



# Digestat : optimiser son usage dans les exploitations

## Résultats du projet Vadimethan

En Pays de la Loire, 49 installations de production de Biogaz fonctionnent dont 33 en cogénération. Elles produisent 37 900 tonnes équivalent pétrole (TEP). Le volume cumulé de substrat traité représente plus de 500 000 tonnes (Source Aile janvier 2016). Au regard des nouveaux projets de méthanisation, la surface aménagée annuellement pourrait doubler dans les années à venir.

Le produit issu de la méthanisation, appelé digestat est, sur l'ensemble des projets, valorisé dans le cadre d'épandages agricoles (environ 25 000 ha en 2015). Ce sous-produit de la méthanisation se substitue en partie aux engrais chimiques tout en apportant du carbone. Cette utilisation doit se faire avec toutes les connaissances nécessaires sur la valeur fertilisante et humique de ces digestats.

Deux questions se posent aujourd'hui lors de l'usage de digestat :

- Quelle est la valeur fertilisante en azote du digestat, notamment dans le cas d'usage sur blé ?
- Quel est son impact sur les stocks de carbone à moyen et long terme dans le cas où 100 % des effluents d'élevages de l'exploitation sont transformés en "digestat" par méthanisation ?

## Quelle valeur fertilisante azotée pour un digestat ?

La question centrale de la valeur fertilisante du digestat fait systématiquement partie des projets de méthanisation. A la mise en place du projet Vadimethan, les expérimentations sur ce sujet étaient peu nombreuses.

Le projet Vadimethan a été mis en place durant trois années sur 3 exploitations de la région, productrices et/ou utilisatrices de digestat - une en Loire-Atlantique, une en Sarthe et une en Maine-et-Loire. Les trois sites avaient des sols différents.


La méthodologie adoptée est celle décrite dans le guide méthodologique rédigé dans le projet Casdar réseau-PRO pour obtenir des coefficients apparents d'utilisation (CAU) et des coefficients d'équivalence (Keq).

Les essais comportaient donc une courbe de réponse à l'azote sur blé. Les digestats ont été apportés à des doses proches de la moitié de l'optimum. Dans ses essais, il n'y a pas d'apport d'azote minéral pour compléter l'effet azote du PRO. Les essais comportaient 7 à 9 modalités selon les années avec 3 répétitions.

**Tableau des sites expérimentaux**

	Essai 72 Thorigné-sur-Duée	Essai 49 Saint-Sigismond	Essai 44 Issé
Type de sol	Sablo argileux	Limon sablo-argileux	Limoneux

Sur les trois digestats utilisés, deux sont obtenus par la méthanisation d'effluents d'élevage agricoles dans des proportions variables de divers effluents d'élevage. Le troisième est issu de produits agro-industriels et urbains. Le produit sarthois a un taux de matière sèche environ deux fois plus élevé, que les autres.

 **Lien de téléchargement du guide méthodologique Réseau Pro**





### Matières premières types rentrantes dans les méthaniseurs dont sont issus les digestats étudiés

Produit	Composition	MS en % matière brute	Azote total en g/kg de matière brute	Azote N-NH4 en g/kg de matière brute	ISMO en % de la MO
Digestat brut 49	Lisier de canard 50 % Lisier de bovin 22 % Déchets agroalimentaires 16 % Culture intercalaire 12 %	5,2 %	4,51	2,29	67 %
Digestat brut 44	Effluents d'élevage 20 % Déchets agroalimentaires 20 % Déchets alimentaires 20 % Dechet STEP IAA 35 %	3,2 %	4,33	3,11	56 %
Digestat brut 72	Effluents d'élevage 75 % Boues agroalimentaires 8 % Céréales + déchets 11 % Maïs + herbes ensilées 6 %	12,2 %	6,01	2,10	68 %

Le plan d'essai a été conçu pour un traitement statistique en 3 blocs. Ces derniers ont été disposés perpendiculairement au sens du travail du sol et du semis. Les apports ont été réalisés en sortie d'hiver (stade épi 1 cm), à l'arrosoir pour simuler un apport à la tonne à lisier par pendillards (cf photo).



