(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 135 627***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 04864**

(51) Int Cl[8] : ***B 01 D 53/86*** *(2022.01), B 01 D 53/75, C 12 M 1/107*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 20.05.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 24.11.23 Bulletin 23/47.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE ANONYME* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** VALENTIN Solene, BARRAUD Francois et GARY Daniel.

(73) **Titulaire(s) :** L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE SOCIETE ANONYME.

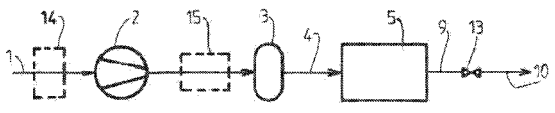
(74) **Mandataire(s) :** L'Air Liquide, Société Anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude.

(54) Installation et procédé de production de biométhane.

(57) Installation et procédé de production de biométhane désoxygéné (10) ayant une concentration en oxygène inférieure à un seuil déterminé, en particulier inférieure à 100 ppm, à partir de biogaz (1), l'installation comprenant:

une unité de purification (5) du biogaz (1) apte à produire du biométhane (9), configurée pour produire du biométhane ayant une concentration molaire inférieure à un premier seuil déterminé, par exemple moins de 5% de CO2 et moins de 1% de O2, en particulier moins de 3% de CO2 et moins de 0,7% de O2, partir d'un flux de biogaz ayant une concentration en CO2 supérieure à un second seuil par exemple de 15 à 60% de dioxyde de carbone,- un compresseur (2) configuré pour compresser le biogaz (1), etau moins une unité de réaction catalytique (3) comprenant au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation configuré pour désoxygéner le biogaz (1) et/ou le biométhane (9).

Figure d'abrégé: Figure 1



FR 3 135 627 - A1

Description

Titre de l'invention : Installation et procédé de production de biométhane

[0001] La présente invention concerne une installation et procédé de production de biométhane.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement une installation de production de biométhane désoxygéné ayant une concentration en oxygène inférieure à un seuil déterminé, en particulier inférieure à 100 ppm, à partir de biogaz, ainsi qu'un procédé correspondant.

[0003] Le biogaz est le gaz produit lors de la dégradation de matières organiques en l'absence d'oxygène (fermentation anaérobie) encore appelée méthanisation. Il peut s'agir d'une dégradation naturelle que l'on observe dans les marais ou les décharges d'ordures ménagères. La production de biogaz peut aussi résulter de la méthanisation de déchets dans un réacteur dédié, et dont les conditions sont contrôlées. Ce réacteur est appelé méthaniseur ou digesteur, puis dans un post-digesteur, similaire au digesteur et permettant de pousser plus loin la réaction de méthanisation.

[0004] On appelle biomasse tout groupement de matières organiques pouvant se transformer en énergie à travers ce processus de méthanisation, par exemple boues de station d'épuration, fumiers/lisiers, résidus agricoles, et déchets alimentaires.

[0005] Le biogaz contient majoritairement du méthane (CH_4) et du dioxyde de carbone (CO_2) dans des proportions variables en fonction du mode d'obtention et du substrat mais peut également contenir, en moindres proportions de l'eau, de l'azote, de l'hydrogène sulfuré (H_2S), de l'oxygène, ainsi que des composés organiques autres, à l'état de traces, dont le H_2S, entre 10 et 50,000 ppmv.

[0006] Selon les matières organiques dégradées et les techniques utilisées, les proportions des composants diffèrent, mais en moyenne le biogaz comporte (en mole ou en volume) sur gaz sec, de 30 à 75% de méthane, de 15 à 60% de dioxyde de carbone, de 0 à 15% d'azote, de 0 à 5% d'oxygène et des composés à l'état de traces tels que les soufrés, les chlorés, les halogènes et les composés organiques volatils (COVs).

[0007] Le biogaz peut être valorisé de différentes manières. Il peut, après un traitement léger, être valorisé à proximité du site de production pour fournir de la chaleur, de l'électricité ou un mélange des deux (la cogénération); la teneur importante en dioxyde de carbone réduit son pouvoir calorifique, augmente les coûts de compression et de transport et limite l'intérêt économique de sa valorisation à cette utilisation de proximité.

[0008] Une purification plus poussée du biogaz permet sa plus large utilisation, en par-

ticulier, une purification poussée du biogaz permet d'obtenir un biogaz épuré aux spécifications du gaz naturel et qui pourra lui être substitué. Le biogaz ainsi purifié est appelé « biométhane ». Le biométhane complète ainsi les ressources de gaz naturel avec une partie renouvelable produite au cœur des territoires; il est utilisable pour exactement les mêmes usages que le gaz naturel d'origine fossile. Il peut alimenter un réseau de gaz naturel, une station de remplissage pour véhicules, il peut aussi être liquéfié pour être stocké sous forme de gaz naturel liquide (bioGNL).

[0009] Dans le cadre du développement d'une solution pour un transport propre, il s'agit de synthétiser du biométhane pour proposer un carburant renouvelable aux véhicules « GNV » ou « GNL ». Certains réseaux de gaz naturel imposent une limitation de la teneur en oxygène (par exemple 100 ppm au maximum).

[0010] Il existe des systèmes de désoxygénation. La désoxygénation catalytique de l'argon se fait habituellement à basse température, par exemple inférieure à 200 °C et la désoxygénation du méthane ou du biogaz par catalyse se fait à plus haute température, par exemple supérieure à 200°C.

[0011] Le document US11219889B2 décrit un procédé de préparation d'un catalyseur d'oxydation du méthane à base de métal précieux imprégné sur ZrO_2 pour désoxygéner un gaz d'échappement d'un moteur à gaz naturel.

[0012] Document publié dans le cadre de la conférence International Gas Union (IGRC2014) décrit l'élimination de l'oxygène du biogaz par oxydation catalytique du méthane, dans laquelle le méthane est utilisé comme agent réducteur de l'oxygène.

[0013] Les solutions connues ne sont pas adaptées à la production de biométhane.

[0014] Classiquement, le biogaz traverse un lit de charbon actif éliminant des impuretés dites poisons comme des soufrés (H_2S, C_2H_6S, COS…). Si ces charbons ne sont pas remplacés à temps, ou s'ils sont défaillants, ces impuretés peuvent devenir des poisons d'un système de desoxygénation par voie catalytique.

[0015] L'inconvénient des systèmes existants est que l'ultrapurification du biogaz n'est pas garantie ou stable dans le temps.

[0016] A cette fin, l'installation selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisée en ce qu'elle comprend :

[0017]
- une unité de purification du biogaz apte à produire du biométhane, configurée pour produire du biométhane ayant une concentration molaire ou en volume inférieure à un premier seuil déterminé, par exemple moins de 5% de CO_2 et moins de 1% de O_2, en particulier moins de 3% de CO_2 et moins de 0,7% de O_2, partir d'un flux de biogaz ayant une concentration en CO_2 supérieure à un second seuil par exemple de 15 à 60% de dioxyde de carbone,
- un compresseur configuré pour compresser le biogaz, et

- au moins une unité de réaction catalytique comprenant au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation configuré pour désoxygéner le biogaz et/ou le biométhane.

[0018] Cette invention prévoit un réacteur catalytique dans la procédure d'épuration du biogaz pour retirer de façon très importante l'oxygène présent dans le biométhane.

[0019] Une telle installation permet d'atteindre une ultrapurification du biogaz, en réduisant la teneur en O_2 présent dans le biométhane à niveau inférieur à 100 ppm, en particulier inférieur à 1 ppm.

