

Données de bases pour les méthaniseurs à la ferme en Allemagne

Edition de Mars 2005

Traduit en 2007 par le Club Biogaz de l'ATEE

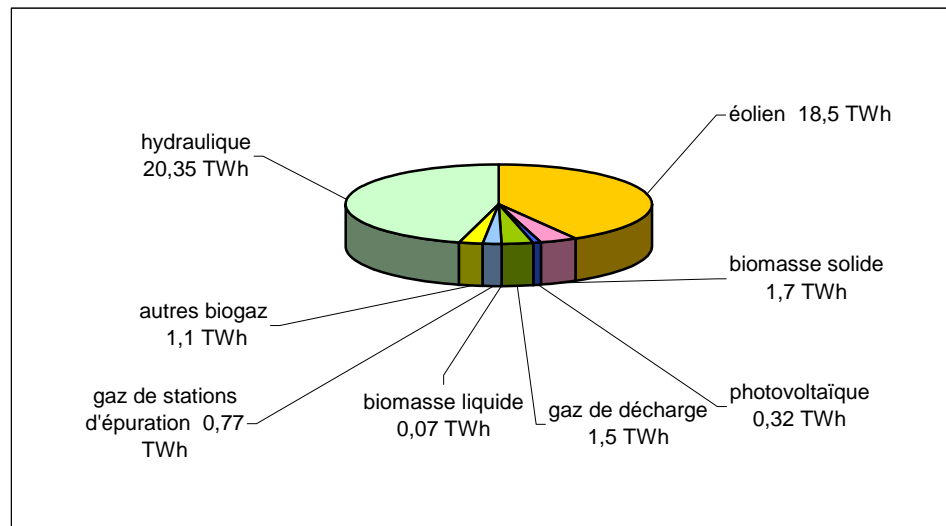


Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz



Part des énergies renouvelable (ENR) dans la production d'électricité en 2003

D'une manière générale, l'emploi d'énergies renouvelables (ENR) pour la production d'électricité s'est développé positivement. On le voit par la part des ENR dans les consommations d'énergies primaires qui a augmenté en 2003 de 2,9% à 3,1%. C'est seulement dans le domaine de l'énergie hydraulique, que le temps sec a amené à des baisses. Les potentiels techniques de l'énergie hydraulique pour la production d'électricité sont aussi exploités en grande partie. Toutes les autres ENR offrent de grands potentiels de développement.



Source : Erneuerbare Energien in Zahlen, BMU, Stand März 2004 (Energies Renouvelables en chiffre, édition 2004)

