

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 720 792 A1

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(51) Int. Cl.: C10G 1/02 (2006.01)
C10B 49/04 (2006.01)
C10L 1/02 (2006.01)
C10B 53/02 (2006.01)
C10J 3/20 (2006.01)
C10J 3/72 (2006.01)

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 000526/2023

(71) Requérant:
CarboRefine AG, Wingertliweg 1
7204 Untervaz (CH)

(22) Date de dépôt: 17.05.2023

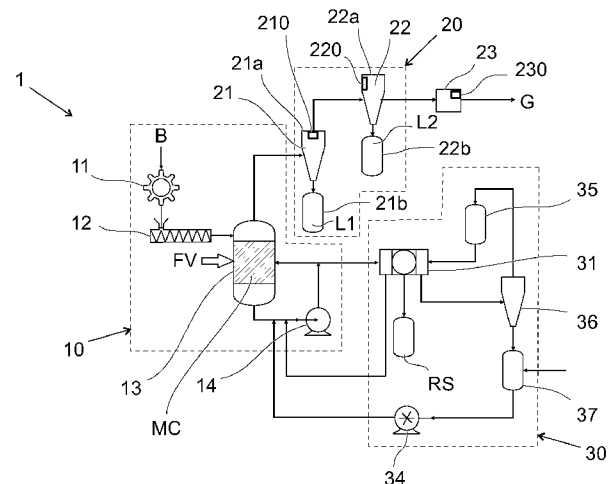
(72) Inventeur(s):
Derek Queisser de Stockalper, 1206 Geneva (CH)
Davide Barana, 7000 Chur (CH)

(43) Demande publiée: 29.11.2024

(74) Mandataire:
P&TS SA, Av. J.-J. Rousseau 4 P.O. Box 2848
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Méthode de conversion de biomasse et dispositif associé**

(57) La présente invention se réfère à une installation (1) de conversion de biomasse (B) en des produits tels que des liquides (L1, L2), des gaz (G) et des résidu solide (RS), comprenant un système de thermorégulation, un dispositif de circulation (14) adapté pour mettre en circulation un mélange de conversion (MC), des unités de filtration des résidus et de récupération des liquides, et une cuve de conversion (13) de la biomasse opérant à pression atmosphérique, où la pression du mélange de conversion (MC) est augmentée localement. La présente invention décrit en outre une méthode de conversion automatisée de la biomasse au moyen de cette installation.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne une installation de traitement et de valorisation de déchets organiques, ainsi qu'une méthode pour la production de produits commercialisables à base de tels déchets organiques. En particulier, l'installation et la méthode sont adaptées à une production modulable de produits commercialisables et délocalisée près des points de collectes des déchets organiques.

Etat de la technique

[0002] De nombreux systèmes de valorisation des déchets verts sont développés, en l'occurrence pour produire des combustibles tels que du gaz ou du charbon. Les procédés utilisés nécessitent cependant d'appliquer de fortes pressions au moyens de dispositifs complexes et coûteux en énergie. De telles installations se révèlent en outre peu flexibles dans leur utilisation, tant dans la variété des déchets traités que dans celle des produits qui en sont extraits. Ainsi, elles sont dimensionnées pour traiter de grosses quantités de matière organique pour rester rentables. Elles s'adaptent difficilement aux variations du marché.

[0003] Selon les procédés mis en œuvre, des additifs doivent souvent être utilisés comprenant par exemple des catalyseurs ou d'autres réactifs chimiques, qui représentent un coût additionnel et des risques pour l'environnement.

[0004] De telles installations nécessitent en outre des compétences de pointe qui peuvent ne pas être aisément disponibles. Il résulte de ces contraintes que les installations actuellement en service peuvent difficilement être implantées à proximité des sources de déchets verts les plus délocalisées.

[0005] Il y a donc matière à développer des nouveaux procédés et dispositifs permettant une plus grande flexibilité dans leur emplacement géographique et dans la diversité des produits traités.

Bref résumé de l'invention

[0006] Un but de la présente invention est de proposer un dispositif ou une installation, adapté à la conversion de quantités variables de matière organique. En particulier, le dispositif ou l'installation selon la présente description vise à rester rentable avec des faibles quantités de biomasses, de l'ordre de quelques dizaines de kilogrammes jusqu'à quelques tonnes par jour.

[0007] Un autre but de la présente invention est de proposer un dispositif ou une installation permettant de traiter une plus grande variété de matière végétale et/ou d'ajuster les quantités et la nature des produits extraits en fonction des besoins du marché.

