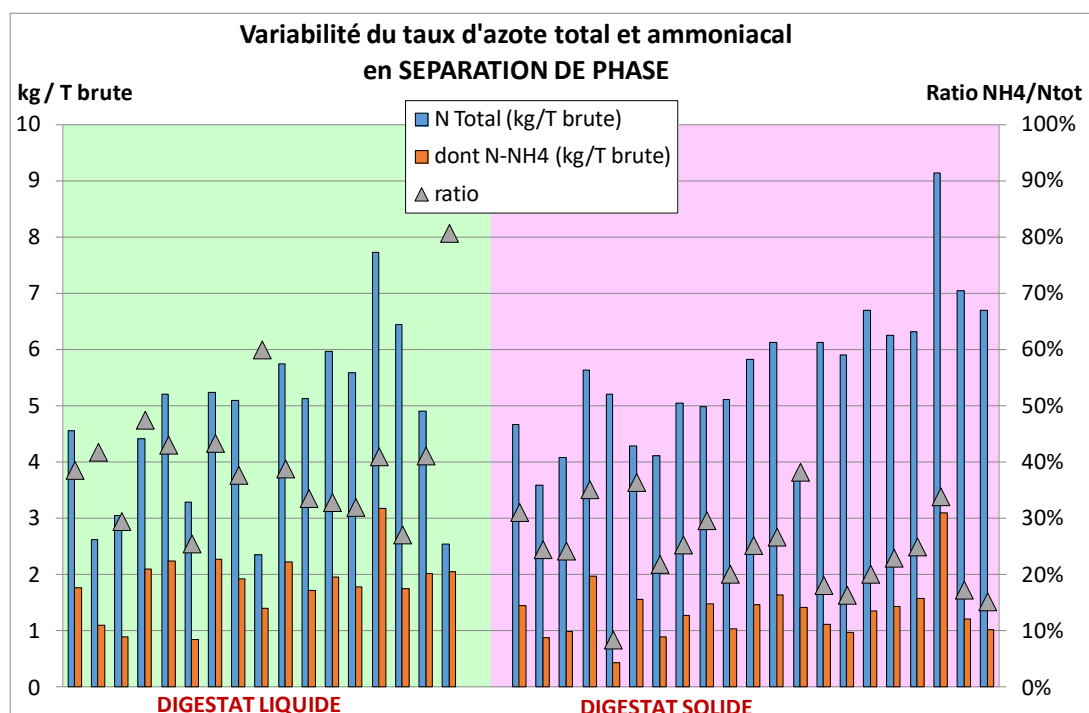
Digestats
séparés

	MS (%)	Ph	C/N	N Total (kg/T brute)	dont N-NH4 (kg/T brute)	Part d'azote minéral (%)	P2O5 (kg/T brute)	K2O (kg/T brute)	CaO (kg/T brute)	MgO (kg/T brute)
Moyenne (17 analyses)	7,43	8,0	6,6	4,70	1,84	41%	1,82	5,67	3,02	1,10
<i>Ecart-type</i>	2,96	0,4	5,0	1,43	0,21	30%	0,35	2,47	2,66	0,94
Min	4,52	7,3	4,1	2,35	0,84	26%	1,00	3,43	1,48	0,60
Max	10,50	8,5	12,0	7,73	3,17	81%	3,08	8,59	6,09	2,31

Digestats solides séparés

21 analyses mesurées

	MS (%)	Ph	C/N	N Total (kg/T brute)	dont N-NH4 (kg/T brute)	Part d'azote minéral (%)	P2O5 (kg/T brute)	K2O (kg/T brute)	CaO (kg/T brute)	MgO (kg/T brute)
Moyenne (21 analyses)	24,23	9,0	19,1	5,55	1,35	25%	4,90	5,47	6,14	3,07
<i>Ecart-type</i>	4,36	0,3	3,7	1,31	0,52	8%	1,84	1,18	2,92	1,15
Min	14,90	8,3	13,0	3,59	0,44	8%	1,96	2,99	2,34	1,12
Max	31,30	9,7	31,0	9,14	3,10	38%	8,17	8,33	14,60	5,46



Azote
Digestats
séparés

Le taux d'azote total des digestats séparés reste proche de celui d'un digestat brut.

Par contre la part d'azote ammoniacal des digestats liquides séparés est un peu plus élevée, à **41% en moyenne**.

A contrario, les digestats solides séparés présentent des concentrations en azote ammoniacal inférieures à 25%.

Composition et valeurs des digestats - suite

PK

Le processus de méthanisation n'impacte pas les proportions d'éléments minéraux avant et après digestion.

Aussi les valeurs de P_2O_5 et de K_2O dans les digestats bruts restent assez proches de celles d'un fumier, dans le cas des unités suivies :

✓ en moyenne teneur en phosphore de 2.99 ‰

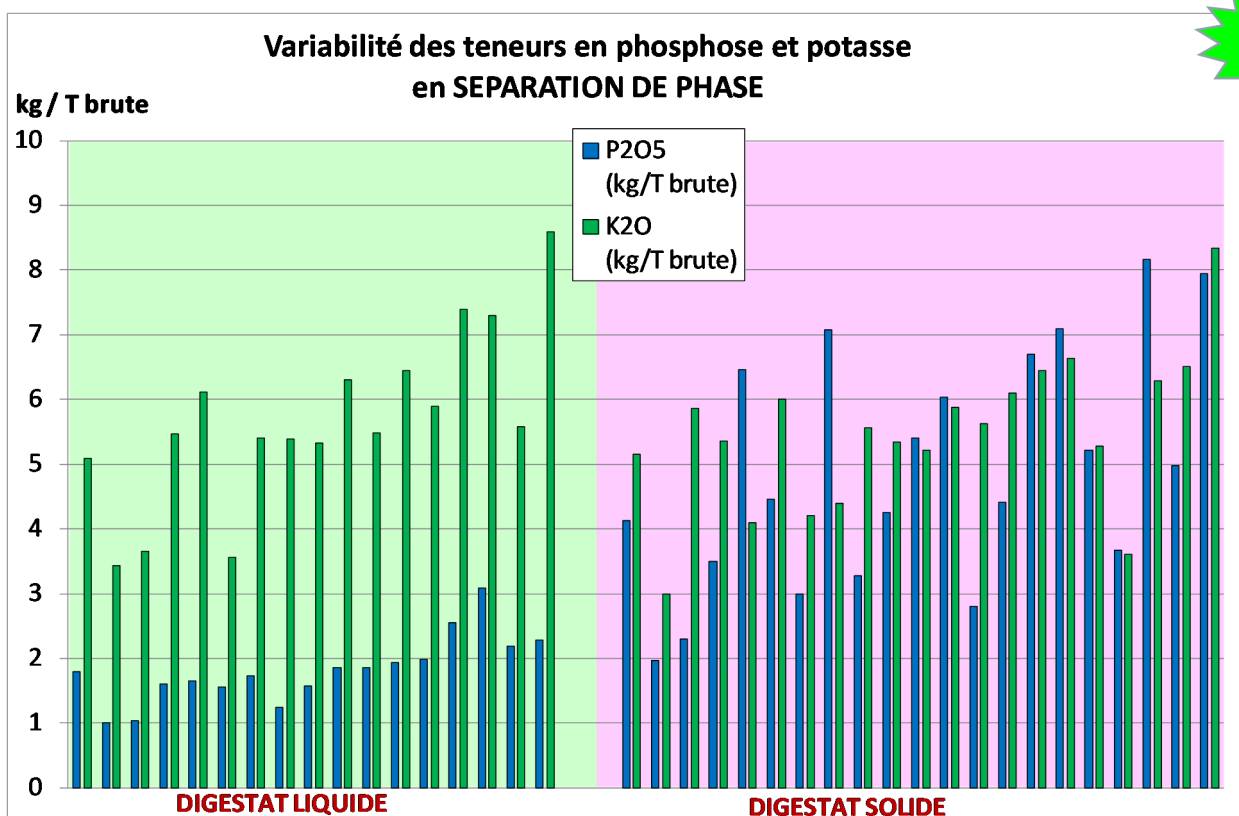
✓ en moyenne teneur en potasse de 5.25 ‰

