Digestion méthanique d'un mélange de roseaux et de boues de station d'épuration

Autor(en): **Roggo, Marie-Luce / Glauser, Michel / Aragno, Michel**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **110 (1987)**

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-89277

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INSTITUT DE BOTANIQUE, UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

DIGESTION MÉTHANIQUE D'UN MÉLANGE DE ROSEAUX ET DE BOUES DE STATION D'ÉPURATION

par

MARIE-LUCE ROGGO, MICHEL GLAUSER et MICHEL ARAGNO

AVEC 1 FIGURE ET 1 TABLEAU

Dans le cadre de la gestion de la Grande Cariçaie, située sur la rive sud du lac de Neuchâtel, il s'est avéré nécessaire de faucher et d'enlever chaque année une grande partie de la végétation afin de lutter contre l'atterrissement. La production moyenne annuelle des prairies se situe entre 2 et 7 tonnes, celle des roselières s'élève à 12, voire 20 tonnes, ce qui représente environ 1000 tonnes (10 000 m^3) de matière végétale fauchée chaque année (Pro Natura Helvetica, mars 1984).

Dans un travail de recherche postgrade (EPFL-IGE), GIROD et RUEGG (1979) ont décrit les possibilités suivantes d'utilisation des déchets de la végétation de la rive sud du lac de Neuchâtel:

- compostage;
- litière;
- combustible;
- tissage;
- paillage de la vigne;
- digestion méthanique (production de biogaz).

Parmi ces diverses possibilités, la digestion méthanique présente certains avantages:

- production d'une source d'énergie accumulable sous forme de gaz;
- valorisation de la partie humigène de la matière organique;
- impact faible sur l'environnement.

DIGESTION MÉTHANIQUE

La digestion méthanique est le résultat de l'activité d'une syntrophie bactérienne, c'est-à-dire d'une collaboration aux niveaux trophique et énergétique de différents groupes bactériens qui accomplissent, en absence d'oxygène et à pH neutre, la dégradation anaérobie de la matière orga-

nique (BRYANT 1979). Le biogaz en est le produit final. Sa composition varie selon les substrats dégradés, mais elle est en moyenne de:

55% de méthane (CH_4);
45% de dioxyde de carbone (CO_2).

Dans nos régions, de nombreuses installations digèrent des déchets en vue de leur élimination ou (et) de la production d'énergie. C'est le cas en particulier de 800 stations d'épuration et de 135 fermes en Suisse (A. Wellinger, communication personnelle, 1986). Souvent les boues d'épuration et les purins utilisés ne contiennent que peu de matière organique à dégrader (1-4%) et leur forte teneur en eau impose des volumes de cuve importants et des rendements en m^3 de gaz par m^3 de digesteur faibles.

Deux procédés sont couramment mis en œuvre pour une telle digestion:

- dans le procédé en milieu non renouvelé (batch), le digesteur est rempli en une fois d'un substrat à dégrader. L'opération est maintenue jusqu'à épuisement du milieu;
- dans le procédé en semi-continu, une aliquote des matières en digestion est prélevée à intervalles réguliers et remplacée par un même volume de substrat à digérer.

Il serait souhaitable d'élever la teneur en matière sèche de ces boues ou purins par l'adjonction d'un déchet riche en cellulose, de façon à augmenter le rendement de l'installation. Les pailles provenant du fauchage des roseaux pourraient peut-être remplir cette fonction.

Des essais de digestion méthanique de roseaux seuls ont été effectués par GIROD et RUEGG (1979).

Ces roseaux (5 kg), mis en suspension dans une cuve remplie d'eau (57 l) et d'actizyme (20 g), ont été soumis à une digestion en batch à 34 °C, sans agitation du substrat. Le pH est corrigé avec du vinaigre (2 l) ou du lait de chaux (1,2 l).

Les auteurs ont obtenu 220 litres de gaz au total, soit 6,5 litres/jour depuis le début des essais. Ils montrent qu'il faut un temps relativement long pour obtenir du gaz et que le maintien du pH optimum est difficile.

DIND (1985) a fait en 1985 des essais de digestion en batch à 30 °C, d'un mélange de boues d'épuration et de roseaux broyés, dans un digesteur pilote de 4 m^3. Ses résultats indiquent que non seulement les roseaux n'ont pas permis une production supplémentaire de gaz, mais qu'en plus ils inhibent la digestion des boues d'épuration.