[0020] Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

[0021]
- un organe de contrôle de la pression au sein de l'unité de purification et/ou au sein de l'unité de réaction catalytique.
- une unité de contrôle de la température de fonctionnement au sein de l'unité de réaction catalytique.
- un contrôleur électronique comprenant un microprocesseur, ledit contrôleur étant configuré pour réguler la composition du biométhane desoxygéné produit en pilotant l'organe de contrôle de la pression au sein de l'unité de purification et/ou au sein de l'unité de réaction catalytique, et/ou en pilotant l'unité de contrôle de la température de fonctionnement au sein de l'unité de réaction catalytique.
- une unité de prétraitement comprenant un surpresseur, un moyen de séchage par condensation de l'eau et au moins un lit de charbons actifs configuré pour prétraiter le biogaz.
- au moins une unité d'élimination d'impureté comprenant au moins un lit de garde, l'unité d'élimination d'impureté étant située en amont du au moins une unité de réaction catalytique, ledit lit de garde comprenant des particules d'au moins un oxyde métallique d'au moins un métal choisi parmi les métaux de transition, ledit lit de garde étant mise en place en amont dudit au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation.
- l'unité de purification du biogaz comprend une unité de type PSA et/ou une unité de type lavage et/ou une unité de traitement par perméation membranaire comportant au moins deux unités de séparation par membrane en parallèle et/ou en série, par exemple trois unités de séparation par membrane dont deux unités sont placées en série et une unité placée en parallèle d'une des unités en série, chaque unité de séparation par membrane comprenant une ou plusieurs membranes connectées en parallèle.
- l'unité de purification est une unité de traitement par perméation membranaire comprenant : une première unité de séparation par membrane munie d'une

première membrane apte et configurée pour recevoir le biogaz et fournir un premier perméat et un premier rétentat, ladite première membrane étant plus perméable au dioxyde de carbone qu'au méthane, une deuxième unité de séparation par membrane munie d'une seconde membrane apte et configurée pour recevoir le premier rétentat et fournir un second perméat et un second rétentat, ladite seconde membrane étant plus perméable au dioxyde de carbone qu'au méthane et ledit second rétentat étant le biométhane, et une troisième unité de séparation par membrane munie d'une troisième membrane apte et configurée pour recevoir le premier perméat ét fournir un troisième perméat et un troisième rétentat, ladite troisième membrane étant plus perméable au dioxyde de carbone qu'au méthane.

- l'organe de contrôle de la pression comprend une vanne de contrôle de pression située dans ou en aval de l'unité de purification du biogaz.
- l'unité de réaction catalytique est disposée en amont de l'unité de purification du biogaz, l'unité de réaction catalytique étant configurée pour mettre en contact le biogaz avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique.
- l'unité de réaction catalytique est disposée en aval de l'unité de purification du biogaz et configurée pour mettre en contact le biométhane obtenu issu de l'unité de purification du biogaz avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique.
- l'unité de réaction catalytique est située en aval de la première unité de séparation par membrane et configurée pour mettre en contact le premier rétentat avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique.
- l'installation comprend au moins un échangeur de chaleur, configuré pour réchauffer la au moins une unité de réaction catalytique et/ou le gaz entrant dans unité de réaction catalytique.

[0022] L'invention concerne également un procédé de production de biométhane désoxygéné ayant une concentration en oxygène inférieure à un seuil déterminé, en particulier inférieure à 100 ppm, à partir de biogaz, le procédé comprenant les étapes suivantes :

[0023]
- une étape de mise à disposition de biogaz contenant, en proportion molaire ou volume, de 30 à 75% de méthane, de 15 à 60% de dioxyde de carbone, ainsi que l'un au moins parmi: de l'eau, de l'azote, de l'hydrogène sulfuré, de l'oxygène, et/ou des composés organiques volatils (COVs),
- une étape de compression du biogaz dans un compresseur,
- une étape de purification du biogaz dans une unité de séparation du dioxyde

de carbone du méthane pour produire du biométhane, ledit biométhane comprenant, proportion en molaire ou en volume, moins de 3% de CO_2 et moins de 0,7% de O_2, et

- une étape de désoxygénation dans laquelle le biogaz ou/et le biométhane est désoxygéné dans au moins une unité de réaction catalytique comprenant au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation, en particulier un catalyseur d'oxydation du méthane, pour produire du biogaz désoxygéné ou, respectivement, du biométhane désoxygéné.

[0024] Selon d'autres particularités possibles :

[0025]
- le procédé comprend une étape de contrôle de la qualité du biométhane désoxygéné, en particulier sa composition en dioxyde de carbone, en régulant la pression au sein de l'unité de purification et de l'unité de réaction catalytique.
- le procédé comprend une étape de contrôle de la qualité du biométhane désoxygéné, en particulier sa composition en oxygène, en régulant la température de fonctionnement au sein de l'unité de réaction catalytique.
- le procédé comprend une étape de prétraitement du biogaz, en particulier avant l'étape de compression, l'étape de prétraitement étant configurée pour éliminer au moins une partie de l'eau et/ou de l'hydrogène sulfuré et/ou des VOCs présent(s) dans le biogaz.
- le procédé comprenant, avant l'étape de désoxygénation, une étape d'élimination d'au moins une impureté choisie parmi les soufrés, les chlorés, les halogénés, et les COVs, par mise en contact du biogaz ou du biométhane avec au moins une unité d'élimination d'impureté, l'unité d'élimination d'impureté comprenant au moins un lit de garde comprenant des particules d'au moins un oxyde métallique d'au moins un métal choisi parmi les métaux de transition.
- l'étape de purification du biogaz comprend un traitement par séparation membranaire et/ou un traitement par adsorption au moyen d'une unité de type PSA et/ou un traitement par absorption au moyen d'une colonne de lavage.
- l'étape de purification du biogaz comprend un traitement par séparation membranaire comportant au moins deux unités de séparation par membrane en parallèle et/ou en série, par exemple trois unités de séparation par membrane dont deux unités sont placées en série et une unité placée en parallèle d'une des deux unités en série, chaque unité de séparation par membrane comprenant une ou plusieurs membranes connectées en parallèle.
- l'étape de purification du biogaz comprend un traitement par séparation membranaire comportant au moins les étapes suivantes : une étape (a) de mise en

contact du biogaz avec une première unité de séparation par membrane de sorte à produire un premier perméat enrichi en dioxyde de carbone par rapport au biogaz et un premier rétentat enrichi en méthane par rapport au biogaz, une étape (b) de mise en contact du premier rétentat avec une deuxième unité de séparation par membrane et de sorte à produire un second perméat enrichi en dioxyde de carbone par rapport au premier rétentat et un second rétentat enrichi en méthane par rapport au premier rétentat, le second rétentat étant le biométhane, et une étape (c) de mise en contact du premier perméat avec une troisième unité de séparation par membrane de sorte à produire un troisième perméat enrichi en dioxyde de carbone par rapport au premier perméat et un troisième rétentat enrichi en méthane par rapport au premier perméat.

- le second perméat et/ou le troisième rétentat est recyclé en amont du compresseur.
- l'étape de désoxygénation est effectuée avant l'étape de purification du biogaz en mettant en contact le biogaz avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique.
- l'étape de désoxygénation est effectuée en mettant en contact le biométhane obtenu après l'étape de purification du biogaz avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique.
- l'étape de désoxygénation est effectuée en mettant en contact le premier rétentat avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique.
- le au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation comprend les particules d'au moins un métal précieux, par exemple choisi parmi : Pd, Pt et Rh, déposé sur au moins un oxyde métallique inorganique, par exemple choisi parm :i Al_2O_3, ZrO_2 et TiO_2, ou les particules d'au moins un métal de transition, par exemple choisi parmi : Cu et Ni, déposé sur ou mélangé au moins à un oxyde métallique inorganique, par exemple choisi parmi : ZnO, MgO et CaO.
- l'étape de désoxygénation est réalisée à une température comprise entre 280°C et 450°C, de préférence entre 280°C et 390°C.
- l'étape de désoxygénation est réalisée à une pression supérieure à la pression atmosphérique, de préférence entre 5 et 20 bar, en particulier entre 8 et 15 bar.