[0008] Un autre but de l'invention est de proposer un dispositif ou une installation de conversion de déchets verts pouvant être aisément délocalisé à proximité des points de collecte des matières végétales à convertir.

[0009] Un autre but de la présente invention est de proposer un dispositif ou une installation de conversion de déchets organique permettant d'extraire de ces déchets organique une variété de produits commercialisables, sans besoin d'ajouter d'additifs, de catalyseur ou de réactifs chimiques.

[0010] Un autre objectif de la présente invention est de proposer un dispositif ou une installation au moins partiellement automatisée et/ou pouvant être pilotée à distance.

[0011] Un autre but de la présente invention est de proposer une méthode flexible, peu coûteuse et délocalisable, de conversion de la biomasse en produits commercialisables.

[0012] Selon l'invention, ces buts sont atteints notamment au moyen de l'installation et de la méthode objet des revendications indépendantes et décrites plus en détails dans les revendications qui en dépendent.

[0013] Cette solution présente notamment l'avantage par rapport à l'art antérieur de traiter les matières organiques près de leur point de collecte et de limiter ainsi leur transport et leur éventuelle dégradation en produits indésirables. La présente solution présente en outre l'avantage d'une plus grande flexibilité dans les matières organiques traitées et dans la production des produits commercialisables, permettant ainsi une offre plus adéquates par rapport aux fluctuations du marché.

Brève description des figures

[0014] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures suivantes :

- Figure 1 : représentation schématique de l'installation selon un mode de réalisation de la présente invention,
- Figure 2: Représentation schématique plus détaillée de l'installation selon un mode de réalisation de la présente invention,

- Figure 3: Représentation schématique d'un exemple de réacteur utilisé dans l'installation selon un mode de réalisation de présente invention.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0015] La présente installation 1 est adaptée à la conversion de biomasse B en un ou plusieurs produits pouvant être valorisés sur les marchés. De tels produits incluent par exemple des liquides L1, L2, tels que des huiles organiques ou des composés hydrosolubles, des gaz G tels que le méthane ou le dioxyde de carbone, et des matières solides RS telles que du charbon végétal ou d'autres résidus issus de la dessiccation ou de la pyrolyse de la biomasse B. Les liquides L1, L2 comprennent par exemple l'acide pyroligneux, souvent désigné par le vinaigre de bois. L'acide pyroligneux est lui-même un mélange de multiples composés ou classes de composés tels que des furanes, des pyranes, des carboxaldéhydes, des sucres, des esters d'alkyl et d'aryle, des catéchols, des phénols, des dérivés syringyls ou guaiacyls, des dérivés de vanilline, divers acides carboxyliques et autres composés chimiques. Ces produits peuvent résulter de l'action de précurseurs polymériques initiant le clivage des liaisons chimiques lors du procédé ici décrit. Les gaz G sont de composition variable, en fonction de la biomasse traitée et/ou des conditions de conversion. Ils comprennent majoritairement du dioxyde de carbone CO₂, du monoxyde de carbone CO ainsi que leur mélange. Les gaz G peuvent en outre comprendre d'autres éléments tels que le méthane CH₄, l'hydrogène H₂ et/ou des traces de composés organiques volatiles. Les gaz résultant de la conversion de la biomasse sont communément désignés par le terme „syngas“ ou gaz de synthèse.

[0016] Alternativement ou en plus, des transformations chimiques peuvent s'opérer dans les conditions de la présente méthode pour donner lieu à de nouveaux produits, lesquels peuvent également être valorisés sur le marché.

[0017] L'installation 1 permet de séparer les liquides L1, L2 des gaz G et des résidus solides RS de manière concomitante, de sorte à récupérer ces différentes catégories de produits en une seule opération. Le terme concomitante doit ici être compris comme désignant des étapes effectuées en parallèle, durant une même période. Les liquides L1, L2, ou les gaz G ou les résidus solides RS peuvent en outre subir une ou plusieurs autres opérations de séparation de sorte à en récupérer des composants uniques ou des fractions de mélanges plus restreintes. Ces opérations subséquentes de séparation de produits au sein d'une même classe de produits, par exemple les liquides L1, L2 peuvent également être effectuées de manière continue lors d'une seule étape de procédé.

