

Caractéristiques, limites et réglementations mondiales dans l'utilisation du digestat de biogaz comme engrais : un aperçu complet

Points forts

Le digestat de biogaz est riche en macro et micronutriments, favorisant une agriculture durable.

Les principales limitations comprennent la surcharge en nutriments, les métaux lourds, les agents pathogènes et les microplastiques.

La réglementation actuelle porte sur la propagation excessive, les métaux lourds et les agents pathogènes.

La réglementation actuelle ne prévoit pas de limites spécifiques pour les antibiotiques et les microplastiques utilisés dans les digestats.

Les réglementations relatives aux produits chimiques émergents tels que les PFA et les PCB sont encore insuffisamment élaborées.

Résumé

L'utilisation du digestat de biogaz, l'effluent de la digestion anaérobie (DA), comme engrais organique offre des avancées prometteuses pour une agriculture durable, mais elle présente également des défis critiques qui nécessitent une surveillance réglementaire minutieuse.

Cette étude explore la large gamme de caractéristiques du digestat, les principales limitations et les cadres réglementaires qui façonnent l'utilisation du digestat de biogaz comme engrais.

Bien que le digestat soit une riche source de macro et micronutriments essentiels nécessaires à la croissance des plantes, son application risque d'entraîner une surcharge en nutriments, une contamination par des métaux lourds, des agents pathogènes, des antibiotiques, des microplastiques et des contaminants émergents.

En explorant les réglementations actuelles régissant l'utilisation du digestat de biogaz comme engrais, l'UE limite l'application du digestat à 170 kg N/ha/an, avec une allocation plus élevée au Royaume-Uni (jusqu'à 250 kg N/ha/an).

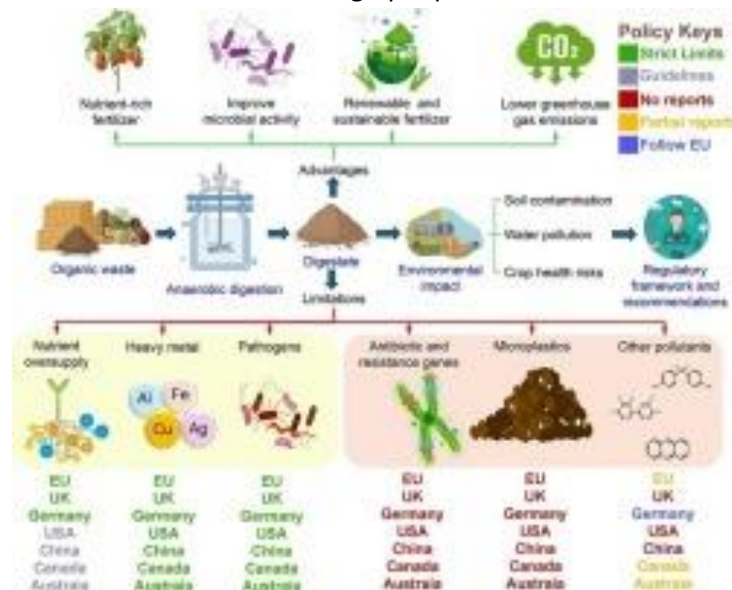
Dans d'autres grands pays producteurs de biogaz, il n'existe pas de limite spécifique pour l'application du digestat, car elle varie en fonction des cas individuels.

Les métaux lourds et les agents pathogènes sont réglementés de manière satisfaisante dans les politiques de ces pays.

Cependant, il n'existe pas de limites spécifiques pour les antibiotiques et les microplastiques, malgré leur impact significatif sur la santé humaine et l'environnement.

De plus, les réglementations concernant d'autres produits chimiques potentiels sont limitées. Il est recommandé d'étendre ces réglementations pour atténuer les risques sanitaires et environnementaux associés.

Résumé graphique



Introduction

L'industrie du biogaz est une technologie bioénergétique majeure à l'échelle mondiale, atteignant une production énergétique totale de 1,61 exajoule (EJ) en 2021, selon le rapport 2024 Global Bioenergy Statistics de la World Bioenergy Association (WBA, 2024).