[0026] Par « biogaz » on entend le biogaz brut ou le flux de biogaz brut sortant d'une unité de production de biogaz, en particulier un digesteur, contenant, en mole ou en volume, de 30 à 75% de méthane, de 15 à 60% de dioxyde de carbone, ainsi que l'un au moins parmi: de l'eau, de l'azote, de l'hydrogène sulfuré, de l'oxygène, et/ou des composés organiques volatils (COVs).

[0027] Par « biogaz désoxygéné » on entend indifféremment le biogaz ou le flux de biogaz sortant de l'unité de réaction catalytique après l'étape de désoxygénation.

[0028] Par « biométhane » on entend indifféremment le biométhane et le flux de biométhane sortant de l'unité de purification du biogaz, comprenant en masse molaire ou en volume, par exemple moins de 5% de dioxyde de carbone et moins de 1% de d'oxygène (volume et quantité molaire étant équivalent dans le cas où est utilisée l'équation des gaz parfaits).

[0029] Par « biométhane désoxygéné » on entend indifféremment le biométhane et le flux de biométhane sortant de l'unité de réaction catalytique après l'étape de désoxygénation.

[0030] Par « lit de garde », on entend un lit de particules de protection visant à piéger des impuretés dites poisons, telles que les soufrés, les chlorés, les halogénés, ou les COVs, susceptible d'être contenues dans le biogaz ou le biométhane devant entrer dans l'unité de réaction catalytique.

[0031] L'invention peut concerner également tout dispositif ou procédé alternatif comprenant toute combinaison des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous.

[0032] Brève description des figures.

[0033] D'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux figures dans lesquelles :

[0034] [Fig.1] représente une vue schématique et partielle illustrant un premier exemple de réalisation de structure et de fonctionnement d'une installation selon l'invention,

[0035] [Fig.2] représente une vue schématique et partielle illustrant un deuxième exemple de réalisation de structure et de fonctionnement d'une installation selon l'invention,

[0036] [Fig.3] représente une vue schématique et partielle illustrant un troisième exemple de réalisation de structure et de fonctionnement d'une installation selon l'invention,

[0037] [Fig.4] représente une vue schématique et partielle illustrant un quatrième exemple de réalisation de structure et de fonctionnement d'une installation selon l'invention.

[0038] [Fig.5] représente une vue schématique et partielle illustrant un cinquième exemple de réalisation de structure et de fonctionnement d'une installation selon l'invention.

[0039] [Fig.6] représente une vue schématique et partielle illustrant un sixième exemple de réalisation de structure et de fonctionnement d'une installation selon l'invention.

[0040] [Fig.7] représente une vue schématique et partielle illustrant un exemple de réalisation de structure et de fonctionnement d'un réacteur catalytique pouvant être utilisé au sein de l'installation selon l'invention.

[0041] Sur toutes les figures, les mêmes références se rapportent aux mêmes éléments.

[0042] Dans cette description détaillée, les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation, cela ne signifie pas que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être

combinées et/ou interchangées pour fournir d'autres réalisations.

[0043] L'installation représentée à la [Fig.1] est un exemple de dispositif de production de biométhane 10. L'installation comprend un circuit de fluide comprenant une extrémité amont destinée à être reliée une source de biogaz, par exemple la sortie d'une unité de production de biogaz, un particulier un digesteur, pour recevoir un flux de biogaz 1 et une extrémité aval configurée pour fournir le biométhane 10.

[0044] L'installation comprend, entre ses extrémités amont et aval, une unité 5 de purification de biogaz, en particulier une unité de séparation du dioxyde de carbone, apte et configurée pour produire du biométhane 9 dont le composant essentiel (majoritaire) est le méthane (CH_4) et comprenant en outre, en molaire ou en volume, moins de 5% de CO_2 et moins de 1% de O_2, en particulier moins de 3% de CO_2 et moins de 0,7% de O_2. L'installation peut comprendre, en amont de l'unité 5 de purification, un échangeur de chaleur pour ajuster la température du flux gazeux d'alimentation de l'unité 5 de purification.

[0045] L'unité 5 de purification peut comprendre une unité de type PSA et/ou une unité de type lavage, en particulier une unité de traitement par absorption au moyen d'une colonne de lavage et/ou une unité de traitement par perméation membranaire comportant, par exemple, au moins deux unités de séparation par membrane.

[0046] Dans le cas à deux unités (ou étages) de séparation par membrane, ces unités sont par exemple connectées en série et/ou en parallèle dans le circuit. Bien entendu, l'unité de traitement par perméation membranaire peut comprendre trois ou quatre unités de séparation par membrane (ou plus). Chaque unité de séparation par membrane peut comprendre une ou plusieurs membranes connectées en parallèle. De préférence, l'unité de traitement par perméation membranaire comporte trois unités de séparation par membrane, dont la première unité de séparation par membrane et la deuxième unité de séparation par membrane disposés en série dans le circuit. La première unité de séparation par membrane et la troisième unité de séparation par membrane sont quant à elles reliées en parallèle. Un des flux issus de la deuxième unité de séparation par membrane et/ou un des flux issus de la troisième unité de séparation par membrane peuvent être recyclés à l'alimentation de l'unité de traitement par perméation membranaire.

[0047] Pour atteindre la qualité du biométhane requise en terme de niveau de dioxyde de carbone au sein de l'unité de traitement par perméation membranaire, l'installation peut comprendre au moins un organe de contrôle de pression tel qu'une ou plusieurs vannes proportionnelles et/ou au moins une unité de contrôle de la température tels qu'un ou des échangeurs de chaleur.

[0048] L'installation comprend au moins une unité 3 de réaction catalytique comprenant au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation configuré pour désoxygéner le

biogaz avant son entrée dans l'unité 5 de purification. C'est-à-dire que l'unité 3 de réaction catalytique comprenant au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation est située en amont de l'unité 5 de purification pour désoxygéner le flux de biogaz 1.

[0049] En particulier, le catalyseur d'oxydation est de préférence un catalyseur d'oxydation du méthane.

[0050] Ce catalyseur d'oxydation comprend un lit de catalyseur qui peut comprendre des particules d'au moins un métal précieux, par exemple choisi parmi Pd, Pt et Rh. Par exemple, un ou plusieurs de ces métaux précieux est déposé sur au moins un oxyde métallique inorganique, par exemple choisi parmi Al_2O_3, ZrO_2, TiO_2, ZnO, MgO et CaO, en particulier choisi parmi Al_2O_3, ZrO_2 et TiO_2. Le lit du catalyseur d'oxydation (en particulier un catalyseur d'oxydation du méthane), peut comprendre des particules d'au moins un métal de transition, par exemple choisi parmi Cu et Ni. Un ou plusieurs de ces métaux est déposé sur ou mélangé au moins à un oxyde métallique inorganique, par exemple choisi parmi Al_2O_3, ZrO_2 et TiO_2, ZnO, MgO et CaO, en particulier choisi parmi ZnO, MgO et CaO.

[0051] Dans cette exemple, l'installation comprend en outre un compresseur 2 en amont de l'unité de réaction catalytique 3. Bien entendu, ce compresseur pourrait être disposés en aval de l'unité de réaction catalytique 3.

[0052] Le compresseur 2 est un appareil ou système configuré pour compresser le biogaz brut 1 reçu d'une unité de production de biogaz en amont de l'installation et/ou le biogaz prétraité. Le compresseur 2 peut être un compresseur à moyenne pression lubrifié à l'huile ou à l'eau ou non, configurer pour augmenter la pression et permettre d'assurer efficacement la séparation du dioxyde de carbone du méthane dans l'unité de purification 5. Un système d'élimination d'huile peut être placé en aval du compresseur 2 pour éviter la contamination de l'unité de purification 5 et/ou l'unité de réaction catalytique 3 par l'huile.

[0053] Avantageusement, l'installation peut comprendre, en particulier en amont du compresseur 2, une unité de prétraitement 14 configurée pour éliminer au moins une partie de l'eau au moins une partie de l'eau et/ou de l'hydrogène sulfuré et/ou les COVs présent(s) dans le biogaz 1.

