

La qualité agronomique des digestats

Sylvain Doublet¹, Sylvaine Berger¹, Christian Couturier¹, Blaise Leclerc²

¹ SOLAGRO, 75 voie du TOEC, 31076 Toulouse cedex 13 - ² ORGATERRE, BP 16, 84160 Cucuron

Introduction

Cet article présente les principales conclusions d'une étude bibliographique portant sur l'analyse de la valeur agronomique des produits de la digestion anaérobie, ou méthanisation, réalisée par SOLAGRO et ORGATERRE pour l'ADEME (Marché n° 03 75C 0048)¹. La méthanisation est une dégradation des matières organiques en milieu confiné, anaérobie, dans le but de produire de l'énergie, puisque la majeure partie du carbone issu du procédé se retrouve sous forme de méthane (CH₄). Mais toute la matière organique n'est pas transformée en méthane, il reste un résidu à la fin du procédé, appelé digestat. L'objectif de ce travail était de faire le point sur la valeur agronomique de ce digestat, notamment par rapport au compost, quel que soit le type de déchet organique traité (déjections animales, biodéchets, boues urbaines, ordures ménagères, déchets verts, effluents d'abattoir, déchets d'industries agro-alimentaires). La recherche bibliographique a permis de sélectionner 86 références qui ont donné lieu à la rédaction de fiches de synthèses.

Principes d'évolution de la matière organique au cours de la digestion

Au cours de la digestion, les 2/3 de la matière organique biodégradable sont transformés en biogaz. Il s'agit principalement des lipides (50 % à 70 % de transformation en biogaz), des protéines (50 %), de la cellulose (60 % à 80 %), de l'hémicellulose (65 %), de l'amidon (90 %), et des acides gras (80 %). La lignine n'est pas dégradée au cours de la digestion.

Lors de la digestion

La dégradation des matières organiques conduit à la formation de composés éduits, dont le principal est le méthane. Il se forme également de l'ammoniac et de l'hydrogène sulfuré. Une partie de ces composés (H₂S) est évacuée avec le biogaz. De nombreuses réactions conduisent à la formation de sulfures métalliques, de complexes ioniques, etc.

Cet abattement de la matière organique a comme conséquences :

- Une diminution de la siccité et donc une amélioration de la fluidité du digestat par rapport au substrat (ce qui peut avoir des conséquences agronomiques positives en facilitant l'infiltration dans le sol des lisiers digérés par exemple).
- Une réduction des odeurs dont l'origine est la dégradation de molécules organiques facilement métabolisables dans le sol. Cette dégradation ayant lieu dans l'espace clos du digesteur, les nuisances olfactives liées au stockage et à l'épandage des matières organiques sont considérablement réduites.

La plupart des pré-traitements (chimiques, biologiques, ou physiques) ont pour objectif une amélioration du taux de dégradation de la matière organique (jusqu'à 30 %) lors de la digestion (pré-dégradation des macro-molécules et facilitation de l'attaque bactérienne).

Après la digestion

En condition aérobie et avec une température inférieure à 40 °C, la matière organique résiduelle va être colonisée par de nouveaux micro-organismes qui vont entraîner d'une part la dégradation complète de certaines molécules (plus biodégradables) pour former du CO₂ et d'autre part une évolution des molécules résistantes (lignine et précurseurs d'humus) vers des formes moléculaires stables (composés humiques).

