

Méthodologie applicable aux projets de valorisation de biodéchets en biométhane-carburant afin de substituer du biométhane-carburant au gaz naturel pour l'alimentation de véhicules

SOMMAIRE

0. CONTEXTE	2
1. APPLICABILITE	2
2. PERIMETRE DU PROJET	3
<i>Tableau 1 : Sources d'émissions incluses et exclues dans le périmètre du projet</i>	4
3. SELECTION DU SCENARIO DE REFERENCE	4
4. ADDITIONNALITE	5
4.1 DESTRUCTION DU BIOGAZ A LA TORCHERE	5
4.2 PRODUCTION D'ELECTRICITE A PARTIR DU BIOGAZ.....	5
4.3 PRODUCTION DE BIOMETHANE-CARBURANT ET ALIMENTATION D'UNE FLOTTE DE VEHICULES EN SUBSTITUTION AU GAZ NATUREL.	6
4.4 COMPARAISON DE LA FILIERE ELECTRIQUE ET DE LA FILIERE CARBURANT.....	6
4.5 AUTRES ELEMENTS STRATEGIQUES A PRENDRE EN COMPTE.....	7
5. CALCUL DES REDUCTIONS D'EMISSIONS	8
5.1 EMISSIONS DU PROJET (EP)	8
5.2 EMISSIONS DU SCENARIO DE REFERENCE (ESR)	9
5.3 CALCUL FINAL DE LA REDUCTION DES EMISSIONS	10
5.4 PRISE EN COMPTE DES PARTICULARITES LIEES A LA BIOMASSE	10
5.5 APPLICATION SUR LA BASE DES HYPOTHESES PRECEDENTES.....	10
6. SUIVI	11

Méthode applicable aux projets de valorisation de biodéchets en biométhane-carburant afin d'alimenter une flotte de véhicules au biométhane-carburant en remplacement du gaz naturel

Secteur	Traitement des déchets
Projets types	Valorisation des biodéchets en biométhane-carburant

0. Contexte

Dans le cadre de l'implantation d'une usine de méthanisation pour valoriser les biodéchets produits par les ménages sur son territoire et collectés par ses soins, une collectivité territoriale, sur la base d'une étude technico-économique approfondie, retient l'option de valoriser ces mêmes biodéchets sous forme de biogaz-carburant. La nouvelle unité de méthanisation va pourvoir à la production du bio-carburant qui, au final, va remplacer le gaz naturel utilisé pour alimenter une flotte de véhicules, bus urbains au premier chef.

1. Applicabilité

Cette méthode s'applique aux projets permettant une valorisation des biodéchets par la production de biométhane-carburant et de compost, ainsi que par l'utilisation du biométhane-carburant produit au terme du processus pour alimenter une flotte de véhicules en substitution au gaz naturel.

Elle offre la possibilité de bénéficier d'Unités de Réduction des Emissions (URE) (que peut octroyer l'Etat dans le cadre de la mise en œuvre, sur le territoire national, des mécanismes de flexibilité prévus par le protocole de Kyoto – cf. l'arrêté du 2 mars 2007) pour les réductions vérifiées d'émissions de gaz à effet de serre liées à la valorisation des biodéchets en biométhane-carburant et à la substitution du biométhane-carburant produit au gaz naturel pour alimenter une flotte de véhicules.

Définitions :

BIOGAZ : gaz issu de la méthanisation de substances organiques. La production de biogaz est soit voulue et contrôlée (dans un digesteur), soit un phénomène naturel subi (marais, émissions d'animaux, émissions des centres d'enfouissement technique). Le biogaz contient entre 45 et 65% de méthane en fonction du substrat dont il est issu.

BIOMETHANE : gaz issu du traitement du biogaz afin d'en augmenter la concentration en méthane et de supprimer des gaz présents sous forme de traces qui peuvent être gênants dans l'utilisation du biométhane dans un moteur à combustion interne. Les techniques de traitement les plus courantes sont l'absorption en phase liquide ou la séparation membranaire.

