



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

'smallBIOGAS'

Guide d'utilisation du software et interprétation des résultats

BIOGAS³

Production durable de biogaz à "petite échelle" à partir des
résidus agroalimentaires pour atteindre l'autosuffisance
énergétique

Date:

Août 2014

Auteurs:

BIOGAS³ Consortium

DONNÉES DU PROJET:

Programme	Intelligent Energy Europe (IEE) - ALTENER
Action Clé	Projets de promotion et de diffusion
Accord de Subvention	IEE/13/477/SI2.675801
Date de début/fin	1 Mars 2014 – 28 Février 2016

CONTACT:

Coordinateur	Begoña Ruiz (AINIA)
Téléphone	+34 961366090
E-mail	bruiz@ainia.es
Website	www.biogas3.eu

Index

1. Utilisation de l'interface	3
1.1. Écrans de visualisation de l'interface	3
1.1.1. Écran 1: Où?	3
1.1.2. Écran 2: Type de substrat	4
1.1.3. Écran 3: Utilisation du biogaz	5
1.1.4. Écran 4: Utilisation du digéré	7
1.1.5. Écran 5: Finances. Créer un rapport	8
1.2. Messages de l'interface	10
2. Contenu du rapport	11
2.1. Parties du rapport	11
2.2. Résumé des substrats	21

Le contenu de cette publication n'engage que la responsabilité de son auteur et ne représente pas nécessairement l'opinion de la Communauté européenne. Ni la EACI ni la Commission Européenne ne sont responsables de l'utilisation qui pourrait être faite des informations qui et figurent.



1. Utilisation de l'interface

Lors de l'utilisation du software smallBIOGAS, l'utilisateur devra sélectionner ou introduire, dans les cinq écrans de visualisation, une série de données que nous détaillerons ci-dessous. L'outil fournit des données indicatives adaptées à la situation du pays dans lequel le possible emplacement de la station de biogaz est envisagé, et que l'utilisateur peut modifier le cas échéant.

Ce guide d'utilisation est complété avec les informations sur interface de l'outil concernant les différents concepts. Cette information sera affichée en plaçant le curseur sur le mot en question.

Le symbole utilisé comme séparateur décimal pour les données ou résultats numériques de l'outil smallbiogas est la « virgule ».

1.1. Écrans de visualisation de l'interface

1.1.1. Écran 1: Où?

Données générales

L'utilisateur peut identifier ses études (« Nom de l'étude ») et les ranger de manière ordonnée. Toutes les études réalisées se trouvent dans « Mes études ».

Pour consulter une étude l'utilisateur doit cliquer sur celle-ci, et cliquer ensuite sur « Voir rapport ». Les études réalisées se trouvent en format pdf.

De même, les données introduites des études préalables stockées peuvent être visualisées et modifiées en cliquant sur « Éditer rapport ».

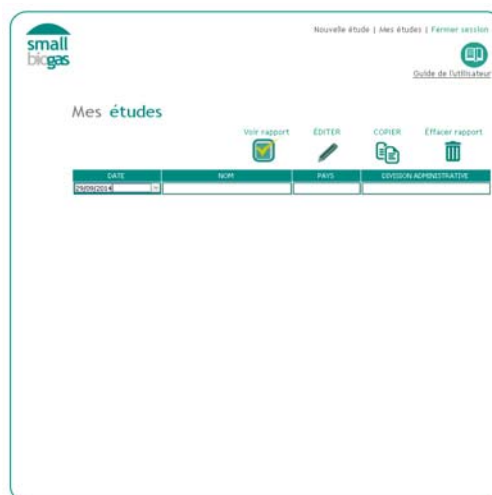


Figure 1. Mes études

Données générales. Division administrative

L'utilisateur doit ensuite sélectionner sur l'interface le pays et la division administrative dans laquelle sera située la station de biogaz. L'outil fournit la température moyenne annuelle du chef-lieu de la division administrative sélectionnée, bien que l'utilisateur puisse la modifier. Cette température est utilisée pour calculer les besoins d'énergie thermique pour le processus de production du biogaz, c'est-à-dire, pour chauffer les digesteurs.



Figure 2. Écran de visualisation 1

1.1.2. Écran 2: Type de substrat

Données du substrat

L'utilisateur peut choisir le type et le sous-type de substrat, de même que ses caractéristiques physico-chimiques les plus importantes. Il doit introduire la « Quantité » de substrat de chaque sous-type à utiliser dans la station de biogaz, le coût « d'Acquisition » du substrat le cas échéant, et la « Distance » à laquelle se trouve le substrat par rapport à la station de biogaz.

Les caractéristiques de tous les substrats offerts par smallbiogas sont éditables, ce qui permet à l'utilisateur de les modifier. L'outil saisit les caractéristiques du substrat modifiées par celui-ci.

Liste des substrats

L'utilisateur doit cliquer sur « Ajouter substrat », pour incorporer au mélange les matériaux qui seront utilisés pour la production de biogaz. La Liste de substrat reflètera ceci.

Pour modifier un substrat ajouté à la liste, cliquer sur celui-ci dans la « Liste de substrats », cliquer ensuite sur l'icône « crayon », faire les modifications désirées (propriétés, quantités, etc.) et cliquer finalement sur « Éditer substrat ».

Pour éliminer un substrat ajouté à la liste, cliquer sur le substrat dans la « Liste de substrats » et ensuite sur l'icône « poubelle ».