Comme le montre la figure 1, le secteur du biogaz a continué de se développer de 2000 à 2020, l'Europe représentant environ 50 % de la production mondiale de biogaz, tandis que l'Asie, menée par la Chine, a contribué à environ 35 %, et les Amériques ont fourni environ 14 % de l'approvisionnement total (WBA, 2023).

Le digestat de biogaz (c'est-à-dire l'effluent du processus de digestion anaérobie) est riche en matière organique et en macro-micronutriments (Moheimani et al., 2018).

Dans l'UE, la production de digestat a été estimée à 180 millions de tonnes, dont près de la moitié en Allemagne (Corden et al., 2019).

L'épandage direct du digestat sur les terres cultivées comme engrais est considéré comme la principale application de l'utilisation du digestat (Sobhi et al., 2022 ; Moheimani et al., 2018).

L'utilisation du digestat de biogaz comme engrais est une pratique agricole durable qui permet de fermer les cycles des nutriments, de minimiser l'utilisation d'engrais minéraux artificiels et d'éliminer leurs impacts environnementaux négatifs (Dahlin et al., 2015).

Cependant, deux principales limitations entravent l'application directe d'engrais organiques.

La première est liée à la grande quantité dans certaines régions, où le digestat dépasse la capacité des terres agricoles entourant les réacteurs à grande échelle.

Cela conduit à un épandage excessif et à de graves problèmes environnementaux, notamment des phénomènes d'eutrophisation par lessivage et ruissellement des nutriments, la pollution des eaux souterraines et de surface (Barampouti et al., 2020).

L'épandage direct excessif sur les terres agricoles émet également des émissions de gaz à effet de serre de 139 g (CO₂-eq) /kg (digestat), comme l'a estimé Giz (2018).

La deuxième limitation est liée à la contamination du digestat par les métaux lourds, les agents pathogènes, les antibiotiques, les microplastiques et d'autres polluants, qui affectent l'adéquation de l'utilisation directe du digestat comme engrais (Barampouti et al., 2020).

Avec l'expansion de l'industrie du biogaz et le besoin urgent de répondre aux préoccupations environnementales et de santé publique, des réglementations solides et harmonisées sont essentielles pour garantir son utilisation sûre et efficace.

Les principaux pays producteurs de biogaz ont mis en place des politiques réglementant le digestat de biogaz en tant qu'engrais organique afin de protéger l'environnement et de gérer son application.

Certaines politiques concernent spécifiquement divers engrais organiques, tandis que d'autres se concentrent uniquement sur le digestat.

Dans l'UE, le règlement (UE 2019/1009) garantit des normes de sécurité pour les engrais, y compris le digestat (Union européenne, 1991).

La directive sur les nitrates (91/676/CEE) protège les masses d'eau de la pollution par les nitrates en réglementant l'azote dans les engrais organiques et inorganiques (Union européenne, 2019). Elle définit également des critères de fin de statut de déchet, permettant au digestat d'être classé comme un produit fertilisant lorsqu'il répond à des normes spécifiques (Union européenne, 2019). Aux États-Unis, l'Agence de protection de l'environnement (EPA) (40 CFR Part 503) établit des lignes directrices pour l'utilisation des biosolides et du digestat dans l'agriculture, en mettant l'accent sur la réduction des agents pathogènes et les limites de polluants (EPA, 1993).

Les normes du National Organic Program (NOP) régissent les matières organiques, y compris le digestat, dans l'agriculture biologique (USDA, 2000).

Au Royaume-Uni, la Producing Quality Anaerobic Digestate (PAS 110) établit des normes de qualité pour le digestat utilisé comme engrais (BSI, 2014), tandis que les zones vulnérables aux nitrates (NVZ) visent à protéger les zones désignées comme étant à risque de pollution par les nitrates agricoles (DEFRA, 2020).

L'ordonnance allemande sur l'application des engrais (Düngemittelverordnung – DüMV) réglemente l'utilisation des engrais et les concentrations de nutriments (DüMV, 2017 ; ordonnance sur les biodéchets, 2013). Les normes nationales chinoises (Code de la Chine (GB 38400), 2019) régissent la gestion des déchets agricoles et industriels, y compris le digestat, afin de prévenir la pollution de l'environnement (Code de la Chine (GB 38400), 2019).