CENTRE DE VALORISATION ORGANIQUE :

Le centre de valorisation organique utilise pour procédé la biométhanisation des déchets organiques suivi d'un post-compostage.

Après une phase de préparation, les biodéchets subissent un traitement dans les digesteurs en l'absence d'oxygène pendant environ trois semaines. Se distinguent alors deux phases : l'une solide (le digestat), l'autre gazeuse (le biogaz) :

- le digestat est dirigé vers des tunnels de compostage où il sera stabilisé et hygiénisé après un temps de séjour de 3 semaines afin d'obtenir un produit parfaitement apte à être utilisé comme amendement organique sur des surfaces agricoles ;
- le biogaz, constitué de méthane, de vapeur d'eau et de gaz carbonique, est alors récupéré afin d'être épuré pour produire du biométhane-carburant.

2. Périmètre du projet

Le périmètre du projet à considérer est une collectivité territoriale qui, à partir des biodéchets qu'elle collecte, produit du biométhane-carburant. L'option, en termes de valorisation économique et environnementale de cette activité, est celle qui vise l'alimentation en biocarburants d'une flotte de véhicules fonctionnant auparavant au gaz naturel.

Seules les émissions de dioxyde de carbone sont prises en compte dans cette méthodologie. Les sources d'émissions sont illustrées dans la figure 1 ainsi que dans le tableau 1.

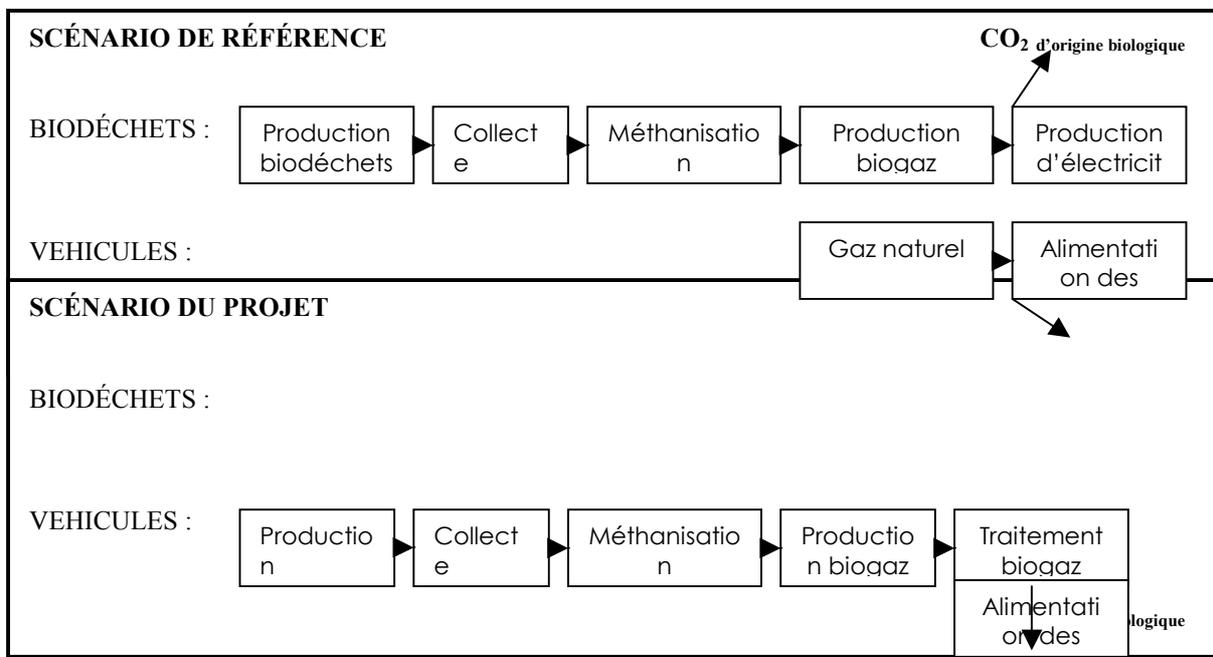


Figure 1 : Illustration des émissions de CO₂ pour le scénario de référence et le projet
 Les émissions de CO₂ liées à la collecte des biodéchets ne seront pas prises en compte dans cette méthodologie. La production de biométhane-carburant ou non n'influe pas sur ce type d'émissions car ces déchets doivent dans tous les cas être collectés et traités en application de la réglementation française.

