

Améliorer la fertilité des agrosystèmes

Synthèse Technique

Décembre 2018



Les partenaires

Programme CASDAR 2014-2018
Avec le soutien financier de :



1. CONTEXTE

L'élaboration de systèmes de production plus économes en intrants (principalement azoté) reste une préoccupation majeure pour les acteurs du monde agricole. Ajuster la dose, c'est avant tout répondre aux besoins réels de la plante avec comme impact direct la réduction des fuites vers l'environnement et un gain économique pour l'exploitation.

Dans le cadre de la valorisation énergétique des effluents d'élevage, la question de la valorisation agronomique du digestat doit se poser pour en tirer tous les bénéfices potentiels : apporter des nutriments pour les plantes (azote et phosphore principalement + macro- et oligo-éléments nécessaires) et contribuer au stock de carbone dans le sol. Car l'apport des sources d'azote n'est pas le seul point à prendre en compte lorsque l'on parle de fertilité. Cela concerne tous les éléments nutritifs nécessaires à la culture mais aussi au bon fonctionnement du sol. La valorisation du digestat est un enjeu clé permettant de rentabiliser le projet de méthanisation et de ne pas pénaliser les exploitations dépendantes de ce produit pour leur fertilisation. Il est donc nécessaire de connaître les potentialités agronomiques de ce produit et de s'assurer de limiter les impacts sur l'environnement et sur la santé.

2. DE QUOI PARLE-T'ON ?

2.1. D'un nouvel effluent

La qualité agronomique du digestat est dépendante :

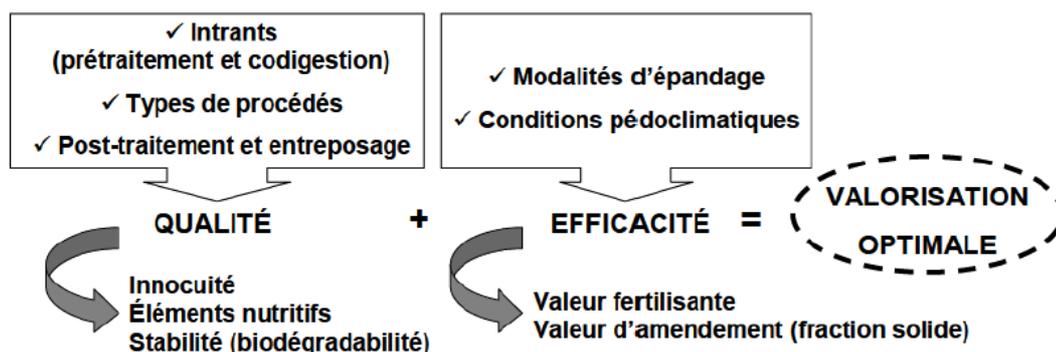
- Des matières entrantes : La méthanisation n'est pas un processus de résorption, elle conserve la totalité des unités fertilisantes introduites. Les sources de matières organiques intégrées dans le digesteur sont principalement les matières produites sur les exploitations : c'est-à-dire les effluents d'élevage et les végétaux (CIVE, refus d'alimentation, ...). Les matières extérieures (déchets verts, sous-produits de l'industrie agro-alimentaires) sont parfois utilisées pour augmenter la production de biogaz, mais elles modifient aussi la teneur en fertilisant du digestat. Du processus de méthanisation (digestion mésophile/thermophile, voie sèche/voie liquide, temps de séjour) qui influencera la composition du digestat, notamment le taux de matière sèche (MS).
- Du processus de méthanisation (broyage, hydrolyse, digestion mésophile/thermophile, voie solide/voie liquide, temps de séjour) qui influenceront la composition du digestat, notamment le taux en matière sèche (MS),
- Du post-traitement (séparation de phase à presse/à centrifugeuse, évapo-concentration...) qui influence grandement les différents types de produits obtenus. Les qualités agronomiques sont très dépendantes du type de post traitement, plus que la composition des matières entrantes,
- Du stockage du digestat afin de limiter les pertes d'azote par volatilisation, et la dilution avec les eaux pluviales.
- De la modalité d'épandage et des conditions climatiques pour valoriser au mieux le produit et limiter la perte par transfert (air et eau).

Mais du fait de leur process et de la perte de volume entre la matière entrante et le digestat (5 à 15 %), celui-ci conserve également les éléments non désirés provenant des effluents et les concentrent :

- ETM (élément trace métallique) : il est important de vérifier leur teneur dans le produit digéré pour éviter d'apporter un engrais trop chargé, devenant nocif pour la culture et l'environnement à terme,
- Micropolluants organiques et antibiotiques,
- Matière inerte (plastique, verres, pierres, ...).

Un autre problème de la digestion est la destruction seulement partielle des germes provenant des effluents. Si les bactéries non sporulantes (telles que *Echerichia coli*, *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Listeria* spp. ou *Yersinia* spp.) sont plutôt bien détruites par le processus de digestion du méthaniseur, les spores des bactéries (*Bacillus*, spp., *Clostridium* spp) et certains virus résistent à leur passage dans le digesteur. Les études sont nombreuses sur le sujet et parfois contradictoire, il convient donc d'être vigilant. La mise en place d'un process de hygiénisation permet de détruire entièrement les sources d'inoculum. En cas de structures pédologiques et géologiques particulières (sol peu profond et fissuré, nappes peu profondes et non protégées), le digestat, comme d'ailleurs les autres effluents d'élevage ou pas, non digérés, peut être source de contamination des aquifères. Il convient dans les zones à risques de mettre en place un processus de hygiénisation du digestat pour limiter les risques de contaminations des sources en eaux potables. L'épandage sur les prairies pâturées doit nécessiter un temps entre l'épandage et la mise à l'herbe pour éviter les contaminations du troupeau (surtout dans les cas d'unité de méthanisation collective). Il convient dans ce cas de respecter les mêmes précautions que lors de l'épandage des effluents de fermes (3 semaines avant le retour des animaux sur la parcelle). En cas de digestat issu d'effluents contaminés (troupeau avéré malade), il est recommandé de ne pas épandre sur les prairies.

Schéma des facteurs déterminant la qualité et l'efficacité agronomique des digestats (Reibel, 2018)



Commentaire : ce schéma montre bien que c'est un ensemble de facteurs qui a un rôle dans la qualité du digestat. Mais pour valoriser au mieux le digestat, il faut aussi prendre en compte son efficacité.

Le digestat est une nouvelle source de matière organique différente des autres effluents de l'exploitation.

Bien que le processus de digestion ne modifie pas les quantités d'éléments fertilisants entre la matière entrante et le digestat, le processus modifie les équilibres chimiques et donc la manière de valoriser cet engrais. Le phosphore présent dans le digestat est complètement substituable à celui des engrais minéraux et l'azote présent est déjà en partie minéralisé, le rendant rapidement disponible pour les cultures (équivalent au lisier de porc). De plus, la digestion retient une part importante du carbone facilement dégradable du digestat pour produire le gaz, ce qui donne un produit fini avec une part plus importante de MO stable (équivalente à la MO des composts). Ce produit présente aussi l'avantage d'être désodorisé grâce à l'élimination des composés organiques volatiles pendant la digestion.