Les digestats ont fait l'objet chaque année d'analyses pour en connaître la composition chimique (teneur en azote, phosphore, potasse, matière organique...). En 2013 ils ont également fait l'objet d'une analyse de fractionnement biochimique pour déterminer la stabilité de leur matière organique (indice ISMO) et d'une incubation au laboratoire pour connaître la cinétique de minéralisation du carbone et de l'azote qu'ils contiennent.



#### L'incubation en laboratoire

Une méthode pour estimer la minéralisation du carbone et de l'azote organique d'un produit organique.

Les mesures sont réalisées en laboratoire en conditions contrôlées en suivant des procédures normalisées (norme XP U44-163). Il est ainsi possible d'estimer le potentiel de minéralisation du carbone et de l'azote d'un produit organique ou d'un support de culture par incubation en conditions contrôlées.

**ISMO** : Indice de stabilité de la matière organique d'un produit organique obtenu en laboratoire (norme XP U 44- 162) par fractionnement biochimique de la matière organique et de la quantité de carbone minéralisé en 3 jours. Il permet d'estimer la proportion de la matière organique du produit qui va rester dans le sol au bout d'un an sous forme "humifiée".



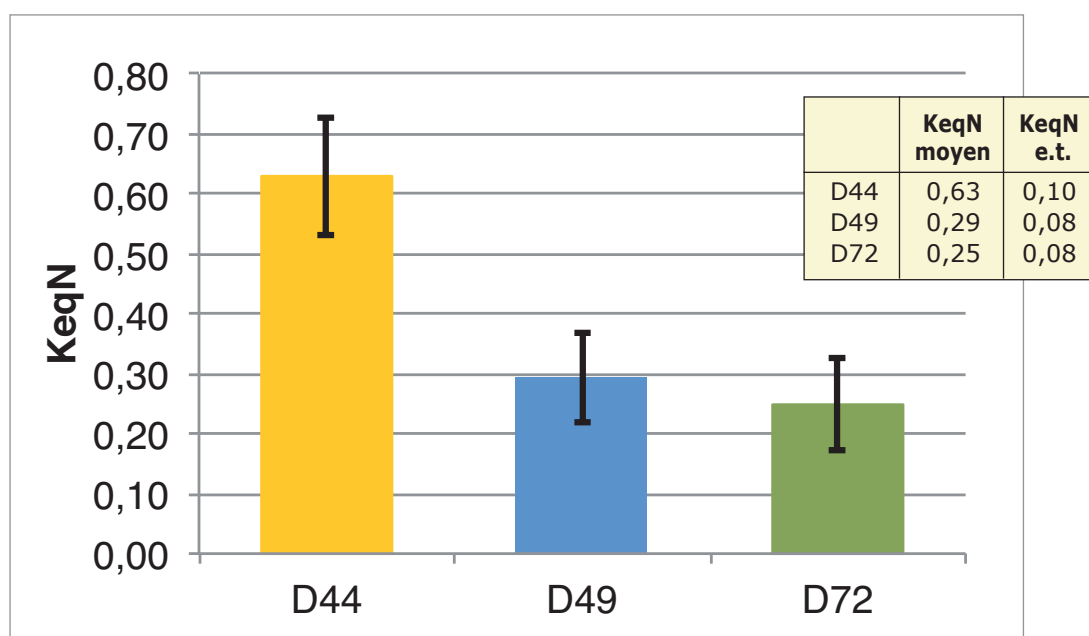
## Bilan des expérimentations et conséquences opérationnelles

A l'issue des 2 premières années d'expérimentation, il ressortait que le taux de matière sèche ainsi que la nature des produits entrants dans le digesteur semblaient être des indicateurs intéressants pour caractériser à priori le comportement de l'azote d'un digestat. Pour valider cette clé d'entrée, le protocole 2015 a été adapté de manière à tester les 3 produits étudiés (pourcentage de matière sèche différente) dans chacun des 3 essais.