Le Règlement sur les engrais du Canada (ACIA, CRC, c. 666) précise les normes applicables aux engrais, garantissant ainsi leur sécurité et leur efficacité (ACIA, 2020).

En Australie, la norme australienne (AS 4454) établit des exigences pour les composts organiques et les déchets organiques transformés, y compris le digestat, afin de confirmer leur adéquation comme engrais (Standards Australia, 2012).

Cette étude met en lumière les défis associés à la production excessive de digestat de biogaz et les risques potentiels posés par les métaux lourds, les antibiotiques, les microplastiques et d'autres contaminants.

Elle fournit une analyse complète des politiques et réglementations mises en œuvre par les principaux pays producteurs de biogaz, afin d'identifier les pratiques optimales et de combler les lacunes des réglementations actuelles.

L'étude conclut par des recommandations à l'intention des décideurs politiques et des informations pratiques pour améliorer la gestion durable du digestat de biogaz et atténuer les risques environnementaux.

Extraits

Caractéristiques du digestat et disponibilité des nutriments :

Le digestat de biogaz, un sous-produit de la digestion anaérobie, est de plus en plus reconnu comme une ressource agricole précieuse en raison de son riche profil nutritionnel.

La surveillance des caractéristiques du digestat et de sa disponibilité en nutriments est essentielle pour optimiser son utilisation comme engrais dans les pratiques agricoles.

Les paramètres clés comprennent l'azote total (TN), le pH, la conductivité électrique (CE), la demande chimique en oxygène (DCO), le rapport carbone/azote (C/N) et les niveaux de phosphore et de potassium. Ces facteurs

Risque potentiel lié aux métaux lourds

Bien que le digestat de biogaz puisse améliorer les propriétés du sol, il conduit souvent à l'accumulation de métaux lourds dans le sol (e Silva et al., 2023). L'accumulation de métaux lourds dans le sol peut entraîner une toxicité, constituant une menace importante pour la santé du sol, la sécurité des cultures et l'écosystème au sens large (Feng et al., 2023). Cela conduit à une exposition chronique aux métaux lourds, qui entraîne des problèmes de santé nocifs pour les êtres humains, tels que le cancer du poumon, l'affaiblissement du système immunitaire, des lésions rénales et des fractures osseuses (Zhao et al., 2022).

Cadre réglementaire et normes

Les réglementations mondiales partagent généralement des approches et des priorités similaires pour protéger l'environnement.

Cependant, des différences mineures existent dans les limites autorisées selon les régions, comme on le voit dans l'UE, aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Allemagne, en Chine, au Canada et en Australie (tableau 5).

Une comparaison détaillée a été suggérée en fonction des limites de chaque politique comme suit.

Conclusion

Le biogaz est l'une des principales sources de bioénergie dans le monde.

Actuellement, le digestat de biogaz est largement utilisé comme engrais ; cependant, il dépasse souvent la capacité de réception des terres cultivées dans de nombreuses régions.

Il peut également contenir des polluants et des nutriments en excès, ce qui a conduit les pays producteurs de biogaz à établir des politiques pour réglementer son application. Plus précisément, la teneur en azote, qui varie de 0,14 à 6,0 g/L, est le principal facteur limitant les nutriments pour l'épandage comme engrais.

Déclaration de contribution d'auteur CRediT

Mostafa Sobhi : Rédaction – ébauche originale, administration de projet, acquisition de financement, conceptualisation. **Tamer Elsamahy** : Rédaction – révision et édition, visualisation, méthodologie, investigation, conservation des données. **Eman Zakaria** : Rédaction – révision et édition, méthodologie, conservation des données. **Mohamed S. Gaballah** : Rédaction – révision et édition, logiciel, analyse formelle, conservation des données. **Feifei Zhu** : Rédaction – révision et édition, supervision. **Xinjuan Hu** : Rédaction – révision et édition, validation, conservation des données. **Cunshan**

Déclaration d'intérêts concurrents

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun intérêt financier concurrent connu ni aucune relation personnelle qui aurait pu sembler influencer le travail rapporté dans cet article.

Remerciements

Cette recherche a été financée en partie par la Fondation nationale des sciences naturelles de Chine (32350410411 , 32361143786 , 32370387) et le programme de financement du Jiangsu pour les talents postdoctoraux d'excellence (2023ZB879).