[0054] Cette unité de prétraitement 14 peut comprendre un surpresseur, une soufflante ou un compresseur pour avoir la pression suffisante pour le passage du gaz dans les autres étapes et/ou une unité de séchage par condensation de l'eau, en particulier à 5°C, et/ou au moins un lit de charbons actifs pour enlever préférentiellement l'hydrogène sulfuré et les COVs.

[0055] L'unité de prétraitement 14 peut être agencée en commençant par une unité de séchage configuré pour éliminer au moins une partie de l'eau comprise dans le biogaz brut 1. Le biogaz brut sortant de l'unité de séchage peut être ensuite reçu par une

soufflante pour atteindre la pression suffisante au passage du gaz dans les étapes suivantes. En aval de la soufflante, l'installation peut comprendre au moins une unité d'élimination d'hydrogène sulfuré, en particulier deux unités d'élimination d'hydrogène sulfuré, connectées en parallèle, dont le charbon actif est sélectionné pour éliminer préférentiellement l'hydrogène sulfuré présent dans le biogaz 1. L'installation peut aussi comprendre une unité d'élimination des COVs reliée en série quant à l'unité d'élimination d'hydrogène sulfuré et dont le charbon actif est sélectionné pour éliminer préférentiellement les COVs présents dans le biogaz 1.

[0056] En variante ou en combinaison, l'installation peut comprendre, en amont de l'unité de réaction catalytique 3, une unité d'élimination d'impureté 15 configurée pour éliminer au moins une impureté choisie parmi les soufrés, les chlorés, les halogénés, et les COVs.

[0057] L'unité d'élimination d'impuretés 15 peut comprendre au moins un lit de garde comprenant des particules d'au moins un oxyde métallique d'au moins un métal choisi parmi les métaux de transition. En particulier, le au moins un lit de garde comprend des particules d'au moins un oxyde métallique, par exemple un peroxyde métallique, un oxyde de métaux de transition et/ou un oxyde de métaux de transition dopés avec un autre métal de transition.

[0058] A titre d'exemple, le au moins un lit de garde comprend un mélange comprenant au moins un, deux ou plusieurs ou tous les oxydes suivants : un oxyde de zinc, oxyde de zinc dopé au cuivre, une alumine une alumine dopée au potassium, et un peroxyde de manganèse.

[0059] L'élimination d'impuretés dans l'unité 15 d'élimination d'impuretés est par exemple réalisée à une température supérieure ou égale à 150 °C, en particulier entre 150 °C et 400 °C, de préférence entre 300 °C et 400 °C. Un échangeur de chaleur ou réchauffeur peut être prévu à cet effet, par exemple en amont de ou dans ladite unité 15 d'élimination d'impuretés.

[0060] Dans un mode de réalisation particulier, l'unité d'élimination d'impureté 15 et l'unité de réaction catalytique 3 peuvent être intégrées dans un seul réacteur catalytique. Plus particulièrement, le au moins un lit de garde et le au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation peuvent être intégrés dans un seul réacteur catalytique. Le gaz d'alimentation du réacteur passe ainsi à travers le au moins un lit de garde, et ensuite à traverse le au moins un catalyseur d'oxydation.

[0061] L'installation comprend également de préférence une vanne 13 de contrôle de pression située dans ou en aval de l'unité de purification 5 du biogaz. La vanne 13 de contrôle de pression est par exemple une vanne du type proportionnelle et configurée pour contrôler la pression de l'alimentation de l'unité de purification 5. L'ouverture/fermeture de cette vanne 13 permet de régler la pression au sein de l'unité

5 de purification et/ou au sein de l'unité 3 de réaction catalytique. La pression d'alimentation de l'unité de purification 5 permet d'assurer la qualité du biométhane en termes de dioxyde de carbone. La vanne proportionnelle 13 est fermée (au moins partiellement) et donc la pression d'alimentation de l'unité de purification 5 est augmentée, quand le niveau de dioxyde de carbone est supérieur à la qualité requise. La vanne proportionnelle 13 est ouverte (au moins partiellement) et donc la pression d'alimentation de l'unité de purification 5 est réduite, quand le niveau de dioxyde de carbone est inférieur à la qualité requise.

[0062] En plaçant l'unité de réaction catalytique 3 pour l'élimination de l'oxygène en amont de l'unité de purification 5, on produit du dioxyde de carbone dans l'unité de réaction catalytique 3 par la réaction catalytique d'oxydation du méthane. Le dioxyde de carbone produit peut donc être éliminé par l'unité de purification 5 pour atteindre la qualité requise en dioxyde de carbone dans le biométhane 10.

[0063] L'installation représentée à la [Fig.2] est un autre exemple de dispositif de production de biométhane 10. Le mode de réalisation de la [Fig.2] se distingue de celui de la [Fig.1] essentiellement en ce que l'unité de réaction catalytique 3 est intégré dans l'unité de purification 5 du biogaz, par exemple entre différents unités de séparation par membrane ou étages lorsque l'unité de purification est une unité de traitement par perméation membranaire.

[0064] L'installation représentée à la [Fig.3] est un autre exemple de dispositif de production de biométhane 10 qui se distingue des exemples précédents en ce que l'unité de réaction catalytique 3 est située en aval de l'unité de purification 5. Dans cette configuration, l'unité de réaction catalytique 3 est configurée pour mettre en contact le biométhane obtenu issu de l'unité de purification 5, avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique 3. Le biométhane mis en contact avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique 3 comprend par exemple, en molaire ou en volume, moins de 5% de CO_2 et moins de 1% O_2, en particulier moins de 3% de CO_2 et moins de 0,7% de O_2.

[0065] Comme précédemment, l'installation peut comprendre un compresseur 2 situé en amont de l'unité de réaction catalytique 3 et/ou en amont de l'unité de purification 5 et/ou en aval de l'unité de purification 5. Le compresseur 2 peut être configuré pour compresser le biogaz brut 1 reçu directement d'une unité de production de biogaz en amont de l'installation et/ou le biométhane sortant l'unité de purification 5.

[0066] Comme décrit plus en détail ci-après, l'installation peut aussi comprendre au moins un échangeur de chaleur ou réchauffeur 17 configuré pour réchauffer la au moins une unité de réaction catalytique 3 et/ou le gaz entrant dans unité de réaction catalytique 3. Le au moins un échangeur de chaleur ou réchauffeur 17 peut être situé en amont de l'unité de réaction catalytique 3 et configuré pour réchauffer le gaz d'alimentation de

l'unité de réaction catalytique 3 par exemple par contact indirect avec le gaz produit par l'unité de réaction catalytique 3.

[0067] Comme schématisé à la [Fig.3], l'installation peut comprendre une unité de contrôle de la température du gaz produit par l'unité de réaction catalytique 3, afin d'assurer la qualité du biométhane désoxygéné produit, en termes de teneur en oxygène dans le biométhane. L'unité de contrôle de la température comprend par exemple un échangeur de chaleur 17 permettant le contact indirect du gaz d'alimentation et du gaz produit de l'unité de réaction catalytique 3. L'unité de contrôle de la température peut comprendre une ligne de by-pass 90 de l'échangeur de chaleur 17 incluant une vanne 91, par exemple une vanne proportionnelle, afin de contrôler/limiter le débit du gaz d'alimentation qui est mis en circulation dans l'échangeur de chaleur 17 avant d'entrer dans l'unité de réaction catalytique 3 et un contrôleur 16, par exemple un automate ou un ordinateur, comprenant un microprocesseur. Le contrôleur 16 peut être configuré pour contrôler ou limiter le débit du gaz produit par l'unité de réaction catalytique 3 qui circule dans l'échangeur de chaleur 17 en ouvrant la vanne proportionnelle 91 quand la température du gaz produit est supérieure à la température de fonctionnement pour l'obtention de la composition du biométhane désoxygéné 10. La température de fonctionnement au sein de l'unité de réaction catalytique 3 est en particulier comprise entre 280°C et 450°C, de préférence entre 280°C et 390°C ou entre 380°C et 420°C.