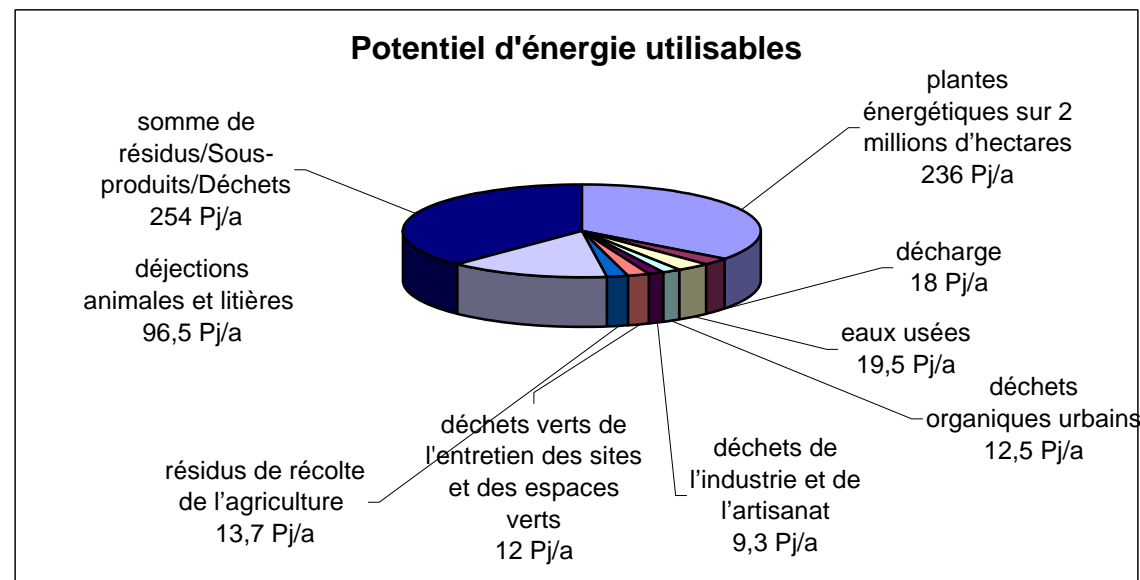
Composition moyenne du biogaz

| Composant | Concentration (Vol.- %) |
|--|-------------------------|
| Méthane (CH ₄) | 50 – 75 |
| Dioxyde de carbone (CO ₂) | 25 – 45 |
| Eau (H ₂ O) | 2 (20°C) - 7 (40°C) |
| Azote (N ₂) | <2 |
| Oxygène (O ₂) | <2 |
| Hydrogène sulfureux (H ₂ S) | < 1 |
| Hydrogène (H ₂) | <1 |

Source : FNR, Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, 2004 (FNR Aide à la production et à l'utilisation du biogaz, 2004)

Potentiels du biogaz

Le potentiel des différents biogaz, représente en Allemagne environ 23 à 24 milliards m³/an. La plus grande contribution y est rendue par la production potentielle de biogaz du secteur agricole avec environ 85% du total.



Source : Hartmann/Kaltschmitt (2002), révisé par le FNR

Le potentiel de matières énergétiques théoriquement disponibles pour la production des différents biogaz, est d'environ 671 PJ/a. Cela correspondrait à une part de 4,7% dans la consommation d'énergie primaire en Allemagne en 2003 qui est de 14.334 PJ/a. Les rendements potentiels de gaz peuvent être utilisés dans la production d'électricité et/ou de chaleur.

Culture des différentes plantes énergétiques sur une surface de 200 hectares et leurs potentiels théoriques en biogaz

| Plantes énergétiques | Rendement | Puissance moteur | Production de biogaz |
|-------------------------|-----------|------------------|------------------------------|
| Ensilage de maïs | 9.000 t | > 400 kWel | 1.800.000 m ³ /an |
| GPS de seigle | 3.000 t | > 150 kWel | 660.000 m ³ /an |
| Sillage d'herbes vertes | 6.000 t | > 250 kWel | 1.200.000 m ³ /an |
| Betterave à sucre | 11.000 t | > 350 kWel | 1.980.000 m ³ /an |

Hypothèse : Moteur d'un rendement électrique de 35%; Cultures énergétiques avec une récolte annuelle sur une même terre

Calculs types de rentabilité pour différentes installations de biogaz

| | | Type d'installation | « culture énergétique » 55 kW | culture énergétique » 330 kW | 500 kW |
|-----------------------|---|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| Substrats | Cheptel | UGB | 120 | 840 | 840 |
| | Lisier de bovins | tMF /a n | 2.160 | 9.360 | 9.360 |
| | Lisier de porcs | tMF /a n | | 3.456 | 3.456 |
| | Restes de fourrage | tMF /a n | 22 | 95 | 95 |
| | Ensilage d'herbes | tMF /a n | 400 | 1.500 | |
| | Ensilage de maïs | tMF /a n | 600 | 2.500 | 1.700 |
| | Seigle 40% en propre; 60% acheté | tMF /a n | | 500 | 1.500 |
| | Bac à graisse | tMF /a n | | | 1.000 |
| | Restes de nourriture | tMF /a n | | | 3.000 |
| Paramètres techniques | Volumes du fermenteurs | m3 | 420 | 2.400 | 3.000 |
| | Production de gaz | m3/an | 233.490 | 1.319.724 | 1.919.534 |
| | Puissance de la cogénération | kWel | 55 dual-fioul | 330 moteur gaz | 500 moteur gaz |
| | Rendement électrique | % | 33 | 39 | 40 |
| | Durée de service en heures | h/a | 8.000 | 8.000 | 8.000 |
| | Production d'électricité, nette | kWh/an | 397.276 | 2.286.584 | 3.484.732 |
| | Production de chaleur, nette | kWh/an | 393.684 | 2.033.041 | 2.647.861 |
| Dépenses | Investissement/m3 du fermenteur, dont 40% d'équipements techniques. En supplément, investissement pour le moteur | €/m3 €/kW | 564 150 | 286 240 | 340 160 |
| | Frais d'investissements | € | 245.130 | 765.600 | 1.100.000 |
| | Coût de production des cultures énergétiques consommées | €/an | 36.016 | 195.255 | 243.082 |
| | Frais d'exploitation (amortissement, intérêts, assurances, entretien, fioul moteur) | €/an | 39.770 | 109.778 | 158.116 |
| | Achat d'énergie électrique de process | €/an | 1.228 | 14.595 | 26.229 |
| | Dépense en main-d'œuvre (15 €/h) | €/an | 5.475 | 16.425 | 27.375 |
| | Total des frais | €/an | 82.489 | 336.053 | 454.802 |
| Recettes | Vente d'électricité (cf. tarifs EEG) | €/an | 71.674 | 407.797 | 391.979 |
| | Prime cogénération pour utilisation externe de chaleur | €/an | 396 | 462 | 448 |
| | Fioul substitué maison d'habitation, 40 c€/l | €/an | 1.200 | 1.200 | 1.200 |
| | Total des recettes | €/an | 73.270 | 409.459 | 393.627 |
| | Valeur de l'engrais substitué | €/an | 6.142 | 30.005 | 38.877 |
| | Profit/rentabilité pour l'entrepreneur | €/an | -3.077 | 103.411 | -22.298 |