Lorsque l'utilisateur obtient un mélange avec une relation C/N hors de l'intervalle 20-30, l'outil marque en rouge le calcul de la relation C/N du mélange de substrats qu'il a inclus.

L'utilisateur peut modifier manuellement la relation C/N d'un mélange en équilibrant les proportions des différents substrats (en augmentant la proportion de substrats avec une C/N élevée ou celle des substrats avec une C/N basse, selon si la relation C/N du mélange est trop grande ou trop petite).

Pour voir les quantités du mélange alternatives proposées par l'outil, cliquer sur "Voir C/N proposée". Il faut introduire au moins 3 substrats pour pouvoir consulter des mélanges alternatifs avec une bonne relation C/N dans l'intervalle 20-30.

Si l'utilisateur n'obtient pas un mélange dans l'intervalle 20-30, il devra contacter un des centres experts participant au projet BIOGAS3.

Figure 3. Écran de visualisation 2

1.1.3. Écran 3: Utilisation du biogaz

Technologie de digestion

L'utilisateur peut choisir entre digestion par voie humide ou par voie sèche. L'outil réalise le bilan de la matière du digesteur selon la voie sélectionnée. Le processus de la digestion anaérobie a généralement lieu par voie humide, dans laquelle la concentration de solides totaux dans le digesteur est inférieure à celle de la voie sèche. Pour cela, l'outil dispose de valeurs internes qui déterminent les solides totaux dans le mélange d'entrée au digesteur, par voie humide comme par voie sèche. En particulier, dans le cas de la digestion par voie humide, lorsque les solides totaux du mélange d'entrée au digesteur sont supérieurs à 14%, le rapport indiquera « Besoin

d'eau de dilution ». De même, dans le cas de digestion par voie sèche, lorsque les solides totaux du mélange d'entrée au digesteur sont inférieurs à 20%, « Besoin de matière sèche pour concentrer ». Les quantités de digéré en termes de masse (tonnes de matière fraîche) seront modifiées en conséquence.

Nouveau scénario

L'utilisateur peut ensuite introduire le scénario d'utilisation du biogaz qu'il désire analyser : utilisation du biogaz en chaudière, moteur de cogénération, injection dans le réseau de gaz naturel ou utilisation en tant que combustible pour véhicules. Pour les deux premiers scénarios il peut choisir entre « Vente » ou « Autoconsommation » de l'énergie produite.

Dans le cas de l'autoconsommation, il faudra quantifier les besoins. Cependant, si l'utilisateur désire comparer des scénarios d'utilisation à besoins énergétiques différents pour l'autoconsommation et/ou si le nombre d'heures de demande énergétique n'est pas le même que pour l'énergie thermique et électrique, il lui devra alors créer une nouvelle étude. L'utilisateur peut utiliser des études préalables, introduire un nouveau « Nom » (écran de visualisation 1) et modifier les besoins énergétiques de l'autoconsommation.

Besoins

L'utilisateur peut choisir entre plusieurs intervalles de besoins d'énergie ; l'outil saisira la valeur moyenne de l'intervalle pour les calculs. Cette valeur peut être remplacée (besoins annuels) par la valeur exacte pour l'étude en particulier, le cas échéant. En ce qui concerne les totaux annuels de ces besoins ou de la demande d'énergie, le nombre de mois de production par an et d'heures de production par jour peuvent de même être spécifiés.

Il est également possible de modifier le nombre de mois de production de biogaz, qui est par défaut de 12 mois, dans le cas général d'une station qui travaille pendant toute l'année.

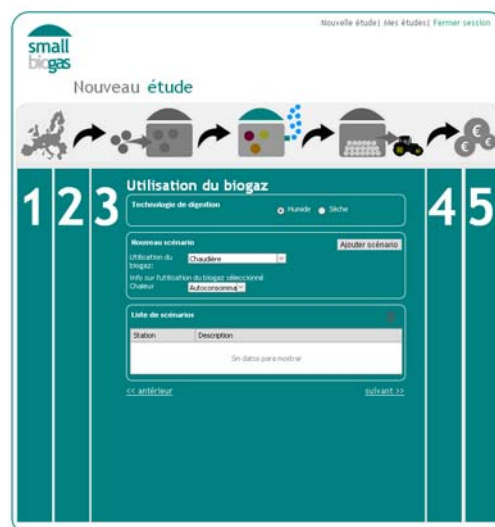


Figure 4. Écran de visualisation 3

1.1.4. Écran 4: Utilisation du digéré

Quantité de digéré

À partir des substrats introduits, l'outil calcule la quantité de digéré produite (tonnes de matière fraîche produites annuellement) et le contenu en nitrogène de celui-ci.

Utilisation du digéré

L'utilisateur peut ensuite choisir entre deux scénarios d'utilisation du digéré:

- Vente
- Autoconsommation

Si l'utilisateur choisit « Vente », l'outil tiendra compte des revenus de la vente du digéré, selon le prix indiqué dans l'écran 5 de visualisation (« Prix de vente du digéré »). Dans ce scénario les frais de transport jusqu'au champ du digéré ne sont pas inclus. Pour calculer le nombre d'hectares nécessaires pour l'application du digéré, l'outil considère par défaut qu'elle s'effectuera dans une zone vulnérable avec une limite de 170 kg N/ha et an (quantité maximum de nitrogène à apporter annuellement dans les parcelles agricoles situées dans des zones classifiées comme vulnérables à la pollution par nitrates qui procèdent de sources agricoles).