Des essais concluants de digestion d'un mélange de deux déchets, l'un riche en carbone et pauvre en azote, l'autre riche en azote et pauvre en carbone, ont déjà été effectués dans notre laboratoire à l'Université de Neuchâtel (GLAUSER et *al.*, sous presse). Le déchet riche en carbone était représenté par la fraction organique des ordures ménagères, triées automatiquement par un pilote industriel (ORFA, Leibstadt, AG). Ces ordures étaient mélangées à des boues d'épuration, riches en azote. La digestion en semi-continu de ce mélange a fourni des rendements élevés

(jusqu'à 4 m^3 de gaz par m^3 de digesteur, pour un temps de rétention de 10 jours).

Le présent travail relate un essai de digestion en semi-continu d'un mélange de roseaux et de boues d'épuration dans des conditions semblables à celles de nos essais sur les ordures ménagères. Le but de cet essai est de préciser si les mauvais résultats obtenus lors des essais de digestion des roseaux étaient dus à la qualité intrinsèque de ceux-ci ou au système «batch» de digestion expérimenté.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

a) *Substrats*

Roseaux

Les roseaux *(Phragmites communis)* proviennent de la rive sud du lac de Neuchâtel.

Ils ont été fauchés et partiellement broyés par la maison Eltel à Cronay (longueur des brins: 6 à 7 cm). Nous les avons séchés pendant 4 à 5 heures à l'air et au soleil puis stockés à température ambiante jusqu'au moment de leur utilisation.

Boues d'épuration

Les boues fraîches proviennent de la station d'épuration de la Saunerie à Colombier (NE) (mai-juillet 1985). Environ 50 litres ont été prélevés en quatre fois, mis dans des bouteilles de 1 litre et stockés à 4 °C.

b) *Matériel*

Le digesteur utilisé est un ballon en verre pyrex de 20 litres, décrit par GLAUSER et *al.* (sous presse).

c) *Méthodes d'analyse*

Production journalière de gaz: mesure en continu au moyen d'un compteur à eau (GLAUSER et *al.* 1984).

Composition du biogaz: mesure par chromatographie en phase gazeuse avec détection par conductivité thermique (GLAUSER et *al.*, sous presse).

Teneur en matière sèche: calcul de la perte de poids de l'échantillon après séchage à l'étuve à 105 °C jusqu'à poids constant.

Teneur en matière organique: calcul de la perte de poids de l'échantillon après une combustion de 2 h 30 au four à 550 °C.

Teneur en carbone total des boues: oxydation du carbone en CO_2 par combustion puis mesure par conductimétrie à l'aide du Casumat (Wösthoff, Bochum, FRG). Ces analyses sont effectuées en collaboration avec le laboratoire de pédologie de l'EPF à Lausanne.

Teneur en azote total: méthode de Kjeldhal selon ALLEN et *al.* (1974). L'ammonium est dosé par colorimétrie avec l'autoanalyser Technicon 270.

Teneur en azote ammoniacal: distillation au moyen de l'appareil BUCHI 320. Piégeage de l'ammonium et titration en retour par HCl.

pH: détermination au moyen d'une électrode pH combinée INGOLD de type 10 405 3897.

Teneur en acides gras volatils des matières en digestion: mesure par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme.

RÉSULTATS

Conditions expérimentales

Avant introduction dans le digesteur, les roseaux sont broyés dans un mixer ménager de type Primax jusqu'à ce que les brins atteignent une dimension moyenne de 10-15 × 1-2 mm. Puis ils sont mélangés de façon homogène avec le même appareil, à des boues de station d'épuration à raison de 100 g/litre de boues.

Au cours de l'expérience, les roseaux bouchant les tuyaux d'entrée et de sortie du digesteur, nous les avons broyés beaucoup plus finement (dimension maximale des particules: 1 mm environ) dès le 46e jour. Une fois mélangés aux boues, ils donnent une suspension homogène.

Au début de l'expérience, un digesteur est rempli avec 18 litres de résidus d'une digestion anaérobie mésophile de boues d'épuration (STEP de Marin). Ce résidu, servant d'innoculum, avait une teneur en matière sèche de 5,6%.

L'alimentation régulière du digesteur avec 1 litre/jour de boues fraîches pendant 34 jours permet d'atteindre un état stable.

