

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.10.13.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 01.05.15 Bulletin 15/18.

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) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public — FR.

72 Inventeur(s) : SETIER PIERRE-ALEXANDRE et DELRUE FLORIAN.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public.

74 Mandataire(s) : CABINET NONY.

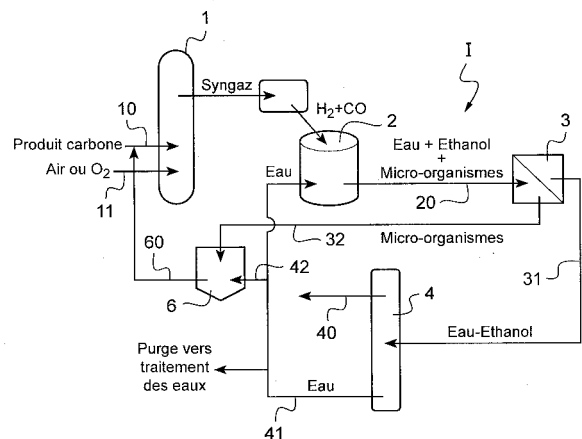
54 PROCÉDE DE PRODUCTION D'UN PRODUIT ORGANIQUE A PARTIR D'UNE CHARGE DE MATIERE CARBONÉE METTANT EN OEUVRE UNE GAZEIFICATION SUIVIE D'UNE FERMENTATION DU GAZ DE SYNTHESE.

57 L'invention concerne un procédé de production d'un carburant, notamment un carburant liquide, ou d'un autre produit organique, à partir d'une charge de matière carbonée, comprenant les étapes suivantes:

a/ gazéification de la charge de matière carbonée dans un premier réacteur, dit gazéifieur (1),

b/ en aval de la gazéification, fermentation du gaz de synthèse produit selon l'étape a/, au moyen de micro-organismes, de l'eau et des nutriments dans un deuxième réacteur, dit fermenteur (2),

c/ récupération, en aval du fermenteur, des micro-organismes et de l'eau; d/ injection d'au moins une partie des micro-organismes et le cas échéant d'au moins une partie de l'eau récupérés en entrée (10) du gazéifieur.



FR 3 012 446 - A1



**PROCEDE DE PRODUCTION D'UN PRODUIT ORGANIQUE A PARTIR D'UNE
CHARGE DE MATIERE CARBONEE METTANT EN ŒUVRE UNE
GAZEIFICATION SUIVIE D'UNE FERMENTATION DU GAZ DE SYNTHESE**

Domaine technique

5 La présente invention concerne un procédé de production d'un produit organique, en particulier d'un carburant à partir d'une charge de matière carbonée, mettant en œuvre une gazéification de la charge de matière carbonée et une fermentation du gaz de synthèse produit par la gazéification au moyen de micro-organismes et d'eau.

10 Par « charge de matière carbonée », on entend toute matière contenant une quantité de carbone, en particulier toute matière carbonée de résidus, telle que charbon, pétrole, déchets organiques, déchets de matière plastique....

L'invention vise à améliorer le rendement d'un tel procédé de production d'un produit organique.

15 Une application préférée est la production d'éthanol ou de butanol à partir de résidus de matière plastique.

Etat de la technique

20 La gazéification de la biomasse et du charbon est connue depuis longtemps. De manière générale, on peut la définir comme une transformation thermochimique de la biomasse ou du charbon par l'action de la chaleur en présence d'agent(s) gazéifiant(s). On cherche à générer, à l'issue de la gazéification, un mélange de gaz dit gaz de synthèse (« syngas » en anglais) qui comprend du monoxyde de carbone et de l'hydrogène (CO+H₂) entre autres.

Ainsi, la gazéification est une réaction endothermique entre la matière carbonée et l'(les) agent(s) gazéifiant(s) selon les réactions chimiques suivantes :



Le gaz de synthèse produit est majoritairement constitué des gaz CO, CO₂, H₂.

30 Il contient également des composés minoritaires (NH₃, HCl, HF, HCN, H₂S, COS, métaux alcalins...) à l'état de vapeur provenant de la matière carbonée ou de l'(des) agent(s) gazéifiant(s). Enfin, pour des gazéifications à basse température (850°C), on obtient une part plus ou moins importante de composés hydrocarbonés sous forme gazeuse (goudrons, CH₄), résultant d'une oxydation incomplète de la matière carbonée.

Les réactions (1) et (2) doivent être favorisées. Il faut donc compenser l'énergie perdue lors de ces réactions endothermiques. L'apport de chaleur au réacteur de gazéification (gazéifieur) est soit direct (mode de fonctionnement dit autothermie), selon lequel on brûle une partie de la matière carbonée que l'on veut gazéifier, soit indirect (mode de fonctionnement dit allothermie), selon lequel on apporte une source de chaleur externe).