Il est donc important d'en tenir compte dans la gestion de la fertilisation des cultures.

La séparation de phase a quant à elle tendance à **concentrer le phosphore dans la phase solide**. Sur les installations sur lesquelles des analyses sont effectuées avant et après séparateur de phase, on passe d'une teneur en phosphore de 2.36 ‰ à 2.08 ‰ pour le digestat liquide et 5.32 ‰ pour le digestat solide.



PK
Digestats
séparés



Digestats solides issus de voie sèche

Le processus de méthanisation en voie sèche est peu développé, 2 unités suivies dans le cadre du programme. Le tableau ci-dessous présentent les valeurs moyennes sur 9 analyses seulement.

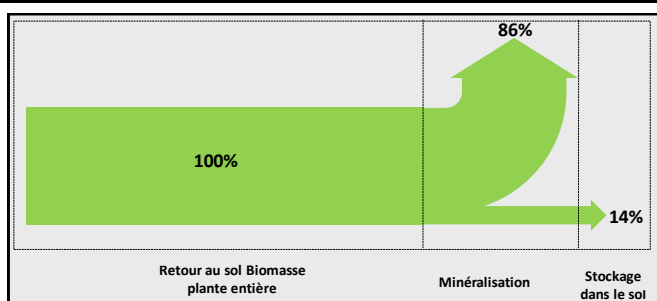
	MS (%)	Ph	C/N	N Total (kg/T brute)	dont N-NH4 (kg/T brute)	Part d'azote minéral (%)	P2O5 (kg/T brute)	K2O (kg/T brute)	CaO (kg/T brute)	MgO (kg/T brute)
Moyenne (9 analyses)	18,13	8,9	12,1	6,11	0,99	16%	3,16	8,24	5,40	1,86
<i>Ecart-type</i>	3,06	0,7	2,6	1,74	0,42	8%	1,06	2,04	1,28	0,64
Min	13,30	7,9	8,1	3,65	0,13	4%	1,66	4,45	3,79	1,07
Max	24,10	9,7	16,0	9,97	1,48	28%	4,58	10,60	7,41	2,62

Carbone et matières organiques

Le processus de méthanisation dégrade les matières organiques : une partie du carbone compris dans ces matières organiques est donc perdu pour le système agricole. **La moitié du carbone compris dans les effluents est transformé en biogaz**, soit environ 14% du carbone initialement fixé par les plantes fourragère ingérées par les animaux.

Cependant, on considère que ce **carbone perdu pendant le processus de méthanisation est compensé par une moindre dégradation du carbone restant**. En effet, le carbone qui sera retourné au sol est principalement du carbone stable qui contribue au stockage à long terme. On aboutit donc à une quantité de carbone stockée à moyen et long terme dans le sol relativement similaire à un système dans lequel les matières organiques reviennent au sol sous forme de fumier par exemple ou même sous forme de biomasse plante entière. A contrario, **le carbone frais, qui permet de nourrir la vie du sol, est fortement réduit**, il faudra alors veiller à le compenser.

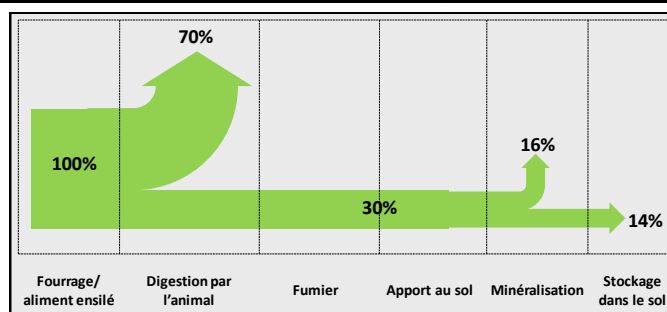
Répartition du devenir du carbone pour un retour au sol d'une **BIOMASSE PLANTE ENTIERE**



Coefficient d'humification : 14%

d'après Thomsen *et al*, 2013

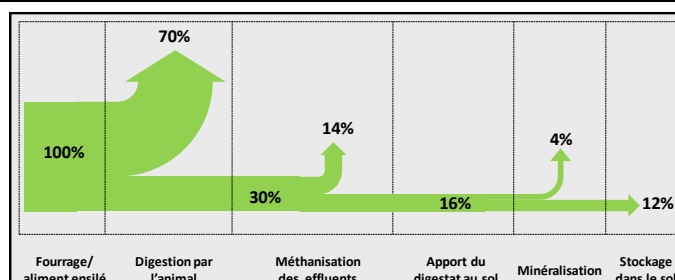
Répartition du devenir du carbone pour un retour au sol du **FUMIER SANS METHANISATION**



Coefficient d'humification : 48%

d'après Thomsen *et al*, 2013

Répartition du devenir du carbone pour un retour au sol **APRES METHANISATION des EFFLUENTS**



Coefficient d'humification : 76%

d'après Thomsen *et al*, 2013

Dans tout effluent, le carbone se trouve sous deux formes : **une forme libre (ou labile ou fraîche)**, facilement minéralisable, qui constitue la principale source d'énergie pour les organismes du sol, et **une forme stable (ou humifiée)**, peu minéralisable, qui contribue au stockage à long terme.