Cette première phase sert de témoin de la digestion des boues seules.

Par la suite, le digesteur est alimenté avec le mélange boues et roseaux (du 35e au 59e jour) à raison de 1 litre/jour. Le temps de rétention est de 18 jours. La température de digestion est maintenue à 35 °C.

Au cours de l'expérience, nous mesurons les paramètres suivants:

- volume et composition du biogaz (CO_2, CH_4);
- caractéristiques du substrat en digestion: pH, teneurs en ammoniaque et en acides gras volatils.

La production de gaz est mesurée chaque jour, les autres paramètres, trois fois par semaine.

Les caractéristiques des boues utilisées figurent dans le tableau I et les résultats sont reportés sur la figure 1.

TABLEAU I

Teneurs en matière sèche et en matière organique des boues utilisées

Période (jours d'expérience)	Teneur en matière sèche %	Teneur en matière organique (% de matière sèche)
1-19	6,15	42
20-31	7,6	nd
32-45	4,43	nd
46-59	5	nd

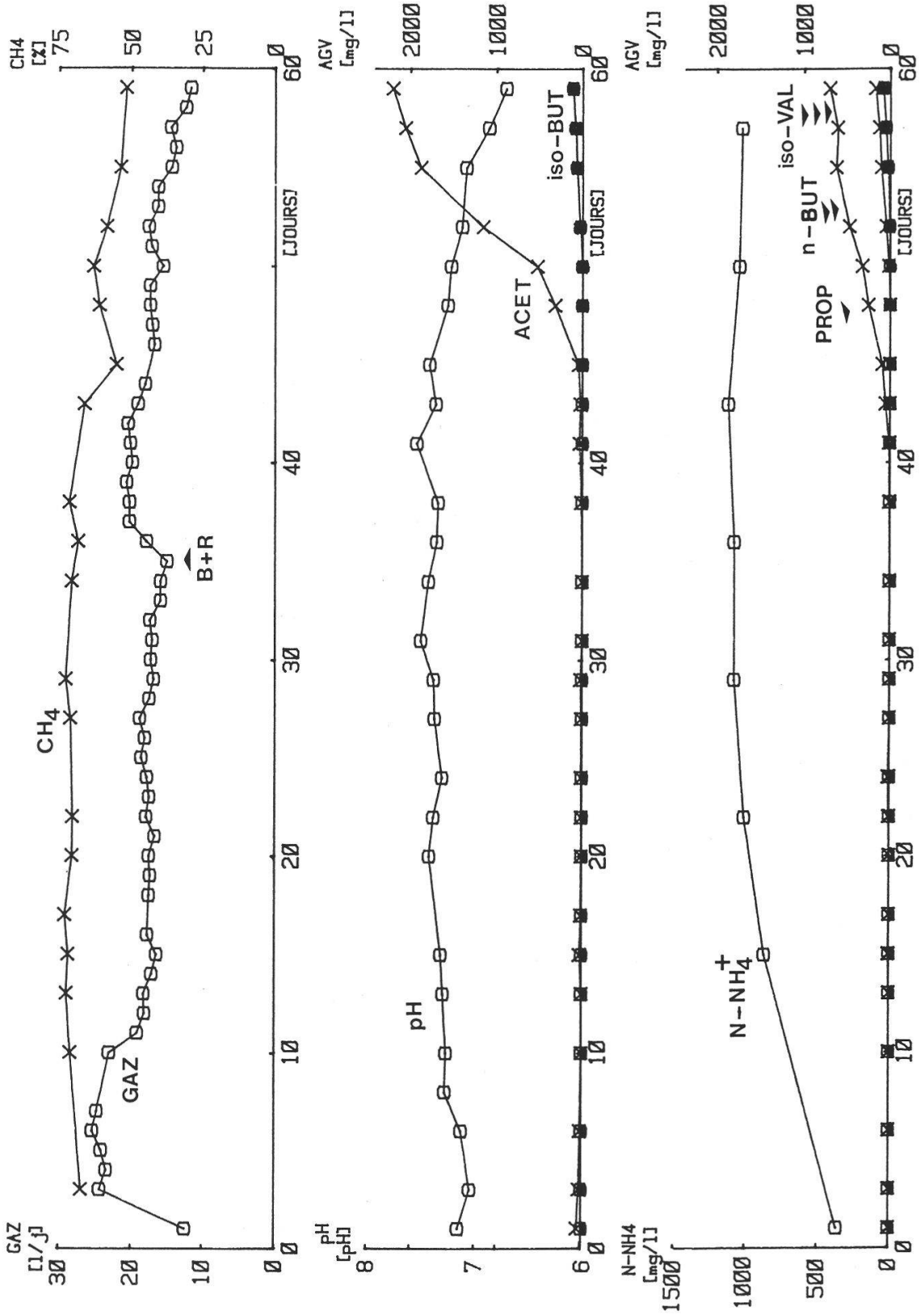

Fig. 1. Digestion de boues de STEP (jours 1 à 35) puis de boues de STEP et de roseaux broyés (B + R: dès le jour 36). Les paramètres suivants sont mesurés:

GAZ: production de gaz (l/j)
CH_4: teneur en méthane du gaz (%)
pH: acidité (pH)

AGV: acide gras volatil dont:
ACET: acide acétique (mg/l)
PROP: acide propionique (mg/l)
iso-BUT: acide iso-butyrique (mg/l)
n-BUT: acide n-butyrique (mg/l)
iso-VAL: acide iso-valérique (mg/l)

Du 1er au 35e jour

Digestion de boues d'épuration seules. La moyenne de production de gaz du 21e au 35e jour est de 17,2 litres/jour. La teneur en azote ammoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) augmente dès le 1er jour et jusqu'au 29e jour, puis reste stable. Parallèlement à l'augmentation de la teneur en azote ammoniacal, nous observons une augmentation du pH de 7,15 à 7,43 le 35e jour. La teneur en CH_4 reste stable (moyenne du 10e au 34e jour = 71,4%). Les teneurs en acides gras volatils restent basses (acides acétique et propionique), les autres acides gras n'ont pas été détectés. La stabilité de ces paramètres indique une digestion équilibrée et nous permet d'utiliser cette période comme témoin pour la suite des expériences.

Du 35e au 46e jour