Résultats analytiques

La plupart des références disponibles montrent que les critères d'efficacité et d'innocuité respectent la norme NF U 44-051 en cours de révision et certains produits présentent un taux de matière organique par rapport à la matière brute très proche de la limite des 20 % (**tableau 1**). Pour respecter ces critères, les digestats de **lisiers** doivent cependant subir une séparation de phase afin d'augmenter leur teneur en matière sèche. Les lisiers de porcs présentent des valeurs supérieures aux seuils de la norme pour le zinc, le cuivre, le chrome et le cadmium. Les lisiers de bovins présentent des valeurs supérieures aux seuils de la norme pour le zinc et le chrome. D'autre part, rappelons que pour se conformer à la norme NF U 44-051 en cours de révision, les digestats doivent être compostés avant leur utilisation. De même les **boues** brutes doivent être séchées ou déshydratées pour respecter les critères de la norme NF U 44-095, concernant la matière sèche (> 50 %) et la matière organique (> 20 % MB). Les valeurs recueillies pour le cadmium, le cuivre, le mercure, le plomb, le nickel et le zinc sont supérieures (ou très proches) aux seuils fixés par la norme NF U 44-095 (mais restent conforme à la réglementation concernant les plans d'épandage).

¹ Contacts ADEME : Fabienne David (fabienne.david@ademe.fr) et Christine Schubetzer (christine.schubetzer@ademe.fr)

Tableau 1 : Composition des digestats - comparaison aux critères de la norme NF U 44-051 en cours de révision

Digestats de **biodéchets** :

Critères	Repère (Norme NF U 44-051 en cours de révision)	Digestats de biodéchets (21 réf.) moy. (min-max)	Digestats de biodéchets Compostés (16 réf.) moy. (min-max)
Efficacité	MO > 20 % MB	21,5 (19,5 ² -20,5)	20,8 (14,9-24,3)
	MO > 30 % MS	54,1 (38,5-69,3)	37,7 (24,5-58,5)
	N < 3 % MB	0,6 (0,4-0,7)	0,66 (0,29-0,7)
	P ₂ O ₅ < 3 % MB	0,34 (0,19-0,42)	0,48 (0,33-0,51)
	K ₂ O < 3 % MB	0,22 (0,1-0,29)	0,38 (0,14-0,42)
	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O < 7 % MB	1,17 (0,7-1,4)	1,52 (0,76-1,63)
Innocuité ETM mg/kg MS	Cd < 3	1,02 (0-1,4)	0,66 (0-1,1)
	Cr < 120	28 (15-58)	27 (16-59)
	Cu < 300	41 (15-82)	42 (21-74)
	Hg < 2	0,23 (0-0,74)	0,16 (0-0,38)
	Pb < 180	52 (21-110)	60 (23-121)
	Se < 12		
	Ni < 60	12 (8-16)	12 (8-17)
	Zn < 600	191 (98-380)	205 (120-330)

Digestats de **lisiers** (porcins et bovins) :

Critères	Repère (Norme NF U 44-051 en cours de révision)	Digestat lisier bovin (47 réf.)	Digestat lisier porcin (16 réf.)	Digestat Lisier (96 réf.)	Digestat lisier fract° solide
Efficacité	MO > 20 % MB	< 20	< 20	< 20	19,32
	MO > 30 % MS				62,9
	MS (%)	4,18 (1,1-9,8)	3,03 (0,52-6,66)	3,91	
	MO/Norg < 55				24,07
	N < 3 % MB	0,26	0,37	0,32	1,7
	P ₂ O ₅ < 3 % MB	0,09	0,13	0,15	1,6
	K ₂ O < 3 % MB	0,3	0,3	0,3	0,24
	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O < 7 % MB	0,65	0,8	0,77	3,54
Innocuité ETM mg/kg MS	Cd < 3	0,56 (0,19-1,82)	1,8 (0-19,5)	0,77	
	Cr < 120	7,6 (2,2-536)	31,8 (3,9-161,4)	23	
	Cu < 300	73 (7-225)	189 (19,3-454)	97,2	
	Hg < 2				
	Pb < 180	6,7 (1,7-16,4)	8,9 (2,1-41,2)	6,14	
	Se < 12				
	Ni < 60	8,1 (0-50)	16,1 (6,5-34,9)	9,97	
	Zn < 600	304 (122-1 118)	865 (229-1 171)	396,4	

Digestats de **boues** (brutes ou séchées) :