[0068] A cet effet, l'installation peut comporter un analyseur 18, par exemple un analyseur d'oxygène analysant le flux de gaz dans le circuit et dont le signal de mesure est envoyé au contrôleur 16. Par exemple, en cas de détection d'une teneur d'oxygène trop importante (au-dessus d'un seuil déterminé), le contrôleur 16 procède à la fermeture de la vanne proportionnelle 91 pour obtenir l'augmentation de la température via l'échangeur de chaleur 17. L'analyseur 18 est de préférence situé en aval de l'unité de purification 5 et de l'unité de réaction catalytique 3.

[0069] L'installation comprend également de préférence une vanne 13 de contrôle de pression située en aval de l'unité de purification 5 du biogaz, et/ou de l'unité de réaction catalytique 3. La vanne 13 de contrôle de pression est par exemple une vanne du type proportionnelle et configurée pour contrôler la pression de gaz d'alimentation de l'unité de purification 5. L'ouverture/fermeture de cette vanne 13 permet de régler la pression au sein de l'unité 5 de purification et/ou au sein de l'unité 3 de réaction catalytique. La pression de fonctionnement au sein de l'unité de réaction catalytique 3 peut être maintenue supérieure à la pression atmosphérique, de préférence entre 5 et 20 bar, en particulier entre 8 et 15 bar.

[0070] La pression de gaz d'alimentation de l'unité de purification 5 permet d'assurer la qualité du biométhane en terme de teneur en dioxyde de carbone. La pression de gaz d'alimentation de l'unité de purification 5 est en particulier comprise entre 8 et 15

barg.

[0071] Quand le niveau de dioxyde de carbone est supérieur à la qualité requise, par exemple supérieur à 3%, la vanne proportionnelle 13 est fermée et donc la pression d'alimentation de l'unité de purification 5 est augmentée. Ceci augmente l'efficacité de la purification du dioxyde de carbone au sein de l'unité de purification 5. Inversement, quand le niveau de dioxyde de carbone est inférieur à la qualité requise, par exemple inférieur à 2%, la vanne proportionnelle 13 est ouverte au moins partiellement et en réaction la pression d'alimentation de l'unité de purification 5 est réduite. La structure et le fonctionnement de l'installation décrits ci-dessus, en particulier relatifs au contrôle de la qualité du biométhane désoxygéné par le contrôle de la température et de la pression de l'unité 3 de réaction catalytique et/ou de l'unité 5 de purification, peuvent s'appliquer également aux configurations illustrées aux [Fig.1], [Fig.2], [Fig.4], [Fig.5], [Fig.6].

[0072] En plaçant l'unité 3 de réaction catalytique en aval de l'unité 5 de purification, l'élimination du dioxyde de carbone par l'unité de purification 5 permet de réduire le débit traité par l'unité 3 de réaction catalytique.

[0073] L'installation représentée à la [Fig.4] est un autre exemple de dispositif de production de biométhane 10 qui se distingue du mode de réalisation de la [Fig.1] en ce que l'unité 5 de purification comporte trois unités de séparation par membrane. L'unité de réaction catalytique 3 est en particulier située en amont d'une première unité de séparation par membrane 5a.

[0074] La première unité de séparation par membrane 5a peut être munie de plusieurs membranes en parallèle aptes et est configurée pour recevoir le biogaz et fournir un premier perméat 6 et un premier rétentat 7.

[0075] La deuxième unité de séparation par membrane 5b peut être munie de plusieurs membranes en parallèle aptes et est configurée pour recevoir le premier rétentat 7 et fournir un second perméat 8 et un second rétentat 9 aussi appelée biométhane. L'installation peut aussi comprendre, en amont de la deuxième unité de séparation par membrane 5b, un échangeur de chaleur (non représenté par souci de simplification) configuré pour ajuster la température du flux gazeux entrant la deuxième unité de séparation par membrane 5b. Cet échangeur de chaleur permet d'assurer la qualité du biométhane 9 en terme de dioxyde de carbone en augmentant la perméation sélective du dioxyde de carbone par diminution de la température le cas échéant.

[0076] La troisième unité de séparation par membrane 5c peut être munie de plusieurs membranes en parallèle et est apte et configurée pour recevoir le premier perméat 6 et fournir un troisième perméat 11 et un troisième rétentat 12.

[0077] La première unité de séparation par membrane 5a est apte à recevoir le flux de biogaz 1 comprimé et désoxygéné sortant de l'unité de réaction catalytique 3 et à fournir un

premier perméat 6 enrichi en dioxyde de carbone par rapport au biogaz 1 et un premier rétentat 7 enrichi en méthane par rapport au biogaz 1.

[0078] De préférence, le second perméat 8 et/ou le troisième rétentat 12 est recyclé en amont du compresseur 2.

[0079] La vanne 13 de contrôle de pression est située en aval de la deuxième unité de séparation par membrane 5b sur le second rétentat 9 qui est le biométhane désoxygéné 10.

[0080] L'installation peut aussi comprendre, en aval du troisième rétentat 12, une vanne de contrôle configurée pour ajuster le niveau de méthane dans le perméat 11 qui est rejeté à l'évent et donc limiter la perte de méthane.

[0081] En plaçant l'unité de réaction catalytique 3 pour l'élimination de l'oxygène en amont de l'unité de purification 5, du dioxyde de carbone est produit dans l'unité de réaction catalytique 3 par réaction catalytique d'oxydation du méthane. Le dioxyde de carbone produit peut donc être éliminé par l'unité de purification 5 pour atteindre la qualité requise en dioxyde de carbone dans le biométhane 10.

[0082] L'installation représentée à la [Fig.5] est un autre exemple de dispositif de production de biométhane 10 qui se distingue de celui de la [Fig.4] essentiellement en ce que l'unité de réaction catalytique 3 est située en aval de la première unité de séparation par membrane 5a.

[0083] C'est-à-dire que le flux gazeux désoxygéné, en particulier le premier rétentat 7 désoxygéné, sortant l'unité de réaction catalytique 3 est ensuite reçu par la deuxième unité de séparation par membrane 5b pour fournir le second perméat 8 et le second rétentat 9 qui est le biométhane désoxygéné 10.

[0084] En plaçant l'unité de réaction catalytique 3 sur le rétentat 7 de la première unité 5a de séparation membranaire, il est possible de limiter le débit traiter par l'unité de réaction catalytique 3 et de bénéficier de la deuxième unité membranaire 5b pour séparer le dioxyde de carbone produit dans l'unité de réaction catalytique 3.

[0085] L'installation représentée à la [Fig.6] est un autre exemple de dispositif de production de biométhane 10 qui se distingue de celui de la [Fig.5] essentiellement en ce que l'unité de réaction catalytique 3 est située en aval de la deuxième unité de séparation par membrane 5b. C'est-à-dire que l'unité de réaction catalytique 3 est apte et configurée pour recevoir le flux de biomethane 9 compressé qui est le second rétentat 9 (et comprend, en volume, par exemple moins de 3% de CO_2 et moins de 0.7% O_2, en particulier moins de 3% de CO_2 et moins de 0,7% de O_2).

[0086] En plaçant l'unité de réaction catalytique 3 sur le retentat 9 de la deuxième unité 5b de séparation membranaire cela permet de réduire le débit traité par l'unité de réaction catalytique.

[0087] La [Fig.7] représente un exemple de réalisation de structure et de fonctionnement

d'une unité de réaction catalytique 3, en particulier d'un réacteur catalytique pouvant être utilisé dans l'installation.