Dès le 35e jour, nous introduisons dans le digesteur le mélange de boues et de roseaux broyés à 6-7 cm, et ce jusqu'au 46e jour (caractéristiques du mélange: 12,9% de matière sèche et 74% de matière organique). Nous notons une augmentation momentanée de la production de gaz, puis dès le 43e jour nous observons une baisse simultanée de la production de gaz, de sa teneur en CH_4, et du pH des résidus. La teneur en azote ammoniacal augmente très légèrement. Dès le 43e jour, nous observons une légère accumulation des acides gras volatils.

Du 46e au 59e jour

Dès le 46e jour, nous introduisons dans le digesteur le mélange de boues et de roseaux finement broyés. Nous observons la continuation de la baisse simultanée de la production de gaz (20,5 à 11,7 l/j en 17 jours), de la teneur en CH_4 qui atteint 51,9% le 59e jour et du pH qui atteint la valeur de 6,71 le 59e jour. Cette baisse de pH correspond à la forte accumulation des acides acétique (2200 mg/l le 59e jour) et propionique (705 mg/l le même jour), ainsi que des autres acides gras volatils. La teneur en azote ammoniacal reste stable.

DISCUSSION

L'adjonction des roseaux aux boues d'épuration en digestion pourrait a priori avoir les effets suivants:

- les roseaux sont dégradés et il y a augmentation de la production de méthane;
- la composition ligno-cellulosique des roseaux les rend inertes à la dégradation et ils n'augmentent en rien la production de gaz;
- les roseaux ont un effet inhibiteur sur les bactéries méthanogènes et bloquent la production de gaz.

L'augmentation momentanée de la production de gaz après l'introduction du mélange de boues et de roseaux est probablement due à un apport supplémentaire de matière organique par les roseaux. Plus tard, la baisse de la production du gaz, accompagnée de la diminution de sa teneur en

CH_4 et de l'accumulation des acides gras volatils, indique que la digestion méthanogène est partiellement bloquée.

La hausse de la teneur en azote ammoniacal du 1er au 29e jour est due à l'adjonction des boues de Colombier, dont la teneur en matière sèche (6,15%) est plus élevée que celle des boues de Marin, alors que leur composition est semblable. L'augmentation parallèle du pH est probablement due à la désamination des protéines qui libère de l'ammoniaque et alcalinise le milieu.