Étant donné la diversité des digestats, il est important de mener des analyses pour les valeurs fertilisantes de son produit pour affiner la stratégie de fertilisation.

Le digestat brut est une matière qui conserve toutes les valeurs fertilisantes des produits d'entrée. De plus, le processus de digestion a permis d'obtenir une matière fluide plus homogène, partiellement hygiénisée et désodorisée. Par contre, il demande un matériel spécifique pour être épandu (enfouisseurs ou pendillards) et il est difficilement exportable du fait de sa teneur en matière sèche faible (6 à 8%).

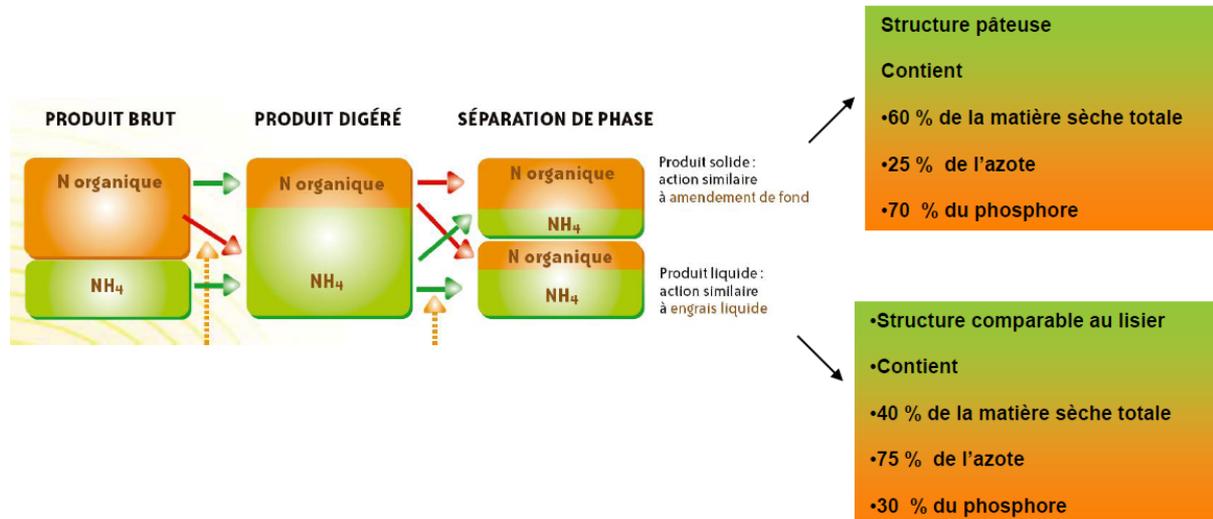
De plus en plus souvent, les unités de méthanisation sont équipées d'un séparateur de phase. La presse à vis permet de séparer la phase liquide et la phase solide du digestat brut. On obtient alors deux sous-produits avec leurs spécificités :

- Phase solide : plus facile à stocker et qui, du fait de sa teneur en phosphore et en matière organique, se pilote comme un engrais de fond. Considérée comme effluent de type I (si son C/N>8), Elle permet d'être valorisée sur une plus grande surface épandable, compte tenu du calendrier et des distances d'épandages.
- Phase liquide : contient la plus grande part en azote ammoniacal qui se comporte comme un lisier de porcs.

Les partenaires



Les produits de la séparation de phase (Ministère de l'agriculture, l'agroalimentaire et de la Forêt)



Commentaire : la séparation de phase permet d'obtenir deux produits avec des caractéristiques chimiques et physiques différentes amenant à des rôles différents de fertilisation.

Le digestat solide peut être séché et normalisé afin d'être commercialisé. Sa composition est alors très proche d'un fumier composté.

Dans le cas de post-traitements du digestat, d'autres produits issus de traitements plus poussés des digestats, qui sont disponibles sur certaines unités : sulfate d'ammonium, struvite (phosphore précipité), concentrât et nitrate d'ammonium. Ces produits contiennent principalement des éléments minéraux et peu de matière organique. Ils sont très proches des engrais minéraux.

La digestion a comme impact de stabiliser la matière organique et d'augmenter la part d'azote minéral, ce qui soumet le digestat à une forte volatilisation de l'azote si celui-ci n'est pas enfoui dès l'épandage. Les pertes d'azote pouvant aller jusqu'à 70% de la part d'azote ammoniacal, il est important d'épandre le digestat dans de bonnes conditions (pas de forte température, pas de vent) et avec un matériel limitant le contact entre l'air et le digestat pour ne pas perdre l'intérêt fertilisant de ce produit. L'azote étant sous forme ammoniacale, il est plus rapidement accessible pour les plantes. Il est en contrepartie moins stockable dans le sol et possède un effet résiduel plus faible que le fumier.

Par contre, en limitant les pertes de méthane des effluents stockés plusieurs mois au champ ou dans des fumières non couvertes, la méthanisation permet de réduire l'émission des gaz à effet de serre des effluents.

Le passage dans le digestat permet aussi d'obtenir un produit à un pH en moyenne plus élevé que les engrais de ferme (tendance neutre à basique). Ce facteur permet de limiter l'acidification du sol, surtout quand le digestat vient en remplacement d'engrais minéraux. Cela permet de

Les partenaires

Programme CASDAR 2014-2018
Avec le soutien financier de :



garder des conditions optimales pour la vie du sol, tout en économisant tout ou partie du coût du chaulage.

La variabilité des sous-produits disponibles après la méthanisation permet à chacun d'avoir des intérêts distincts. Et, plus le produit est traité, plus il est spécifique à une utilisation particulière, ce qui permet de mieux répartir les apports afin de faire des économies d'engrais minéraux.

Les dates d'apports et les conditions d'épandage restent les éléments majeurs d'une bonne fertilisation. A dose d'azote égale, les digestats ne permettent pas d'augmenter le rendement par rapport aux autres engrais (s'ils sont utilisés dans de bonnes conditions d'épandage). Par contre, ils présentent l'avantage de posséder des éléments minéraux et des oligoéléments qui sont très importants pour les cultures (contrairement aux engrais minéraux).

Les retours de certains exploitants ont montré que l'utilisation d'un nouvel engrais était compliquée à appréhender et qu'en compensation de cela, leur consommation d'engrais minéral avait augmenté depuis la mise en place de la méthanisation.

Résumé des caractéristiques réglementaires et agronomiques des différents produits de la méthanisation.