Si l'utilisateur choisit « Autoconsommation », l'outil lui permet d'introduire la distance de transport par route du digéré depuis l'usine de biogaz jusqu'aux parcelles agricoles (« Transport aux parcelles agricoles »). Dans ce scénario sont tenus en compte les frais de transport aux champs et l'économie en engrais que suppose les remplacer par du digéré. Cette économie est quantifiée dans l'écran 5 (« Prix de vente du digéré »). Le prix de l'application du digéré après son transport jusqu'à la parcelle agricole n'est pas tenu en compte par l'outil. Pour l'inclure dans l'étude de faisabilité, il faudra le faire dans « Autres frais » (écran de visualisation 5).

En plus, si les frais de transport sont tenus en compte mais les économies pour autoconsommation dans les parcelles de l'utilisateur ne le sont pas (la gestion du digéré est le seul frais de transport et il n'y a pas des économies d'engrais), il est recommandé, après avoir choisi autoconsommation (écran de visualisation 4) et introduit la distance de « Transport jusqu'aux parcelles agricoles » (écran de visualisation 4), d'introduire une valeur de 0 euros dans « prix de vente du digéré » (écran de visualisation 5).

Vulnérabilité

Dans « Autoconsommation du digéré », l'utilisateur peut choisir entre application dans une zone vulnérable (Vulnérabilité: Oui) ou dans une zone non vulnérable (Vulnérabilité: Non). Cette classification suit les normes de la législation européenne relative à la pollution par nitrates à partir des sources agricoles (91/676/CEE) et implémentée dans les pays membres.

Si l'utilisateur choisit « Oui », l'outil saisira 170 kgN/ha et an comme la valeur maximum d'application du nitrogène pour calculer les hectares nécessaires pour l'utilisation du nitrogène du digéré, et le nitrogène total contenu dans le digéré.

Si l'utilisateur sélectionne « Non », l'outil prendra la demande de nitrogène de la « Culture » (kgN/ha et an) choisie par l'utilisateur comme la valeur maximum d'application de nitrogène pour calculer les hectares nécessaires, la demande en nitrogène de la « Culture » choisie par l'utilisateur, et le nitrogène total contenu dans le digéré. Ces besoins annuels de nitrogène de la culture peuvent être modifiés par l'utilisateur.

Dans les deux cas, le calcul de la « Surface cultivée nécessaire pour l'application du digéré » ne remplace pas le bilan de nutriments complet, mais permet uniquement d'obtenir un ordre de grandeur pour la surface cultivée nécessaire pour l'utilisation du nitrogène total du digéré obtenu et couvrir ainsi la demande annuelle de nitrogène de la culture en question choisie par l'utilisateur.



Figure 5. Écran de visualisation 4

1.1.5. Écran 5: Finances. Créer un rapport

Revenus

Les prix de vente des différents produits de la station de biogaz que l'utilisateur envisage et peut modifier sont inclus dans cette section.

Dans « Autres revenus », l'utilisateur peut inclure tout autre revenu dérivé de la production de biogaz (gestion des résidus, vente de bonus de carbone, etc.).

Dépenses

L'utilisateur peut augmenter ou diminuer les dépenses, selon son critère. Toutes les valeurs de l'interface peuvent être modifiées et sont les suivantes:

- « Frais d'opération et d'entretien ». Il s'agit d'un pourcentage des revenus des produits obtenus (vente de chaleur, électricité ou biométhane) ou de l'économie d'énergie (autoconsommation).
- « Coût de la main d'œuvre » nécessaire pour le fonctionnement de la station de biogaz. L'outil montre par défaut le coût moyen pour les pays inclus dans le projet.
- « Intensité de la main d'œuvre ». Heures de travail par tonne de matière fraîche produite par la station de biogaz et par jour. L'outil montre par défaut une valeur moyenne pour station de biogaz de petite taille à digestion par voie humide et à haut niveau d'automatisation.
- « Coût unitaire de manipulation ». Permet d'évaluer le coût associé au chargement et au déchargement des substrats dans la station de biogaz.
- « Autres frais »

Si les substrats utilisés pour la production se trouvent à une certaine distance de la station de biogaz, l'outil calculera les frais de transport en fonction de la valeur introduite dans « Distance (km) » (écran de visualisation 2), lorsque cette valeur est différente de zéro.

Structure de financement

L'utilisateur peut introduire la « Partie de l'investissement » (exprimée comme un pourcentage) subventionné à fonds perdus, par des prêts ou par des fonds propres. Si l'utilisateur introduit subvention, l'outil présume que la partie restante allant jusqu'à 100% de l'investissement est couverte par des fonds propres et des prêts.

Lorsqu'une nouvelle étude est créée, les suivants concepts concernant l'investissement sont inclus: « Autres investissements » et « Coût unitaire de stockage ». Ce dernier concept est le coût de stockage du biogaz par unité de volume de gazomètre nécessaire, et représente l'investissement en un système de stockage de biogaz lorsque la demande énergétique de la part de l'entreprise agroalimentaire est inexistante. Cet investissement en équipement sera appliqué lorsque l'utilisateur choisira « Autoconsommation » sur l'écran de visualisation 2. Ensuite, après la création du rapport, il sera inclus dans la partie « Station de biogaz ».

La « Durée de vie utile » du projet peut être fixée jusqu'à 20 ans.