Source :FNR, Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, 2004 (FNR aide à la production et à l'exploitation de biogaz 2004)

La modélisation pour l'installation de 55 kW est non rentable à cause des frais importants d'investissement énergétiques et d'énergie (fioul moteur).

La modélisation pour l'installation de 330 kW est très rentable en raison de la prime aux cultures énergétiques.

En ce qui concerne la troisième modélisation la raison essentielle du déficit pour l'entrepreneur se trouve dans l'utilisation de co-substrats, puisque aucune prime cultures énergétiques n'est alors attribué d'après la loi EEG.

En général on peut dire pour les installations neuves qu'un potentiel d'économies existe dans les coûts des matières premières. De même, les frais d'investissements, en particuliers, offrent un potentiel des réductions de frais d'au moins 10%. Si le processus est géré de manière optimale, des rendements de gaz, supérieurs de 10% aux calculs types, sont tout à fait accessibles. Ainsi les profits pour l'entrepreneur s'amélioreraient

| | |
|----------------------------------|---|
| 1 UGB | 6,6 - 35 t lisier/an |
| 1 UGB | 200 - 700 m ³ Biogaz/an |
| 1 ha maïs ensilé | Environ 8.550 m ³ Biogaz |
| 1 t lisier | 20 - 35 m ³ Biogaz |
| 1 t maïs ensilé | 170 - 200 m ³ Biogaz |
| 1 ha maïs ensilé | ca. 10 - 20 m ³ de digesteur |
| 1 UGB | 0,15 - 0,20 kWe |
| 1 m ³ Biogaz | 5,0 - 7,5 kWh total |
| 1 m ³ Biogaz | 1,5 - 3 kWh électrique |
| Rendement électrique moteur | 30 - 40 % |
| Rendement thermique moteur | 40 - 60 % |
| Rendement moteur total | 85 %maximum |
| Investissement Moteur dual-fioul | 700 - 1.200€/kW |
| Investissement moteur gaz | 500 - 1.900€/kW |
| Coûts d'investissement par kW | 2.000 - 5.000€/kW |

Source : d'après Mitterleitner (2000), FNR, Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung

Subvention

Le gouvernement fédéral subventionne la construction d'installation de biogaz < 70 kW selon les directives de la promotion des mesures pour l'utilisation des énergies renouvelables. Vous trouverez des informations sur les conditions actuelles des subventions auprès des institutions d'agriculture compétentes et auprès des chambres d'agriculture de votre Région ainsi que sur le site www.bio-energie.de.