Selon le schéma de la syntrophie méthanogène (BRYANT 1979), l'inhibition des bactéries méthanogènes entraîne une accumulation de l'acide acétique et de l'hydrogène moléculaire (H_2). L'augmentation de la pression partielle d'hydrogène provoque un blocage des bactéries acétogènes, ce qui à son tour favorise la production d'alcool et d'acides gras à plus longues chaînes par les bactéries de la fermentation. Ces acides gras n'étant plus consommés, ils s'accumulent et entraînent une baisse du pH. C'est probablement un tel phénomène qui est intervenu dans notre expérience. Celui-ci s'accentue lorsque nous introduisons dans le digesteur le mélange de boues et de roseaux broyés finement. Ce blocage peut être dû à l'accumulation d'un produit toxique apporté par les roseaux, la concentration de ce produit dans le digesteur augmentant au fur et à mesure de l'adjonction de ces derniers.

Les résultats obtenus en batch par DIND montrent que non seulement les roseaux n'augmentent en rien la production de gaz, mais qu'en plus ils inhibent la digestion des boues.

Un examen attentif des résultats obtenus par GIROD et RUEGG montre que plus de la moitié du gaz qu'ils ont obtenu provient de la dégradation du vinaigre et des enzymes rajoutés. De plus, la production de gaz par kg de matière organique est 20 fois moins élevée que celle qu'il est possible d'obtenir lors de la digestion du mélange de boues et d'ordures.

Nos essais, bien que menés en semi-continu, confirment que les roseaux inhibent la production de gaz.

Des inhibitions de ce type ont été décrites, en particulier par McCARTY et *al.* (1977), qui ont observé qu'une accumulation des sous-produits de la lignine entraîne une inhibition de la production de gaz par les bactéries méthanogènes.

Cependant SPEECE (1985) a démontré que les bactéries méthanogènes sont capables de s'adapter à la plupart des produits toxiques s'ils sont à faible concentration. Une telle adaptation n'a pas eu lieu dans notre expérience; il n'est cependant pas exclu qu'en partant avec de faibles doses de roseaux et en augmentant très progressivement leur quantité dans le substrat journalier, on ne parvienne dans un temps plus long à une adaptation progressive de la flore bactérienne.

BIBLIOGRAPHIE

ALLEN, S. E., GRINSHAW, H. M., PARKINSON, J. A. et QUARMBY, C. – (1974). Chemical analysis of ecological materials. Blackwell scientific publications. 565 pp.

BRYANT, M. P. – (1979). Microbial methane production. Theoretical aspect. *J. Animal Sci.* 59: 527-531.

DIND, Ph. – (1985). Production de biogaz à partir de roseaux. Essais effectués à l'Ecole d'ingénieurs du Nord-Est vaudois (EINEV), rapport 1985. 4 pp.

GIROD, J. P. et RUEGG, E. – (1979). Etude des utilisations de la végétation des marais de la rive sud du lac de Neuchâtel. Travail de recherche postgrade EPF-IGE, 66 pp.

GLAUSER, M., JENNI, B. et ARAGNO, M. – (1984). An inexpensive, automatic gas meter for laboratory-scale methane digesters and other gas evolving systems. *Journal of microbiological methods* 2: 159-164, Elsevier.

GLAUSER, M., ARAGNO, M. et GANDOLLA, M. – (sous presse). Anaerobic digestion of urban wastes: sewage sludge and organic fraction of garbage. *CRC Press. Boca Raton*, USA.

McCARTY, P. L., YOUNG, L. Y., GOSSETT, J. M., STUCKEY, D. C. et HEALY, J. B. – (1977). Heat treatment for increasing methane yields from organic material, *in* SCHLEGEL, H. G. and BARNEA, J., Eds: Microbial Energy Conversion, Pergamon Press, *Oxford*: 179-199.

PRO NATURA HELVETICA. – (mars 1984). *Bull. d'information: Journal des Grèves*, 4 pp.

SPEECE, R. E. – (1985). Toxicity in anaerobic digestion. *In*: Proceedings of the 4th international Symposium on anaerobic digestion, *Guangzhou, China*: 515-527.

Adresse des auteurs: Laboratoire de microbiologie de l'Université de Neuchâtel, 22, chemin de Chantemerle, CH-2000 Neuchâtel 7.