Type de produits	taux de MS	Classification réglementaire	Valorisation
Digestat brut	5 à 10 %	type II	Céréales en sortie d'hiver, maïs sur culture en place, colza avant semi, sur prairie au printemps
Digestat liquide	<10 %	type II	Céréales en sortie d'hiver, maïs avant semi/sur culture en place, colza avant semi, sur prairie au printemps
Digestat solide	>20 %	type I (si C/N>8)	Maïs, colza, prairie : avant semi
Digestat solide séché/composté	>80 %	type I (si C/N>8)	1 apport tous les 2 ou 3 ans sur une rotation culturale
Sulfate et nitrate d'ammonium	<0,5 %	type III	Céréales et colza en culture, sur prairie en place

2.2. Stockage du Carbone et Vie du sol

Il existe plusieurs types de matières organiques (MO) :

- La MO vivante est constituée de la vie du sol (vers de terre, champignons, bactéries, ...). Elle transforme et stocke les éléments nutritifs organiques en éléments nutritifs minéraux (accessible aux plantes). Plus la vie du sol est importante et active, plus cette étape de minéralisation est efficace : les effluents et les résidus de cultures apportés au sol peuvent alors restituer des éléments nutritifs à la culture. Cependant, plus cette vie du sol est présente, plus elle demande de MO et d'éléments nutritifs (dont l'azote) pour se maintenir,
- La MO fraîche, facilement dégradable par la vie du sol apporte énergie et éléments nutritifs ; elle doit être dégradée par les micro-organismes du sol pour restituer ses

Les partenaires

éléments nutritifs à la culture. Les débris de culture et les effluents d'élevages non transformés rentrent dans cette catégorie.

- La MO stable, peu dégradable, structure le sol en participant à la formation du complexe argilo-humique. Ce complexe permet les échanges chimiques entre le sol et les végétaux tout en augmentant la réserve utile des sols et leur capacité à retenir les éléments chimiques. Les sols riches en MO stable ont également une meilleure portance. Ce sont plutôt les engrais de fond comme le compost qui apporte cette matière stable.

Étant le principal moteur de la minéralisation des éléments chimiques, permettant de les rendre accessibles à la plante, un taux de MO élevé dans le sol est nécessaire pour assurer sa bonne fertilité. Des sols pauvres en MO auront des temps de minéralisation plus long, des structures de sols limitées à leur composition physique (teneur en sable, argile, limon) avec une rétention de l'eau et des éléments nutritifs moindre. Ce sont également des sols qui seront davantage soumis aux phénomènes d'érosion, de battance et de lessivage.

Le digestat modifie dans de nombreux cas le type de MO apportée sur une exploitation, puisque ayant déjà été, pour partie, digéré par les bactéries anaérobies. Le processus de méthanisation rend la MO du digestat plus stable (les 2/3 de la partie facilement dégradable étant consommés pour fabriquer le biogaz), donc moins accessible comme source de nutriment pour la vie du sol. Cette MO stable est, par contre, intéressante pour augmenter la stabilité du sol.

L'impact de l'utilisation de digestat sur la MO du sol est difficile à qualifier et à prévoir car cela va dépendre des pratiques globales de l'exploitation. Si tout le fumier ainsi que les résidus de cultures (menues pailles, CIVE) sont exportés et substitués par du digestat, on peut donc craindre une diminution des apports de matières organiques facilement dégradables et donc une diminution de la vie du sol (par manque d'apport nutritif). En résumé, il faut rester vigilant sur les entrées et les sorties de carbone dans le système afin de limiter les risques d'appauvrissement du stock de carbone des sols.

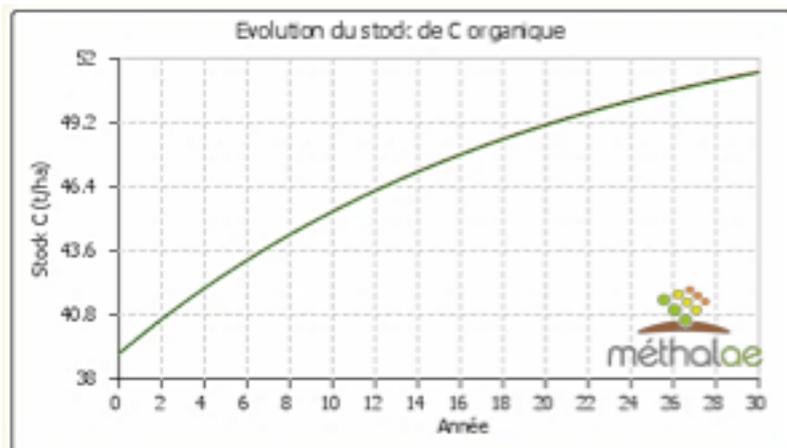
Bien sûr, l'apport de MO (épandages effluents, restitution paille, couverts végétaux) n'est pas le seul facteur influençant la teneur en MO du sol. Le stock de départ joue un rôle important dans le devenir de la MO. Un fort stock demande une quantité importante d'éléments nutritifs (MO fraîche, mais aussi de l'azote) pour entretenir son activité.

La fréquence et la profondeur du travail du sol, en enfouissant la MO de la surface en profondeur, rendent moins accessible l'oxygène à la MO vivante (ralentissement de l'activité biologique) et la diluent sur un plus grand volume de terre. De même, le tassement, l'hydromorphie ou un pH trop faible des sols sont un frein à la dynamique de la MO dans le sol.

Lorsque l'on regarde au travers de l'outil de simulation de bilans humiques, SIMEOS-AMG, l'évolution du stockage du carbone sur une profondeur de 30 cm, pour une rotation d'une exploitation donnée (que nous avons enquêtée), qui a remplacé le fumier pailleux par du digestat solide, cela n'a pas d'influence sur le stockage de carbone dans le sol.

Les partenaires



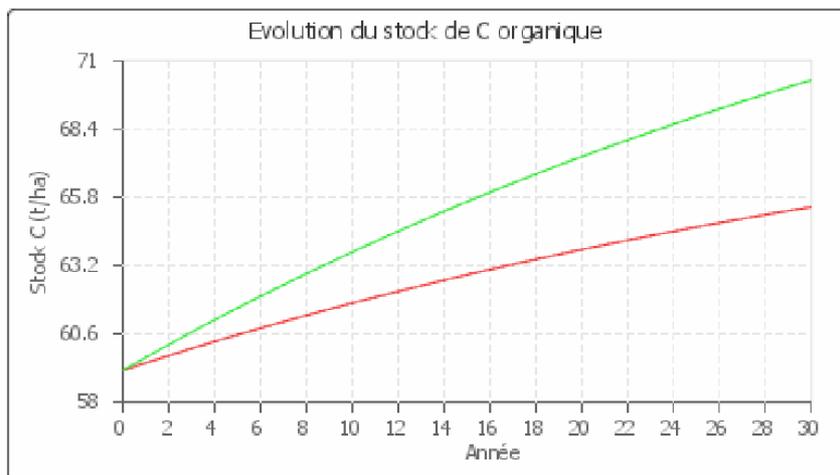


- Scénario avant méthanisation
- Scénario après méthanisation

Avant méthanisation : la parcelle est cultivée avec la rotation colza/blé/orge printemps et fertilisée par du fumier pailleux de bovin une année sur deux.

Après méthanisation : le fumier de bovin est remplacé par du digestat solide (même fréquence et dose d'apport que le fumier).

Sur une autre exploitation enquêtée, qui a remplacé ces couverts (CIPAN) par des CIVE fertilisées par du digestat suite à la méthanisation, il est observé une augmentation du stockage de carbone après méthanisation pour cette rotation.