Tarifs définis par la loi sur les énergies renouvelables (EEG)

La nouvelle loi EEG est en vigueur depuis le 01 août 2004. Selon cette loi, l'électricité provenant de biomasse est payée selon des taux fixés par la législation.

| | Valeur en c€/kWe |
|---|---------------------------------|
| Tarif de base pour des installations | |
| jusqu'à 150 kW | 11,5 (≅ les premiers 1,3 GWhe*) |
| jusqu'à 500 kW | 9,9 (≅ les 3 GWhe suivants*) |
| jusqu'à 5 MW | 8,9 (≅ les 40 GWhe suivants*) |
| de 5 MW jusqu'à 20 MW | 8,4 (≅ les 130 GWhe suivants*) |
| et pour l'utilisation de vieux bois des catégories AIII/AIV | 3,9 |
| Primes de biomasse vierge (y compris cultures énergétiques) pour des installations | |
| jusqu'à 500 kWe | 6 |
| Entre 500 kWe et 5 MWe | 4 |
| Au-delà de 5 MWe pour l'utilisation de bois | 2,5 |
| jusqu'à 5 MW en utilisant du bois | 2 |
| Prime cogénération | 2 |
| Prime technologique | 2 |

- Toutes les primes sont cumulables.
- La durée du contrat est de 20 ans.
- Pour des installations qui seront raccordées au réseau électrique à partir du 01.01.2005, le tarif de base se réduit pour toute la durée du fonctionnement de 1,5% par rapport du remboursement accordé l'année précédente.

Vous trouvez d'autres détails dans le texte législatif et sur : www.bmu.de.

* Note du traducteur

Caractéristiques typiques de différents moteurs et procédés de combustion pour biogaz

| Caractéristique | Moteur à carburation alimenté (dit moteur gaz) | Moteur dual-fioul |
|---|---|--|
| Gamme de puissance | Puissance électrique jusqu'à 1MW, rarement moins de 100 kW | Jusqu'à 10% de fioul d'allumage, puissance jusqu'à 250 kW |
| Rendement | électrique 34-40 % | électrique 30-40 % |
| Longévité | 60.000 heures | 35.000 heures |
| Contenu minimum de méthane nécessaire | 45 % | néant |
| Entretien | faible | élevé |
| Prix | plus élevé que le moteur dual-fioul | moins élevé que le moteur gaz |
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> — spécialement construit pour l'utilisation de gaz — les limites d'émission sont respectées | à faible puissance, un meilleur rendement par rapport à des moteurs gaz |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> — à faible puissance, un rendement électrique moindre | <ul style="list-style-type: none"> — Utilisation d'un combustible supplémentaire — La production de substance nocive dépasse fréquemment les valeurs limites autorisées par la loi allemande sur les émissions polluantes dans l'air (TA Luft). — environ 10% de l'énergie biogaz doit être fournie par du fioul d'allumage |
| Particularités | <ul style="list-style-type: none"> - L'ajustement de la puissance est possible en fonction de la qualité du gaz - En cas d'utilisation insuffisante de la chaleur, un radiateur d'urgence est à prévoir | |
| Carburants de substitution en cas de manque de biogaz | - Gaz liquéfié, gaz naturel | Fioul, gasoil, (huile végétale) |

Source : FNR, *Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, 2004*
(Aide à la production et à la valorisation du biogaz, 2004)

Actuellement, le moteur dual-fioul est encore utilisé comme plus fréquemment que le moteur gaz. En ce qui concerne ce dernier, il peut s'agir d'un moteur gaz aussi bien que d'un diesel modifié ; les deux sont actionnés d'après le principe d'Otto sans fioul d'allumage supplémentaire. La différence se trouve seulement dans la compression. C'est pourquoi on peut saisir les deux sous la notion de moteur à carburation de gaz.

Quelle teneur énergétique le biogaz a-t-il ?

La teneur énergétique dépend directement de la proportion de méthane dans le biogaz qui se situe entre 50 et 75 %. Un mètre cube de méthane a une teneur énergétique de tout juste 10 kWh (9,94 kWh). Par exemple : si la teneur de méthane s'élève dans le biogaz à 55%, la valeur énergétique d'un m³ de biogaz s'élève à environ 5,5 kWh.