Tableau 1 : Sources d'émissions incluses et exclues dans le périmètre du projet

	Source	Gaz	Inclus	Justification
Scénario de référence	Production d'électricité	CO ₂	Oui	Source principale d'émission de GES
		CH ₄	Non	Non applicable
		N ₂ O	Non	Non applicable
		Autres	Non	Non applicable
	Alimentation des véhicules en gaz naturel	CO ₂	Oui	Source principale d'émission de GES
		CH ₄	Non	Source mineure
		N ₂ O	Non	Source mineure
		Autres	Non	Source mineure
Projet	Production de biogaz-carburant	CO ₂	Oui	Source exclue (1)
		CH ₄	Non	Source mineure (biogaz) (2)
		N ₂ O	Non	traces
		Autres	Non	traces
	Alimentation des véhicules en biométhane-carburant	CO ₂	Oui	Source principale
		CH ₄	Non	Source mineure (3)
		N ₂ O	Non	traces
		Autres	Non	traces

(1) Du point de vue de la comptabilité des émissions dans l'inventaire national, les émissions de CO₂ issues de la combustion de biodéchets sont nulles (en fait comptabilisées globalement dans l'ensemble UTCF (Utilisation des Terres leur Changement et la Forêt)).

(2) L'étanchéité des systèmes gaz dans les usines de méthanisation permet de négliger cette source (fuites éventuelles).

(3) Les dispositifs modernes de distribution ne génèrent pas de fuite lors du remplissage des véhicules.

3. Sélection du scénario de référence

Le scénario de référence est constitué par :

- La transformation du biogaz en électricité
- L'alimentation en gaz naturel B ou H d'une flotte de véhicules.

La production d'électricité à partir de biogaz est génératrice d'une économie annuelle d'émission de GES de 84.41gCO₂e/kWh, par rapport à une production d'électricité traditionnelle.

Selon le CITEPA : les émissions de CO₂ des véhicules roulant au gaz naturel sont :

1 kWh pci de GN B consommé émet 205g de CO₂ e.

1 kWh pcs de GN B consommé émet 185g de CO₂ e.

Pour le gaz H, les facteurs d'émission sont sensiblement identiques (bien que les PCI/PCS et masses volumiques soient différents).

4. Additionnalité

Dans une situation antérieure, l'ensemble des biodéchets produits sur le territoire de la collectivité étaient collectés puis regroupés dans des centres de transfert situés sur son propre territoire, avant d'être expédiés en dehors de ce dernier pour traitement. Cette filière, qui nécessitait de nombreux transferts par camions, était génératrice d'importantes émissions de CO₂.

Afin d'y remédier, la collectivité décide d'implanter sur son territoire un centre de valorisation organique permettant la transformation des biodéchets en compost et biogaz.

Dès lors, trois solutions techniques peuvent être envisagées pour traiter ou valoriser le biogaz produit par la méthanisation des biodéchets :

- la destruction par combustion (torchère) ;
- l'utilisation du biogaz pour la production d'électricité ;
- l'utilisation du biogaz en méthane-carburant.

4.1 Destruction du biogaz à la torchère

Brûler du biogaz en torchère permet de s'assurer qu'il n'y a pas de méthane relargué directement dans l'atmosphère mais uniquement du CO₂. Ce CO₂ n'est pas comptabilisé dans le cadre de l'inventaire annuel des émissions de GES qu'effectue le CITEPA (car d'origine biologique)

4.2 Production d'électricité à partir du biogaz

En France, la production d'électricité nationale est émettrice de GES, bien que dans des proportions beaucoup moins élevées que chez ses principaux partenaires de l'UE.