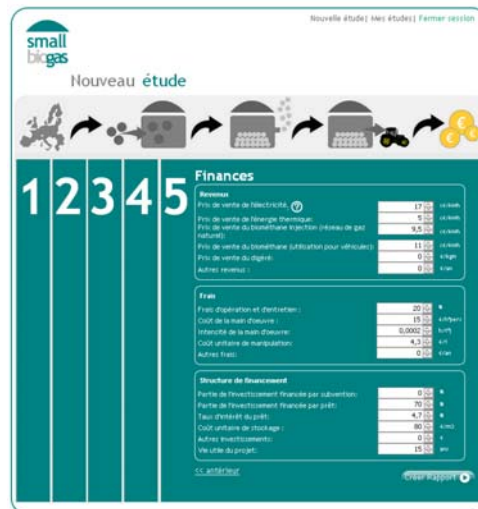


Figure 6.Écran de Visualisation 5

1.2. Messages de l'interface

Lorsque l'utilisateur introduit un mélange avec une relation C/N hors de l'intervalle 20-30 (écran de visualisation 2), l'outil marque en rouge la valeur de la relation C/N (-) du mélange introduit (substrat ou substrats ajoutés) et qui sera utilisé pour produire du biogaz (voir section Liste des substrats, qui explique comment modifier les valeurs jusqu'à l'intervalle recommandé).

Si l'utilisateur n'introduit aucune quantité de substrat (écran 2) et/ou ne sélectionne aucun « Nouveau scénario » (écran de visualisation 3), l'outil affichera le message suivant: « Le rapport ne peut pas être créé sans scénarios ou substrats ». Le logiciel ne générera aucun rapport.

2. Contenu du rapport

Les parties et les termes du rapport après l'introduction des données par l'utilisateur sont détaillés ci-dessous. L'outil montrera en rose les données introduites par l'utilisateur et en vert les résultats obtenus.

Le rapport comprend deux documents pdf. Le premier avec le rapport en soi, et le deuxième avec un résumé des substrats introduits par l'utilisateur.

2.1. Parties du rapport

Le rapport en soi (premier document pdf) comprend les parties décrites ci-dessous:

Données générales

En fonction des données introduites lors de l'enregistrement de l'utilisateur, l'outil personnalise les données descriptives initiales du rapport, y compris le nom de l'entreprise agro-alimentaire qui figurent dans le « Formulaire d'Enregistrement » de l'outil, et la date de réalisation de l'étude en question.

Données d'emplacement

Données relatives à l'emplacement de la station de biogaz (division administrative, température moyenne annuelle) et les pourcentages de résidus ou de substrats situés à une distance inférieure et/ou supérieure à 10 km par rapport à la station de biogaz.

Données du processus de production de biogaz

Données relatives au processus de production: quantités de matériaux d'entrée, besoins d'eau de dilution (dans certains cas, lorsqu'on sélectionne technologie de digestion par voie humide) ou de matière sèche pour concentrer (dans certains cas, lorsqu'on sélectionne technologie de digestion par voie sèche), quantité de digéré produit et taux de recirculation du digéré (en digestion par voie humide).

Données basiques orientatives concernant le volume des digesteurs, le temps de rétention hydraulique et l'énergie thermique requise pour chauffer les digesteurs.

Données de production de biogaz et de méthane annuelle.

En plus, en ce qui concerne les possibles problèmes pendant le processus de production de biogaz, les messages affichés seront les suivants:

- Message à cause d'un possible excès de recirculation. Seulement dans le cas de technologie de digestion par voie humide. Ce message apparaît lorsque le taux de recirculation est supérieur au 30% (« oui » sur le rapport).

- Message par risque d'inhibition par ammonium. Ce message apparaît lorsque le contenu en nitrogène ammoniacal ($N-NH_4^+$) du matériel d'entrée au digesteur est supérieur à 3 kgN/t (« oui » sur le rapport).
- Message C/N hors d'intervalle. Ce message apparaît lorsque la relation C/N du matériel d'entrée au digesteur est hors de l'intervalle normalement fixé entre 20-30 (« oui » sur le rapport). Le message indique si la relation C/N est trop élevée ou trop basse.

Utilisation du biogaz

Données descriptives introduites par l'utilisateur concernant le scénario sélectionné, telles que chaudière, cogénération, biométhane pour injection dans réseau de gaz naturel, biométhane pour véhicules. Des données liées à l'utilisation des produits obtenus (vente ou autoconsommation dans la propre entreprise agro-alimentaire) et aux besoins énergétiques en cas d'autoconsommation sont également incluses.

Données du système d'utilisation du biogaz (pour chaque utilisation en question)

Chaudière

- Énergie thermique valorisable en chaudière: elle s'obtient à partir du méthane produit, en tenant compte du pouvoir calorifique inférieur ou PCI du méthane ($9,95 \text{ kWh/Nm}^3$) et d'un rendement de la chaudière de 85%.
- Puissance thermique installée dans la chaudière: elle s'obtient à partir de l'énergie thermique valorisable en chaudière, en tenant compte du temps de fonctionnement de la chaudière de 8000 heures/an et d'un coefficient de pointe fixé à 1,05.
- Énergie thermique non valorisable en chaudière: énergie thermique non utilisable une fois couverts les besoins de chauffage des digesteurs et les besoins d'autoconsommation fixés par l'utilisateur. Dans le scénario « vente », il n'existe pas d'énergie non valorisable puisque l'excédent est vendu et donc totalement valorisé.
- Investissement en un système de chaudière: il s'obtient à partir d'une fonction qui tient compte de la puissance de la chaudière (voir section « Projet d'investissement »).
- Revenu ou économie par remplacement de combustible non renouvelable (gaz naturel). En cas de « vente », l'utilisateur introduit un « Prix de vente de l'énergie thermique », et le revenu est calculé à partir de cette donnée avec la quantité de chaleur disponible pour la vente, une fois couverts les besoins de chauffage des digesteurs. En cas « d'autoconsommation », l'économie est calculée selon les besoins d'énergie thermique de l'industrie agro-alimentaire fixés par l'utilisateur et « l'économie par remplacement » (voir section « Projet d'investissement. Revenus »). Cette économie est calculée une fois couverts les besoins de chauffage des digesteurs.