Critères	Repère (Norme NF U 44-051 en cours de révision)	Boues digérées brutes (9 références)	Boues digérées séchées ou déshydratées (5 références)
Efficacité	MO > 20 % MB		
	MO > 30 % MS	58 (41-70)	60 (52-63)
	MS (%) > 50%	23 (16-35)	64 (24-94)
	MO/Norg < 40		
	N < 3 % MB	1,06 (0,74-1,16) -	
	P ₂ O ₅ < 3 % MB	1,1 (0,7-2,3)	
	K ₂ O < 3 % MB	0,3 (0,1-0,4)	
	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O < 7 % MB	2,15 (1,64-3,31)	
Innocuité ETM mg/kg MS	Cd < 3	6 (1-24)	3,4 (2,5-4,9)
	Cr < 120	31 (0-51)	92 (44-249)
	Cu < 300	496 (127-1 050)	431 (290-504)
	Hg < 2	3 (0-8)	4 (2-9)
	Pb < 180	152 (50-421)	208 (82-339)
	Se < 12	2 (0-5)	
	Ni < 60	38 (5-129)	35 (21-47)
	Zn < 600	2 888 (321-12 500)	1 089 (738-1 390)
CTO mg/kg MS	H.A.P. < 4		
	P.C.B. < 1,2	0,34 (0-0,95)	0,13 (0,12-0,16)

² Les valeurs en caractères gras ne sont pas conformes aux critères définis dans la norme de référence

La méthanisation s'apparente à la phase thermophile du compostage

La méthanisation et la phase thermophile du compostage présentent de grandes similitudes (figure 1) :

- les taux de décomposition sont similaires pour les deux voies : 2/3 environ de la matière organique non réfractaire ;
- lors du compostage, une part importante du carbone des matières organiques dégradées se retrouve sous forme de gaz carbonique ; cette réaction produit de la chaleur. Lors de la méthanisation, la majorité du carbone des matières organiques dégradées se retrouve sous forme de méthane ; la production de chaleur est faible. La principale différence ne porte pas sur la quantité d'énergie produite, mais sur la forme dans laquelle celle-ci est disponible : chaleur générée *in situ* dans le cas du compostage, ou méthane extrait et stockable dans le cas de la digestion anaérobie ;
- des impacts comparables sur les agents pathogènes et les composés organiques volatiles (sous réserve du respect du couple « température - durée de séjour » nécessaire à éliminer les agents pathogènes considérés).

Toutefois les caractéristiques de la MO après la digestion anaérobie ou les premières phases du compostage sont différentes car ce ne sont pas les mêmes microorganismes qui interviennent en milieu anaérobie et aérobie : les processus d'humification qui suivent la méthanisation ou les premières phases du compostage sont sans doute différents. C'est un sujet de recherche à explorer.