Pouvoir calorifique : 5 - 7,5 kWh/m³ (suivant la teneur en méthane)
Moyenne : 6 kWh/m³ et/ou 21,6 MJ/m³

Équivalent de fioul :
1 m³ de biogaz correspond à environ 0,6 l de fioul

Saisie des quantités de substrat et calcul du volume du fermenteur

Volume du fermenteur = Quantité d'addition journalière x temps de séjour moyen

Exemple : 100 UGB – Etablissement d'élevage et co fermentation
(7 ha de culture du maïs), sans adjonction de liquide :

| Volume de substrat/volume d'adjonction | | |
|---|-------------------------|-----------|
| Production annuelle de lisier pour 17,5 m ³ / UGB et 100 UGB | 1.750 m ³ /a | 1.750 t/a |
| Production annuelle de maïs pour un rendement de 45 t / ha et 7 ha | 485 m ³ /a | 315 t/a |
| Total de la production annuelle de substrat | 2.235 m ³ /a | 2.065 t/a |
| Volume d'adjonction quotidien | 6,1 m ³ /d | |

Volume du fermenteur

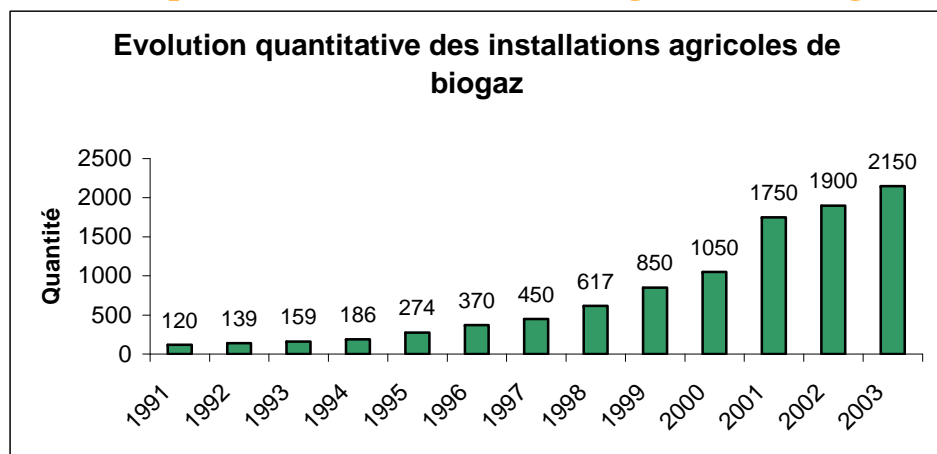
Volume nécessaire du fermenteur en supposant un temps moyen de séjour de 35 jours et un volume quotidien d'adjonction de 6,1 m³

214 m³

hypothèse : 1 m³ de maïs de silo = 650 kg (à 30% de teneur en matières sèches)

Source : *Landtechnik Weihenstephan/Bayer. Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur (2001), FNR*

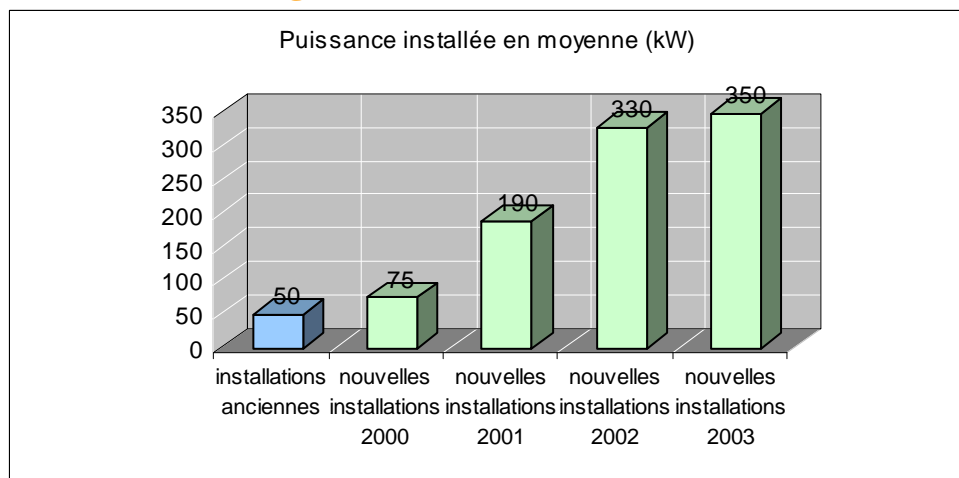
Évolution quantitative des installations agricoles de biogaz



Source: FNR und Fachverband Biogas e. V.; estimations pour 2002/2003

Ces dernières années, un accroissement net d'installations de biogaz, en particulier agricoles, s'est produit ainsi qu'une augmentation de la puissance moyenne installée. Malgré cette évolution, seule un huitième de la matière première fermentescible existante en Allemagne est utilisée.