De conception et de construction simples, les procédés de gazéification mettant en œuvre un réacteur à lit fixe ou à lit fluidisé produisent un gaz de relativement mauvaise qualité du fait d'une teneur en goudron relativement forte et d'un ratio H_2/CO obtenu relativement faible. Les réacteurs à lit fluidisé ont cependant l'avantage d'avoir un retour d'expérience important et de pouvoir être de dimensions compatibles avec une exploitation industrielle. Enfin, les réacteurs à flux entraîné sont mieux adaptés à la gazéification de gros volumes de matière carbonée, la puissance unitaire d'un gazéifieur de ce type pouvant être supérieure à 50 MWth. Du fait du temps de séjour très court de la charge de matière carbonée et des températures de fonctionnement très élevées, typiquement supérieures à 1400°C, le gaz de synthèse obtenu par les gazéifieurs à flux entraîné ne contient pratiquement pas de goudrons, ce qui a pour avantage d'éviter un étage supplémentaire de nettoyage du gaz de synthèse.

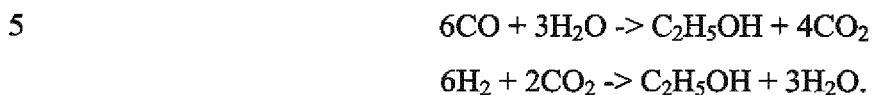
Un exemple de gazéification avantageux, est celui de la gazéification de la biomasse ligno-cellulosique qui permet de générer un gaz de synthèse et de produire en aval soit des carburants liquides, soit d'autres produits organiques. Cette gazéification se déroule en présence typiquement de vapeur d'eau vers 800-900°C pour des réacteurs à lit fluidisé. Classiquement, une telle gazéification convertit le carbone de la biomasse avec un gaz en sortie du gazéifieur de composition moyenne de 20-25 % en CO , 8-12 % en CH_4 , 18-22 % en CO_2 et environ 38-42 % en H_2 et, des composés organiques C_2 à C_{16} plus des composés inorganiques.

Il a déjà été proposé de réaliser la fermentation de gaz de synthèse au moyen de micro-organismes spécifiques qui sont capables de produire de façon prédominante un type de carburant dans des conditions de faibles température et pression.

Ces micro-organismes spécifiques appartiennent principalement à la famille des bactéries anaérobies du genre *Clostridium*. Par exemple, certaines d'entre elles ont pu être identifiées pour la conversion de gaz de synthèse en éthanol. La plupart de ces

bactéries utilisent la voie métabolique, appelée le cycle de Wood-Ljungdahl, ou la voie réductrice de l'acétyl-CoA.

Pour la conversion en éthanol, les réactions chimiques réalisées par les bactéries sont les suivantes :



Un milieu réactionnel spécifique riche en nutriments (minéraux et éléments traces tels que métaux et vitamines) est utilisé pour diriger et optimiser le flux énergétique dans la voie métabolique souhaitée, maximisant ainsi la production de carburant ou de produit organique souhaité.

Les avantages essentiels d'une synthèse par fermentation au moyen de micro-organismes par rapport à une synthèse par voie chimique peuvent être résumés comme suit :

- les conditions opératoires de température et de pression sont moindres,
- l'utilisation de micro-organismes en tant que catalyseurs biologiques permet de tolérer de manière plus importante les impuretés présentes au sein du gaz de synthèse, ainsi qu'une gamme plus large de ratios H_2/CO .

Les principales limitations de la fermentation d'un gaz de synthèse sont liées au transfert de masse entre les phases gaz et les phases liquides. Ces limitations sont à l'origine des productivités relativement modestes qui sont observées à l'heure actuelle.

Si ces technologies suscitent d'ores et déjà beaucoup d'intérêt pour la production d'éthanol voire même pour des mélanges éthanol/acétone/butanol, le potentiel de ces technologies de fermentation est bien supérieur si l'on considère les développements récents de l'ingénierie métabolique et/ou de la biologie synthétique.

Ainsi, il est d'ores et déjà reconnu que la fermentation de gaz de synthèse obtenu par gazéification de matières carbonées peut permettre, en fonction des microorganismes sélectionnés, d'obtenir différentes molécules telles que l'acétate, le formate, le butyrate, le n-butyrate, le lactate, le pyruvate, l'éthanol, le butanol ou l'acétone, et plus récemment, le 2,3-butanediol.

La concentration en produit organique synthétisé dans l'eau est faible, typiquement inférieure à 50 g/L pour l'éthanol. Les quantités d'eau nécessaires à la synthèse par fermentation sont donc très importantes.

A ce jour, la plupart de cette eau est réintroduite dans fermenteur après distillation à la fois du média de culture de fermentation (eau et nutriments) et du(des) produit(s) organique(s) final(ux) que l'on cherche à obtenir. Il s'avère en outre nécessaire de purger une partie de l'eau pour garder un taux en polluant restreint dans le milieu de fermentation.

De la même manière, seule une partie du média de culture débarrassée du (des) produit(s) organique(s) peut être recyclée dans le fermenteur. L'autre partie est considérée comme un déchet et doit être traitée comme tel.

Par ailleurs, une séparation physique entre les solides et les liquides, généralement par décantation et/ou filtration, est effectuée en sortie de fermenteur afin de récupérer les micro-organismes dont une partie peut le cas échéant être recyclée dans le fermenteur. Tout comme pour le média de culture, l'autre partie des micro-organismes est considérée comme un déchet et doit être traitée comme tel. En général, cette partie des micro-organismes formant des déchets est brûlée.