- Scénario avant méthanisation
- Scénario après méthanisation

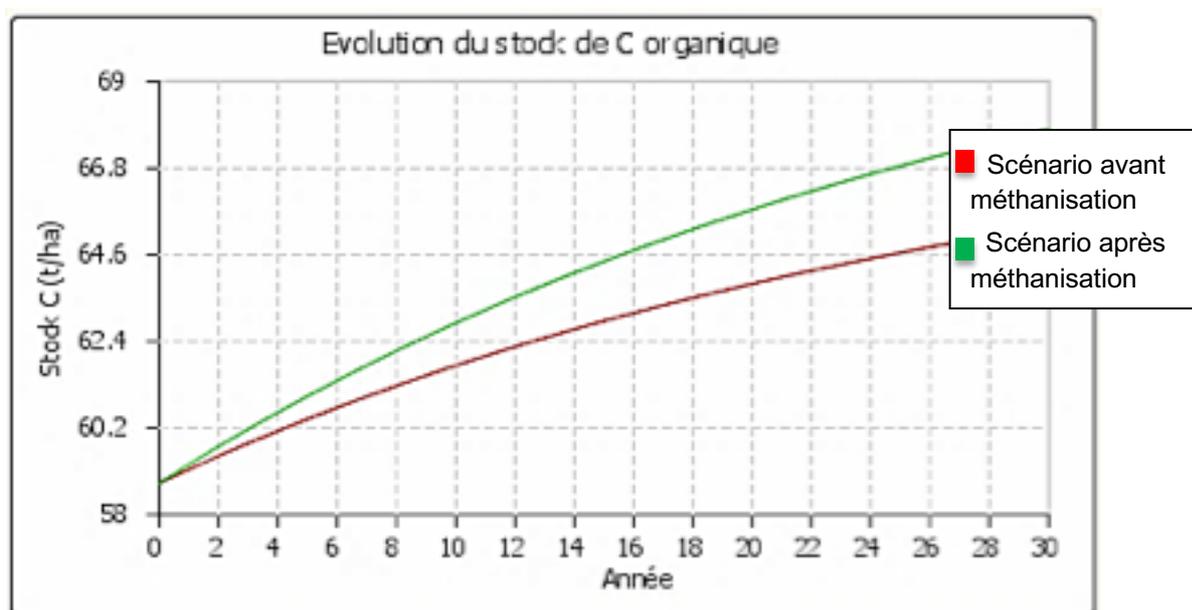
Avant méthanisation : la parcelle est cultivée avec la rotation colza/blé/tournesol/blé, une CIPAN est implantée systématiquement avant le tournesol. Le tout est fertilisé par du fumier de volaille.

Après méthanisation : cette CIPAN est remplacée par une CIVE (mélange). Le tournesol est substitué par une culture de sarrasin et le fumier de volaille est remplacé par du digestat liquide et du digestat solide.

Les partenaires

Dans le cas des couverts, ce sont les rendements, donc la biomasse produite, qui permettent les apports de MO. Dans le cas des CIVE, celles-ci sont souvent fertilisées pour produire un maximum de biomasse. Donc même si la quasi-totalité de la biomasse aérienne produite est exportée vers le méthaniseur, les chaumes et la biomasse racinaire sont eux restitués au sol (MO fraîche). De plus, une partie de la MO envoyée au méthaniseur est restituée ensuite par le digestat, sous forme plus stable. Au global, on a donc plus de carbone organique produit puis restitué dans le système.

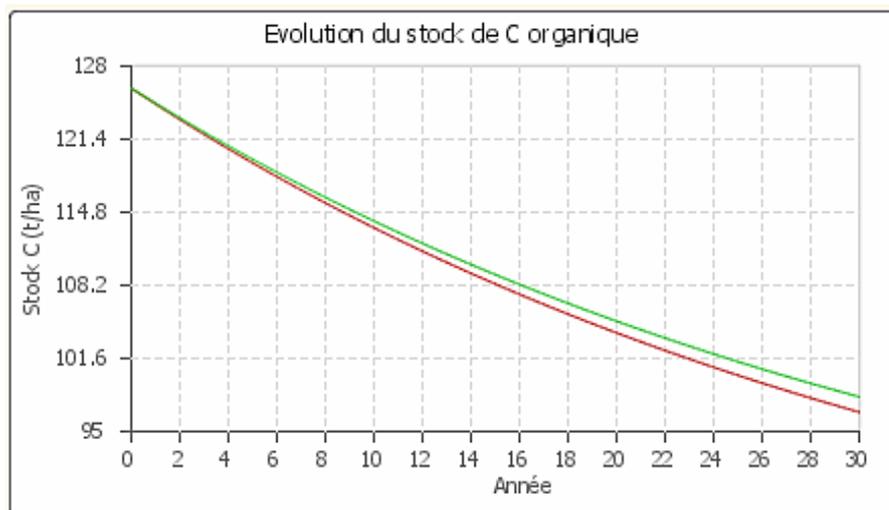
Sur une troisième exploitation qui a mis en place les CIVE à la place de CIPAN, mais qui a également arrêté le labour, le stockage de carbone est plus important suite à la méthanisation.



Avant méthanisation : la parcelle est cultivée avec la rotation maïs/blé/orge, une CIPAN est implantée systématiquement avant le maïs et le sol est labouré avant les céréales. Le tout est fertilisé par du fumier et du lisier de bovin.

Après méthanisation : une partie des CIPAN sont remplacées par une CIVE (céréale ensilée). Le travail du sol est simplifié et les effluents de bovins sont remplacés par du digestat.

Dans le cas d'une autre exploitation enquêtée, la participation au projet de méthanisation a permis à l'exploitant d'arrêter de composter son fumier (du fait de contraintes réglementaires) pour l'exporter. Le fumier est envoyé à l'unité de méthanisation et l'exploitant récupère du digestat solide, du digestat liquide ainsi que du sulfate d'ammonium. Le bilan humique réalisé montre un déstockage important de carbone en lien avec la teneur en MO initiale de la parcelle de 5,9 %. Cette teneur étant très élevée, il y a de fait un déstockage de carbone. Toutefois, ce déstockage est moins important après méthanisation qu'avant méthanisation lorsqu'il y a compostage.



■ Scénario avant méthanisation
■ Scénario après méthanisation

Avant méthanisation : la parcelle est cultivée avec la rotation colza/blé/orge/pois protéagineux, et elle possède un fort taux de MO. Du compost est apporté tous les deux ans.

Après méthanisation : le composte est remplacé par du digestat solide.

Il n'a pas été observé de dégradations des bilans humiques engendrées par la méthanisation dans les exploitations de notre panel qui ont bénéficié de ces simulations.

Malheureusement, un faible nombre de modélisations a été fait (à cause du manque de données disponibles) et du biais de sélection des exploitations (c'est un biais car nous avons choisis des exploitants s'intéressant à cette question et qui donc y prêtaient attention).

Il est possible d'imaginer un scénario où le digestat solide est entièrement exporté (pour atteindre un équilibre en phosphore par exemple), et/ou les pailles sont systématiquement exportées, et/ou il n'y a pas de couvert ni de CIVE... Dans ces cas, on peut envisager une diminution des apports de carbone dans le système et donc un déstockage à plus ou moins long terme.