Cogénération

- Production d'électricité par cogénération: elle s'obtient à partir du méthane produit, en tenant compte du pouvoir calorifique inférieur du méthane (9,95 kWh/Nm³) et du rendement électrique de 35% par cogénération à petite échelle.
- Puissance électrique installée dans un système de cogénération: elle s'obtient à partir de la production d'électricité par cogénération, en tenant compte du temps de fonctionnement du système de 8000 heures/an et coefficient de pointe fixé à 1,05.
- Production d'énergie thermique par cogénération: elle s'obtient à partir du méthane produit, en tenant compte du pouvoir calorifique inférieur du méthane (9,95 kWh/Nm³) et d'un rendement thermique par cogénération de 50% à petite échelle.
- Énergie thermique non valorisée en système par cogénération: énergie thermique non utilisée une fois couverts les besoins de chauffage des digesteurs et d'autoconsommation fixés par l'utilisateur. Dans le scénario « vente », il n'existe pas d'énergie non valorisable puisque l'excédent est vendu et donc totalement valorisé.
- Coefficient de valorisation thermique du système de cogénération: il s'obtient en calculant le quotient entre l'énergie thermique produite (en soustrayant la chaleur produite pendant le processus) et l'énergie primaire qui entre dans l'unité de cogénération. Cette énergie primaire tient compte du pouvoir calorifique inférieur du méthane, de la production brute de méthane annuelle et du pourcentage de 91% de disponibilité d'utilisation de l'unité de cogénération.
- Coefficient d'efficacité énergétique du système de cogénération: c'est un indicateur de l'efficacité énergétique brute globale, et il s'obtient en calculant le quotient entre l'énergie obtenue dans l'unité de cogénération (une fois couverts les besoins du processus) et l'énergie contenue dans le méthane provenant du biogaz (à partir de la production brute annuelle de méthane et de la puissance calorifique inférieure du méthane).
- Investissement en système de cogénération: il s'obtient à partir d'une fonction tenant compte de la puissance du système (voir section « Projet d'investissement »).
- Revenu ou économie par remplacement du combustible non renouvelable (gaz naturel). Dans le cas de « vente », l'utilisateur aura introduit un « Prix de vente de la énergie électrique ou thermique » et ce revenu sera calculé à partir de cette donnée avec la quantité de chaleur et d'électricité vendue. En cas « d'autoconsommation », l'économie est calculée selon les besoins d'énergie électrique ou thermique de l'industrie agroalimentaire fixés par l'utilisateur et « l'économie par remplacement » (voir section « Projet d'investissement. Revenus »). Ce revenu ou cette économie se calcule une fois couverts les besoins de chauffage des digesteurs.

Stockage énergétique

Le volume du gazomètre pour le stockage du biogaz et le pourcentage d'énergie électrique ou thermique autoconsommée par rapport à l'énergie électrique ou thermique produite sont fournis

pour scénarios d'utilisation du biogaz en « Chaudière » ou « Moteur de cogénération » dans lesquels l'utilisateur aura sélectionné « Autoconsommation ». L'énergie thermique autoconsommée comprend l'énergie thermique consommée pour le chauffage des digesteurs, et l'énergie thermique autoconsommée par l'entreprise agroalimentaire.

Signification des abréviations:

Ne=Besoins d'énergie électrique

Pe=Production d'énergie électrique à partir de biogaz

Nt=Besoins d'énergie thermique

Pt=Production d'énergie thermique à partir de biogaz

Dans le scénario « autoconsommation » les commentaires suivants concernant le volume requis pour stocker le biogaz peuvent apparaître:

- Le volume de stockage représente au moins 25% de la production de biogaz par jour. 100% de l'énergie disponible à partir de biogaz est utilisée, et la demande horaire énergétique d'autoconsommation est satisfaite au 100%.
- Volume de stockage calculé pour couvrir les heures pendant lesquelles le biogaz n'est pas utilisé. Il existe du biogaz non utilisé pour l'autoconsommation de l'entreprise agroalimentaire ($Pe > Ne$ et/ou $Pt > Nt$) et qui pourrait être vendu à des tiers.
- Lorsque le biogaz ne peut pas satisfaire les besoins d'énergie électrique ou d'énergie thermique fixés par l'utilisateur ($Ne > Pe$ et/ou $Nt > Pt$), sous les conditions de l'étude en question, l'outil ne peut pas calculer le volume du gazomètre, et le commentaire « -- » apparaît. Ceci signifie que les besoins d'autoconsommation fixés par l'utilisateur ne seront pas satisfaits, et pour cela l'outil ne peut pas fournir le volume du gazomètre.