L'ADEME estime que chaque kWh (électrique) est émetteur en moyenne de 84.41gCO₂ e.

L'électricité produite à partir de biogaz est une énergie renouvelable qui permet de réduire les émissions de GES par rapport à celles de l'électricité conventionnelle mentionnée ci-dessus. Compte tenu de l'existence du Système communautaire d'échange de quotas d'émissions (SCEQE), qui prévoit qu'y sont soumises toutes les installations d'une puissance installées de plus de 20 MW, les projets mettant en œuvre des installations de production d'électricité d'une puissance installée de plus de 20 MW ne pourront revendiquer le bénéfice des réductions de GES ainsi obtenues.

4.3 Production de biométhane-carburant et alimentation d'une flotte de véhicules en substitution au gaz naturel.

En choisissant cette filière, la collectivité alimente des véhicules fonctionnant au gaz avec du biométhane-carburant. Elle substitue ainsi une consommation de GN dont les facteurs d'émission sont :

GN B : 205g CO₂ e /kWh_{pci}

4.4 Comparaison de la filière électrique et de la filière carburant.

4.4.1 Du point de vue des réductions de GES, la réduction pour la valorisation électrique est de 84.41 g CO₂/kWh_{électrique}, et de 205g CO₂/kWh_{pci} pour le biogaz carburant (en substitution du gaz naturel B).

Le bilan GES est par conséquent favorable à la filière carburant ¹.

4.4.2 D'un point de vue économique, la valeur de rachat du biométhane-carburant est fixée à 2,69 c€/kWh ². Selon l'arrêté du 10 juillet 2006 en vigueur, le tarif de rachat de l'électricité est de 9,5 c€/kWh (tarif de rachat 7,5 c€/kWh + 2 c€/kWh de prime de méthanisation).

Il est à souligner que ce nouveau tarif de 2006 rend très attractif la filière électrique qui l'était nettement moins avant et qui mettait les 2 filières à un niveau équivalent.

4.4.3 Illustration :

L'hypothèse est faite que la collectivité produit, par méthanisation de biodéchets, 4 111 000 Nm³/an de biogaz.

Sachant qu'1 Nm³ génère 10,54 kWh d'énergie et que dans le cas du biométhane-carburant la valeur de rachat est fixée à 2,69 c€/kWh, la recette annuelle liée à la vente du biométhane-carburant pourrait être estimée à **1 165 575 €**.

¹ Cette comparaison ne tient pas compte du rendement énergétique de la production d'électricité qui est de l'ordre de 30 à 35%. La prise en compte de ce facteur amène à accentuer la différence car la contribution théorique de l'électricité ramenée au kWh thermique serait de l'ordre de 30 g équivalent CO₂/kWh thermique.

² Ce tarif correspond au tarif d'achat du gaz naturel pour un usage industriel.

La production d'électricité génèrerait quant à elle une recette annuelle de **1 520 000 €** liée à la revente à EDF de 16 000 000 kWh, conférant à cette option un avantage économique certain.

En revanche, le bilan des émissions de GES est favorable à la production de biogaz-carburant, les réductions d'émissions s'élevant dans ce cas à **9 249,75 tCO₂e/an** alors qu'elles n'atteignent que **1 350 tCO₂e/an** dans le scénario « production d'électricité ».