D'après le modèle agronomique de SIMEOS AMG, la méthanisation en elle-même ne semble pas avoir d'effet négatif ou positif sur le stockage du carbone total dans les sols sur ces exploitations. D'autres modèles de bilan humique semblent aussi s'accorder sur le fait que l'équilibre de la MO totale sur du long terme ne serait pas déséquilibré par la méthanisation. Le carbone servant à la production du biogaz serait compensé par une moindre dégradation du carbone d'effluents stockés plusieurs mois à l'air libre, mais du fait de sa différence en termes de qualité avec la MO apportée par les effluents frais ou les végétaux (débris, couvert, ...), il est probable que cela ait un impact sur les communautés microbiennes.

Donc, plus que l'utilisation du digestat à la place d'effluents d'élevage, c'est le stock de départ, les valeurs des effluents utilisés avant et le changement des pratiques engendré par la méthanisation, qui auraient un impact sur le devenir de la MO dans le système de l'exploitation : de façon positive (diminution du travail du sol, mise en place de couverts végétaux, meilleure répartition de la MO sur les parcelles, diversification de la rotation...) ou négative (récolte des menues pailles, enlèvement systématique des pailles, tassement des sols avec la tonne au printemps ...).

Les partenaires

Programme CASDAR 2014-2018
Avec le soutien financier de :



2.3. Changement de pratiques d'épandage et de matériel

Comme abordé dans la première partie, les valeurs agronomiques des digestats sont fortement dépendantes des conditions d'épandages pour éviter les pertes d'éléments par transfert vers le milieu (air et eau).

Le digestat (brut ou liquide) exige un matériel adapté pour être épandu. Au contraire, le digestat solide et le sulfate d'ammonium peuvent s'épandre avec du matériel plutôt commun (le même que pour du fumier : épandeur hérisson ou avec une table d'épandage pour le digestat solide et le pulvérisateur pour le sulfate).

Résumé des différents types de matériel d'épandage avec leurs avantages et leurs inconvénients

Matériel épandage	Type d'effluents	Avantage	Inconvénient
Epandeur à hérisson vertical	Fumier/digestat solide	Bon débit de chantier	Largeur d'épandage limitée
Epandeur à table	Fumier/digestat solide	Grande largeur d'épandage Adapter à de faibles dosages	Manque de polyvalence
Pendillards	Digestat liquide/brut	Réduction des odeurs Epandage possible sur végétation Bonne répartition	Perte d'ammoniac
Enfouisseur	Digestat liquide / brut	Réduction des odeurs Bonne répartition Bon mélange terre/digestat Augmentation des surfaces d'épandage Diminution des odeurs	Demande de la puissance Débit de chantier limité
Tonne	Digestat liquide	Augmentation des surfaces d'épandage	Tassement des sols
Rampe	Digestat liquide	Augmentation des surfaces d'épandage	Nécessite un parcellaire assez grand, sans obstacle et proche des fosses

L'utilisation de pendillards ou d'enfouisseurs, par rapport à la buse palette, permet de réduire les pertes d'azote par volatilisation (protoxyde d'azote). Enfouir le digestat liquide et l'appliquer dans de bonnes conditions climatiques permettent d'utiliser au mieux la ressource en azote et de limiter l'émission de gaz à effet de serre.

La gestion des épandages dans le collectif permet d'avoir accès à un meilleur matériel d'épandage et à un gain de temps pour l'exploitant si l'épandage est organisé par l'unité de

méthanisation. Par contre, dans le cas de grand collectif, il est nécessaire de bien organiser les travaux d'épandage pour assurer un épandage de bonne qualité en temps et en heure.

2.4. Réduction de la fertilisation

La réduction de la fertilisation est possible grâce à la diversité du type de produits disponibles et de la diversité d'usage que cela provoque. Cela demande une concertation en amont pour les projets collectifs, pour mettre en place une filière complète cohérente avec les attentes des exploitants et les contraintes du territoire : lieu de stockage, gestion des nouveaux produits, rendu racine organisé, plan d'épandage prenant en compte les spécificités des territoires (ZAR, ZV, zones protégées, ...) afin de valoriser au mieux toutes les sources de fertilisation disponibles.

La séparation de phase permet d'obtenir des produits plus spécifiques qui peuvent être épandus lorsque les plantes présentent des besoins. Parmi les 46 enquêtes, 40 se traduisent par une augmentation de la surface amendée par de la MO (SAMO). Les diminutions et les stagnations étaient provoquées par des contraintes d'épandage (zone captage, zone protégée). La SAMO a fortement augmentée pour la plupart des enquêtes. Cela a plusieurs effets :

- Le digestat peut être épandu à des nouveaux stades culturaux (par exemple en sortie hiver sur les céréales). Cela permet de remplacer des engrais chimiques et donc de diminuer leur utilisation.
- Le fait d'augmenter la SAMO et de mieux répartir les apports organiques à l'échelle de l'exploitation, participe à améliorer et/ou maintenir le taux de MO du sol. Par voie de conséquence, cela influe sur le maintien de la structure du sol, sa capacité de rétention en eau, et favorise la vie du sol. L'optimisation des apports permet aussi d'éviter les surdosages et donc de limiter les risques de transferts de matières vers le réseau hydrographique.
- Par contre, l'augmentation de la surface amendée demande une plus forte charge de mécanisation au sein de l'exploitation.

De plus, la réduction de la fertilisation minérale favorise l'auto fertilité du système. Les engrais minéraux ont un impact sur les micro-organismes du sol : ils défavorisent la présence des champignons mycorrhizogènes (engrais phosphatés) ainsi que des populations de rhizobium impliquées dans la fixation symbiotique avec les légumineuses (engrais azotés).

Parfois la mauvaise gestion du rendu-racine en méthanisation collective a pu entraîner une augmentation de la fertilisation globale. Cette phase est souvent décrite comme transitoire par les exploitants concernés, le temps de résoudre les problèmes de logistique ou de se familiariser avec le nouvel engrais.

La mise en place de CIVE demande une fertilisation supplémentaire sur ces cultures (souvent en remplacement de couverts non fertilisés).

Les CIVE permettent de valoriser la photosynthèse sur des périodes où elle ne l'était pas.

De même, en couverture, elles restreignent l'érosion des sols et favorisent le stockage des éléments nutritifs (azote, phosphore, ...) limitant leur transfert vers le milieu ; Ils sont alors restitués au sol après un passage dans le méthaniseur.

Les partenaires



D'autre part, l'intégration des CIVE sur certaines exploitations a demandé une réorganisation de l'assolement et des rotations de l'exploitation. Le plus souvent, cela a permis d'ajouter de la diversité ou d'allonger les rotations.

Les pistes à creuser

Dans notre enquête, il n'y a pas eu de questions précises sur l'impact de la vie du sol. Les réponses obtenues sont donc dues au fait que l'exploitant y porte une forte attention.

Une approche plus scientifique (expérimentation) permettrait de faire la lumière sur les informations circulant sur l'impact du digestat sur la vie du sol (macro et micro faune).

Il serait intéressant également de généraliser les études SIMEOS à toutes les exploitations pour mieux qualifier l'impact sur leur bilan carbone, et ce sur le long terme.

Sur l'aspect fertilisation, il est important de savoir d'où peut provenir l'augmentation de la fertilisation minérale dans certaines exploitations, et particulièrement pour celles qui prétendent ne pas être à l'aise avec le digestat.