Biométhane pour injection dans un réseau de gaz naturel ou pour véhicules

- Énergie thermique du biogaz obtenu: c'est l'énergie thermique du biométhane, et elle est calculée à partir de la puissance calorifique supérieure du méthane et de la quantité annuelle de méthane produite.
- Pertes d'énergie pendant le processus de purification: elles sont calculées comme un pourcentage de la consommation de biogaz produit et de la disponibilité de l'équipement d'utilisation du biométhane. Cette consommation se produit pendant le processus de purification.
- Énergie thermique de sortie du purificateur: énergie thermique après avoir soustrait les pertes du processus de purification.
- Débit de biométhane de sortie du purificateur: calculé selon la disponibilité de l'équipement (8000 heures/an).
- Capacité installée du purificateur: elle s'obtient à partir du débit de biométhane et du coefficient de pointe de l'installation (1,05).

- Puissance calorifique supérieure du biométhane produit: à partir de l'énergie thermique de sortie du purificateur et tenant compte de l'autoconsommation du processus. En particulier, l'autoconsommation pendant le processus d'injection-compression est établie à 2% de l'énergie thermique de sortie du purificateur.
- Quantité annuelle nette de biométhane produit: elle est calculée à partir de la puissance calorifique supérieure ou PCS du biométhane produit et de la puissance calorifique supérieure du méthane par unité de volume (11,06 kWh/Nm³CH₄).
- Débit de biométhane produit: il est obtenu à partir de la puissance calorifique supérieure du biométhane produit, la puissance calorifique supérieure du méthane par unité de volume (11,06 kWh/Nm³CH₄) et le temps de disponibilité (8000 h).
- Investissement en système de biométhane: cette valeur est obtenue au moyen d'une fonction basée sur le débit de biométhane produit par le purificateur (voir section « Projet d'investissement »).
- Revenu de la vente du biométhane: ce revenu est calculé à partir du « Prix de vente du biométhane » introduit par l'utilisateur et de la puissance calorifique supérieure du biométhane produit.

Analyse de faisabilité économique

Projet d'investissement

Il inclut les données concernant l'investissement initial dans le projet de la station de biogaz, ainsi que les revenus et les frais liés au projet d'investissement.

Investissement. L'investissement initial comprend la « Station de biogaz » (équipement sans inclure le système de valorisation du biogaz), les « Systèmes de valorisation du biogaz » (chaudière, moteur de cogénération ou biométhane) et « Autres » (Autres investissements que l'utilisateur aura introduits sur l'écran de visualisation 5).

Aussi bien l'investissement dans la « Station de biogaz », que l'investissement dans le « Système de valorisation » ont été calculés au moyen de fonctions. La fonction utilisée dans les deux cas est de type exponentiel: $y = a \cdot x^b$

Pour le calcul de l'investissement en « Station de biogaz », « x » représente les tonnes de matière fraîche traitées annuellement, tandis que pour le calcul de l'investissement en « Système de valorisation du biogaz » elle représente la puissance installée (thermique, électrique ou le débit de biométhane produit par le purificateur)

À l'aide de ces fonctions, l'outil fournit des résultats orientatifs concernant l'investissement (« Station de biogaz », « Systèmes de valorisation du biogaz »). Le cas échéant, l'utilisateur peut modifier ces valeurs lorsque le rapport a été créé (cliquer sur « éditer investissement », écran de visualisation 5). Pour ces calculs l'outil se base sur les frais moyens liés à des stations de biogaz à petite échelle, avec la technologie de digestion par voie humide, dans les pays inclus dans le projet BIOGAS3 en 2014.

Dans le cas d'autoconsommation, le concept station de biogaz comprend l'investissement en équipement pour le stockage du biogaz (gazomètre, etc.). Cet équipement permet de stocker le biogaz afin de couvrir les décalages de la demande énergétique de l'industrie agroalimentaire et la production de biogaz. L'utilisateur peut modifier sur « l'écran de visualisation 5 » le coût unitaire du stockage du biogaz (€/m³ de gazomètre pour stockage de biogaz). Pour que l'investissement en stockage de biogaz soit inclus dans la partie « Station de biogaz », le calcul du volume du gazomètre pour stockage de biogaz doit être possible. Sinon, sur « Commentaires » dans la section « Stockage énergétique » l'indication "--" apparaîtra (voir section « Stockage énergétique »).

Revenus. En plus des données introduites par l'utilisateur, les résultats suivants concernant les revenus annuels sont aussi inclus dans cette section:

- « Vente d'énergie »: la valeur est calculée en fonction du scénario d'utilisation choisi, et à partir de « l'Énergie thermique valorisable en chaudière », « Production d'énergie thermique par cogénération », « Production d'électricité par cogénération » ou « Puissance calorifique supérieure du biométhane produit » (production de biométhane). Aussi selon le scénario, l'outil applique le « Prix de vente de l'énergie électrique », « Prix de vente de l'énergie thermique » ou « Prix de vente du biométhane ».
- « Économie d'énergie »: revenus provenant de l'énergie autoconsommée. Cette valeur est obtenue à partir des prix d'achat de l'électricité ou du gaz naturel pour production de chaleur, selon le scénario. Le tableau ci-dessous montre les prix d'achat pour les pays qui participent au projet. Préalablement au calcul des revenus pour économie d'énergie, les besoins d'énergie thermique pour le processus ont été déduits (énergie consommée pour le chauffage des digesteurs).