4.5 Autres éléments stratégiques à prendre en compte.

En France, la production de biométhane-carburant à partir de biogaz issu de déchets organiques se heurte à deux principales barrières que l'on ne retrouve pas dans des pays comme la Suisse ou la Suède où ce biocarburant s'est largement développé :

- L'absence de politique de soutien financier à cette filière alors que la production d'électricité à partir de biogaz est largement soutenue au travers des obligations de rachat et des tarifs très incitatifs récemment augmentés par la France. Comme il a été démontré précédemment, la production de biométhane à partir de biodéchets des ménages permet une recette d'environ 10,75 euros/tonne de déchets traités² alors que la production d'électricité et de chaleur permet une recette de 14,15 euros la tonne. Il n'y a aucune pertinence environnementale qui justifie cette différence de traitement entre les deux filières.
- L'impossibilité actuelle d'injecter le biométhane dans les réseaux de gaz naturel, contrairement à ce qui est pratiqué en Suisse, en Suède, aux Pays-Bas et en Allemagne. Le Ministère de l'Industrie conduit actuellement deux études d'impact du biométhane sur les réseaux et la santé humaine respectivement confiées à l'INERIS et à l'AFSSET.

Conclusion sur le critère d'additionnalité

La filière biométhane-carburant est économiquement la moins intéressante (énergie qui n'est pas soutenue) alors qu'elle permet la plus grande réduction des GES (en substitution au gaz naturel).

² En considérant 1Nm³ de biométhane vendu au tarif gaz naturel de type industriel de Gaz de France.

Par conséquent, le soutien généré par l'attribution d'unités de réductions d'émission dans le cadre des projets domestiques est primordial dans la balance économique des projets.

Le critère d'additionnalité est satisfait, la contribution des URE participant partiellement au financement de cette filière.

5. Calcul des réductions d'émissions

Les réductions d'émissions dues au projet pendant une année sont la différence entre les émissions du scénario de référence et les émissions du projet :

$$RE_a = ESR_a - EP_a$$

RE_a Réduction d'émissions du projet en l'an a (tCO₂e)

ESR_a Emissions dans le scénario de référence en l'an a (tCO₂e)

EP_a Emissions dans le projet en l'an a (tCO₂e)

5.1 Emissions du projet (EP)

Lors du traitement des biodéchets, on observe la formation de biogaz (composition : 55% de méthane – 35% de CO₂ – vapeur d'eau – H₂S). Cependant, ces émissions sont entièrement canalisées, et ne seront donc pas prises en compte dans le calcul.

Ainsi, seules les émissions de dioxyde de carbone dues à l'alimentation des véhicules (bus) au biométhane- carburant seront prises en compte.

Ainsi : $EP_a = E_{\text{biométhane}} + ET_a$

EP_a Emissions dans le projet en l'an a (tCO₂e)

$E_{\text{biométhane}}$ Emissions dues à l'alimentation des véhicules au biométhane-carburant

ET_a Emissions liées au Transport du biométhane-carburant entre le site de production et le site de distribution en l'an a (tCO₂e)

Avec $E_{\text{biométhane}} = Q_{\text{biogaz},a} * E_{\text{CO}_2/\text{Nm}^3 \text{ Biométhane}}$

$Q_{\text{biogaz},a}$ Quantité de biogaz fourni pour alimenter les bus urbains en l'an a (Nm³)

$E_{\text{CO}_2/\text{Nm}^3 \text{ Biométhane}}$ Emissions de CO₂ par Nm³ de gaz consommé pour un bus alimenté en biométhane-carburant en l'an a (tCO₂e/Nm³)

Calcul de ET_a

Les émissions dues au transport du méthane-carburant entre le site de production et le site de distribution sont directement liées au nombre de kilomètres parcourus ainsi qu'au type de véhicule employé.

$$ET_a = N_{\text{km parcourus},a} * E_{\text{CO}_2/\text{km Poid Lourd}}$$

ET _a	Emissions liées au Transport du méthane-carburant entre le site de production et le site de distribution en l'an a (tCO ₂ e)
N _{t-km parcourus,a}	Nombre de tonnes-kilomètres parcourus en l'an a (t.km)
E _{CO₂/km Poid Lourd}	Emissions de CO ₂ par kilomètre parcouru en l'an a par un véhicule Poid Lourd et alimenté en diesel (tCO ₂ e/t.km) Ex camion de PTAC 11 à 19 t émet 0.226 kgCO ₂ /t.km (source EPE)