Par conséquent, la quantité de micro-organismes et d'eau à traiter dans un procédé de production connu de produit(s) organique(s) mettant en œuvre une gazéification suivie d'une fermentation, est relativement importante et requière beaucoup d'énergie.

Il existe donc un besoin pour améliorer les procédés de production d'un carburant ou tout autre produit organique mettant en œuvre une gazéification suivie d'une fermentation au moyen de micro-organismes et d'eau, notamment en vue d'en augmenter son rendement matière et de diminuer le coût en énergie de traitement de déchets constitués par lesdits micro-organismes et l'eau.

Le but général de l'invention est de répondre en partie à ce besoin.

Un but particulier est de proposer un procédé de production d'un carburant ou tout autre produit organique mettant en œuvre une gazéification suivie d'une fermentation au moyen de micro-organismes et d'eau, avec un rendement matière augmenté, un coût moindre en énergie de traitement de déchets constitués par lesdits micro-organismes et l'eau diminué et en outre, d'investissement moindre.

Exposé de l'invention

Pour ce faire, l'invention a pour objet un procédé de production d'un carburant, notamment un carburant liquide, ou d'un autre produit organique, à partir d'une charge de matière carbonée, comprenant les étapes suivantes :

5 a/ gazéification de la charge de matière carbonée dans un premier réacteur, dit gazéifieur,

b/ en aval de la gazéification, fermentation du gaz de synthèse produit selon l'étape a/, au moyen de micro-organismes, de l'eau et des nutriments dans un deuxième réacteur, dit fermenteur,

10 c/ récupération, en aval du fermenteur, des micro-organismes et de l'eau ;

d/ injection d'au moins une partie des micro-organismes et le cas échéant d'au moins une partie de l'eau récupérés en entrée du gazéifieur.

Ainsi, la présente invention propose un procédé qui peut recycler au moins une partie substantielle des déchets qu'il produit (micro-organismes et eau) directement dans
15 le gazéifieur.

D'une part, ceci permet d'amener au gazéifieur de l'eau et du carbone supplémentaire qui est présent dans les micro-organismes et ainsi d'augmenter le rendement matière du procédé global.

D'autre part, ceci permet d'économiser le traitement de l'eau et des micro-
20 organismes. Enfin, la présente invention permet d'ajuster à souhait le ratio entre l'eau et la matière carbonée en entrée de gazéifieur.

Le surcoût d'investissement lié à la mise en œuvre de la présente invention dans une installation existante est faible car le cas échéant seule la mise en place de tuyauteries supplémentaire et d'un dispositif de dosage supplémentaire, adapté pour
25 ajuster la concentration en eau dans les micro-organismes récupérés par la séparation, au moyen de l'eau récupérée de la distillation, est requise.

De préférence, pour éliminer toute présence d'impuretés, telles que le goudron et/ou le CO₂, entre l'étape a/ de gazéification et l'étape b/ de fermentation, on réalise une étape a1/ de nettoyage du gaz de synthèse produit selon l'étape a/.

30 Selon un mode de réalisation avantageux, les micro-organismes sont des micro-organismes anaérobies mésophiles, de préférence choisis parmi les espèces suivantes : *Clostridium jungdahlii*, *Clostridium carboxidovorans* P7, *Clostridium*

autoethanogenum, *Eurobacterium limosum*, *Rhodospirillum rubrum*, *Peptostreptococcus productus*, *Acetobacterium woodii* ou *Butyribacterium methylotrophicum*. De manière plus générale, tous les micro-organismes cités dans les tableaux 2 et 3 de la publication [1] peuvent être avantageusement utilisés.

5 Selon une variante avantageuse, on réalise lors de l'étape de récupération c/, une étape c1/ de séparation entre les micro-organismes ayant servi à la fermentation et le mélange entre le produit organique issu de la fermentation et l'eau puis une distillation du mélange pour produire le produit organique final.

10 L'étape de séparation c1/ est de préférence réalisée par microfiltration ou par coagulation/floculation à l'aide d'un agent flocculant à base de polymère organique, tel que la polyamine ou le polyacrylamide, suivie d'une décantation ou d'une flottation.

Selon une autre variante avantageuse, on réalise une étape c2/ d'ajustement de la concentration en eau dans les micro-organismes récupérés par la séparation, au moyen de l'eau récupérée de la distillation.

15 Selon cette variante, pour une concentration en micro-organismes récupérés par la séparation comprise entre 100 et 250 grammes/litre de concentrat, l'ajustement selon l'étape c2/ est de préférence réalisé de sorte à obtenir une concentration en micro-organismes à injecter dans le gazéifieur comprise entre 20 et 100 grammes/litre de solution.

20 La réaction de gazéification peut être avantageusement réalisée à des températures comprises 700 et 1600°C.

Selon une première variante, le gazéifieur est un réacteur de type à lit fluidisé, la réaction de gazéification étant réalisée à des températures comprises entre 800 et 950°C.

25 Selon une deuxième variante, le gazéifieur est un réacteur de type à flux entraîné, la réaction de gazéification étant réalisée à des températures comprises entre 1400 et 1600°C.