Tableau 1. Économie d'énergie

Pays	Prix d'achat de l'électricité (c€/kWh)	Économie par remplacement du gaz naturel pour chauffage (€/MWh PCI)
Espagne	15	59
France	11,5	59
Italie	18,5	80
Allemagne	15	63
Pologne	11,1	60
Irlande	14	67
Suède	7,5	55

- « Gestion des déchets »: cette valeur est calculée si l'utilisateur a introduit une valeur négative pour un substrat dans le concept « Acquisition » (écran de visualisation 2). L'outil considère alors que l'utilisation de ce substrat implique un revenu par gestion des déchets pour la station de biogaz.
- « Vente ou économie de digéré »: cette valeur est calculée à partir du « Prix de vente du digéré » introduit par l'utilisateur et de la quantité totale de nitrogène obtenue du digéré.

Frais. En plus des données introduites par l'utilisateur, les résultats suivants concernant les revenus annuels sont aussi inclus dans cette section:

- « Opération et entretien »: frais liés à l'opération et l'entretien de la station de biogaz. Il s'agit d'un pourcentage des revenus pour la vente ou l'économie d'énergie.
- « Personnel »: frais du personnel qui travaille à la station de biogaz.
- « Transport et manipulation des déchets »: frais liés au chargement et déchargement des substrats, et au transport des déchets ou des substrats jusqu'à la station de biogaz, lorsque l'utilisateur introduit une valeur dans le concept « Distance » pour un substrat (écran de visualisation 2). Le « Coût unitaire de manipulation » (coût du chargement/déchargement des substrats) peut être modifié par l'utilisateur. En ce qui concerne le coût unitaire du transport, l'outil attribue un coût différent à chacun des pays et un coût variable selon la distance. Le tableau ci-dessous montre un résumé des frais de transport.

Tableau 2. Frais de transport

Pays	Coût de base du transport (€/km·t)	Distance depuis la station de biogaz jusqu'aux parcelles agricoles			
		1 à 5 km (€/km·t)	6 à 10 km (€/km·t)	11 à 20 km (€/km·t)	Plus de 20 km (€/km·t)
Espagne	2,00	0,20	0,20	0,20	0,20
France	1,95	0,29	0,29	0,29	0,29
Italie	3,90	0,21	0,36	0,33	0,33
Allemagne	1,50	0,15	0,13	0,11	0,09
Pologne	0,60	0,6	0,15	0,15	0,15
Irlande	1,76	0,11	0,11	0,11	0,11
Suède	2,27	0,17	0,17	0,17	0,17

- « Coût des déchets »: coût du substrat en soi, seulement si l'utilisateur aura introduit une valeur positive pour un substrat dans le concept « Acquisition » (écran de visualisation 2).
- « Transport du digéré »: coûts liés au transport du digéré. L'outil considère ces coûts similaires à ceux du transport des substrats.
- « Autres frais »: seulement si l'utilisateur introduit une valeur dans cette partie (écran de visualisation 5).
- « Jours travaillés par an »: l'outil fournit les jours de travail par an de la station de biogaz.

Étude financière du projet d'investissement

Il inclut les données liées au financement de l'investissement et les différents indicateurs financiers.

Financement. En fonction des pourcentages introduits par l'utilisateur et du type d'intérêt du prêt, l'outil calcule le montant de la subvention, des fonds propres et du prêt nécessaires pour le financement de l'investissement, et informe l'utilisateur du pourcentage correspondant à chacun de ces trois concepts.

Indicateurs économiques:

- Bénéfice brut d'exploitation ou bénéfice avant intérêts, impôts, dépréciations et amortissements (EBITDA): c'est la différence entre les revenus et les frais annuels, c'est-à-dire le cash-flow.
- Valeur actuelle nette (VAN): valeur du cash-flow prévu tout au long de la durée du projet (« n » années) et mis à jour au début du projet. Le taux d'actualisation utilisé est le « taux de rentabilité » (t). Si la VAN est positive, le projet est en train de créer de la valeur.

$$VAN = -Investissement + \frac{\sum Cash - flow}{(1+t)^n}$$

- Indice d'enrichissement (VAN/Investissement initial) ou *Profitability Index* (PI): c'est la relation entre la VAN et l'investissement initial (fonds propres plus prêt). Une valeur supérieure à zéro indique la rentabilité de l'investissement pour toute la durée du projet.
- Taux interne de retour (TIR): c'est le taux de rentabilité avec lequel la VAN est égale à zéro. Il aide à décider sur l'acceptation ou non d'un projet d'investissement.
- Délai de retour: c'est le délai de récupération de l'investissement initial, c'est-à-dire, la relation entre le versement initial, fonds propres plus prêt) et l'EBITDA. Lorsque l'EBITDA a une valeur négative ou le délai de récupération est supérieur à la durée de vie utile du projet, la valeur « délai de retour » n'existe pas, et l'utilisateur en est averti avec « >15 ans » ou toute autre valeur utilisée en tant que durée de vie utile du projet d'investissement. Dans ce cas, l'investissement ne serait pas récupéré avant la fin du projet.

$$PR = \frac{(FFPP + D)}{EBITDA}$$

Avec:

FFPP = fonds propres

D = dette ou prêt

EBITDA = Bénéfice brut d'exploitation ou bénéfice avant intérêts, impôts, dépréciations et amortissements

- Taux de rentabilité (t) ou *Weighted Average Cost of Capital (WACC)*: c'est le taux de rentabilité utilisé par l'outil pour mettre à jour le cash-flow prévu du projet d'investissement pendant la durée de vie utile du projet. Ce taux est la moyenne pondérée d'un frais (le coût de la dette ou du prêt) et la rentabilité exigée (K_e). Il s'utilise pour calculer la VAN et le TIR, à l'aide de la formule ci-dessous et en excluant la subvention.

$$WACC = K_e \cdot \frac{FFPP}{FFPP + D} + K_d \cdot (1 - T) \cdot \frac{D}{FFPP + D}$$

Avec:

K_e = type de retour sur les fonds propres

K_d = taux d'intérêt de la dette ou du prêt

T = taux de l'impôt sur les revenus. Les impôts sont inclus puisqu'ils impliquent dans ce cas un bénéfice fiscal. Pour en tenir compte et puisque les intérêts de la dette sont déductibles de l'impôt sur les sociétés, il faudra multiplier « K_d » par 1 moins le taux de l'impôt.

