

Impact des incertitudes sur le potentiel d'atténuation des gaz à effet de serre de la production de biogaz à partir de ressources agricoles

[sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148111003235](https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.06.030)

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.06.030> ↗ ↗

Abstrait

La production de biogaz en tant que ressource renouvelable a est apparue rapidement en Allemagne et dans d'autres pays dans l'espoir d'atténuer considérablement les gaz à effet de serre anthropiques. Cependant, les émissions de gaz à effet de serre (GES) dues à la culture de cultures énergétiques ou aux fuites dans les usines de biogaz peuvent contrecarrer l'effet d'atténuation de l'utilisation du biogaz. Cette étude analyse le potentiel d'atténuation des GES de l'utilisation du biogaz à base de lisier de bétail et de maïs (*Zea mays* L.) pour produire de l'électricité et . L'impact de la matière première choisie, des installations de stockage, de la consommation d'énergie thermique et du changement d'affectation des sols ont été analysés en évaluant différents scénarios. Une attention particulière est accordée à une analyse d'incertitude, où l'impact de l'incertitude de 14 paramètres sur la variabilité du potentiel d'atténuation a été analysé avec des simulations de Monte-Carlo.

La production de biogaz à partir de ressources agricoles comme source d'énergie pour l'énergie électrique peut contribuer de manière substantielle à l'atténuation des émissions de GES en compensant les émissions provenant des ressources fossiles et en réduisant les émissions liées au stockage des déjections animales. Dans les scénarios analysés, les émissions de GES calculées avec des valeurs par défaut étaient comprises entre 0,10 et 0,40 kg de CO₂-eq/kWh_{el}, soit 22 à 75 % de moins que les émissions de GES causées par le mix énergétique actuel en Allemagne. L'analyse démontre la variabilité de l'effet d'atténuation en raison des incertitudes liées aux processus techniques et environnementaux, difficiles à contrôler. Les incertitudes dues aux émissions de N₂O induites par les engrais du sol ont eu le plus grand impact sur l'effet d'atténuation de l'utilisation du biogaz lorsque le digestat est stocké de manière étanche au gaz. Autrement, l'incertitude des émissions du digestat domine la variabilité des émissions de GES de l'ensemble du procédé. Des effets modérés sont causés par le rendement en biogaz des matières premières, les fuites de méthane, l'efficacité électrique de l'unité de production combinée de chaleur et d'électricité (CHP) et la lixiviation des nitrates. Un impact mineur peut être attendu de la volatilisation des engrais et de la consommation électrique de l'installation de biogaz.

Points forts

► La production de biogaz à partir du lisier de bétail et du maïs peut contribuer à l'atténuation des GES. ► L'atténuation des GES dépend des matières premières utilisées et des processus de bio-ingénierie. ► L'utilisation du maïs entraîne une réduction des émissions de GES inférieure à 50 % par rapport à l'utilisation des ressources fossiles. ► L'effet du changement d'affectation des terres pourrait réduire considérablement le potentiel d'atténuation du maïs. ► La variation de l'atténuation des GES est élevée en raison des incertitudes liées à de nombreux processus impliqués.

Introduction

En réponse au réchauffement climatique et à l'attente d'une réduction des ressources énergétiques fossiles, de nombreux pays ont créé des réglementations ou des incitations en faveur des énergies renouvelables, y compris la bioénergie issue de ressources agricoles [1]. Plusieurs pays ont mis en place divers instruments comme des exonérations fiscales, des quotas ou des subventions directes pour stimuler l'utilisation des ressources agricoles comme énergies renouvelables [2]. En Allemagne, la loi sur les sources d'énergie renouvelables [3], entrée en vigueur en 2000, a déclenché un boom de l'utilisation des ressources agricoles comme matière première pour les usines de biogaz pour produire de l'énergie électrique [4]. Depuis l'introduction de la loi sur les sources d'énergie renouvelables, le nombre d'installations de biogaz est passé à environ 5 000 en Allemagne en 2009 [5], couvrant plus de 1 % de la consommation d'énergie électrique [6]. La superficie utilisée pour les cultures énergétiques s'élevait à 530 000 ha en 2009, soit 4,4 % du total des terres arables en Allemagne [7]. La culture énergétique dominante utilisée pour la production de biogaz en Allemagne est le maïs, qui représente plus de 75 % des cultures énergétiques plantées pour la production de biogaz [8].