Le produit organique obtenu par le procédé selon l'invention peut être choisi parmi l'acétate, le formate, le butyrate, le n-butyrate, le lactate, le pyruvate, l'éthanol, le butanol ou l'acétone, et plus récemment, le 2,3-butanediol.

30 L'invention concerne également, sous un autre de ses aspects, une installation de production en continu d'un carburant, notamment un carburant liquide, ou d'un autre produit organique, à partir d'une charge de matière carbonée comportant :

- un gazéifieur,

- un fermenteur, en aval du gazéifieur, comportant en son sein des micro-organismes, de l'eau et des nutriments adaptés pour réaliser la fermentation du gaz de synthèse produit par le gazéifieur,

- 5 - des moyens de récupération d'au moins une partie des micro-organismes et de l'eau, en aval du fermenteur; les moyens de récupération étant reliés à l'entrée du gazéifieur de sorte à injecter au moins une partie des micro-organismes et le cas échéant d'au moins une partie de l'eau récupérés.

10 Les moyens de récupération comprennent de préférence un dispositif de séparation entre les micro-organismes et le mélange entre le produit organique issu de la fermentation et l'eau ayant servi à la fermentation au sein du fermenteur.

15 Selon un mode de réalisation avantageux, le dispositif de séparation comprend au moins une membrane de filtration, dont la dimension des pores est adaptée à la taille des micro-organismes utilisés dans l'étape b/ de fermentation, de préférence comprise entre 0,1 et 10 μ m.

 Selon une variante de réalisation avantageuse, les moyens de récupération comprenant un dispositif de dosage, en aval du dispositif de séparation et d'un dispositif de distillation du mélange, adapté pour ajuster la concentration en eau dans les micro-organismes récupérés par la séparation, au moyen de l'eau récupérée de la distillation.

20 En ajustant l'efficacité de la filtration par la membrane de filtration, on peut fixer la teneur en eau dans le concentrat de micro-organismes. Si cela s'avère insuffisant, notamment en cas de besoin de plus d'eau pour la gazéification si la matière carbonée est très chargée en carbone par exemple, il est préféré d'ajouter de l'eau provenant de l'étape de distillation.

25 L'invention concerne enfin une application préférée du procédé qui vient d'être décrit ou de l'installation qui vient également d'être décrite pour produire de l'éthanol ou du butanol à partir de résidus de matière plastique.

Description détaillée

30 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront mieux à la lecture de la description détaillée de l'invention faite à titre illustratif et non limitatif en référence aux figures suivantes parmi lesquelles:

-- la figure 1 est une vue schématique du principe d'une installation de production d'éthanol à partir d'une charge de matière carbonée mettant en œuvre en continu une gazéification suivie d'une fermentation au moyen de micro-organismes selon l'état de l'art;

5 - la figure 2 est une vue schématique du principe d'une installation de production d'éthanol à partir d'une charge de matière carbonée mettant en œuvre en continu une gazéification suivie d'une fermentation au moyen de micro-organismes selon la présente invention.

Dans l'ensemble de la demande et en particulier dans la description qui va
10 suivre les termes « entrée », « sortie », « amont », « aval », sont utilisés par référence avec la direction de transfert de la charge de matière carbonée et du gaz de synthèse dans l'installation de production d'un produit organique, tel que l'éthanol mettant en œuvre le procédé selon l'invention.

On précise que les légendes données en figures 1 et 2, et en particulier les
15 réacteurs, et dispositifs indiquées ne le sont qu'à titre d'exemple non limitatif.

On précise que par souci de clarté les mêmes éléments dans une installation de production d'éthanol selon l'état de l'art et une installation de production d'éthanol selon l'invention sont désignés par les mêmes références.

Telle qu'illustrée en figure 1, l'installation I en continu met en œuvre un
20 procédé d'une gazéification d'une charge de matière carbonée selon l'état de l'art suivie d'une fermentation au moyen de micro-organismes pour la synthèse de l'éthanol.

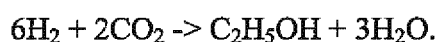
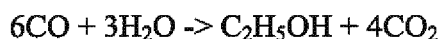
Ainsi, l'installation I comporte tout d'abord un réacteur de gazéification ou
gazéifieur 1, de type à lit fluidisé est alimenté en continu à son entrée 10 par exemple par des déchets de matière plastique depuis un réservoir de stockage non représenté. Le
25 réacteur 1 à lit fluidisé peut fonctionner de préférence entre 800 et 950°C. Le réacteur 1 peut également être un réacteur de type à flux entraîné (EFR, acronyme anglais de « *Entrained flow reactor* ») fonctionnant de préférence à des températures comprises typiquement entre 1400-1600°C.

Le gazéifieur 1 est également alimenté à son entrée 11 par des agents
30 gazéifiants, par exemple de l'air ou de l'oxygène.

A la sortie du réacteur de gazéification 1, un mélange brut de gaz de synthèse comprenant pour les espèces majoritaires du CO, CO₂, H₂O et H₂ est émis.

Le mélange de gaz de synthèse peut subir un nettoyage dans un dispositif 5 adapté afin d'extraire les polluants ou les gaz qui vont inhiber les micro-organismes du fermenteur 2.