[0088] Cette unité 3 comprend au moins un lit de garde et au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation, en particulier un catalyseur d'oxydation du méthane. L'élimination catalytique de l'oxygène est effectuée en présence de méthane présent dans le flux gazeux, notamment dans le biométhane ou le biogaz, et son impureté constituée par oxygène, à une température comprise entre 280°C et 450°C, de préférence entre 280°C et 390°C ou entre 380°C et 420°C. Le temps de contact ou temps de séjours (Ts) du flux gazeux traversant le lit de catalyseur d'oxydation est compris entre 1s et 2,6s, à un volume prédéterminé de catalyseurs et à une température comprise entre 280°C et 450°C, plus particulièrement entre 380°C et 420°C.

[0089] L'oxydation du méthane conduit aux sous-produits de la réaction, du dioxyde de carbone et de l'eau.

[0090] Après une éventuelle compression dans un compresseur 2, le flux gazeux, en particulier le biogaz ou biométhane, peut, avant d'entrer dans l'unité 3 de réaction catalytique, traverser un échangeur de chaleur 17 de réchauffage. En sortie de la catalyse de désoxygénation le flux gazeux désoxygéné est refroidi.

[0091] Comme illustré, ce refroidissement peut être réalisé dans l'échangeur de chaleur 17 de réchauffage précité. C'est-à-dire que les flux avant et après désoxygénation peuvent être mis en échange thermique dans le même échangeur 17, notamment à contre-courant.

[0092] En aval, l'installation peut aussi comprendre un adsorbeur 19 configuré pour éliminer des sous-produits de la réaction d'oxydation, du dioxyde de carbone et de l'eau, contenus éventuellement dans le flux gazeux désoxygéné. Le flux gazeux sortant l'adsorbeur 19 alimente ensuite l'unité 5 de purification ou à l'unité suivante dans l'installation, par exemple l'unité comprise dans l'unité 5 de purification, par exemple à la deuxième unité de séparation par membrane, lorsque l'unité de réaction catalytique 3 est intégré dans l'unité de purification 5 ou amené à l'unité de contrôle de la pression 13. La structure et le fonctionnement de l'unité 3 de réaction catalytique démontrés à la [Fig.7] peuvent s'appliquer à l'unité de réaction catalytique de l'une quelconque des [Fig.1] à [Fig.6].

[0093] La présente invention vise également un procédé de production de biométhane désoxygéné 10 qui peut être mis en œuvre par l'installation de production de biométhane désoxygéné 10 décrite précédemment.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de production de biométhane désoxygéné (10) ayant une concentration en oxygène inférieure à un seuil déterminé, en particulier inférieure à 100 ppm, à partir de biogaz (1), le procédé comprenant les étapes suivantes :

- une étape de mise à disposition de biogaz (1) contenant, en proportion molaire, de 30 à 75% de méthane, de 15 à 60% de dioxyde de carbone, ainsi que l'un au moins parmi: de l'eau, de l'azote, de l'hydrogène sulfuré, de l'oxygène, et/ou des composés organiques volatils (COVs),
- une étape de compression du biogaz (1) dans un compresseur (2),
- une étape de purification du biogaz dans une unité de séparation du dioxyde de carbone du méthane (5) pour produire du biométhane (9), ledit biométhane (9) comprenant, proportion en molaire, moins de 3% de CO_2 et moins de 0,7% de O_2, et
- une étape de désoxygénation dans laquelle le biogaz (1) ou/et le biométhane (9) est désoxygéné dans au moins une unité de réaction catalytique (3) comprenant au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation, en particulier un catalyseur d'oxydation du méthane, pour produire du biogaz désoxygéné (4) ou, respectivement, du biométhane désoxygéné (10).

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, comprenant

- une étape de contrôle de la qualité du biométhane désoxygéné, en particulier sa composition en dioxyde de carbone, en régulant la pression au sein de l'unité de purification et de l'unité de réaction catalytique, et/ou
- une étape de contrôle de la qualité du biométhane désoxygéné, en particulier sa composition en oxygène, en régulant la température de fonctionnement au sein de l'unité de réaction catalytique.

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, comprenant une étape de prétraitement du biogaz (1), en particulier avant l'étape de compression,

l'étape de prétraitement étant configurée pour éliminer au moins une partie de l'eau et/ou de l'hydrogène sulfuré et/ou des VOCs présent(s) dans le biogaz (1).

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant, avant l'étape de désoxygénation, une étape d'élimination d'au moins une impureté choisie parmi les soufrés, les chlorés, les halogénés, et les COVs, par mise en contact du biogaz (1) ou du biométhane (9) avec au moins une unité d'élimination d'impureté (15), l'unité d'élimination d'impureté (15) comprenant au moins un lit de garde comprenant des particules d'au moins un oxyde métallique d'au moins un métal choisi parmi les métaux de transition.

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'étape de purification du biogaz comprend un traitement par séparation membranaire et/ou un traitement par adsorption au moyen d'une unité de type PSA et/ou un traitement par absorption au moyen d'une colonne de lavage.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape de purification du biogaz comprend un traitement par séparation membranaire comportant au moins deux unités de séparation par membrane en parallèle et/ou en série, par exemple trois unités de séparation par membrane dont deux unités sont placées en série et une unité placée en parallèle d'une des deux unités en série, chaque unité de séparation par membrane comprenant une ou plusieurs membranes connectées en parallèle.

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'étape de purification du biogaz comprend un traitement par séparation membranaire comportant au moins les étapes suivantes :

- une étape (a) de mise en contact du biogaz avec une première unité de séparation par membrane (5a) de sorte à produire un premier perméat (6) enrichi en dioxyde de carbone par rapport au biogaz (1) et un premier rétentat (7) enrichi en méthane par rapport au biogaz (1),
- une étape (b) de mise en contact du premier rétentat (7) avec une deuxième unité de séparation par membrane (5b) et de sorte à produire un second perméat (8) enrichi en dioxyde de carbone par rapport au premier rétentat (7) et un second rétentat (9) enrichi en méthane par rapport au premier rétentat

(7), le second rétentat (9) étant le biométhane (9), et

- une étape (c) de mise en contact du premier perméat (6) avec une troisième unité de séparation par membrane (5c) de sorte à produire un troisième perméat (11) enrichi en dioxyde de carbone par rapport au premier perméat (6) et un troisième rétentat (12) enrichi en méthane par rapport au premier perméat.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel l'étape de désoxygénation est effectuée avant l'étape de purification du biogaz en mettant en contact le biogaz (1) avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique (3).

[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel l'étape de désoxygénation est effectuée en mettant en contact le biométhane (9) obtenu après l'étape de purification du biogaz avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique (3).

[Revendication 10] Installation de production de biométhane désoxygéné (10) ayant une concentration en oxygène inférieure à un seuil déterminé, en particulier inférieure à 100 ppm, à partir de biogaz (1), l'installation comprenant :

- une unité de purification (5) du biogaz (1) apte à produire du biométhane (9), configurée pour produire du biométhane ayant une concentration molaire inférieure à un premier seuil déterminé, par exemple moins de 5% de CO_2 et moins de 1% de O_2, en particulier moins de 3% de CO_2 et moins de 0,7% de O_2, partir d'un flux de biogaz ayant une concentration en CO_2 supérieure à un second seuil par exemple de 15 à 60% de dioxyde de carbone,
- un compresseur (2) configuré pour compresser le biogaz (1), et
- au moins une unité de réaction catalytique (3) comprenant au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation configuré pour désoxygéner le biogaz (1) et/ou le biométhane (9).

[Revendication 11] Installation selon la revendication 10, comprenant :

- un organe (13) de contrôle de la pression au sein de l'unité de purification et/ou au sein de l'unité de réaction catalytique, et/

ou

- une unité de contrôle de la température de fonctionnement au sein de l'unité de réaction catalytique.

[Revendication 12] Installation selon la revendication 11, comprenant un contrôleur (16) électronique comprenant un microprocesseur, ledit contrôleur étant configuré pour réguler la composition du biométhane désoxygéné (10) produit en pilotant l'organe (13) de contrôle de la pression au sein de l'unité de purification (5) et/ou au sein de l'unité de réaction catalytique (3), et/ou en pilotant l'unité de contrôle de la température (17, 90, 91) de fonctionnement au sein de l'unité de réaction catalytique (3).