Le compte-rendu technique détaillé de l'expérimentation est disponible sur : [www.paysdelaloire.chambagri.fr](http://www.paysdelaloire.chambagri.fr)

En conclusion, il apparaît que la valeur fertilisante d'un digestat - estimée par son coefficient apparent d'utilisation de l'azote (CAU) et son coefficient équivalence azote (Keq N) - dépend de sa composition et indirectement de la nature des produits entrant dans le digesteur. Elle n'est pas non plus totalement indépendante des sols récepteurs et des conditions d'épandage mais ce facteur pèse moins que le premier.

**Graphique 1 - Les différentes valeurs de Coefficient Equivalence Engrais (KeqN) des digestats étudiés obtenues dans les essais**



La valeur fertilisante azote du digestat 44 est très stable quel que soit le site d'expérimentation. Ce digestat a un CAU et un Keq significativement supérieurs à ceux des 2 autres digestats.

Le digestat 49 et le digestat 72 ont une valeur plus faible, avec une variabilité plus forte pour le digestat 72.

Ces écarts d'effet azote peuvent s'expliquer par une volatilisation plus importante pour les produits à plus forte teneur en matière sèche, une organisation plus importante après épandage de produits riches en carbone et ayant des valeurs d'ISMO plus importantes. Une troisième hypothèse serait également que les produits contenant plus de carbone seraient davantage soumis à la dénitrification après épandage.

Les teneurs en matière sèche et en carbone des digestats sont liées aux matières entrantes dans le méthaniseur. Pour mieux prendre en compte la valeur fertilisante azotée des digestats, il serait possible de classer ces diges-

tats dans une typologie prenant en compte l'origine ou les types de matières entrantes dans le méthaniseur ou dans une typologie prenant en compte la teneur en matière sèche, la valeur d'ISMO et peut-être les teneurs en azote total et ammoniacale.

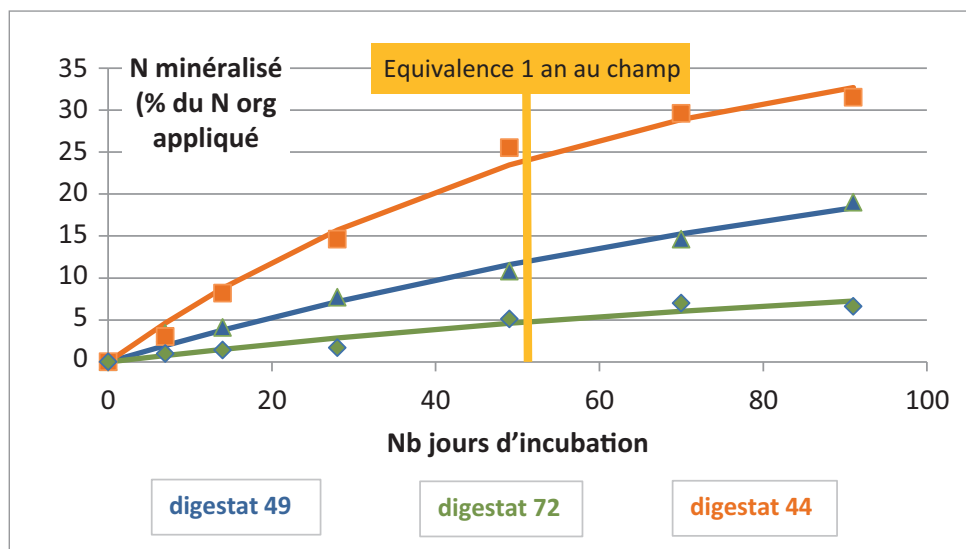
Une autre voie pourrait consister à calculer un effet azote potentiel (hors volatilisation) en additionnant l'azote ammoniacal du digestat à l'azote organique minéralisé obtenu grâce aux courbes de minéralisation de l'azote.