Le gaz de synthèse nettoyé est alors envoyé vers un bio-réacteur 2 ou
5 fermenteur mettant en œuvre une fermentation au moyen de micro-organismes anaérobies mésophiles, de l'eau et des nutriments présents au sein du fermenteur 2, ce qui produit de l'éthanol selon les réactions:



10 L'eau, l'éthanol produit et les micro-organismes ayant servi à la fermentation sont alors extraits à la sortie du fermenteur 2 et envoyés par une ligne 20 vers un dispositif de séparation 3 solide/liquide comprenant au moins une membrane de microfiltration, i.e. dont les pores sont de dimension comprise entre 0,1 et 10 μm .

Les solides constitués pas les micro-organismes ainsi séparés subissent alors
15 une purge 30 pour être brûlés par combustion.

Le mélange liquide séparé et constitué de l'eau et de l'éthanol synthétisé est quant à lui envoyé par une ligne 31 dans un dispositif de distillation 4.

En sortie 40 du dispositif de distillation 4, l'éthanol distillé est récupéré. Il constitue le produit final que l'on peut utiliser.

20 En sortie 41 du dispositif de distillation 4, l'eau distillée est récupérée et pour une majeure partie recyclée en étant réinjectée en entrée du fermenteur 2, et pour la partie restante envoyée vers une unité de traitement des eaux non représentée.

Afin d'augmenter le rendement matière et de diminuer le coût en énergie de traitement de déchets constitués par lesdits micro-organismes et l'eau, dans l'installation
25 selon l'état de l'art représentée en figure 1, les inventeurs ont pensé à réinjecter les micro-organismes et le cas échéant d'au moins une partie de l'eau récupérés en entrée 10 du gazéifieur 1.

Ainsi, comme montré en figure 2, dans une installation I conforme à l'invention, on prévoit tout d'abord en sortie du dispositif de séparation 3, une ligne 32 de
30 récupération des micro-organismes récupérés qui alimente l'entrée d'un dispositif de dosage 6.

L'installation I conforme à l'invention comporte également une ligne 42 d'au moins une partie de l'eau issue de la distillation 4 qui vient également alimenter l'entrée du dispositif de dosage 6.

5 Ainsi, le dispositif de dosage 6, en aval du dispositif de séparation 3 et du dispositif de distillation 4 du mélange, permet d'ajuster la concentration en eau dans les micro-organismes récupérés par la séparation, au moyen de l'eau récupérée de la distillation.

10 La sortie du dispositif de dosage 6 est reliée à l'entrée 10 du gazéifieur 1 au moyen de la ligne 60 afin d'alimenter celui-ci en micro-organismes et de l'eau ainsi recyclés.

Ainsi, l'installation I selon l'invention représentée en figure 2 présente comparativement à l'installation selon l'état de l'art représentée en figure 1 les avantages suivants :

- retraitement des déchets de fermentation, à un coût énergétique faible;
- 15 - retraitement de l'eau issue de la fermentation dans l'étape de gazéification, cette eau se soustrait au besoin d'agent gazéifiant;
- augmentation du rendement matière ;
- ajustement à souhait du ratio eau/matière carbonée pour la gazéification 1.

Les inventeurs ont fait les premiers calculs de gain de rendement matière.

20 Les données sont les suivantes :

- ratio eau/charge de matière carbonée: de 0% à 50%
- concentration en micro-organismes lors de la synthèse 2 : de 0.5 à 2 g/L de milieu;
- concentration en micro-organismes pour la boucle de recyclage 32, 6, 60 : de 25 20 à 100 g/L.

Avec comme hypothèse un débit de charge de matière carbonée d'1 t/h, la production du produit organique, tel que l'éthanol, peut être avantageusement comprise entre 200 et 500 t/h avec un débit de micro-organismes à retraiter alors compris entre 10 et 20 kg/h.

30 Ainsi, on obtient une augmentation de rendement massique de l'ordre de 1,5 %.

Bien que décrite en référence exclusivement à l'éthanol l'installation de production peut servir à l'obtention d'un autre produit organique en un combustible ou un carburant, notamment un carburant liquide, ou un autre produit de synthèse, et peut être utilisée pour la production à partir de tout type de charges de matière carbonée (charbon, 5 pet coke, déchets organiques, déchets de matière plastique...).

Référence citée

- [1]: « *Biomass-derived syngas fermentation into biofuels: Opportunities and challenges* »
de P. C. Munasinghe, S. K. Khanal *Department of Molecular Biosciences and
Bioengineering (MBBE), University of Hawai'i at Manoa, Agricultural Science,
5 Bioresource (impact factor: 4.25). 07/2010; 101(13):5013-22.
DOI:10.1016/j.biortech.2009.12.098.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de production d'un carburant, notamment un carburant liquide, ou d'un autre produit organique, à partir d'une charge de matière carbonée, comprenant les étapes suivantes :

- 5 a/ gazéification de la charge de matière carbonée dans un premier réacteur, dit gazéifieur (1),
b/ en aval de la gazéification, fermentation du gaz de synthèse produit selon l'étape a/, au moyen de micro-organismes, de l'eau et des nutriments dans un deuxième réacteur, dit fermenteur (2),
10 c/ récupération, en aval du fermenteur, des micro-organismes et de l'eau ;
d/ injection d'au moins une partie des micro-organismes et le cas échéant d'au moins une partie de l'eau récupérés en entrée (10) du gazéifieur.