[Revendication 13] Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, comprenant au moins une unité d'élimination d'impureté (15) comprenant au moins un lit de garde, l'unité d'élimination d'impureté (15) étant située en amont du au moins une unité de réaction catalytique, ledit lit de garde comprenant des particules d'au moins un oxyde métallique d'au moins un métal choisi parmi les métaux de transition, ledit lit de garde étant mise en place en amont dudit au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation.

[Revendication 14] Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, dans lequel l'unité de purification (5) du biogaz (1) comprend une unité de type PSA et/ou une unité de type lavage et/ou une unité de traitement par perméation membranaire comportant au moins deux unités de séparation par membrane en parallèle et/ou en série, par exemple trois unités de séparation par membrane dont deux unités sont placées en série et une unité placée en parallèle d'une des unités en série, chaque unité de séparation par membrane comprenant une ou plusieurs membranes connectées en parallèle.

[Revendication 15] Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, dans laquelle l'unité de purification (5) est une unité de traitement par perméation membranaire comprenant :

- une première unité de séparation par membrane (5a) munie d'une première membrane apte et configurée pour recevoir le biogaz et fournir un premier perméat (6) et un premier rétentat (7), ladite première membrane étant plus perméable au dioxyde de carbone qu'au méthane,
- une deuxième unité de séparation par membrane (5b) munie

d'une seconde membrane apte et configurée pour recevoir le premier rétentat (7) et fournir un second perméat (8) et un second rétentat (9), ladite seconde membrane étant plus perméable au dioxyde de carbone qu'au méthane et ledit second rétentat (9) étant le biométhane (9), et

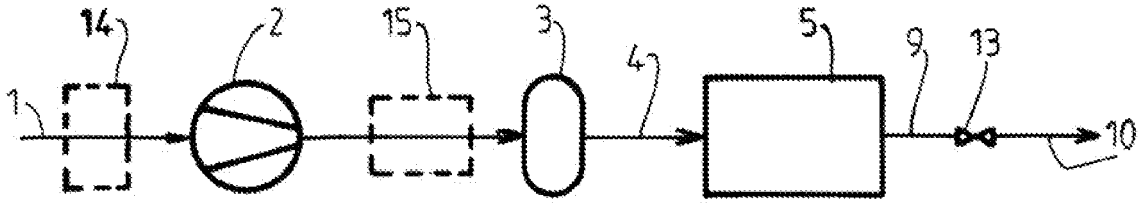
– une troisième unité de séparation par membrane (5c) munie d'une troisième membrane apte et configurée pour recevoir le premier perméat (6) ét fournir un troisième perméat (11) et un troisième rétentat (12), ladite troisième membrane étant plus perméable au dioxyde de carbone qu'au méthane.

[Revendication 16] Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, dans laquelle l'unité de réaction catalytique (3) est disposée en amont de l'unité de purification (5) du biogaz, l'unité de réaction catalytique étant configurée pour mettre en contact le biogaz (1) avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique (3).

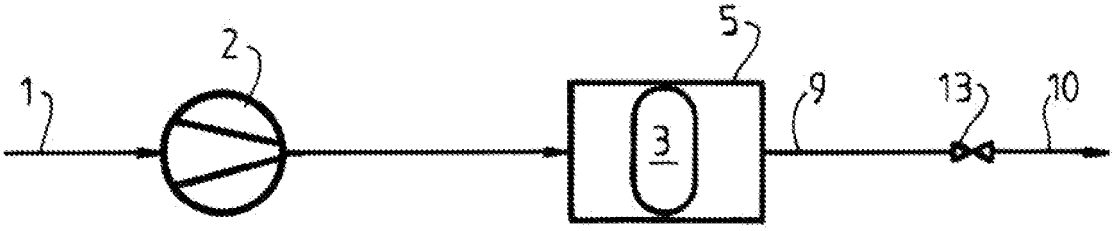
[Revendication 17] Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, dans laquelle l'unité de réaction catalytique (3) est disposée en aval de l'unité de purification (5) du biogaz et configurée pour mettre en contact le biométhane (9) obtenu issu de l'unité de purification (5) du biogaz avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique (3).

[Revendication 18] Installation selon les revendications 10 et 11 prises en combinaison, dans laquelle l'unité de réaction catalytique (3) est située en aval de la première unité de séparation par membrane (5a) et configurée pour mettre en contact le premier rétentat (7) avec au moins un lit d'au moins un catalyseur d'oxydation de l'unité de réaction catalytique (3).

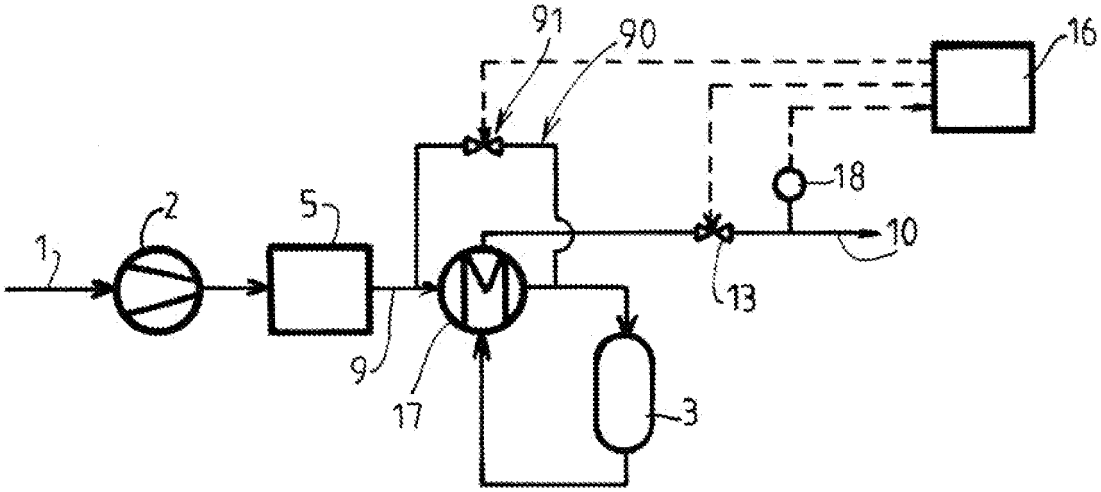
[Fig. 1]



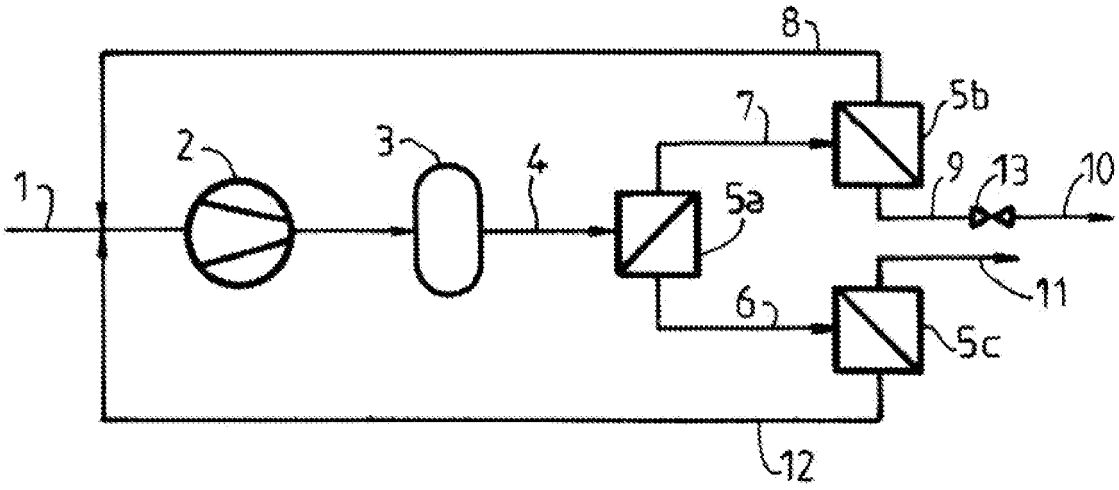
[Fig. 2]