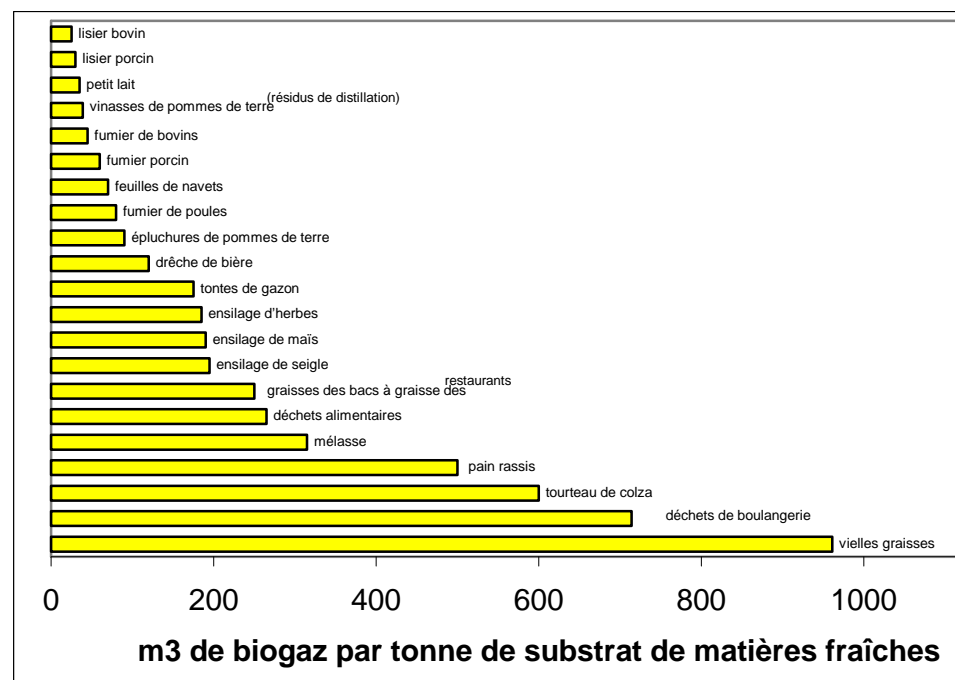
Évolution de la puissance moyenne installée des nouvelles installations de biogaz



Source : FNR et Fachverband Biogas e. V.; estimations pour 2003

Rendement en biogaz de différents substrats

Le rendement en biogaz est non seulement spécifique à chaque substrat, mais doit aussi être évalué selon les conditions annexes prédominantes (par exemple le fonctionnement de l'installation, sa température, le temps de séjour) sont jugés. D'où, en partie, des dispersions considérables pour les mêmes substrats.



Source : Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, FNR (aide à la production et à la valorisation du biogaz)

Le schéma ci-dessus présente les rendements de gaz par tonne de substrat apporté pour différentes matières (les rendements de gaz sont calculés d'après les matières contenues, protéines, graisses et hydrates de carbone, /glucides). Il faut prendre en considération que les substrats présentent des teneurs différentes en matière sèche (MS) et matière sèche organique (oMS). Pour d'autres calculs supplémentaires, les rendements en gaz des différents substrats en fonction des matières sèches organiques (oMS) sont nécessaires.

Utilisation et épuration du gaz

| Utilisation de gaz | État de l'utilisation en Allemagne | Nettoyage de gaz nécessaire ? | | |
|--|------------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|
| | | H ₂ S | H ₂ O | CO ₂ |
| Cogénération (BHKW) | prédominant | oui | oui | non |
| Production de chaleur (chaudière au gaz) | secondaire | oui | oui | nein |
| Pile à combustible* | Recherche et développement | oui | oui | oui |
| Carburant /combustible | Recherche et développement | oui | oui | oui |
| Alimentation du réseau de gaz naturel | Recherche et développement | oui | oui | oui |

* Des exigences du nettoyage du gaz varient selon le type des piles à combustible. De plus, doivent aussi être séparés le NH₃ et parfois le CO.