Le recueil de ces expériences pourrait permettre de mettre au point un guide regroupant ces témoignages.

Les partenaires

3. SYNTHÈSE DES INTÉRÊTS ET POINTS DE VIGILANCE

Intérêts agronomiques

-  Meilleure répartition des apports dans le temps (différents types de digestats) et dans l'espace (augmentation de la SAMO) permettant de réduire l'usage d'engrais chimique,
-  Séparateur de phase permettant d'avoir des engrais plus spécifiques, donc mieux adaptés à la situation d'épandage,
-  Récolte des menues pailles permettant de réduire la pression adventice,
-  Meilleur matériel permettant une meilleure fertilisation,
-  Adaptation des rotations à l'intégration de CIVE (souvent plus de diversité).

Points de vigilance

-  Moins de stockage des éléments sur plusieurs années
-  Conditions d'épandage dans les collectifs
-  Intégration CIVE dans la rotation

Intérêts environnementaux

-  Meilleur matériel permettant de limiter l'émission de gaz à effet de serre
-  Meilleure répartition et fractionnement des apports organiques permettant de limiter les transferts des éléments vers les milieux
-  Baisse des achats d'engrais minéraux, qui sont consommateurs de ressources non renouvelables pour leur production
-  L'augmentation du stockage de carbone dans le sol permettant de différer le retour dans l'atmosphère du dioxyde de carbone et ainsi limiter l'émission de gaz à effet de serre

Points de vigilance

-  Augmentation de la volatilisation de l'azote donc une source plus élevée de gaz à effet de serre, si le digestat n'est pas épandu dans de bonnes conditions et avec le bon matériel.
-  Diminution de la part de carbone facilement assimilable par la vie du sol

Intérêts sociaux économiques

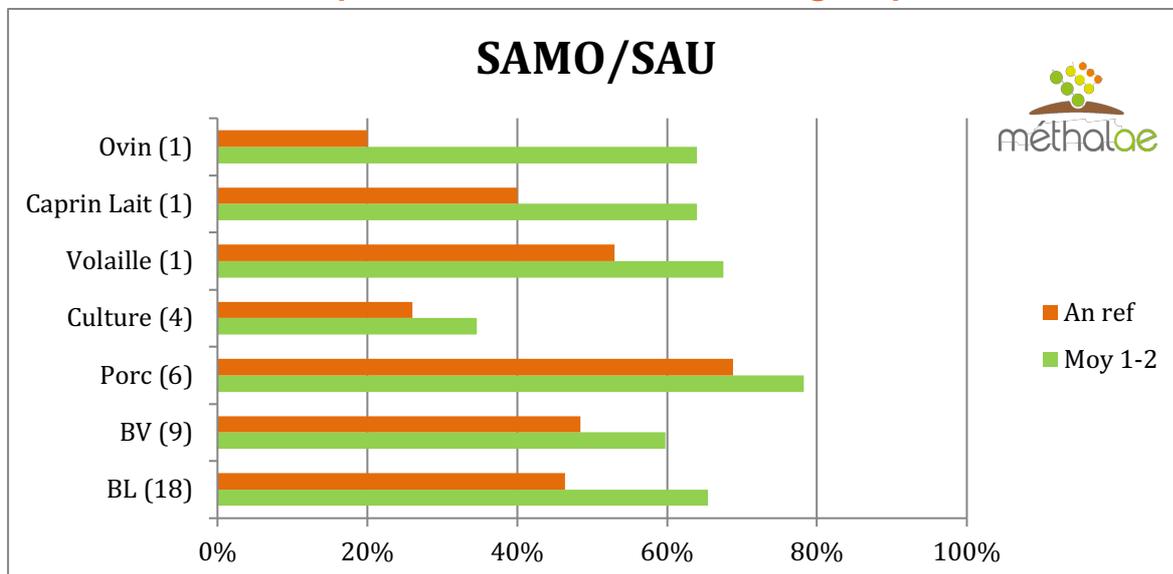
-  La diminution des engrais minéraux a un impact positif sur les charges opérationnelles
-  Gain de temps si l'épandage d'un collectif est organisé et réalisé par l'unité de méthanisation
-  Moins d'odeur grâce à l'utilisation du digestat

Points de vigilance

-  Augmentation des charges de mécanisation et du temps d'épandage provoquée par l'augmentation de la surface amendée (SAMO)

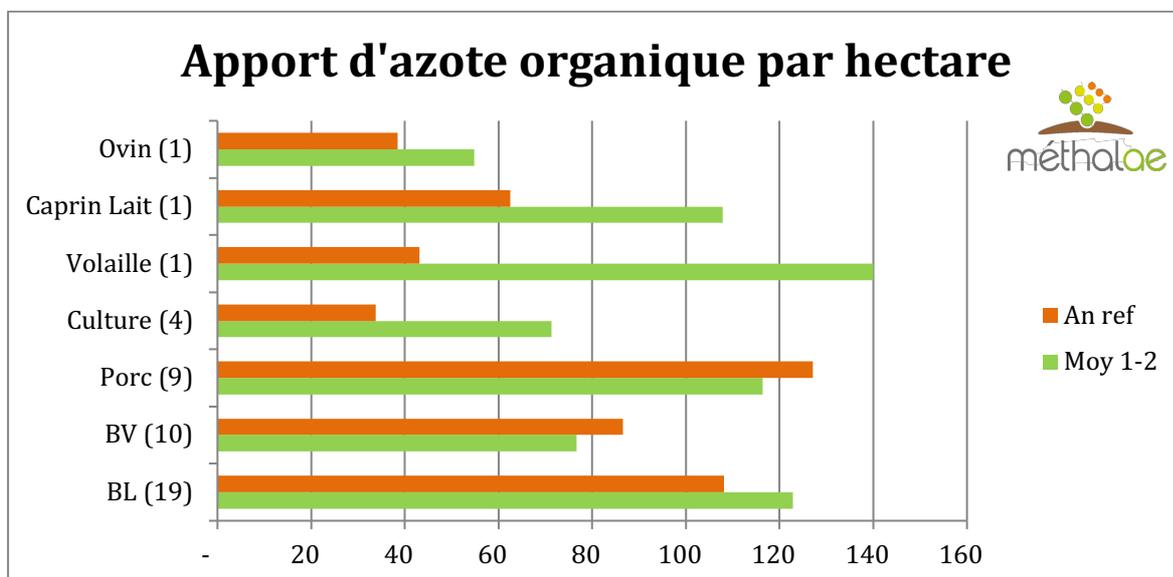
4. LES RESULTATS METHALAE

4.1. Répartition de la fertilisation organique



L'unité de méthanisation a entraîné une augmentation de la SAMO dans une majorité des exploitations (29 exploitations ont augmenté leur ratio SAMO/SAU contre 2 qui restent au même taux et 9 qui diminuent). Cette augmentation se retrouve sur tous les OTEX. En moyenne, le ratio SAMO/SAU est passé de 50% à 65% après la méthanisation.