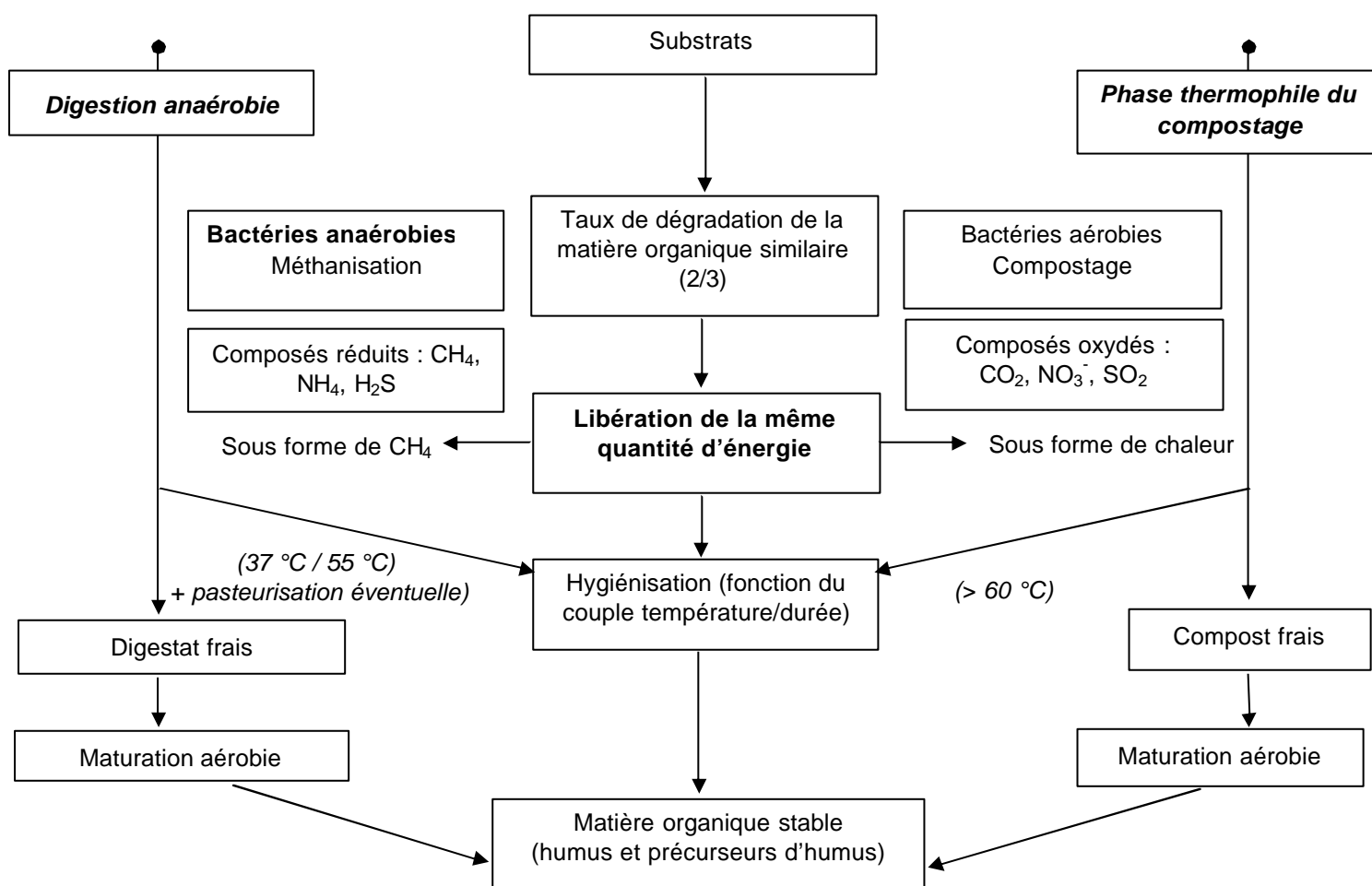


Figure 1 : Comparaison de l'évolution la matière organique lors de la digestion et de la phase thermophile du compostage

Evolution de la matière organique digérée dans les sols après épandage

L'innocuité des substrats digérés

La méthanisation présente plusieurs atouts fondamentaux liés : à la puissance des mécanismes biologiques mis en jeu, qui assurent un taux de dégradation élevé de la matière organique ; aux conditions chimiques particulières de l'anaérobiose ; au fait de travailler en réacteur fermé ; à la disponibilité en énergie, qui permet de contrôler les températures sans contraintes économiques ou météorologiques, et de mettre en œuvre des traitements complémentaires (pasteurisation, séchage thermique).

Dès lors la méthanisation constitue une réponse adaptée pour le retour au sol des déchets potentiellement contaminés par des micropolluants organiques et les organismes pathogènes. La méthanisation permet d'obtenir des taux élevés d'élimination des polluants organiques et des germes pathogènes. La digestion thermophile est considérée comme un traitement hygiénisant des produits à haute concentration en agents pathogènes.