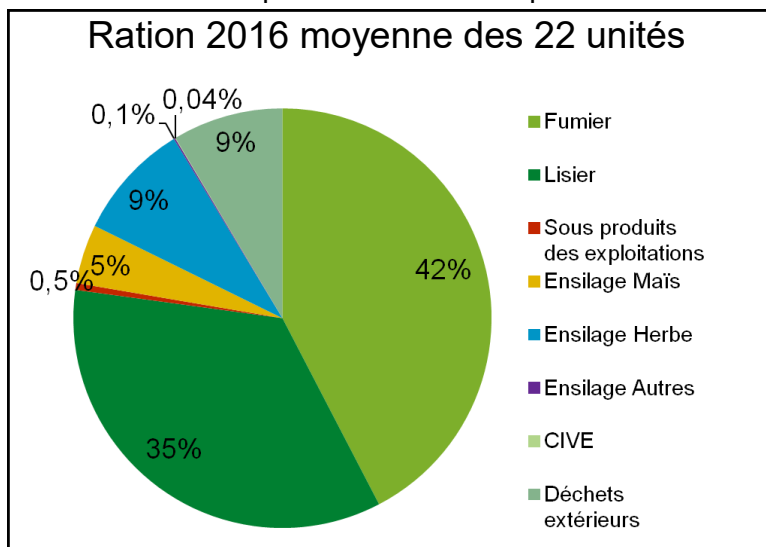
L'équilibre entre carbone stable et carbone labile dans le digestat dépend de la ration d'entrée : **plus la proportion d'effluent d'élevage est élevée, plus le produit va être stable**. De même, un digestat liquide est moins stable qu'un digestat brut, lui-même moins stable qu'un digestat solide.

Cette stabilité peut être abordée par des analyses à travers l'indice ISMO : **plus l'indice ISMO est élevé, plus le carbone est stable**. C'est le cas des digestats, pour lesquels il est donc conseillé de **compléter les apports avec un engrais vert par exemple afin de maintenir un apport de matière organique fraîche dans le sol**. De même les CIVE qui laissent en place un système racinaire conséquent après récolte jouent en partie ce rôle d'apport de matière organique fraîche.

Approvisionnement du méthaniseur

Les installations suivies dans le cadre du programme appuient leur approvisionnement en matières entrantes essentiellement sur les effluents d'élevage à 77%, fumier de bovin et lisier. L'ensilage d'herbe, les Cultures Intermédiaires à Vocation Energétique (CIVE) et le maïs complètent la ration, alors que quelques unités valorisent certains co-produits des industries agro-alimentaires (issues de céréales, drêches, etc.).

Ce plan d'approvisionnement basé sur des produits de la ferme permet de sécuriser les installations.

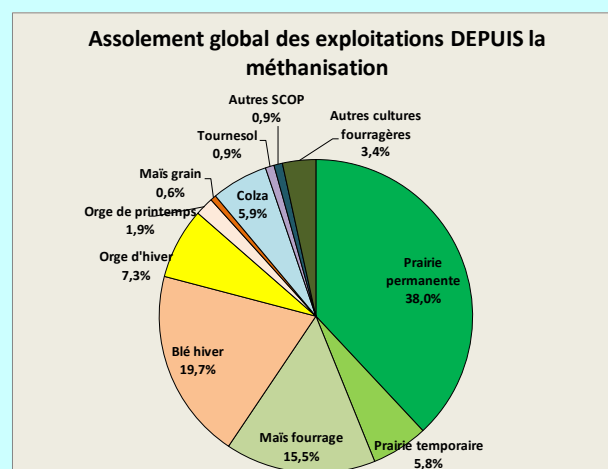
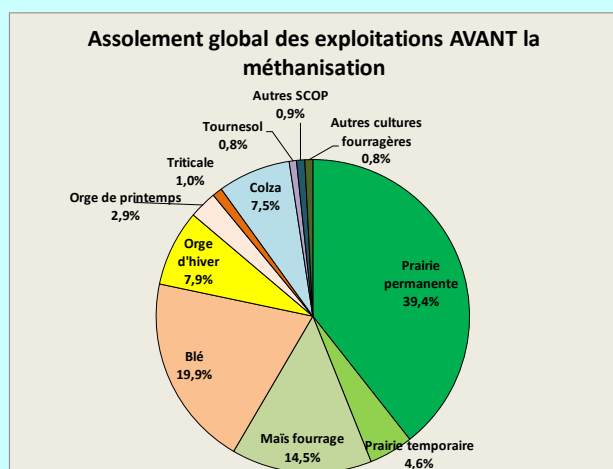


Suivis des exploitations : vers plus de cultures fourragères

L'assolement des exploitations suivies évolue légèrement après la mise en place de la méthanisation.

On observe une augmentation des cultures fourragères (+5%) au détriment des cultures de vente, colza et orge de printemps en tête. On note notamment l'apparition de **céréales immatures** de type seigle, triticale ou avoine et l'augmentation des surface en sorgho et en luzerne.

Contrairement à certaines craintes exprimées, le maïs progresse peu au sein des exploitations : + 1.5%.



Les menues-pailles, un co-produit fortement méthanogène

La menue-paille est une ressource fortement méthanogène assez facilement valorisable dans une unité de méthanisation et non concurrentielle avec d'autres usages. Son utilisation est corrélée à sa récupération. Deux mécanismes existent actuellement :

- ✓ La récupération à 100 % et de manière séparée à l'aide d'une trémie fixée à l'arrière de la moissonneuse-batteuse. Cette technique permet de maximiser son rendement, de l'ordre de 0.5 à 2 T/ha en blé, mais nécessite un chantier de récolte spécifique et présente un investissement élevé, autour de 40 000€.
- ✓ La récupération en andain : la menue paille est directement déposée sur l'andain de paille et est ainsi récoltée en même temps que le pressage de la paille. Le rendement est moindre, mais l'investissement bien moindre autour de 8 000-10 000€.



Les Cultures Intermédiaires à Vocation Energétique - CIVE

Le décret du 7 juillet 2016 fixe une proportion maximale de 15% du tonnage brut total des intrants **pour les cultures principales**. Pour compléter l'approvisionnement, certains unités font alors le choix de s'appuyer sur des cultures intermédiaire, appelées CIVE. Culture principale et culture dérobée font alors l'objet d'une définition réglementaire.