**Graphique 2 - Cinétiques de minéralisation de l'azote organique des 3 digestats épanchés en 2013 sur les essais Vadimethan**



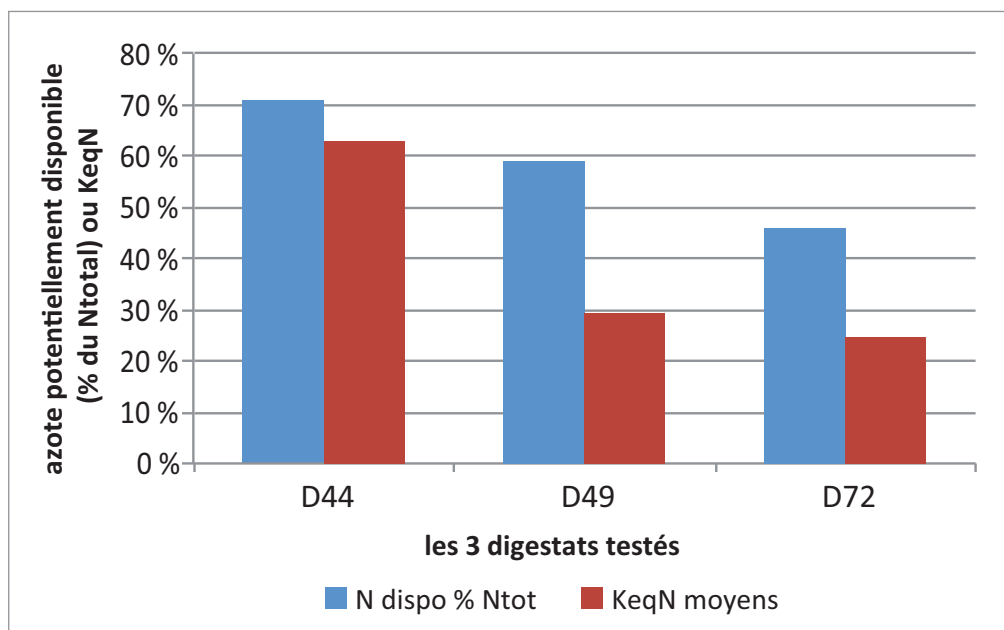
Cette proportion semble bien hiérarchiser les effets directs azote (KeqN) des 3 digestats (figure X).

➡ Elle pourrait donc être une voie intéressante pour référencer les effets directs azote de différents types de digestats, quelle que soit leur origine, en s'appuyant sur une analyse chimique classique et une incubation au laboratoire.

Cette piste reste à valider sur un nombre plus large d'expérimentations réalisées dans d'autres régions.

**Graphique 3 - Comparaison des proportions potentiellement disponibles de l'azote total des digestats avec les effets directs azote mesurés sur les essais Vadimethan de 2013 à 2015**

Les écarts observables entre les 2 approches - azote potentiellement disponible par analyse (graphique 2) et KeqN (graphique 1) - pour chacun des digestats peuvent être attribués en partie aux pertes par volatilisation d'ammoniac qui peuvent être appréciées à partir des teneurs en matière sèche, en azote ammoniacal et des pH des digestats mais aussi par les conditions pédo-climatiques lors des épandages.



### Attention à la volatilisation !

La valeur fertilisante d'un produit organique épanché au champ est très dépendante des conditions pédo-climatiques lors de l'épandage. Pour valoriser au maximum l'azote disponible du produit, il convient d'être attentif aux conditions d'apport. L'idéal serait d'enfouir le digestat le plus rapidement possible après épandage pour le mettre à l'abri de la volatilisation. Les produits les plus riches en matière sèche et dont le pH est élevé sont les plus exposés. Toutefois, lorsque l'apport a lieu sur une culture en place, l'enfouissement n'est pas toujours possible. Dans la mesure du possible, on évitera de réaliser les épandages par vent desséchant et lorsqu'une longue période sans pluie est annoncée.



## Impact sur le stock de carbone des sols de l'Ouest de la France lors de l'introduction d'unités de méthanisation à la ferme avec 100 % d'apport sous forme de digestat

La durabilité d'un système de culture passe par le retour au sol de matières organiques (résidus de culture, effluents d'élevage) pour garantir la fertilité physique, chimique et biologique des sols. La polyculture-élevage valorise l'énergie de la biomasse pour produire du lait et de la viande. A chaque étape, du carbone sort du système, par l'intermédiaire des produits (lait, viande). La méthanisation se greffe au système pour une ultime valorisation de l'énergie des effluents. L'exportation systématique des résidus de culture et des fumiers vers un méthaniseur sans retour au sol du digestat pourrait contribuer à une baisse du stock de carbone des sols cultivés.