2. Procédé de production selon la revendication 1, selon lequel entre l'étape a/ de gazéification et l'étape b/ de fermentation, on réalise une étape a1/ de nettoyage du gaz de synthèse produit selon l'étape a/.

3. Procédé de production selon l'une des revendications 1 ou 2, selon lequel les micro-organismes sont des micro-organismes anaérobies mésophiles, de préférence choisis parmi les espèces suivantes : *Clostridium jungdahlii*, *Clostridium carboxidovorans* P7, *Clostridium autoethanogenum*, *Eurobacterium limosum*, *Rhodospirillum rubrum*,
20 *Peptostreptococcus productus*, *Acetobacterium woodii* ou *Butyribacterium methylotrophicum*.

4. Procédé de production selon l'une quelconque des revendications précédentes, selon lequel on réalise lors de l'étape de récupération c/, une étape c1/ de séparation entre les micro-organismes ayant servi à la fermentation et le mélange entre le produit organique issu de la fermentation et l'eau puis une distillation du mélange pour produire le produit organique final.

5. Procédé de production selon la revendication 4, selon lequel l'étape de séparation c1/ est réalisée par microfiltration ou par coagulation/floculation à l'aide d'un agent flocculant à base de polymère organique, tel que la polyamine ou le polyacrylamide,
30 suivie d'une décantation ou d'une flottation.

6. Procédé de production selon la revendication 4 ou 5, on réalise une étape c2/ d'ajustement de la concentration en eau dans les micro-organismes récupérés par la séparation, au moyen de l'eau récupérée de la distillation.

5 7. Procédé de production selon la revendication 6, selon lequel pour une concentration en micro-organismes récupérés par la séparation comprise entre 100 et 250 grammes/litre de concentrat, l'ajustement selon l'étape c2/ est réalisé de sorte à obtenir une concentration en micro-organismes à injecter dans le gazéifieur comprise entre 20 et 100 grammes/ litre de solution.

10 8. Procédé de production selon l'une quelconque des revendications précédentes, selon lequel la réaction de gazéification est réalisée à des températures comprises 700 et 1600°C.

9. Procédé de production selon l'une quelconque des revendications précédentes, selon lequel le gazéifieur est un réacteur de type à lit fluidisé, la réaction de gazéification étant réalisée à des températures comprises entre 800 et 950°C.

15 10. Procédé de production selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, selon lequel le gazéifieur est un réacteur de type à flux entraîné, la réaction de gazéification étant réalisée à des températures comprises entre 1400 et 1600°C.

20 11. Procédé de production selon l'une des revendications précédentes, le produit organique obtenu étant choisi parmi l'acétate, le formate, le butyrate, l'éthanol, le butanol ou l'acétone, le 2,3-butanediol.

12. Installation (I) de production en continu d'un carburant, notamment un carburant liquide, ou d'un autre produit organique, à partir d'une charge de matière carbonée comportant

- un gazéifieur (1),

25 - un fermenteur (2), en aval du gazéifieur, comportant en son sein des micro-organismes, de l'eau et des nutriments adaptés pour réaliser la fermentation du gaz de synthèse produit par le gazéifieur,

30 - des moyens de récupération (3, 6, 32, 42, 60) d'au moins une partie des micro-organismes et de l'eau, en aval du fermenteur; les moyens de récupération étant reliés à l'entrée (10) du gazéifieur de sorte à injecter au moins une partie des micro-organismes et le cas échéant d'au moins une partie de l'eau récupérés.

13. Installation selon la revendication 12, les moyens de récupération comprenant un dispositif de séparation (3) entre les micro-organismes et le mélange entre le produit organique issu de la fermentation et l'eau ayant servi à la fermentation au sein du fermenteur.

5 14. Installation selon la revendication 13, le dispositif de séparation comprenant au moins une membrane de filtration, dont la dimension des pores est adaptée à la taille des micro-organismes utilisés dans l'étape b/ de fermentation, de préférence comprise entre 0,1 et 10 μ m.

10 15. Installation selon l'une des revendications 13 ou 14, les moyens de récupération comprenant un dispositif de dosage (6), en aval du dispositif de séparation (3) et d'un dispositif de distillation (4) du mélange, adapté pour ajuster la concentration en eau dans les micro-organismes récupérés par la séparation, au moyen de l'eau récupérée de la distillation.

15 16. Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 11 ou de l'installation selon l'une des revendications 12 à 15 pour produire du méthanol ou de l'éthanol à partir de résidus de matière plastique.