La Culture principale est la culture qui est

- ☐ soit présente le plus longtemps sur un cycle annuel
- ☐ soit identifiable entre le 15 juin et le 15 septembre sur la parcelle, en place ou par ses restes
- ☐ soit commercialisée sous contrat

La Culture intermédiaire est une culture qui est semée et récoltée entre deux cultures principales.

Afin d'optimiser l'occupation du sol pour optimiser la production, on cherche alors à faire se succéder culture principale et culture dérobée. Deux modèles de CIVE sont travaillés sur les exploitations :

Le concept :

CIVE d'automne, puis **culture principale estivale**

Exemple :

Semis d'un seigle fin septembre

Pas de désherbage

Fertilisation à base de digestat 25m³ en sortie d'hiver

Récolte en immature le 15 mai, avant montée à graine des adventices

=> rendement 5-8 TMS/ha

Semis le 25 mai d'une culture estivale (maïs ou sorgho, voire soja) en SD ou TCS superficiel afin de limiter le dessèchement du profil

Désherbage pour gérer les repousses

Fertilisation à base de digestat 25m³

Récolte en ensilage ou grain

=> rendement recherché ~10TMS/ha

Le concept :

Culture principale d'automne récoltée tôt puis **CIVE d'été**

Exemple :

Semis d'un mélange triticales + pois fourrager (ou culture de vente récoltée tôt en grain, orge ou pois d'hiver) en octobre

Pas de désherbage si culture fourragère

Fertilisation à base de digestat 15m³ en sortie d'hiver

Récolte en immature le 15 juin

=> rendement 8-10 TMS/ha

Semis le 25 juin d'un couvert dérobé, mélange d'espèces estivale de type nyger, tournesol, moha, sorgho, voire avoine ou pois. Implantation en SD ou TCS superficiel afin de limiter le dessèchement du profil

Fertilisation à base de digestat 15m³

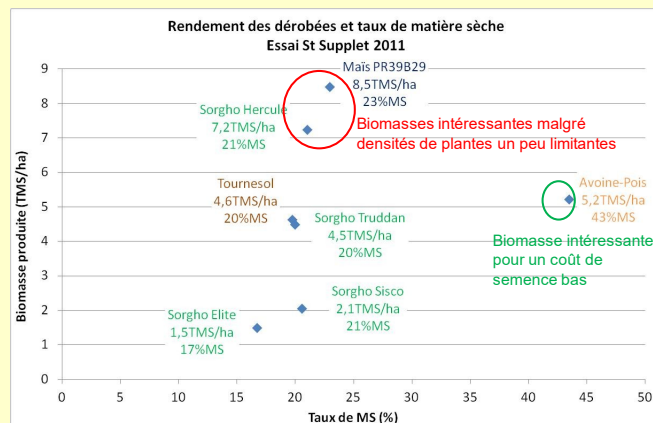
Récolte fin septembre, début octobre

=> rendement recherché 3-5TMS/ha

Essai en 2011 à St Supplet-54 :

Semis en SD de plusieurs variétés et espèces estivales le 27 mai après récolte de triticales immatures. Récolte le 16 septembre

Le maïs précoce et une variété de sorgho présentent les plus fortes biomasses, mais avec un taux de MS trop faible, qui aurait mérité une récolte plus tardive. Le mélange avoine+pois est moins productif, mais a un taux de matière sèche plus élevé permettant une récolte précoce.



Et les CIVE dans les exploitations suivies

Comme précisé précédemment, on observe l'apparition de céréales récoltées immatures dans les assolements des exploitations suivies, seules ou en mélange. En solo, le seigle est la première céréale immature cultivée, mais la majorité des céréales récoltée en immature correspond à des mélanges à base de seigle + une autre céréale, avoine ou triticales.

En ce qui concerne les 2ème cultures, on observe 7% des surfaces de cultures annuelles qui sont suivies par une seconde culture appelée culture dérobée.

Retour au sol des digestats en grandes cultures

Dans le calcul de dose d'azote à apporter sur les cultures, la contribution des effluents d'élevage est approchée par le **coefficient d'équivalence engrais Keq**. Ce Keq a vocation à estimer la part d'azote disponible l'année n, prenant en considération l'azote minéral et l'azote organique minéralisable dans l'année, ainsi que les pertes inhérentes à ces 2 fractions.

On distingue des coefficients différents selon la période à laquelle est épandu le digestat, mais aussi bien évidemment selon les périodes de besoins de la culture. Le tableau ci-dessous présente les coefficients d'équivalence existants en Lorraine pour le digestat.

Coefficients d'équivalence azote du digestat définis par le GREN Lorraine

Culture	Période d'apport	Coefficient d'équivalence (Keq) du digestat	Pour info, Keq du fumier de bovin
Céréales d'hiver	Été-automne	0.2 😞	0.1
	Hiver-printemps	0.4 😊	-
Céréales de printemps	Été-automne	0.1	0.05
	Hiver-printemps	0.4	0.05
Prairies	Été-automne	0.35	0.1
	Hiver-printemps	0.5 😊	0.1
Colza	Été-automne	0.5 😊	0.15
	Hiver-printemps	0.4	-
Maïs	Été-automne	0.1 😞	0.15
	Hiver-printemps	0.6 😊	0.2

Exemple d'utilisation du Keq pour un apport de 25 m³ de digestat brut à 4.56kg/T d'azote total, soit $25 \times 4.56 = 114$ u total
apport sur blé en sortie hiver : $114 \times 0.4 = 46$ u disponibles sur l'ensemble du cycle du blé

Essais céréales 2016 à 2018 :

Entre 2016 et 2018, 12 essais sur céréales d'hiver et de printemps ont été mis en place chez des agriculteurs afin de mieux connaître les performances agronomiques d'un **apport de digestat en sortie d'hiver**.

Dans ces essais, le Keq utilisé pour calculer la dose d'azote efficace apporté par le digestat est celui utilisé dans les références GREN. Un des objectifs de ces essais est de valider et d'affiner ce coefficient.