La méthanisation modifie les caractéristiques des effluents organiques produits sur l'exploitation. Le digestat final contient du carbone non dégradé et une faible proportion de carbone biodégradable. L'azote, comme les autres minéraux (P, K...), est totalement conservé lors du processus. La quantité de carbone présente dans le digestat est plus faible que celle qui était présente dans

l'effluent initial puisqu'une partie a été transformée en biogaz, mais la proportion de carbone qui va rejoindre le stock de matières organiques du sol est augmentée. **Une étude danoise, publiée en 2013, a conclu qu'à long terme, la restitution du carbone humifié à partir d'un végétal de départ est peu modifiée que ce végétal soit enfoui directement, transformé en fumier après passage au travers de l'animal, épandu et enfoui ou transformé en fumier, méthanisé, épandu et enfoui.**

Si le digestat et les fumiers se valent sur le plan du retour du carbone au sol, le bilan humique global doit être évalué au regard des doses épandues et des pratiques culturales mises en œuvre dans les systèmes de polyculture élevage. Dans le cadre du projet Vadimethan, un travail prospectif sur 10 exploitations engagées dans des projets de méthanisation via des simulations sur 20 ans avec le modèle AMG de l'INRA a permis d'appréhender les trajectoires envisageables d'évolution du bilan humique.

**Tableau 1 : Evolution (par simulation sur 20 ans) des taux de matière organique (MO) et écarts entre situations sans et avec méthanisation dans les 10 exploitations agricoles suivies.**

	Exploitation agricole	Taux de MO au début de la simulation (%)	Evolution du stock de carbone après 20 ans - écart par rapport à la situation initiale (% MO)		Effet de la méthanisation : Ecarts de stockage de carbone après 20 ans (B-A, % MO)	
			Système <i>sans</i> méthanisation (A)	Système <i>avec</i> méthanisation (B)		
Méthaniseur collectif	I	1,8	+ 0,2	0	- 0,2	
	H	1,6	+ 0,4	+ 0,3	- 0,1	
	J	3	- 0,3	- 0,4	- 0,1	
	D	1,6	+ 1	+ 0,8	- 0,2	
Méthaniseur à la ferme	Lisier	F	2,6	-	-	+ 0,2
		C	2,4	+ 0,2	0	- 0,2
		G	1,7	+ 0,3	0	- 0,3
	Fumier	B	3,4	- 0,4	- 0,3	+ 0,1
		A	2,3	+ 2,1	+ 1,6	- 0,5
		E	2,6	-	-	- 0,2



Dans une région qui exporte déjà beaucoup de biomasse de ses parcelles pour l'élevage, la méthanisation, telle que mise en œuvre dans les exploitations étudiées ne provoque pour autant pas de grands bouleversements dans les équilibres de bilan humique. Dans les exploitations dont les pratiques culturales avant la méthanisation conduisaient à une légère augmentation du stock de carbone dans les sols - prairies dans l'assolement, un couvert d'interculture enfoui, épandage de fumier - les calculs sur 20 ans montrent qu'après l'introduction de la méthanisation, l'équilibre humique est maintenu. Cet équilibre est également

maintenu dans d'autres exploitations étudiées, pour lesquelles, l'introduction de la méthanisation permet d'envisager de nouvelles périodes d'épandage (au printemps sur céréales d'hiver, sur dérobée ou encore sur prairie).

Dans une optique d'amélioration des stocks de carbone, les leviers utilisés (introduction de cultures dérobées à forte production en intercultures longues...) devront donc être renforcés dans un système avec méthanisation de manière à observer un effet significatif du stockage après 20 ans.

Etude réalisée par :



Avec le concours financier de :



en partenariat avec AILE, TERRENA, CAVAC