1/1

Fig.1 (ETAT DE L'ART)

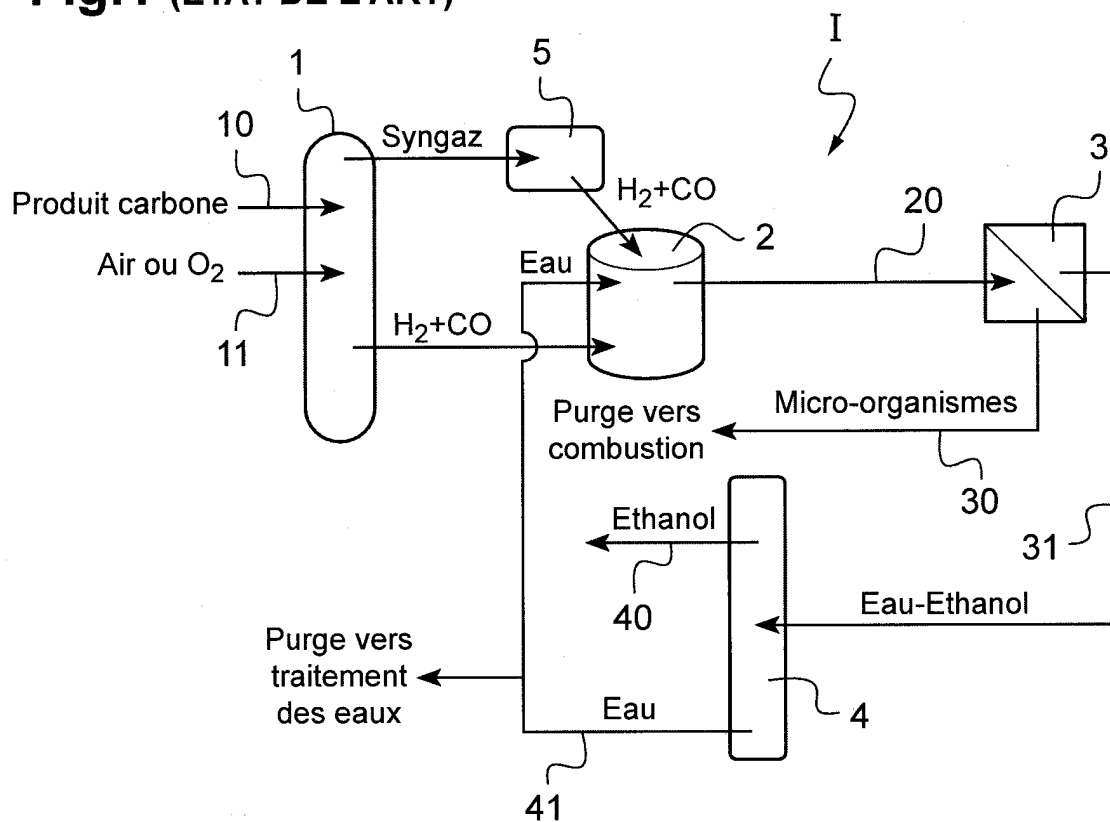
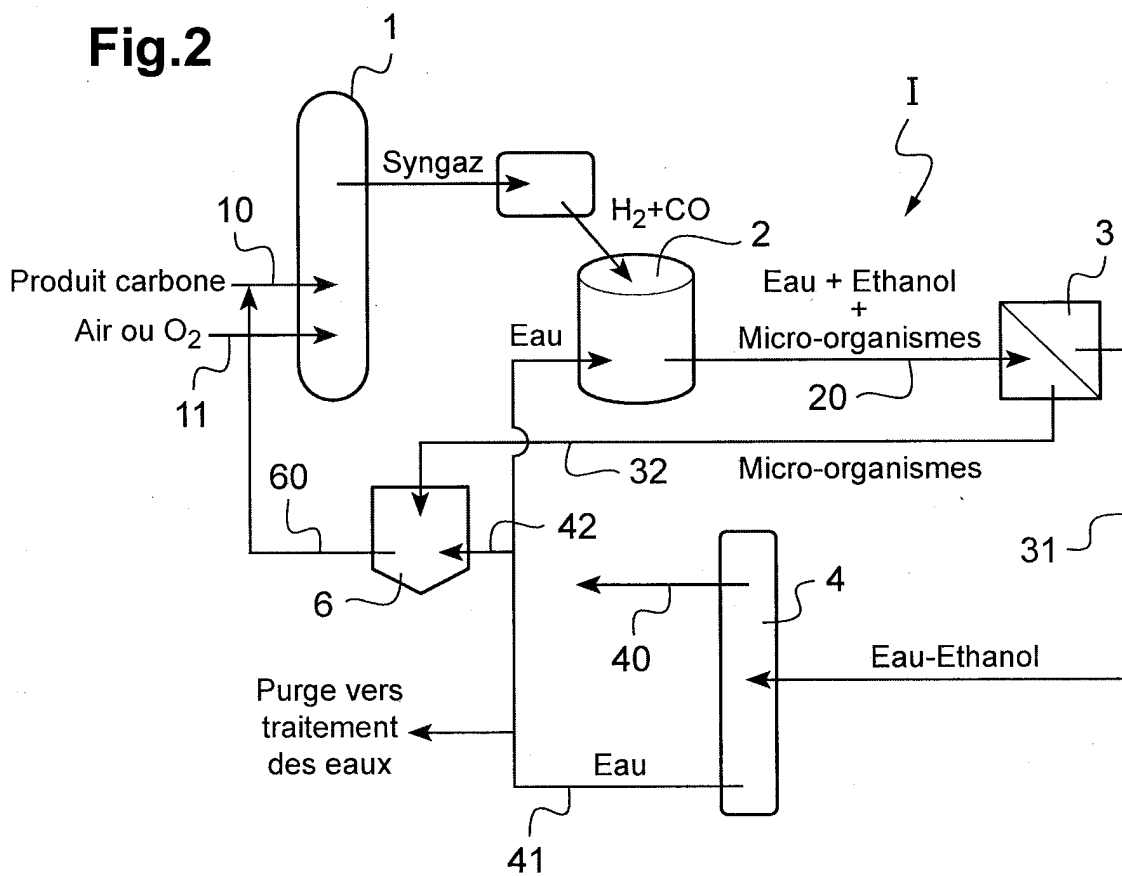