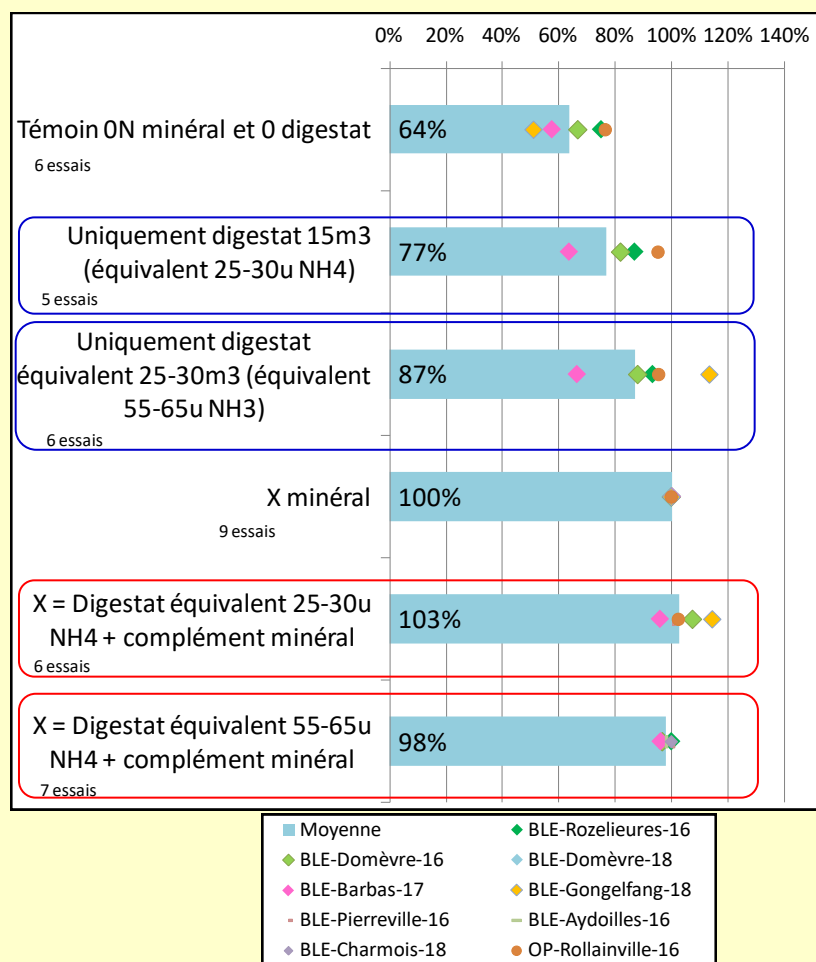
Ces expérimentations menées en microparcelles et en bandes se sont malheureusement heurtées à de nombreux aléas climatiques, notamment le printemps 2016 qui a fortement impacté les travaux de cette année-là.

Dans la synthèse des essais (graph ci-contre) sur lesquels ont été testées les **modalités digestat + complément minéral**, avec une dose équivalente à la dose X (entourées en rouge), on constate que le rendement optimal à la dose X minéral est maintenu, ce qui valide les modalités de calcul retenu avec le Keq utilisé.

Sur les **modalités digestat solo** (entourées en bleu), on observe une augmentation du rendement de 15% avec la modalité 15m3 et de 23% avec la modalité 25-30m3 par rapport au témoin sans apport.

Ces essais mettent en évidence la bonne prise en compte d'un apport de digestat de 15 à 30m3 sur céréales en sortie d'hiver accompagné par un ajustement de la dose d'azote minéral en 2ème ou 3ème apport.

Rendement relatif par rapport à la modalité dose X tout minéral

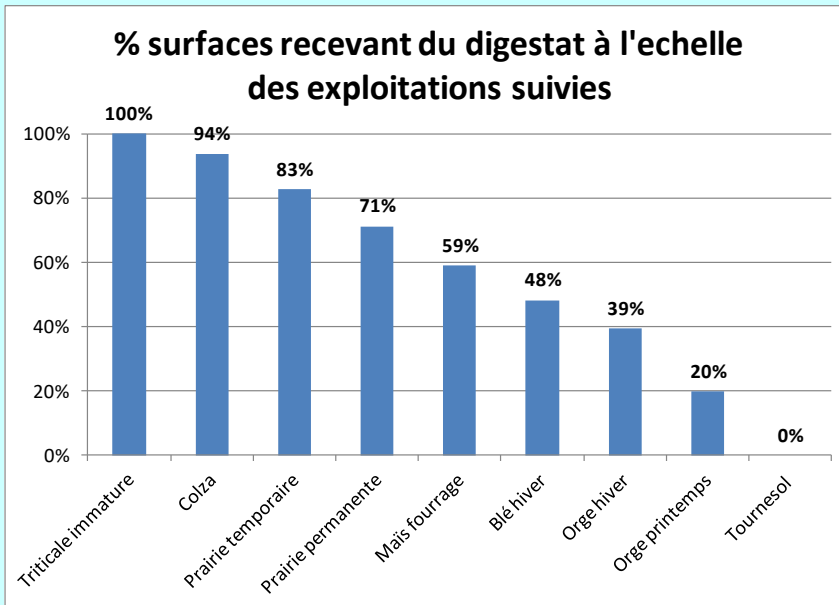


Suivis des exploitations :

Des apports de digestat privilégiés sur colza et cultures fourragères

Sur les exploitations enquêtées, le digestat est épandu sur la quasi-totalité des surfaces de colza, culture qui valorise très bien les apports à l'automne. Les prairies, qu'elles soient temporaires ou permanentes, le maïs et le triticale immature sont également privilégiés pour recevoir le digestat.

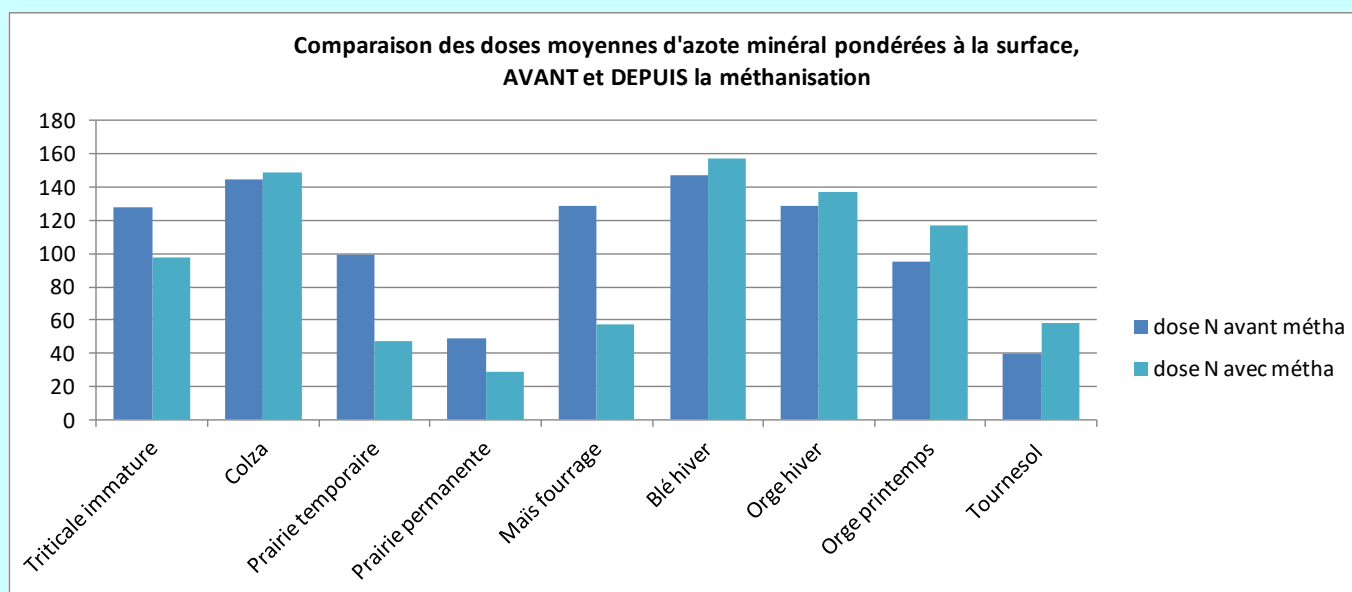
Les apports sur céréales sont moins souvent effectués, seule la moitié des blés recevant du digestat.