[0018] Les différents produits obtenus ont des applications très variées. Ils peuvent être utilisés par exemple comme produits pharmaceutiques, comme produits agroalimentaires, ou comme matière première pour la confection d'autres produits à haute valeur ajoutée. Les propriétés de tels produits incluent des propriétés d'anti-oxydants, d'anti-microbiens, d'anti-inflammatoires, d'engrais, de coagulant et de pesticide.

[0019] La biomasse B désigne toute matière végétale, qu'elle soit naturelle ou issue de l'agriculture. De préférence la biomasse utilisée pour les besoins de la présente invention désigne des matières végétales non comestibles pour l'homme, et avantageusement non comestible pour les animaux d'élevage. De préférence la biomasse B utilisée selon la présente description désigne une biomasse de seconde génération, résultant d'activités de défrichement, de nettoyage, d'entretien de zones végétalisées, urbaines, agricoles ou forestières. Ainsi, la biomasse B n'est pas prélevée ou produite aux fins exclusives du procédé ici décrit, mais ne consiste qu'en un sous-produit qui ne trouverait autrement aucune autre application. La composition de la biomasse B peut donc varier en fonction de sa localisation géographique, de son origine naturelle ou agricole, de la saison ou de multiples autres paramètres. La biomasse B comprend avantageusement des composants de type lignocellulosiques, incluant la lignine, la cellulose, et l'hémicellulose. De préférence la biomasse B est riche en molécules organiques telles que biopolymères, huiles résines ou tannins. De préférence, la biomasse B est pauvre en humidité, en cendres ou composés minéraux, et en hétéroatomes tels que oxygène, azote, soufre et phosphore.

[0020] Selon un mode de réalisation, la biomasse B comprend ou consiste en de la paille, dont le degré d'humidité est inférieur à 15% et la teneur en cendre est inférieur à 10%.

[0021] L'installation 1 selon la présente description permet d'adapter les conditions du procédé de manière à moduler la quantité et/ou la qualité des différents produits contenus dans la biomasse B et de répondre ainsi au mieux aux besoins du marché, qui peuvent fluctuer rapidement.

[0022] L'installation 1 selon la présente description comprend une unité de conversion 10 permettant de convertir la biomasse en ses produits ou classes de produits mentionnés ci-dessus. L'unité de conversion 10 comprend à cet effet une cuve de conversion 13 ou tout autre conteneur adapté à recueillir un contenu à traiter ou à convertir. La cuve de conversion 13 est de préférence pourvue d'au moins un dispositif de chargement 12 de la biomasse B. Le dispositif de chargement 12 permet ainsi de charger la cuve de conversion de manière mécanique en fonction des besoins. Le dispositif de chargement 12 peut prendre la forme de tout dispositif adéquat tel qu'un tapis roulant, une vis sans fin, un système de godets, ou tout équivalent. De préférence, le dispositif de chargement 12 est adapté à transférer des quantités variables de biomasse B. En l'occurrence, s'il s'agit de tapis roulant ou de vis sans fin ou de tout autre dispositif de chargement en continu, la vitesse de rotation ou de translation peut être adaptée à la demande de sorte à convoyer des quantités de biomasse B comprises entre quelques dizaines de kilogrammes et plusieurs tonnes par jours. S'il s'agit de godets de chargement, la taille, le nombre ou la fréquence des godets peuvent être adaptées en fonction des besoins.

Alternativement, plusieurs dispositifs de chargement 12 indépendants peuvent être prévus et activables sur demande, pour permettre une meilleure adaptation des quantités de biomasse B traitée.

[0023] Selon un mode de réalisation, la biomasse B transférée dans l'unité de conversion peut être brute, c'est-à-dire sans traitement préalable. Les plus gros éléments peuvent tout au plus avoir été grossièrement découpés pour permettre le chargement dans la cuve de conversion 13.

[0024] Selon un autre mode de réalisation, la biomasse B peut avoir subi un ou plusieurs traitements avant d'être chargée dans l'unité de conversion 10. Elle peut par exemple avoir subi un pré-séchage à l'air libre ou dans un environnement thermorégulé, avoir été triée et/ou avoir été nettoyée. Par exemple, les feuillages peuvent avoir été séparés des parties ligneuses.