5.2 Emissions du scénario de référence (ESR)

Les émissions du scénario de référence correspondent à la fois aux émissions de dioxyde de carbone due à la transformation en électricité du biogaz en mais aussi aux émissions dues à l'alimentation des bus au Gaz Naturel.

$$ESR_a = EE_a + EGN_a$$

ESR _a	Emissions dans le scénario de référence en l'an a (tCO ₂ e)
EE _a	Emissions de CO ₂ générées par la transformation du biogaz en électricité (tCO ₂ e)
EGN _a	Emissions liées à l'alimentation des bus au gaz naturel en l'an a (tCO ₂ e)

Calcul de EGN_a

Les émissions dues à l'alimentation des bus en gaz naturel sont comptabilisées de la manière suivante :

$$EGN_a = Q_{\text{gaz naturel},a} * E_{\text{CO}_2/\text{Nm}^3 \text{ Gaz naturel}}$$

EGN _a	Emissions liées à l'alimentation des véhicules au gaz naturel en l'an a (tCO ₂ e)
Q _{gaz naturel,a}	Quantité de gaz naturel substitué par une quantité équivalente de biogaz carburant (Nm ³), (NB : le pouvoir calorifique du biogaz carburant ainsi que sa composition sont identiques à ceux du gaz naturel),
E _{CO₂/Nm³ Gaz naturel}	Emissions de CO ₂ par Nm ³ consommé pour un véhicule alimenté en gaz naturel en l'an a (tCO ₂ e/Nm ³)

$$\text{Donc : } EGN_a = Q_{\text{biogaz},a} * E_{\text{CO}_2/\text{Nm}^3 \text{ Gaz naturel}}$$

5.3 Calcul final de la réduction des émissions

$$RE_a = ESR_a - EP_a$$

Ainsi

$$RE_a = EGN_a + EE_a - E_{\text{biométhane}} - ET_a$$

5.4 Prise en compte des particularités liées à la biomasse

Calcul de $E_{\text{CO}_2/\text{Nm}^3 \text{ Biométhane}}$

$E_{\text{CO}_2/\text{Nm}^3 \text{ Biométhane}} = 0$, car il s'agit de la combustion d'un gaz issu de biodéchets (UTCF)

Donc : $EP_a = 0$

Calcul de EE_a

La transformation en électricité du biogaz issu de la méthanisation des déchets organiques génère des GES, cependant, le biogaz étant issu de la biomasse, l'émission de GES est considérée comme nulle

$$EE_a = 0$$

5.5 Application sur la base des hypothèses précédentes

$$RE_a = EGN_a + EE_a - E_{\text{biométhane}} - ET_a$$

Or,

$$EE_a = 0$$

$$E_{\text{biométhane}} = 0$$

$ET_a = 0$, car le biométhane carburant est transporté à LMCU par une canalisation, et non par poids lourds

Donc, $RE_a = EGN_a$

$$EGN_a = Q_{\text{biogaz},a} * E_{\text{CO}_2/\text{Nm}^3 \text{ Gaz naturel}}$$

$Q_{\text{biogaz},a} = 4\,111\,000 \text{ Nm}^3/\text{an}$ (Source : Bilan prévisionnel d'exploitation du CVO)

$$E_{\text{CO}_2/\text{Nm}^3 \text{ Gaz naturel}} = 2.25 \cdot 10^{-3} \text{ tCO}_2\text{e}/\text{Nm}^3$$

D'où $RE = EGN = 4\,111\,000 * 2.25.10^{-3} = \mathbf{9\,249,75\ tCO_2e}$

La valorisation des biodéchets collectés sur le territoire de la collectivité en biométhane-carburant permettrait une réduction d'émission de gaz à effet de serre de $\mathbf{9\,249,75\ tCO_2e/an}$.