Une adaptation de la fertilisation minérale

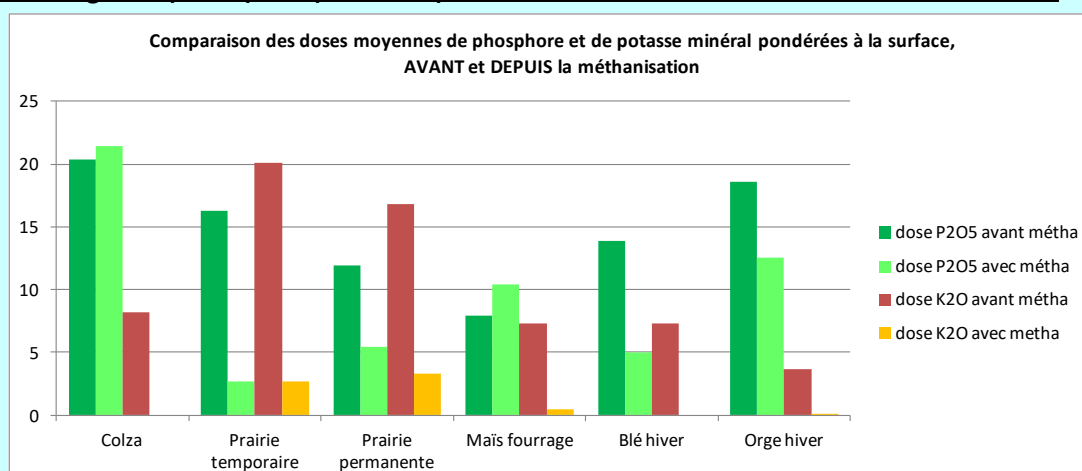
- forte baisse des doses d'azote minéral sur cultures fourragères

A l'exception du colza, dont la dose d'azote minéral est ajustée sortie d'hiver à l'aide des pesées du colza, les principales cultures réceptrices de digestat voient leur dose d'azote minéral fortement réduite grâce à l'apport de digestat : on mesure donc une véritable prise en compte de l'azote du digestat dans le pilotage de la fertilisation du maïs et des prairies notamment. Sur céréales, les doses moyennes ne varient pas à la baisse, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'on observe ici la dose moyenne à l'échelle de l'exploitation et non essentiellement des surfaces réceptrices de digestat.



- baisse conséquente des engrais phospho-potassiques sur toutes les cultures, sauf le colza

A l'exception du colza, culture la plus exigeante en phosphore, on observe une très nette adaptation de la fumure de fond avec les apports de digestat.



Retour au sol des digestats sur prairies

La prairie est une des cultures qui valorise le mieux le digestat, qu'il s'agisse

- ✓ de la fertilisation azotée, avec un coefficient d'équivalence assez élevé (cf. tableau Keq page 8),
- ✓ de la fumure phospho-potassique, les prairies nécessitant des apports essentiels
- ✓ de portance des sols pour les apports,
- ✓ ou encore du bilan environnemental, avec des pertes de nitrates très limitées sous prairies.

Essai pluriannuel à Rozérieules-54 :

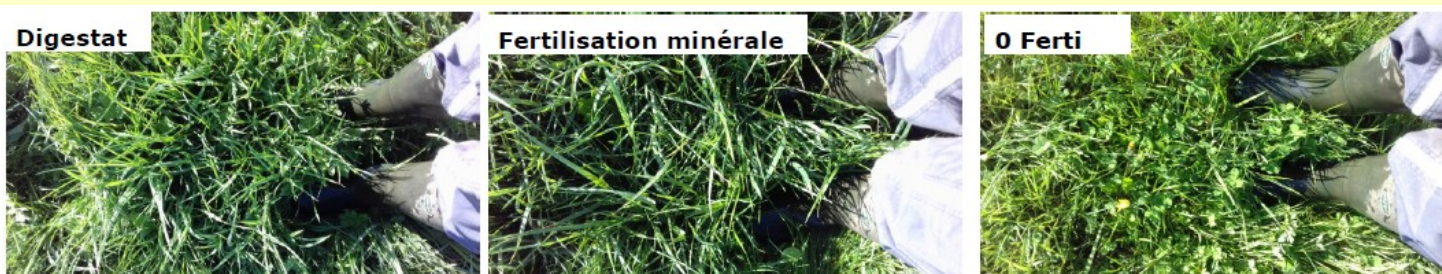
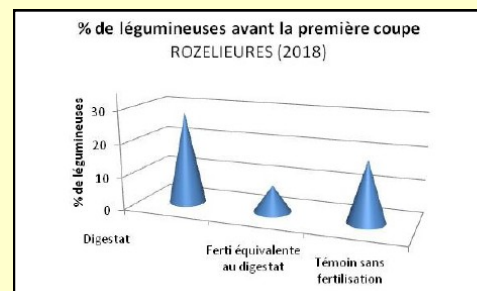
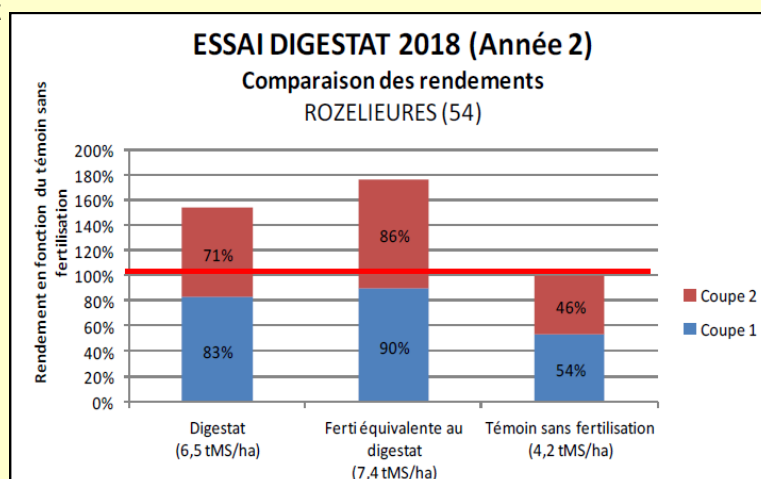
Une expérimentation pluriannuelle est menée depuis 2017 par la Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle à Rozérieules afin de mesurer les performances en terme de rendements et de valeurs fourragères, d'affiner le coefficient d'équivalence et de suivre l'évolution de la composition floristique sur 4-5 ans.