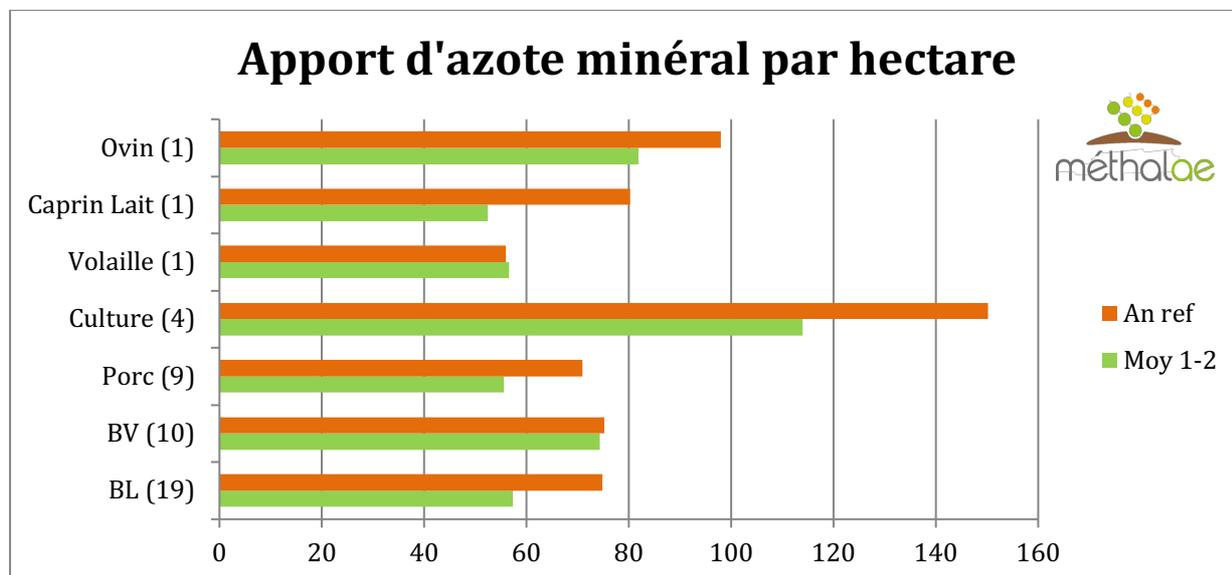
4.2. Fertilisation azotée



L'augmentation de la SAMO s'accompagne également d'une augmentation des apports azotés organiques. 30 exploitations augmentent leurs apports N organiques/ha contre 14 qui diminuent leur apport. D'ailleurs les exploitations qui diminuent leurs apports étaient celles qui avaient le plus d'apports à l'hectare.

Les partenaires

La diminution que l'on peut observer sur les OTEX bovins et porcins est due à des exploitations (4 bovins et 4 porcins) qui avaient une forte pression azotée (apport avant méthanisation supérieur à 120 kg azote organique/ha pour les bovins et 160 kg azote organique/ha pour les porcins).



En parallèle, les apports azotés d'origine minérale ont en moyenne diminué de 14 unités par hectares. Ce chiffre cache des résultats très inégaux. Sur 40 exploitations qui utilisaient la fertilisation minérale, 24 ont diminué leurs apports azotés contre 16 qui les ont augmentés. Cette baisse se retrouve chez tous les OTEX, même si elle est moins marquée chez les bovins viande.

	Nombre d'exploitations	Augmentation / diminution moyenne de la Balance globale azotée	
		Kg N / ha	%
Augmentation	21	39	129%
Réduction	22	-51	-99%

Au regard de la balance azotée, on n'observe pas de tendance nette. 21 exploitations dégradent leur balance azotée tandis que 22 l'améliorent. Par contre, on peut remarquer que la diminution est en moyenne plus importante que l'augmentation - 51 kgN/ha de diminution moyenne contre 39 kgN/ha d'augmentation en moyenne

4.3. Fertilisation phosphore et potasse

Au sujet de la fertilisation en phosphore, sur les 21 exploitations qui utilisaient du phosphore minéral, 14 ont diminué leur utilisation de phosphore minéral (dont 6 qui ont totalement arrêté de les utiliser). Pour les 7 autres exploitations, leur augmentation de l'utilisation du phosphore est faible (en moyenne 4 unité /ha).

Par contre, l'augmentation de la SAMO a permis une augmentation importante (évolution supérieure à 10%) du phosphore organique sur 20 exploitations. Au contraire, 16 exploitations voient leurs apports en phosphore organique diminuer significativement (évolution supérieure à -10%).

	Nombre d'exploitations	Augmentation / diminution moyenne de la Balance globale du phosphore Kg P / ha
Augmentation	5	51
Réduction	14	- 25
Peu d'évolution	26	

La balance globale du phosphore connaît plus de variations. On observe qu'une majorité d'exploitations a peu de modifications dans sa balance, 14 la diminuent (en moyenne de 25 unités/hectare) et 5 l'augmentent (en moyenne de 51 unités/hectare).

	Nombre d'exploitations	Augmentation / diminution moyenne de la Balance globale du potassium Kg K / ha
Augmentation	16	42
Réduction	12	- 49
Peu d'évolution	17	

Au sujet de la balance globale de la potasse, les résultats sont très mitigés et plutôt partagés. Il n'y a pas de tendances significatives.

4.4. Matériel et calendrier d'épandage

L'unité de méthanisation a entraîné une modification des matériels d'épandage et des gestions des travaux sur 25 exploitations (sur 31 qui ont répondu). Cela concernait :

- l'utilisation d'un pendillards à la place de buses palettes ou d'autres matériels moins adaptés,
- le recours à un tiers pour la réalisation des travaux d'épandage
- un apport de digestat sur culture en place (majoritairement les céréales à la sortie de l'hiver).

4.5. Les CIVE

Sur l'ensemble des enquêtés, 322 ha de CIVE ont été semées sur la campagne 2015/2016, réparties sur 7 exploitations. Toutes les CIVE sont fertilisées avec du digestat.

Pour plus d'information sur les CIVE, veuillez-vous référer à la fiche synthèse sur les CIVE.

4.6. Conclusion

Globalement, une amélioration des pratiques est observée : une tendance à la baisse de la fertilisation minérale azote et phosphore, une tendance à la hausse de la fertilisation organique (sauf pour les exploitations déjà avec une forte pression organique) une amélioration du matériel,

Bien que certaines exploitations ont peu d'évolution positive (voir une évolution plutôt négative) sur l'aspect fertilisation, dans la globalité, le bilan est plutôt à l'amélioration des pratiques.

Les partenaires

Programme CASDAR 2014-2018
Avec le soutien financier de :



TÉMOIGNAGE

L'exploitation est en système élevage avec un troupeau d'une cinquantaine de vaches laitières et une production de fourrages (maïs et prairie), de cultures de vente (céréales et colza) sur une sole de 58 hectares.

La création de l'atelier de méthanisation (2011) a permis une évolution importante de l'exploitation. Et après 5 ans de fonctionnement, l'unité a également évolué avec la mise en place d'un post digesteur, pour atteindre une puissance de 150 kw.

La multiplicité des effluents avant la mise en place de la méthanisation (fumier et lisier de bovin, fumier de volaille, eau blanche et verte) rendait la gestion des épandages complexes. Le fumier de volaille était en partie exporté par contrainte réglementaire.