Module de co-génération avec générateur asynchrone et échangeur de chaleur sur les gaz d'échappement

Liste des abréviations

| | | | |
|-----|-------------------------|-----|-----------------------------------|
| MF | Masse fraîche | GPS | Ensilage de plantes entières |
| MS | Matière sèche | el | électrique |
| UGB | Unité de gros bétail | th | thermique |
| oMS | matière sèche organique | EEG | Loi sur le énergies renouvelables |

Clé pour le calcul des unités de gros bétail (UGB)

| Bovins | UGB/animal |
|---|--------------------|
| Veaux et bétail jeune jusqu'à 1 an (y compris veaux engraisés, veaux de départ/démarrage et gloutons) | 0,30 |
| Jeunes bêtes, 1 à 2 ans | 0,70 |
| Taureaux/génisses (plus de 2 ans), bovins à engraisser, vaches (y compris des vaches mères et des vaches nourrices avec leurs veaux allaitants) | 1,00 |
| Vaches | 1,20 |
| Taureaux reproducteurs, bœufs de trait | 1,20 |
| Porcs | UGB/animal |
| Porcelets jusqu'à environ 12 kg | 0,01 |
| Porcelets et jeunes porcs entre 12 kg et environ 20 kg | 0,02 |
| Porcelets et jeunes porcs entre environ 20 kg et environ 45 kg | 0,06 |
| Jeunes porcs entre environ 45 kg et environ 60 kg, cochons à engraisser, jeunes cochons reproducteurs jusqu'à environ 90 kg | 0,16 |
| Cochons reproducteurs (y compris des jeunes cochons reproducteurs de plus de 90 kg) | 0,33 |
| Moutons | UGB/animal |
| Moutons jusqu'à 1 an | 0,05 |
| Moutons de plus de 1 an | 0,10 |
| Chevaux | UGB/animal |
| Chevaux de moins de 3 ans et menus/petits chevaux | 0,70 |
| Chevaux à partir de 3 ans | 1,10 |
| Volaille | Animaux/UGB |
| Jeunes poulardes et jeunes poules (une tranche d'âge, poids maximum 1.200 g) | 420 |
| Jeunes poulardes et jeunes poules (deux et plus de tranches d'âge, poids maximum 800 g) | 625 |
| Pondeuses (occupant 1 place de poule pondeuse) poids maximum 1.600 g) | 310 |
| Pondeuses (occupant 2 places ou plus de poules pondeuses) poids maximum 1.500 g) | 330 |

Note : une unité de gros bétail correspond à 500 kg de poids vivant d'animaux d'élevage moyens.

Source : KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998/1999); VDI-Richtlinie 3472

Ont participé à la rédaction de ce document

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Agence Hofplats1 – D-18276 Gülzow

☎ : 004938436930199 ☎ : 049038436930102

www.bio-energie.de • info@bio-energie.de • www.fnr.de

Fachverband Biogas e.V. (Association Allemande du Biogaz)

Angerbrunnenstraße 12 • D-85356 Freising

☎ : 00498161984660 • ☎ : 00498161984670

www.biogas.org • info@biogas.org

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

(Institution de recherche en Agriculture)

Bundesallee 50 • 38116 Braunschweig

☎ : 00 495315960 • www.fal.de • info@fal.de

Et aussi ...

- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (Institut pour l'énergie et l'environnement) www.energetik-leipzig.de
- Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) www.atb-potsdam.de
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (Institut pour les chantiers et les bâtiments en Agriculture), ktbl@ktbl.de • www.ktbl.de

Quelques autres sites internet intéressants* :

Français

www.lebiogaz.info le portail français du biogaz

www.eden-enr.org/spip/ site militant pour le biogaz à la ferme, fiches d'exemples...

Etranger

www.iea-biogas.net/ Groupe spécialisé « biogaz » de l'Agence Internationale de l'Energie. Nombreuses publications en anglais.

www.biomasseenergie.ch/asp/fr/frameset.htm Biomasse énergie suisse



Editeur initial : Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
Hofplatz 1 • D-18276 Gülzow www.fnr.de • www.bio-energie.de
qui a autorisé cette traduction

Création & Mise en page originelle: tangram documents



Traduction et mise en page française
Club Biogaz de l'ATEE,
47 avenue de Laplace, F-94117 ARCUEIL
☎ 01 46 56 41 43 ☎ 01 49 85 06 27

www.biogaz.atee.fr • www.lebiogaz.info • club.biogaz@atee.fr

* Note du traducteur