Après 2 ans, les premiers résultats montrent l'intérêt de fertiliser avec le digestat : en 2018, + 54% pour le digestat sur les 2 coupes par rapport au témoin non fertilisé et + 30% sur la 1ère coupe en 2017. Ces résultats sont malgré tout en deçà de la fertilisation minérale.

La différence de rendement peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

- Volatilisation d'une part d'azote du digestat
- Tassement des zones de passage d'épandeur
- Gêne physique du digestat sur les plantes : la végétation souillée met plus de temps à redémarrer.

En terme de flore, sur cette prairie permanente, les légumineuses sont plus présentes dans la modalité avec digestat que dans la modalité avec fertilisation minérale (28% contre 8%)



Suivis des exploitations :

Une amélioration des performances des prairies permanentes

Sur les exploitations enquêtées, on mesure de meilleurs rendements en prairies permanentes depuis la mise en place des apports de digestat. Le rendement moyen des prairies permanentes progresse de près de 10%, passant de 6.5TMS/ha à 7.2TMS/ha. Ceci peut notamment s'expliquer par le fait que certaines prairies permanentes étaient peu ou insuffisamment fertilisées pour exprimer leur potentiel.

Retour au sol des digestats en Agriculture Biologique

Les digestats offrent une nouvelle opportunité en matière de fertilisation en AB, qu'il s'agisse de fertilisation azotée, mais aussi bien entendu de fumure de fond. Toutefois, tous les digestats ne sont pas autorisés, et ces pratiques sont encadrées par la réglementation en vigueur concernant AB.

En AB, le digestat n'est pas considéré comme un effluent d'élevage mais comme un engrais ou un amendement, il doit donc être autorisé par l'annexe I du règlement (CE) n°889/2008. Cette annexe mentionne depuis 2014 le digestat comme matière autorisée à l'épandage sur des terres biologiques au titre du règlement 834/2007.

Les matières végétales et/ou animales suivantes sont notamment citées à l'annexe, le digestat peut donc en provenir même si elles ne sont pas biologiques :

- fumier (provenance d'élevages industriels interdite) ;
- excréments d'animaux liquides (provenance d'élevages industriels interdite) ;
- mélanges compostés ou fermentés de déchets ménagers (sous conditions)
- mélanges compostés ou fermentés de matières végétales ;
- produits laitiers et autres sous-produits animaux cités dans l'annexe I ;
- algues et produits d'algues ;
- vinasses et extraits de vinasse ;

Ce qui est exclu en AB :
digestat issu de boues
step, de certains sous
produits animaux non
autorisés, d'effluents
industriels

Essais céréales en AB :

Entre 2015 et 2018, plusieurs essais ont été menés en AB par la Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle. Ils ont permis de mesurer les gains de rendement apportés par des apports de digestat en sortie d'hiver sur céréales ou mélanges céréales-protéagineux.

Sur 4 essais (cf. tableau ci-dessous), on mesure un gain de rendement de 22% avec un apport de 10 à 20 m³ (variable selon les essais) et de 32% avec un apport de 30 m³.

Selon les modalités, l'apport de digestat procure également un gain de protéines pour la céréale de 0.5% à 1.7%, non négligeable dans un système bio

	Vého-OH-2015	Vého-Blé+pois-2015	Azerailles-Blé+pois-2017	Blemerey-Blé-2018
0 digestat	32	55	26	51
10-20m ³	43	65	38	57
30m ³	37	68	48	70

Rendement (q/ha) sur 4 essais menés en AB par la CDA54

Attention, dans certaines parcelles à potentiel salissement élevé, l'apport de digestat en AB a favorisé le développement des vulpins !

Photos : dans l'essai de Azerailles en 2017, on retrouve toujours une forte proportion de pois fourragers dans les modalités fertilisées avec le digestat.

Témoin 0 Digestat

Blé : 227 épis/m²
Pois : 8 pieds/m²

Digestat 30 m³

Blé : 350 épis/m²
Pois : 30 pieds/m²



Approche économique : dans l'essai de Blémerey en 2018 (apport sur blé après prairie temporaire en parcelle propre), les gains de rendement réalisés grâce au digestat se traduisent par un gain conséquent de marge de brute par rapport au témoin

	Produit/ha en €	Charges ferti coût digestat + épandage	Différence de marge brute VS témoin
Témoin 0 Digestat	2257 €/ha		
Digestat 15 m ³	2495 €/ha	165 €/ha	+ 73 €/ha
Digestat 30 m ³	3062 €/ha	330 €/ha	+ 475 €/ha

Prix du blé : 440 €/T - Prix digestat 8 €/m³ - Tarif épandage 3 €/m³

Gestion des épandages et matériel d'épandage

Une unité de méthanisation produit toute l'année et les épandages ont lieu de février à septembre, il est donc nécessaire de bien **dimensionner le stockage pour l'hiver, pour 6-7 mois**.

Pour une unité de 250 kW qui produirait 8 000 m³ de digestat, ce sont près de 400 ha épandables dont il faut disposer. Bien valoriser, ces 8 000 m³ peuvent représenter une économie de 12 000€ d'engrais azoté. Encore faut-il optimiser sa valorisation et limiter son coût d'épandage.

Limiter les pertes par volatilisation

La part ammoniacale des digestats, liquides comme solides, est conséquente. Afin de limiter les pertes par volatilisation et pour maximiser la valorisation du digestat, le choix du matériel est essentiel. Comme le montrent les résultats de l'essai ci-dessous, **la buse palette est à proscrire**. Les apports à l'aide d'une rampe d'épandage permet de réduire de 40% les pertes par rapport à la buse palette. L'enfouisseur à dents ou à disques présente un investissement supérieur, mais permet de maximiser la valorisation.