[0025] Le dispositif de chargement 12 comporte de préférence un dispositif de dosage 11, permettant de contrôler le débit de biomasse B transférée dans la cuve de conversion 13. Selon un mode de réalisation, le dispositif de dosage 11 est intégré au dispositif de chargement 12. Dans le cas où le dispositif de chargement 12 est un tapis roulant, une vis sans fin ou tout autre dispositif de chargement en continu, le dispositif de dosage 11 peut prendre la forme d'un régulateur permettant de contrôler la vitesse de rotation ou de translation de tels dispositifs de sorte à doser les quantités de biomasse B transférées. Alternativement ou en plus, un système d'avancement pas-à-pas peut être prévu. Alternativement, le dispositif de dosage 11 peut être un dispositif intermédiaire permettant de collecter une quantité prédéterminée de biomasse B depuis le dispositif de chargement 12 avant de la transférer dans la cuve de conversion 13. Tout autre dispositif de dosage adéquat peut être envisagé selon les situations.

[0026] La cuve de conversion 13 est à pression atmosphérique, c'est-à-dire, qu'elle ne comporte aucun système de pressurisation active. Néanmoins, la cuve de conversion 13 est fermée de sorte à rester hermétique à l'air ambiant et en particulier à l'oxygène. Des valves de sécurité, non représentées, peuvent être prévues pour éviter les surpressions lors de la transformation de la biomasse B sans pour autant laisser de l'air pénétrer dans la cuve de conversion 13.

[0027] Lors de son chargement et/ou en amont de son chargement, la biomasse B est conditionnée dans un environnement anaérobie de sorte à limiter ou éviter toute présence d'oxygène gazeux. Selon un mode de réalisation, le chargement de la biomasse B traverse un sas sous atmosphère inerte telle que de l'azote. Alternativement, l'environnement est dépressurisé pour en retirer l'atmosphère. Alternativement, les gaz G issus du procédé de conversion, ou une fraction de ces gaz, en particulier le dioxyde de carbone CO₂, sont utilisés pour maintenir la biomasse sous une atmosphère non oxygénée avant sa conversion. D'autres moyens connus, ainsi que leur combinaison, peuvent être mis en œuvre pour maintenir la biomasse B dans un tel environnement anaérobie.

[0028] L'unité de conversion 10 comprend en outre au moins un dispositif de circulation 14 permettant de mettre en circulation la biomasse B dans une boucle de circulation BC. Un dispositif de circulation 14 selon la présente description désigne tout moyen adéquat pour mettre en circulation un mélange fluide dans un circuit, tel qu'une turbine, un rotor, une pompe ou tout équivalent. Un exemple de dispositif de circulation 14 est décrit plus en détails plus loin.

[0029] Une boucle de circulation BC désigne un circuit comprenant le dispositif de mise en circulation 14, comprenant au moins une entrée 15 permettant d'accepter la biomasse B et au moins une sortie 16 permettant d'éjecter la biomasse B. Une boucle de circulation peut en outre comprendre une ou plusieurs dérivations permettant de rediriger le ou les fluides en circulation. Une entrée 15 est disposée à l'intérieur de la cuve de conversion 13. Une sortie 16 est également disposée à l'intérieur de la cuve de conversion 13. Le reste du circuit constituant une boucle de circulation BC peut être extérieur à la cuve de conversion 13, ou bien à l'intérieur de la cuve de conversion 13, ou bien partiellement à l'intérieur et partiellement à l'extérieur à la cuve de conversion 13. Selon un mode de réalisation, le dispositif de mise en circulation 14 est externe à la cuve de conversion et le reste du circuit comprenant une entrée 15 et une sortie 16 est disposé dans la cuve de conversion 13. Selon une telle disposition, la température de la biomasse B, sous forme d'un mélange de conversion MC circulant dans la boucle de circulation BC peut être maintenue proche ou égale à la température du mélange de conversion MC présent dans la cuve de conversion 13. La longueur de la boucle de circulation BC est variable. Elle est par exemple déterminée pour permettre une accélération suffisante du mélange de conversion MC avant son éjection par la sortie 16. D'autres paramètres peuvent être considérés pour déterminer la longueur de la boucle de circulation BC.

[0030] La boucle de circulation BC peut par exemple comprendre plusieurs spires incluses dans la cuve de conversion 13.

[0031] Alternativement, la boucle de circulation BC peut être logée dans une double paroi de la cuve de conversion 13 de sorte à bénéficier de sa température sans être immergée dans le mélange présent dans la cuve 13.

[0032] D'autres arrangements peuvent être envisagés en fonction des besoins.