La méthanisation des effluents de l'exploitation a permis de produire 2 types de digestats :

- un digestat liquide épandu principalement sur culture en place et sur CIVE permettant ainsi la substitution de l'engrais chimique (achat Ammo 33.5% en 2011 : 10,8 T contre 2.5 T en 2016).

- un digestat solide composté. Une partie est retournée sur l'exploitation permettant ainsi d'entretenir la matière organique du sol, et une autre partie est exportée pour respecter les chargements en azote et phosphore.

D'après François Trubert (l'exploitant), ces digestats ont permis de simplifier l'organisation des épandages et sont plus pertinents d'un point de vue fertilisation (vis-à-vis de leur proportion en azote et en phosphore) que ses anciens fumiers. L'apport sur cultures en place permet de valoriser au maximum le digestat et donc de réduire l'usage des engrais minéraux. Le surcoût lié à l'utilisation de matériels adaptés pour la fertilisation organique sur culture en place, a été compensé par les économies faites sur l'achat d'engrais.

François Trubert met en garde sur la multiplicité des passages d'engins agricoles lourds sur les parcelles. Le labour (qui avait été repris suite à la mise en place de couverts) a été de nouveau arrêté pour limiter l'apparition de semelles de labour. Un passage de décompacteur a été nécessaire.

Les partenaires



5. PRECONISATIONS

Réfléchir en amont sur les besoins en fertilisation pour adapter le traitement en post digestion du digestat

Réfléchir en amont de la construction du projet aux besoins de fertilisation sur le ou les exploitation(s) permettra de choisir au mieux le post traitement du digestat (séparation phase seulement, sulfate, séchage pour exportation, ...) afin de bénéficier d'engrais organiques adaptés aux pratiques de l'exploitation. Le digestat et/ou ses sous-produits seront alors valorisés au mieux afin de permettre une réduction significative des engrais minéraux.

Respecter les bonnes conditions d'épandages pour limiter les risques de transfert vers l'air et le milieu

Au vu de la volatilisation du digestat, de bonnes conditions d'épandage sont nécessaires pour profiter au mieux des capacités nutritionnelles du digestat et limiter les pertes par volatilisation et par transfert vers les cours d'eau. Un temps sec, des températures élevées et la présence de vents forts sont des facteurs favorisant la volatilisation. La perte se fait principalement dans les premières heures après l'épandage. L'enfouissement permet de diminuer les pertes de 60 à 100%. L'utilisation d'un matériel adapté (enfouisseur pour le digestat liquide) permet de limiter fortement les risques de volatilisation. Le pendillards est recommandé dans des situations de températures fraîches et si le digestat est enfoui dans les 6 heures.

En cas d'épandage collectif par l'unité de méthanisation, la gestion de l'épandage doit être rigoureuse pour ne pas léser des exploitations et permettre d'apporter les éléments nutritifs aux stades adaptés, afin de permettre une absorption optimale.

Faire un diagnostic de ces pratiques de fertilisation

Bien connaître sa situation de départ permet de mieux anticiper les impacts des changements et de corriger certaines pratiques, voire de mettre ne place des leviers pour limiter les situations de déstockage de carbone (mise ne place de CIVE ou de couverts végétaux, retours des pailles ou de débris végétaux, apports de digestat solide, ...) ou de transfert vers les milieux d'éléments nutritifs (mise en place/entretien d'éléments tampons type haies ou bandes enherbées, respect des bonnes conditions d'épandages, fractionnement des apports).

Faire une analyse du digestat pour connaître ces valeurs agronomiques

La valeur agronomique du digestat est due aux matières entrantes ainsi qu'au type de post traitement choisi. Les digestats peuvent donc être fortement différents d'une unité à l'autre (teneur en N, P K, coefficient d'utilisation, volatilisation, ...). Une analyse du digestat permet de savoir quelle est la nature du produit utilisé afin de l'optimiser au mieux.

Pour aller plus loin : une analyse ISMO (teneur en carbone stable) peut être faite pour comparer avec la situation antérieure et anticiper les changements dans les différents apports de carbone (stable ou dégradable).

Profiter des nouvelles opportunités d'épandages pour réduire les engrais minéraux

Les partenaires



Programme CASDAR 2014-2018
Avec le soutien financier de :

Le digestat et un matériel adapté permettent de faire des apports en sortie d'hiver sur les céréales. La meilleure réparation de la MO (augmentation de la SAMO) permet également de mieux fractionner les apports sur les prairies et les cultures de printemps (par rapport à un fumier) ce qui limite les risques de transfert et optimise les apports à la plante. Ce sont autant d'opportunités à saisir pour réduire sa consommation d'engrais minéraux.

6. BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

Qualité agronomique digestat (composition et épandage)

-  Menasseri-Aubry S. (2016) Place de la méthanisation dans la gestion des matières organiques à l'échelle de l'agrosystème
-  CUMA Ouest (2014) Fiche technique : bien épandre ses digestats issus de méthanisation
-  Aile (2016) Les différents digestats et leur valorisation agronomique
-  Ministère de l'agriculture, La gestion des digestats
-  Valdipro, Sulfate d'ammonium issu de lavage d'air sur traitement de digestats liquides ou solides
-  ATEE club biogaz (2013) Sulfate d'ammonium obtenu sur les sites de méthanisation
-  Orgaterre (2004) La qualité agronomique des digestats
-  SPW (2010) Possibilité de fertilisation avec un digestat de qualité
-  Reibel A. (2018) Valorisation agricole des digestats : Quels impacts sur les cultures, le sol et l'environnement.
-  Valbiom (2009) Biométhanisation : utilisation du digestat comme fertilisant en agriculture
-  SciCom (2017) Avis 26-2017 : Risque associé à l'épandage de fumiers et de digestats contaminés par *Clostridium botulinum*
-  Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire (Benoist D.) (2016) Digestat : optimiser son usage dans les exploitations. Résultats du projet Vadimethan.

Impact sur la MO dans le sol

-  Thomsen I.K., Olesen J.E., Møller H.B., Sørensen P., Christensen B.T. (2013) : "Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces", Soil Biol. Biochem., 58, 82-87.
-  Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire (Riou V.) (2016) Solage n°4 : Bulletin sol et agronomique des chambres d'agriculture des Pays de la Loire
-  Violleau S. (2009) Fumier, lisier ou compost sur prairie : l'important c'est la dose !

Les partenaires



7. PLUS D'INFORMATIONS SUR LE PROGRAMME METHALAE

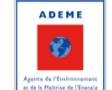
Les synthèses techniques disponibles sont les suivantes :

- Les Cultures Intermédiaies à Vocation Énergétique
- Améliorer la santé et le bien-être animal
- Améliorer la fertilité des agrosystèmes
- L'organisation de travail avec un méthaniseur
- Développer son intégration au territoire
- Gagner en autonomie, en souplesse et en efficacité sur son exploitation agricole grâce à la méthanisation
- Revalorisation du métier d'agriculteur et innovation
- Impacts sociologiques de la méthanisation sur les exploitations agricoles

L'ensemble des résultats du programme sont disponibles sur le site Internet :
www.solagro.org/methalae

Pour plus d'information, contacter à l'adresse suivante : methalae@solagro.org

Les partenaires



Programme CASDAR 2014-2018
Avec le soutien financier de :