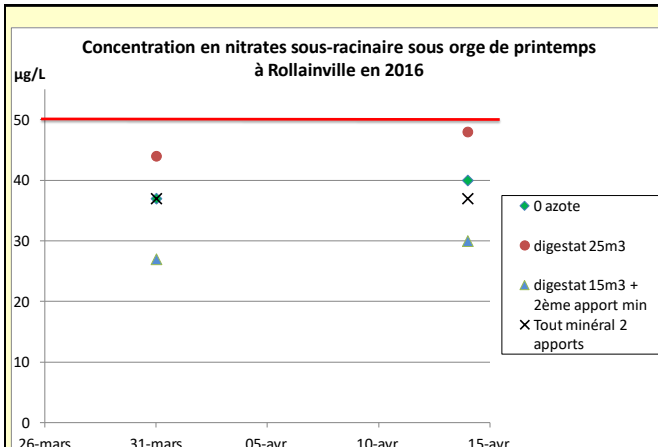
Essai en 2015 sur orge d'hiver à Vého-54 :

Un essai de comparaison d'un apport de 20m³ de digestat en sortie d'hiver sur orge d'hiver en AB a été mené en 2015 par la Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle. On observe un gain de 8 q/ha pour l'apport au pendillard par rapport à l'apport à la buse palette.



Limiter les pertes par lessivage

L'optimisation des apports de digestats et notamment sa valorisation sur les cultures/périodes présentant les meilleurs Keq permet de limiter le risque de pertes de nitrates dans les eaux souterraines.



Essai en 2016 sur orge de printemps à Rollainville-88 :

Lors du printemps humide de 2016, deux modalités d'apport de digestat sur orge de printemps sont comparées à une modalité tout minéral et une modalité 0 azote à Rollainville-88. Ce site est équipé de bougies poreuses en sol argilo-calcaire superficiel et permet de mesurer des concentrations en nitrates sous les racines.

Dans cet essai, on observe peu de différences entre modalités : toutes les mesures sont inférieures à 50µg/L. Les modalités avec apport de digestat sont assez proches des 2 autres modalités, l'apport de 15m³ complété par de l'azote minéral présentant les meilleurs résultats.

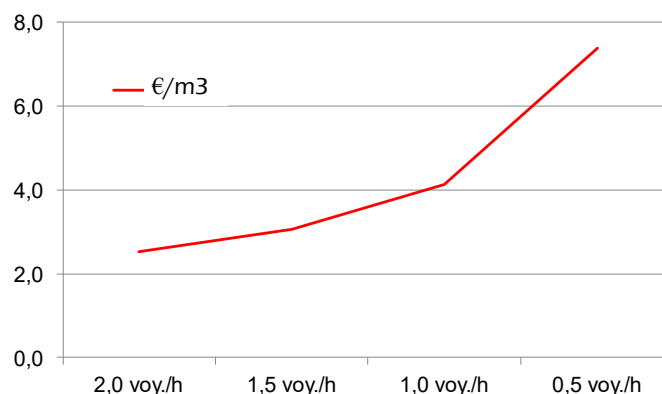
Limitier les coûts d'épandage

Le coût d'épandage est fortement lié à la capacité de valorisation de la tonne à lisier, dépendant du volume de digestat à traiter et de la distance à laquelle est épandu le digestat.

Le graphique ci-contre présente le coût d'épandage d'une tonne de digestat en fonction du nombre de voyages réalisés en 1 heure, sur la base des éléments du tableau ci-dessous.

20 000m ³ /an (distance max fosses - parcelles 3km)	
Investissement matériel	Tonne 21m ³ + pendillard 24m 136 000€
Traction	250 cv (46€/h) 1.5 voyage/h 80 jours d'épandage
Coût total (matériel, traction, main d'œuvre)	58 770 €/an 2.9€/m ³

Evolution du coût d'épandage en fonction de la vitesse de rotation des tonnes à lisier



Base coûts d'utilisation BCMA 2018

Suivis des exploitations :

Pendillard pour le digestat liquide, table d'épandage en solide

Dans la pratique, afin de limiter les coûts des chantiers d'épandage, la tonne épandant le digestat reste dans la parcelle et les exploitants mettent en place un ravitailement ou utilisent un stockage temporaire.



Photo CDA54

Sur les exploitations enquêtées, les 2/3 épandent les digestats liquides à l'aide d'un pendillard détenu en CUMA ou réalisé par un prestataire. 1/3 des apports sont encore réalisés avec des tonnes à lisier équipées de buse palette.



Photo CDA49

Pour les digestats solides, l'épandage est réalisé à l'aide d'épandeurs à fumier équipés de tables d'épandage qui permettent une répartition plus homogène de l'épandage et pour certains jusqu'à 28m de large.

Limitier le tassement des sols

Les apports à l'aide d'une tonne à lisier sont souvent assez préjudiciables pour les sols, notamment lors des interventions en sortie d'hiver. L'intérêt d'un épandage à grande largeur en utilisant les passages de pulvérisateur permet de réduire l'impact du passage.

L'épandage sans tonne est une solution qui permet un trafic moins impactant sur la parcelle et un besoin en traction moindre. Il peut être réalisé à l'aide d'un automoteur ou d'un tracteur tractant un pendillard et permet un débit de chantier important de l'ordre de 80m³/h. Par contre, il nécessite bien entendu un parcellaire proche du lieu de stockage et un réseau d'alimentation et une pompe. L'investissement moyen est compris en 40 000€ et 60 000€ pour un coût moyen d'utilisation de 1 à 1.5€/m³.

De nouvelles solutions de traitement des digestats permettant d'éliminer de l'eau pour réduire les volumes d'épandage se développent également. Il s'agit de procédés de type K-Revert, AMT Nereus dont l'objectif est d'aboutir à un condensat liquide chargé en azote épandable au pulvérisateur. Ces dispositifs sont en test et leurs performances sont à suivre dans les années à venir.

Contacts

Pour tous renseignements, contacter le service agronomie et environnement de votre chambre d'agriculture :

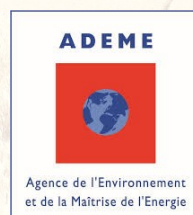
- Meurthe-et-Moselle : 03.83.93.34.12

- Meuse : 03.29.76.81.81

- Moselle : 03.87.66.12.42

- Vosges : 03.29.29.23.39

Ces travaux ont pu être menés grâce aux agriculteurs chez qui sont mis en place les essais et avec le concours financier de :



TERRES d'AVENIR

Coordination de l'action pour le territoire lorrain :
Chambre Régionale d'Agriculture Grand Est

**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRES D'AGRICULTURE