[0033] Selon un mode de réalisation, la boucle de circulation BC comprend une seule sortie 16 de sorte que le mélange de conversion est précisément éjecté dans la cuve de conversion 13 à une position prédéterminée. Alternativement, la boucle de circulation BC comprend plusieurs sorties 16 disposées dans la cuve de conversion 13, de sorte à disperser le mélange de conversion MC à l'intérieur de la cuve de conversion 13.

[0034] La ou les sorties 16 de la boucle de circulation BC peuvent être conçues de sorte à augmenter la pression du mélange de conversion MC au niveau de cette ou de ces sorties, qui font alors office d'injecteurs. La vitesse d'éjection du mélange de conversion MC est ainsi accrue et permet de produire une force mécanique au sein du mélange de conversion

MC présent dans la cuve de conversion 13 résultant en une homogénéisation du mélange de conversion au sein de la cuve de conversion 13, tant du point de vue de sa composition que de sa température. En outre, la vitesse d'éjection du mélange de conversion par la ou les sorties 16 de la boucle de circulation BC accroît la pression localement au sein du mélange de conversion 13. Cette disposition permet ainsi de s'affranchir d'un système complexe et coûteux pour une pressurisation globale. La vitesse d'éjection du mélange de conversion MC par la ou les sorties 16 peut être modulée par exemple au moyen de la forme et/ou le diamètre de la ou des sorties 16, ou au moyen de du dispositif de mise en circulation 14. Selon un mode de réalisation, la ou les sorties peuvent être pourvue de vannes de diamètre modulable ou de diaphragme permettant d'adapter la surface d'ouverture entre des valeurs limites, telles que entre 0% et 100% de l'ouverture disponible. La pression localement obtenue dans le mélange en conversion MC peut alors être facilement adaptée selon les besoins. La pression du mélange de conversion MC peut être par exemple augmentée d'un facteur de l'ordre de 3 à 10 ou plus. Localement, la pression du mélange de conversion peut être ainsi de l'ordre de 5, 8, 10 ou 12 bars. Les dispositions décrites ci-dessus n'interdisent pas de plus faibles accroissements de pression, d'un facteur compris entre 1 et 4, ou de l'ordre de 1, 2 ou 3. Le facteur se comprend ici comme une valeur multiplicative d'une pression de référence, laquelle peut être la pression atmosphérique locale, ou une pression de 1 bar ou de 1 atmosphère.

[0035] Une boucle de circulation donnée peut contenir plus d'un dispositif de mise en circulation 14. Selon un mode de réalisation plusieurs dispositifs de mise en circulation 14, identiques ou différents peuvent être disposés en série le long de la boucle de circulation BC. Alternativement un dispositif de mise en circulation 14 peut contenir plusieurs étages.

[0036] Selon un mode de réalisation, l'installation 1 selon la présente description comporte plusieurs boucles de circulation BC, pouvant avoir chacune un ou plusieurs dispositifs de mise en circulation dédiés 14. Alternativement ou en plus, un dispositif de mise en circulation 14 peut être commun à plusieurs boucles de circulation BC.

[0037] Une boucle de circulation BC selon la présente description permet de faire circuler un fluide tel qu'un fluide vecteur FV, décrit plus en détails plus loin. Le fluide vecteur FV peut être mis en circulation seul dans une boucle de circulation BC, par exemple pour le porter à une température de conversion TC ou pour le préchauffer à une température intermédiaire avant d'initier le procédé de conversion, ou pour remplir la cuve de conversion 13 à un niveau prédéterminé avant ou pendant le procédé, ou pour nettoyer le circuit en fin de procédé ou pour toute autre raison. Une boucle de circulation BC est cependant particulièrement adaptée pour faire circuler la biomasse B suspendue dans le fluide vecteur FV, formant ensemble un mélange de conversion MC lors du processus de conversion.

[0038] L'installation selon la présente description comporte une unité de récupération de liquides 20, adaptée pour collecter les vapeurs issues de la cuve de conversion 13 lors du processus de conversion, et pour les condenser en au moins un liquide L1, voire deux liquides distincts L1, L2 ou plus de deux liquides. Selon un mode de réalisation, l'installation 1 selon la présente description comporte un collecteur de gaz 18 disposé en aval de l'unité de conversion 10 et adapté à la collecte des gaz issus de la cuve de conversion 13. Le collecteur de gaz 18 permet de conduire les gaz vers au moins une première unité de condensation 21 comportant un premier condenseur 21a et un premier collecteur 21b destiné à stocker un premier liquide L1 condensé. L'unité de récupération des liquides 20 comprend avantageusement une seconde unité de condensation 22, comprenant un second condenseur 22a et un second collecteur 22b adapté à la collecte d'un second liquide L2. La seconde unité de condensation 22 peut être disposée en aval de la première unité de condensation 21 de sorte à condenser les gaz non encore condensés lors de leur passage dans la première unité de condensation 21. La température de la seconde unité de condensation peut être inférieure à celle de la première unité de condensation 21 si les gaz transitent naturellement sans autre traitement thermique.