La valeur fertilisante des substrats digérés

Lors de la digestion, la minéralisation (et la conservation) de l'azote et du phosphore, la diminution de la teneur en matière sèche et la diminution de la phytotoxicité des substrats ont des conséquences positives sur la valeur fertilisante du digestat. Cela se traduit par une meilleure utilisation des éléments minéraux des substrats digérés et dans la plupart des cas une amélioration des rendements par rapport à l'utilisation de produits non digérés. Pour l'azote, la digestion permet d'améliorer l'infiltration dans les sols et l'assimilation par les végétaux.

L'humification

La phase d'humification de la matière organique requiert des conditions particulières (aérobiose, température inférieure à 40°C) qui ne sont pas remplies par la méthanisation. L'humification de la matière organique est donc nécessairement une phase physiquement séparée de la digestion. Elle peut avoir lieu sur une plate-forme de maturation aérobie (comme dans le cas du compostage) ou directement dans le sol. Le potentiel d'humification des substrats est peu altéré par la méthanisation (la lignine et les autres molécules intervenant dans ce processus complexe ne sont que très peu dégradées lors de la digestion).

Les opportunités à explorer pour la méthanisation

Selon le traitement appliqué au digestat (épandage direct, maturation aérobie, déshydratation, séchage, chaulage, stockage, acidification), la composition des différents produits obtenus (par exemple fraction solide/fraction liquide) va donc varier en fonction de nombreux paramètres, et il est nécessaire de raisonner filière par filière pour apprécier l'effet de la digestion.

Un moyen d'optimiser la gestion des déjections d'élevage

La séparation de phase après digestion permet de séparer une fraction solide riche en matière organique stable et en phosphore, d'une fraction liquide riche en ammoniac. Elle permet donc de disposer, d'une part d'un produit utilisable comme amendement de fond, et d'autre part d'un produit similaire à un engrais azoté liquide, et donc d'optimiser les apports (en fonction du couple sol-culture). De même, la codigestion, consistant à associer plusieurs produits complémentaires, et/ou de constituer un maillon dans une optique de redistribution au niveau territorial des matières fertilisantes, est une pratique qui relève d'une stratégie d'optimisation du potentiel fertilisant des matières organiques. La méthanisation des déjections d'élevage présente de nombreux avantages agronomiques (odeurs, fluidité, etc.).

Biodéchets et déchets résiduels municipaux

Le produit issu de la méthanisation de biodéchets municipaux fait généralement l'objet d'une maturation, par exemple par « co-compostage » avec les déchets verts. Il relève de la même problématique que celui issu du compostage de ces mêmes produits. Qu'il soit obtenu par voie aérobie ou par voie anaérobie, ses caractéristiques sont voisines : le déchet stabilisé doit respecter les mêmes contraintes réglementaires et possède des caractéristiques similaires (densité).

Plusieurs différences doivent néanmoins être soulignées :

- Le bilan hydrique de la méthanisation des biodéchets est normalement excédentaire. L'effluent est riche en ammoniac, ce qui constitue une contrainte (traitement des eaux usées).
- Le digestat est humide. Les techniques de maturation, de séparation, d'affinage à mettre en œuvre sont différentes de celles utilisées habituellement sur les usines de compostage.
- La possibilité d'utiliser le biogaz pour le séchage du digestat et/ou pour la déshydratation de l'effluent hydrique (avec récupération de l'ammoniac) sont des voies à explorer.

Conclusion

La nécessité du recyclage de la matière organique vers les sols est un argument souvent évoqué comme limite à la valorisation du potentiel énergétique de la biomasse. La méthanisation permet de transformer la matière organique volatile en énergie, tout en préservant son potentiel fertilisant : que ce soit du point de vue de la matière organique (humus) que de celui des éléments minéraux. Elle constitue donc une voie de valorisation énergétique de produits tels que les déjections d'élevage et les résidus de culture, dont le retour au sol est jugé indispensable. La méthanisation offre donc une solution de valorisation énergétique de la biomasse qui, loin d'être en concurrence avec les impératifs agronomiques, est au contraire en synergie avec ceux-ci.