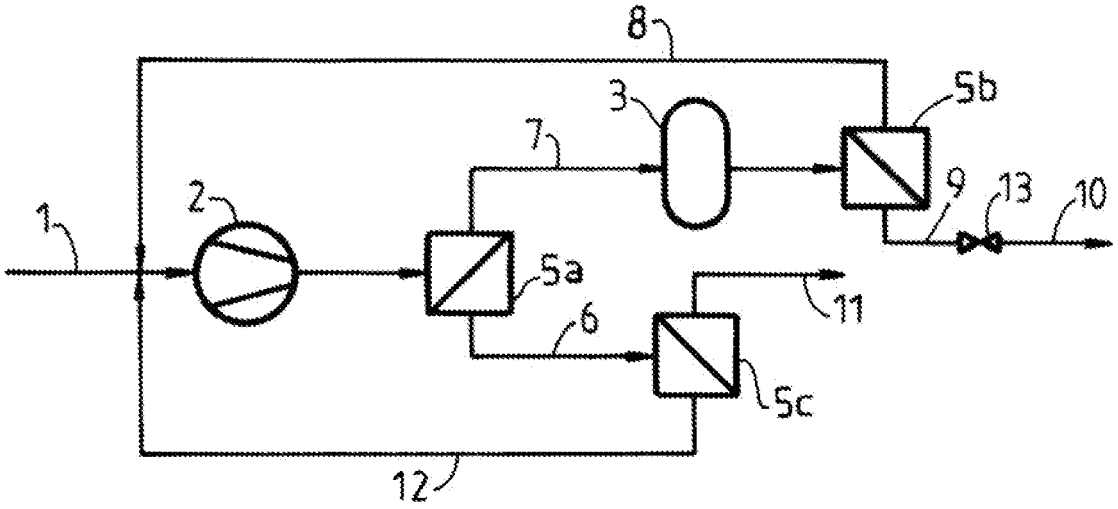
[Fig. 3]



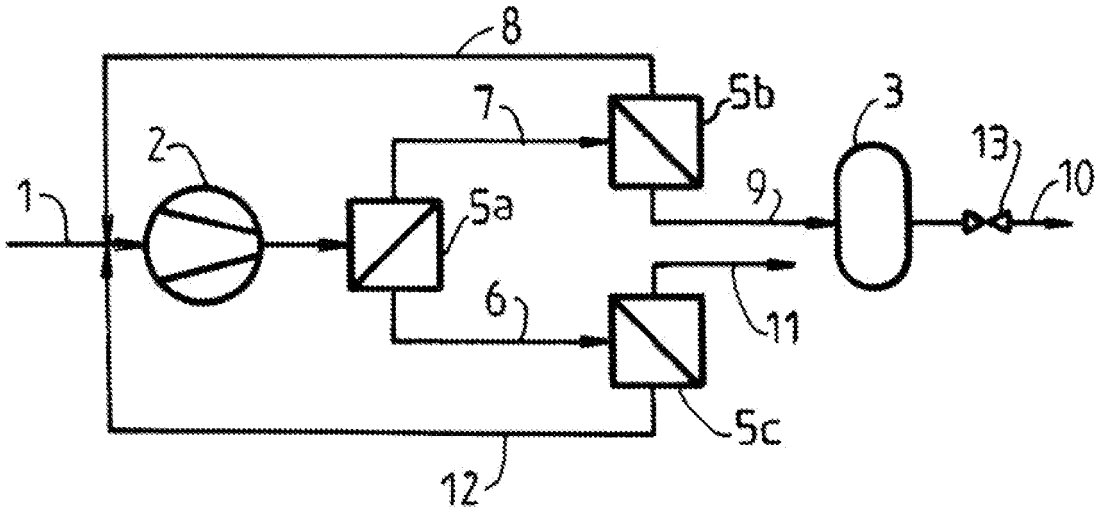
[Fig. 4]



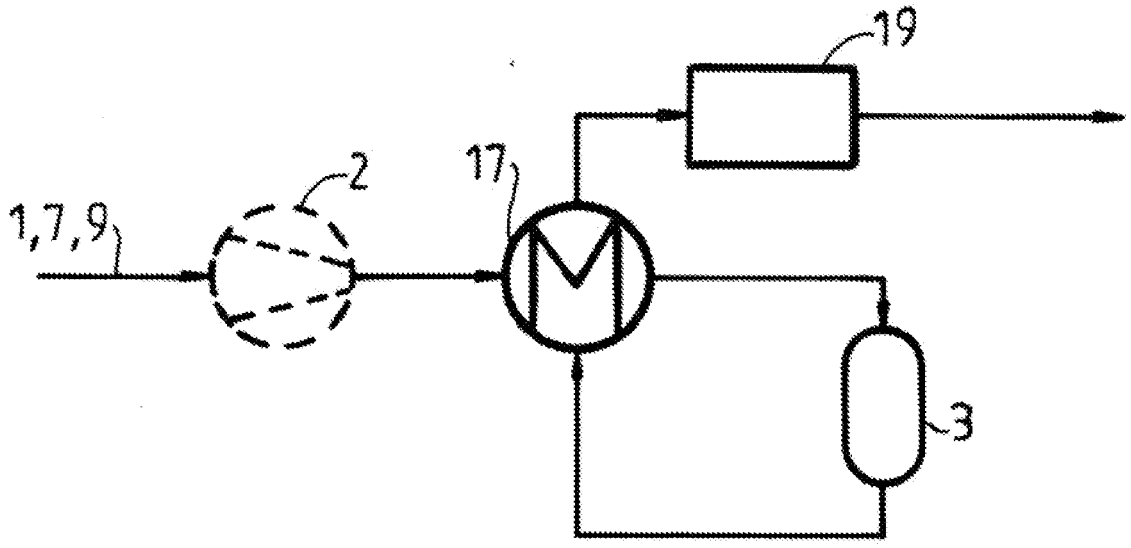
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 906445
FR 2204864

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2021/062397 A1 (WM INTELLECTUAL PROPERTY HOLDINGS L L C [US]) 1 avril 2021 (2021-04-01) * alinéas [0015], [0033]; revendications 1,5 *	1-18	B01D53/86 B01D53/75 C12M1/107
A	WO 2012/006729 A1 (QUADROGEN POWER SYSTEMS INC [CA]; PRASAD ALAKH [CA] ET AL.) 19 janvier 2012 (2012-01-19) * figure 1 *	1-18	
A	WO 2022/101324 A1 (WAGA ENERGY [FR]) 19 mai 2022 (2022-05-19) * revendication 1 *	1-18	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			C12M B01D C10L F25J

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
18 janvier 2023	Jones, Laura

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2204864 FA 906445

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **18-01-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2021062397 A1	01-04-2021	CA 3156148 A1	01-04-2021
		US 2021094894 A1	01-04-2021
		US 2021221755 A1	22-07-2021
		US 2022127211 A1	28-04-2022
		WO 2021062397 A1	01-04-2021
WO 2012006729 A1	19-01-2012	BR 112013001025 A2	24-05-2016
		CA 2709722 A1	15-01-2012
		CN 103079682 A	01-05-2013
		EA 201390118 A1	28-06-2013
		EP 2593211 A1	22-05-2013
		JP 6272693 B2	31-01-2018
		JP 2013538880 A	17-10-2013
		KR 20130097723 A	03-09-2013
		US 2013209338 A1	15-08-2013
		US 2018221817 A1	09-08-2018
		WO 2012006729 A1	19-01-2012
		ZA 201300488 B	25-09-2013
WO 2022101324 A1	19-05-2022	US 2021055046 A1	25-02-2021
		WO 2022101324 A1	19-05-2022

EPO FORM P0465