

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **20 décembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Madame Caroline WYBRANIEC**

Titre de la thèse : Occurrence d'indicateurs bactériens du danger sanitaire associés aux pratiques d'épandage de digestats dans les sols agricoles

Résumé



Dans le cadre d'une transition vers des pratiques agricoles plus durables et respectueuses de l'environnement, la méthanisation s'impose comme un outil clé. Ce procédé permet de transformer des déchets organiques en biogaz et en digestat, un fertilisant riche en nutriments. En France, la réglementation impose un délai de 21 jours avant que les animaux puissent paître sur des prairies amendées avec des digestats issus de la méthanisation. Toutefois, cette réglementation ne prend pas en compte les possibles variations dans la qualité sanitaire des digestats. Les déchets organiques bruts peuvent contenir des bactéries pathogènes, des éléments génétiques mobiles, ainsi que des gènes de virulence et de résistance aux antibiotiques. Ces micro-organismes et composants génétiques peuvent non seulement survivre, mais aussi se multiplier pendant la méthanisation. Après épandage, ils peuvent constituer un risque pour les sols, contaminer les cultures, affecter les eaux souterraines, et être transmis aux animaux d'élevage ainsi qu'à la faune sauvage. Ce travail explore trois dimensions principales de l'utilisation des digestats de méthanisation et leurs implications écologiques. La première partie se concentre sur la qualité sanitaire des digestats en fonction de la nature des déchets organiques bruts et du processus employé. À travers des analyses par PCR en temps réel et PCR digitale, 40 indicateurs sanitaires, incluant des pathogènes et des gènes de résistance aux antibiotiques, ont été étudiés. Les résultats révèlent que la qualité des digestats varie selon les matières premières utilisées. L'ajout de matières comme la paille de blé améliore l'hygiénisation du processus, soulignant ainsi l'importance d'un contrôle rigoureux des contaminations microbiologiques et chimiques avant leur intégration dans le méthaniseur. La deuxième partie de ce travail s'est focalisée sur les effets à long terme de l'épandage des digestats sur les prairies permanentes. L'analyse a porté sur l'abondance et la diversité des communautés microbiennes du sol après quatre années d'amendement. Les communautés bactériennes en surface (0-15 cm) étaient significativement modifiées, en particulier en automne, tandis que les couches plus

profondes du sol (15-30 cm) étaient moins affectées. Cela montre que les effets des digestats se concentrent principalement en surface et varient selon la saison. Enfin, la troisième partie a exploré les interactions entre les digestats et l'écosystème global, avec un focus particulier sur la faune sauvage et la phyllosphère des prairies. L'étude a porté sur le campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*), dont le microbiome intestinal a été analysé dans deux zones géographiques avec différentes densités de population. Le genre *Treponema*, connu pour infecter l'Homme et les animaux, a été détecté chez 63 des 97 individus analysés, suggérant que ce rongeur pourrait jouer un rôle dans la propagation des pathogènes au sein de l'écosystème agricole. De plus, dans les prairies traitées avec des digestats, une augmentation des Proteobacteria a été observée dans le microbiome intestinal des campagnols et sur la phyllosphère. Ce phylum, l'un des plus abondants dans les digestats, comprend des pathogènes comme *Brucella*, *Escherichia*, *Shigella*, *Salmonella* et *Yersinia*. Ces résultats indiquent un possible transfert de pathogènes entre les digestats, les sols, la faune et la flore. En conclusion, ce travail met en évidence l'importance de bien comprendre et de gérer les risques sanitaires liés à l'épandage des digestats de méthanisation. La gestion de ces risques doit s'inscrire dans une approche intégrée de santé globale, tenant compte des interactions entre les sols, la faune et les systèmes agricoles. Les résultats obtenus offrent des perspectives intéressantes pour mieux encadrer l'utilisation des digestats et minimiser les impacts environnementaux et sanitaires à long terme.

Mots-clés : Méthanisation, Déchets organiques, Écologie microbienne, Écosystème, One health, Sol