FFPP = fonds propres

D = dette ou prêt

En ce qui concerne le calcul du « taux de rentabilité », l'utilisateur peut modifier le « Type d'intérêt du prêt », la « Partie ou pourcentage des fonds propres de l'investissement » et la « Partie ou pourcentage du prêt ». Cependant, l'utilisateur ne peut pas modifier les variables suivantes qui font partie de la formule du « taux de rentabilité » afin de simplifier l'utilisation de l'outil:

Type de retour sur les fonds propres (K_e): 12 %

Taux de l'impôt (T): 30%

- Coefficient de récupération du capital ou *Capital Recovery Factor (CRF)*: c'est le taux de rentabilité actualisé à la durée de vie utile du projet (où « n » représente la durée de vie utile en années de l'investissement). Voici la formule pour le calculer.

$$Ka = \frac{t \cdot (1 + t)^n}{(1 + t)^n - 1}$$

Analyse de faisabilité environnementale

Elle comprend les paramètres suivants:

- Énergie primaire obtenue à partir de la valorisation du biogaz: c'est l'énergie renouvelable à partir de biogaz valorisé sous forme de chaleur, électricité ou biométhane, selon le scénario choisi. Cette énergie primaire n'inclut pas l'énergie utilisée pour le chauffage des digesteurs.
- Économie des émissions de CO₂: elle est calculée à partir de l'énergie primaire obtenue et d'un facteur d'économie d'émissions de 278 gCO₂/kWh.
- Économie d'engrais de synthèse: c'est-à-dire, le contenu de nitrogène total annuel dans le digéré produit, qui est considéré comme étant l'économie potentielle de nitrogène total qui pourrait remplacer le nitrogène provenant de sources non renouvelables.
- Utilisation du digéré dans une zone « Vulnérable » ou « Non vulnérable » à la pollution par nitrates provenant de sources agraires. Cette donnée apparaîtra sur le rapport en fonction de la sélection réalisée par l'utilisateur.
- Surface de culture nécessaire pour l'application du digéré: hectares de parcelles agricoles nécessaires pour l'utilisation comme engrais pour les cultures (céréales, maïs) du nitrogène du digéré obtenu lors de la production de biogaz.

Vision générale.

Elle comprend des graphiques pour chaque scénario sur « l'Investissement » total du projet, le « Délai de retour de l'investissement », « l'Économie d'émissions de CO_{2-eq} » et « l'Énergie autoconsommée (besoins d'énergie/production à partir de biogaz) », celle-ci uniquement si l'utilisateur sélectionne comme scénario « autoconsommation » de l'énergie produite à partir du biogaz. Les différents scénarios d'utilisation du biogaz (chaudière, cogénération, etc.) sont indiqués sur l'axe des ordonnées comme « Utilisation ».

Si le « Délai de retour » est supérieur à la durée de vie utile du projet, le graphique fourni apparaîtra vide. D'autre part, le graphique « Énergie Autoconsommée » apparaîtra également vide si aucun des scénarios choisis par l'utilisateur ne comprend pas l'autoconsommation de l'énergie produite.

Les pourcentages d'énergie autoconsommée, électrique ou thermique, sont différenciés sur le graphique correspondant à « l'Énergie autoconsommée » à l'aide des abréviations suivantes:

e=énergie électrique

t=énergie thermique

2.2. Résumé des substrats

Le deuxième document pdf est formé d'un résumé des substrats introduits par l'utilisateur dans l'étude en question et de la composition du mélange final dans le digesteur.

En particulier, les propriétés et les données incluses pour chacun des substrats sont les suivantes:

- Quantité (t/an): tonnes de matière fraîche du substrat introduites dans le digesteur.
- Coût (€/an): coût du substrat en soi par unité de masse (tonnes de matière fraîche). Une valeur négative indique que l'acquisition du matériel produit des revenus pour la station de biogaz.
- Distance (km): distance entre l'emplacement du substrat et la station de biogaz.
- MS (%): pourcentage de matière sèche par rapport à la matière fraîche du substrat.
- MO/MS (%): pourcentage de matière organique par rapport à la matière sèche du substrat.
- MOD/MO (%): pourcentage de matière organique se dégradant lors de la production de biogaz par rapport à la matière organique initiale du substrat.
- CH₄/MO (m³CH₄/t_{MO}): production potentielle de méthane du substrat par unité de masse (tonnes de matière organique) du substrat.
- CH₄ (%): pourcentage de méthane dans le biogaz produit à partir du substrat.
- N (kgN/t): contenu en azote total du substrat par unité de masse (tonnes de matière fraîche).
- Relation C/N (-): relation carbone-azote du substrat.
- N-NH₄⁺ (kgN/t): contenu en azote ammoniacal du substrat par unité de masse (tonnes de matière fraîche).

La valeur de la relation C/N totale dans le mélange est obtenue à partir de la quantité totale de matière organique traitée, et du contenu en carbone et en azote dans le mélange.