Les avantages environnementaux de l'utilisation du biogaz proviennent principalement du remplacement de l'énergie fossile et de l'atténuation des émissions qui se produisent dans le système de référence supposé. De plus, les installations de biogaz qui utilisent du fumier provenant de l'élevage atténuent les émissions liées au stockage de ce fumier [9].

Cependant, pour chaque catégorie d'impact, les crédits gagnés grâce à la substitution de l'utilisation d'énergie fossile doivent être mis en balance avec les émissions générées lors de la production et de la transformation de la matière première.

Plusieurs études ont analysé les impacts environnementaux de l'utilisation du biogaz, fournissant une large gamme de résultats en fonction de la matière première utilisée [10], du système de référence remplacé [11], des règles comptables et des limites du système [12], des distances de transport des matières premières [13], et d'autres. En conséquence, les estimations sur les potentiels d'atténuation des GES couvrent une très large fourchette. Par exemple, Gerin et al. [13] ont constaté que l'utilisation du biogaz pour produire de l'énergie électrique entraînait 7 à 23 % des GES émis lorsque l'énergie électrique était produite avec

le gaz fossile de référence. Jury et coll. [12] ont constaté une contribution au changement climatique comprise entre 60 et 90 % du système de référence si les cultures énergétiques étaient fermentées de manière anaérobie pour produire du gaz destiné à être injecté dans le réseau de gaz naturel du Luxembourg. La diversité des processus impliqués et des matières premières utilisées rend difficile l'application des résultats des analyses environnementales existantes à d'autres situations spécifiques [10]. En outre, l'utilisation de matières premières agricoles comme ressource énergétique peut induire un changement d'affectation des terres direct ou indirect, entraînant des dettes de carbone élevées en raison de la conversion des écosystèmes indigènes en systèmes fournissant de la bioénergie, jetant le doute sur les avantages environnementaux de la bioénergie basée sur matière première agricole [14], [15]. En Allemagne, la conversion des prairies en terres arables peut contribuer à des émissions substantielles de GES puisque les sols situés sous les prairies, en particulier les sols organiques, ont une teneur en carbone considérablement plus élevée que ceux des terres arables [16].

Le débat autour des effets environnementaux de la bioénergie a induit une action politique de la part de l'UE visant à garantir la durabilité de la production d'énergies renouvelables. Dans un premier règlement concernant la production durable de biocarburants, il a été statué que l'atténuation des émissions de GES provenant des biocarburants devait être d'au moins 35 % par rapport aux émissions de GES provenant de la production d'énergie fossile [17]. Ce critère de durabilité sera porté à 50 % à partir de 2017 et à 60 % à partir de 2018 [17]. Bien que ce règlement ne prenne pas en compte la production d'énergie à partir du biogaz, un débat existe pour prendre en compte ces questions de durabilité dans les réglementations nationales en Allemagne [18].

L'objectif de cet article est d'analyser le potentiel d'atténuation des GES de l'utilisation du biogaz pour la production d'énergie électrique et thermique avec une attention particulière à la variabilité du potentiel d'atténuation due aux incertitudes liées aux processus technologiques et naturels impliqués. On suppose que les flux de substances dus à l'approvisionnement en matières premières et à la distribution du digestat [19] pourraient contrecarrer le potentiel d'atténuation de l'utilisation du biogaz, de sorte que dans des situations spécifiques, la production de biogaz pour l'énergie électrique pourrait ne pas être durable en termes de réduction substantielle des émissions de GES. . En conséquence, les variables clés doivent être identifiées et doivent être contrôlées pour garantir une atténuation élevée de l'utilisation du biogaz.