6. Suivi

Facteurs par défaut :

Paramètres	Emissions de CO ₂ par m ³ consommé pour un bus alimenté en biométhane-carburant en l'an a
Symbole	E_{CO_2/Nm^3} Biométhane
Unité	tCO ₂ e/Nm ³
Source à utiliser	CITEPA
Valeur à appliquer	$0,5625.10^{-3}$ tCO ₂ e/Nm ³

Paramètres	Emissions de CO ₂ par Kilo wathheure produit en France par les unités de production d'électricité
Symbole	$E_{kWh_{France}}$
Unité	tCO ₂ e/kWh
Source à utiliser	ADEME
Valeur à appliquer	$8.441.10^{-5}$ tCO ₂ e/kWh

Paramètres	Emissions de CO ₂ par m ³ consommé pour un bus alimenté en gaz naturel en l'an a
Symbole	E_{CO_2/Nm^3} Gaz naturel
Unité	tCO ₂ e/ Nm ³
Source à utiliser	CITEPA
Valeur à appliquer	$2,25.10^{-3}$ tCO ₂ e/Nm ³

Paramètres	Emissions de CO ₂ par km et tonne d'un véhicule transportant du biométhane carburant entre le lieu de production et le lieu de remplissage des véhicules en l'an a
Symbole	$E_{CO_2/km}$ Poids Lourds
Unité	tCO ₂ e/t.km
Source à utiliser	EPE

Valeur à appliquer	En fonction du type de véhicule
--------------------	---------------------------------

Paramètres à suivre au cours du projet :

Paramètres	Quantité de biogaz fourni pour alimenter les bus urbains en l'an a
Symbole	$Q_{\text{biogaz},a}$
Unité	Nm ³
Fréquence de suivi	Continue
Description des méthodes et des mesures à utiliser	<ul style="list-style-type: none"> • La quantité de biogaz doit être mesurée en continu par un débitmètre. • Ce débitmètre doit être calibré périodiquement par une entité accréditée officiellement, et soumis à un entretien régulier et un régime de test pour assurer sa précision. • Si le débitmètre ne donne pas directement le débit de gaz en m³ normalisés (grâce à un système de mesure automatique de la pression et de la température), la température et la pression du gaz doivent être mesurées séparément, en continu ou périodiquement.

Paramètres	Nombre de kilowattheure produits en l'an a (kWh)
Symbole	$N_{\text{kWh produits},a}$
Unité	kWh
Fréquence de suivi	Continue
Description des méthodes et des mesures à utiliser	<ul style="list-style-type: none"> • Le nombre de kilowattheure produit par valorisation du biogaz en électricité est suivi en continu par un compteur. • Ce compteur doit être soumis à un entretien régulier et un régime de test pour assurer sa précision.

Paramètres	Quantité de gaz naturel fourni pour alimenter les bus au cours de l'an a
Symbole	$Q_{\text{gaz naturel},a}$
Unité	Nm ³
Fréquence de suivi	Continue
Description des méthodes et	<ul style="list-style-type: none"> • La quantité de gaz naturel doit être mesurée en continu par un débitmètre.

des mesures à utiliser	<ul style="list-style-type: none"> • Ce débitmètre doit être calibré périodiquement par une entité accréditée officiellement, et soumis à un entretien régulier et un régime de test pour assurer sa précision. • Si le débitmètre ne donne pas directement le débit de gaz en m³ normalisés (grâce à un système de mesure automatique de la pression et de la température), la température et la pression du gaz doivent être mesurées séparément, en continu ou périodiquement.
------------------------	--

Paramètres	Nombre de tonnes-kilomètres parcourus en l'an a (t.km)
Symbole	N t.km parcourus,a
Unité	t.km
Fréquence de suivi	Continue
Description des méthodes et des mesures à utiliser	<ul style="list-style-type: none"> • Chaque véhicule transportant du biométhane carburant fait l'objet d'une pesée systématique. • La distance entre le lieu de production et le lieu de distribution est fixe et déterminée 1 fois. • Le paramètre est obtenu en multipliant le poids embarqué par cette distance.