
CONSÉQUENCES DE L'INTRODUCTION DE LA MÉTHANISATION DANS UNE EXPLOITATION DE POLY CULTURE-ÉLEVAGE SUR LES CYCLES DE CARBONE ET DE L'AZOTE. COMBINAISON DE L'EXPÉRIMENTATION ET DE LA MODÉLISATION A L'ÉCHELLE DE LA FERME

Thèse de Victor **MOINARD**¹

Analysée par Gilles **POIDEVIN**²

Avec la collaboration de Daniel-Eric **MARCHAND**³

Directrice de thèse : Sabine **HOUOT**, Directrice de recherche, INRAE Idf – Versailles-Grignon

Co-directeur de thèse : Jean-Marie **PAILLAT**, Chercheur (HDR), CIRAD-ISTOM Angers

La méthanisation répond à deux objectifs primordiaux :

- elle constitue une source d'énergie renouvelable et participe à ce titre à une diminution des émissions de gaz à effet de serre et à l'amélioration de l'indépendance énergétique nationale (production d'électricité ou de gaz) ;
- elle apporte une solution alternative au traitement des déchets organiques provenant de la biomasse animale ou végétale, d'origine agricole et industrielle.

Sur le plan agricole, elle permet :

- la pérennisation de l'activité principale agricole par l'apport d'un revenu stable indépendant des cycles agricoles, dans le cadre d'une installation rentable ;
- une amélioration de la compétitivité de l'activité agricole (économie sur les intrants du fait de la possibilité d'épandage du digestat) ;
- la création d'emplois non délocalisables et une participation à la dynamique des territoires.

Mais elle peut également soulever des questions, voire des rejets, de la part de la société civile.

Pour autant, elle est l'une des trois voies de valorisation énergétique de la biomasse et se positionne donc comme l'un des piliers de la bioéconomie en matière de transition écologique et énergétique.

La méthanisation est une technique qui progresse réellement en France depuis la fin des

¹ Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay, préparée au sein de l'Ecole doctorale n°581 : agriculture, alimentation, biologie, environnement et santé (ABIES), Spécialité du doctorat : Sciences de l'environnement, Unité de recherche : Université Paris Saclay, INRAE AgroParisTech, UMR ECOCYS, par Victor Moinard, diplômé de l'Ecole Normale Supérieure, et soutenue le 18 novembre 2021.

² Membre correspondant de l'Académie d'agriculture de France, section 9, « Agro-fournitures »

³ Membre de l'Académie d'agriculture de France, section 9, « Agro-fournitures »

années 2000. Un avantage induit de cette technique est de fournir un sous-produit, appelé digestat, qui est un fertilisant assez complet, épandable avec les outils existants, même s'il est peu concentré. La méthanisation est un complément de l'activité d'élevage, qui fournit une partie des matières premières nécessaires à son fonctionnement. Celles-ci peuvent être désormais complétées par un apport de CIVE (Cultures Industrielles à Valorisation Énergétique).

Cette technique se développe dans le cadre des aides publiques de la politique française et européenne de transition énergétique. Elle est considérée comme vertueuse, car permettant le recyclage, mais a peu fait l'objet d'évaluations techniques de son impact environnemental et économique, ce qui justifie amplement le choix du sujet de ce travail.

L'objectif de la thèse présentée ici est d'évaluer l'impact de l'introduction d'une unité de méthanisation sur les cycles de l'azote (N) et du carbone (C) depuis le traitement de déchets d'origine agricole et industrielle par digestion anaérobie jusqu'à la valorisation agronomique des digestats, dans une ferme de polycultures-élevage.

Cette thèse repose sur une double approche, expérimentale et de modélisation, ce qui en fait une approche novatrice et assez poussée.

L'approche expérimentale s'appuie sur la ferme de Nouzilly. Elle se fait sans changement du système d'exploitation, sans modification du système de culture ou des assolements, à effectifs animaux comparables, sur une période de trois années. Il faut cependant noter une des limites de cette expérimentation, l'apport extérieur de près de 90% des matières apportées au méthaniseur.

Les conclusions montrent une amélioration du bilan énergétique de la ferme mais une diminution des apports de carbone au sol. Cette partie de l'étude sur la restitution du carbone est très partielle et mériterait d'être approfondie.

Pour le bilan de l'azote sur l'exploitation, il semble que les pertes en azote avant l'installation de la méthanisation soient plus faibles après la mise en place de la méthanisation, mais ceci repose avant tout sur des estimations et des calculs qui ne reflètent pas forcément la réalité. Enfin, les apports d'éléments secondaires et d'oligoéléments ne sont pas pris en compte, ce qui pourrait améliorer le bilan de fertilisation agronomique et économique.

Plusieurs chapitres sont rédigés pour être publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture, ce qui traduit le sérieux et la rigueur de la rédaction de cette thèse.

Pour ce qui concerne la modélisation, les deux modèles STICS et SYS-Metha ont été utilisés seuls et en combinant les deux. Ces modélisations ont été confrontées à la réalité du terrain, et ont permis d'affiner les données de volatilisation de l'azote et de minéralisation des matières organiques.

Cette thèse est d'une très haute qualité, très complète et innovatrice par bien des aspects. A l'instar du Jury, nous tenons à en souligner le caractère très interdisciplinaire avec des travaux qui couvrent les domaines de l'agronomie (fonctionnement de l'exploitation agricole), de la science du sol (cycles C, N, transferts dans les sols), de la bioclimatologie (volatilisation de l'ammoniac), de l'écotoxicologie (effets des digestats sur les vers de terre), de la technologie (fonctionnement des digesteurs) et de la modélisation.

Ainsi, la thèse de Victor MOINARD apporte une contribution originale et entre pleinement dans le champ d'intérêt de l'Académie d'agriculture de France et mérite de figurer sur le site de l'Académie, avec reprise par le Mensuel à titre de valorisation de ces travaux.