Extraits de section

Modèle de ferme et limites du système

Les bilans de GES ont été calculés pour un modèle de ferme construite représentant une ferme typique produisant des produits laitiers et céréaliers dans le Brandebourg, dans le nord-est de l'Allemagne. Pour simuler l'effet de l'intégration d'une usine de biogaz dans une ferme agricole, les émissions de GES d'un système de référence sans installation de production de biogaz ont été comparées à six scénarios de biogaz (tableau 1), qui seront expliqués ci-dessous. Toutes les émissions étaient liées à 1 kWh_{el} comme unité fonctionnelle. Toutes les émissions dues à la production

Émissions de GES de la production de biogaz

Alors que les émissions de GES dépréciées de la construction de l'usine de biogaz sont négligeables (<1 % des émissions brutes de GES par kWh_{el}), les pertes de méthane de l'usine de biogaz et les émissions dues à la manipulation et à la distribution du digestat se combinent pour produire environ 20 % des émissions brutes de GES par kWh_{el}, à condition que le digestat soit stocké dans un bac étanche aux gaz. La majorité des émissions brutes (environ 60 %) proviennent de la production de cultures énergétiques et de leur transformation. Les émissions dues au maïs

Conclusions

La production de biogaz à partir de ressources agricoles comme source d'énergie pour l'énergie électrique peut contribuer de manière substantielle à l'atténuation des émissions de GES en compensant les émissions provenant des ressources fossiles et en réduisant les émissions provenant du stockage du fumier animal. L'utilisation de cultures énergétiques comme matière première, comme le maïs, entraîne des émissions élevées dues à la production agricole et éventuellement au changement d'affectation des terres. De plus, l'efficacité azotée du digestat est plutôt faible, ce qui entraîne des apports élevés d'engrais dans le

Références (50)

- M. Poeschl *et al.*

Perspectives d'utilisation accrue du biogaz en Allemagne

Renouveler Sust Energ Rev

(2010)

- W. Berg *et al.*
Émissions de gaz à effet de serre provenant du lisier couvert par rapport à celles non couvertes pendant le stockage

Agr Ecosyst Environ

(2006)

- P. Börjesson *et al.*
Analyse des systèmes environnementaux des systèmes de biogaz - Partie II : l'impact environnemental du remplacement de divers systèmes de référence

Bioénergie Biomasse

(2007)

- C. Jury *et al.*
Analyse du cycle de vie de la production de biogaz par monofermentation de cultures énergétiques et injection dans le réseau de gaz naturel

Bioénergie Biomasse

(2010)

- P.A. Gérin *et al.*
Énergie et CO₂ bilan du maïs et de l'herbe comme cultures énergétiques pour la digestion anaérobie

Technologie des bioressources

(2008)

- J. Clemens *et al.*
Atténuation des émissions de gaz à effet de serre par digestion anaérobie du lisier de bétail

Agr Ecosys Environ

(2006)

- F. Chérubins
Bilans GES des systèmes bioénergétiques - aperçu des étapes clés de la chaîne de production et des préoccupations méthodologiques

Renouveler l'énergie

(2010)

- A. Meyer-Aurich
Analyse économique et environnementale des pratiques agricoles durables - une étude de cas bavaroise

Système agricole

(2005)

- H.J. Hellebrand *et al.*
Émissions d'oxyde d'azote induites par les engrais lors de la culture de cultures énergétiques sur des sols sableux limoneux

Atmos Environ

(2008)

- B. Amon *et al.*
Émissions de méthane, d'oxyde nitreux et d'ammoniac pendant le stockage et après l'application du lisier de bovins laitiers et influence du traitement du lisier

Agr Ecosyst Environ

(2006)

Cité par (109)

- **Systèmes basés sur le biogaz : une opportunité vers une perspective d'économie post-fossile et circulaire en Italie**
2023, Politique énergétique
- **La digestion anaérobie comme technologie durable pour utiliser efficacement la biomasse dans le contexte de la neutralité carbone et de l'économie circulaire**
2023, Recherche environnementale

- **Nouvelles opportunités pour l'industrie européenne du biogaz : examen du développement actuel des installations, des potentiels de production et de l'amélioration du rendement des mélanges de fumier et de déchets agricoles**

2023, Journal de production plus propre

- **Une évaluation comparative du cycle de vie de la mono- et co-digestion anaérobie du fumier de bétail au Bangladesh**

2023, Gestion des déchets

- **Perles SAPO-34 sans liant pour CO₂ adsorption**

2023, Chimie durable pour l'action climatique

- **Les émissions de gaz à effet de serre provenant des options de traitement du fumier de poulet de chair sont les plus faibles dans une production de biogaz bien gérée**

2021, Journal de production plus propre



Copyright © 2011 Elsevier Ltd. Tous droits réservés.