Fig.2





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 786999
FR 1360398

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 2010/126382 A1 (LANZATECH NEW ZEALAND LTD [NZ]; OAKLEY SIMON DAVID [NZ]) 4 novembre 2010 (2010-11-04) * page 6, ligne 18 - ligne 26; revendications 1-21 * * page 23, ligne 4 - ligne 15 * -----	1-16	C07C29/16 C07C31/04 C07C31/08
A	WO 2010/056463 A2 (UNI CONTROL LLC [US]; JENSEN JENS WIIK [DK]; DICKMAN ERIC [US]) 20 mai 2010 (2010-05-20) * alinéa [0103] * * alinéa [0100] - alinéa [0101] * * revendications 1-36 * * alinéa [0014] * -----	1-16	
A	WO 02/08438 A2 (BIOENGINEERING RESOURCES INC [US]; GADDY JAMES L [US]; ARORA DINESH K) 31 janvier 2002 (2002-01-31) * revendications 1-31 * * figure 1 * -----	1-16	
A	US 2013/149693 A1 (SENARATNE RYAN [US] ET AL) 13 juin 2013 (2013-06-13) * alinéa [0030] * * alinéa [0050] - alinéa [0051] * * revendications 1-33 * * alinéa [0004] * -----	1-16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) C12P C10J
A,D	MUNASINGHE P C ET AL: "Biomass-derived syngas fermentation into biofuels: Opportunities and challenges", BIORESOURCE TECHNOLOGY, ELSEVIER BV, GB, vol. 101, no. 13, 1 juillet 2010 (2010-07-01), pages 5013-5022, XP026986241, ISSN: 0960-8524 [extrait le 2010-03-27] * le document en entier * -----	1-16	
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 juillet 2014		Siatou, Evangelia	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 786999
FR 1360398

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		
A	EP 1 754 771 A2 (DUESSELDORF STADTWERKE [DE]) 21 février 2007 (2007-02-21) * revendications 1-12 * -----	1-16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 juillet 2014		Siatou, Evangelia	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>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</p>			
<p>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</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1360398 FA 786999**

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 **17-07-2014**

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 2010126382 A1	04-11-2010	AU 2010242175 A1	17-11-2011
		CA 2759898 A1	04-11-2010
		CN 102803497 A	28-11-2012
		EA 201171318 A1	30-05-2012
		EP 2425003 A1	07-03-2012
		JP 2012525145 A	22-10-2012
		JP 2014050406 A	20-03-2014
		KR 20120028894 A	23-03-2012
		NZ 596028 A	26-10-2012
		US 2012052541 A1	01-03-2012
		WO 2010126382 A1	04-11-2010

WO 2010056463 A2	20-05-2010	AUCUN	

WO 0208438 A2	31-01-2002	AT 332390 T	15-07-2006
		AU 7710301 A	05-02-2002
		BR 0112251 A	24-06-2003
		CA 2416500 A1	31-01-2002
		CN 1444658 A	24-09-2003
		CR 6891 A	30-06-2005
		DE 60121335 T2	02-08-2007
		DK 1303629 T3	30-10-2006
		EC SP034418 A	25-06-2003
		EP 1303629 A2	23-04-2003
		ES 2267794 T3	16-03-2007
		HU 0301388 A2	28-08-2003
		IL 153876 A	11-02-2009
		JP 4883872 B2	22-02-2012
		JP 2004504058 A	12-02-2004
		KR 20030036638 A	09-05-2003
		MX PA03000711 A	04-06-2003
		NZ 523484 A	28-01-2005
		PL 205622 B1	31-05-2010
		PT 1303629 E	31-10-2006
		UA 76117 C2	15-04-2003
		US 2003211585 A1	13-11-2003
		US 2008213848 A1	04-09-2008
		US 2012077240 A1	29-03-2012
		US 2012083022 A1	05-04-2012
		US 2012088282 A1	12-04-2012
		US 2012088283 A1	12-04-2012
US 2012088284 A1	12-04-2012		
US 2012094346 A1	19-04-2012		
US 2012094349 A1	19-04-2012		
US 2012115198 A1	10-05-2012		
US 2012122173 A1	17-05-2012		

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1360398 FA 786999**

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 **17-07-2014**

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 0208438 A2	31-01-2002
		ZA 200300325 A	07-08-2003

US 2013149693	A1	13-06-2013	TW 201333210 A
			US 2013149693 A1
			WO 2013090139 A2
			20-06-2013

EP 1754771	A2	21-02-2007	DE 102005036573 A1
			EP 1754771 A2
			21-02-2007