[0039] Selon un mode de réalisation, les gaz sont collectés et condensés sans traitement thermique dès leur sortie de la cuve de conversion 13. Alternativement, l'une ou plusieurs des unités de condensations 21, 22 peut être thermostatée de sorte à moduler leur température et ainsi modifier la nature des liquides collectés L1, L2.

[0040] Selon un mode de réalisation, les première et seconde unités de condensation 21, 22 peuvent être disposées en parallèle, alimentées par différents collecteurs de gaz 18 et maintenues à des températures différentes.

[0041] L'unité de récupération des liquides 20 peut comprendre plus de deux unités de condensation selon les besoins. Les liquides condensés L1, L2 peuvent avoir des compositions variables selon les températures appliquées au procédé de conversion et/ou les températures des unités de condensation 21, 22, la nature de la biomasse B, les conditions de circulation de la biomasse et d'autres facteurs.

[0042] Les gaz non condensés après leur passage dans la ou les unités de condensation peuvent être collectés et stockés sous forme de gaz commercialisable G. Par exemple, le méthane, qui restera à l'état gazeux dans les conditions du procédé, peut ainsi être récupéré. Selon la nature des gaz récupéré G, ils peuvent être utilisés comme combustible ou pour d'autres applications industrielles.

[0043] Selon un mode de réalisation, l'unité de récupération des liquides 20 peut comprendre un ou plusieurs brûleurs 23 adaptés à la combustion des gaz non condensés ou une partie de ces gaz. Avantagusement, l'énergie produite par la combustion de ces gaz peut être exploitée. Par exemple, une partie de l'énergie ainsi produite ou sa totalité peut être utilisée dans la mise en œuvre du procédé de la présente description, notamment pour le chauffage ou le préchauffage du mélange de conversion MC ou du liquide vecteur LV.

[0044] L'activation du dispositif de mise en circulation 14, lorsque la température de conversion TC est atteinte, permet de convertir la biomasse B selon un processus continu, lors duquel les gaz sont collectés et condensés en une ou plusieurs fractions liquides dans l'unité de récupération des liquides 20. Le chargement de biomasse B via le dispositif de chargement 12 et le dispositif de dosage 11, le cas échéant, peut également être opéré en continu. Le mélange de conversion MC, contenant la biomasse B à convertir, circule ainsi de sorte à convertir en continu la biomasse B en ses produits liquides et gazeux à extraire. Le temps de résidence des composés les plus volatiles dans la cuve de conversion 13 peut être déterminé grâce aux paramètres du procédé, tels que la vitesse de circulation du mélange de conversion. Les produits les moins volatiles peuvent rester sous forme solide et s'accumuler dans le mélange de conversion MC.

[0045] Selon un mode de réalisation le temps de résidence des composés volatiles est inférieur à 10, ou 8 ou 5 ou 3 minutes. De préférence, le temps de résidence des produits les moins volatile ou des résidus solides est compris entre quelques minutes tel que 15 minutes et une heure, soit de l'ordre de 1 heure, ou $\frac{3}{4}$ d'heure, ou 30 minutes ou 20 minutes, ou 15 minutes.

[0046] L'installation 1 selon la présente description comporte en outre une unité de filtration 30, adaptée à récupérer les résidus solides issus du procédé de conversion ici décrit. L'unité de filtration 30 comporte au moins un dispositif de filtration 31. Un tel dispositif de filtration 31 permet de séparer les résidus solides RS du liquide vecteur LV dans lequel ils sont suspendus. Les résidus solides RS sont ceux qui subsistent après évaporation des substances les plus volatiles dans les conditions du procédé. Les résidus solides RS peuvent circuler dans la boucle de circulation BC pendant un temps variable. Alternativement, les résidus solides RS sont maintenus dans la cuve de conversion 13, par exemple par sédimentation, avant d'être transférés dans l'unité de filtration 30.

[0047] Selon un mode de réalisation, la boucle de circulation BC comprend au moins une dérivation 17, adaptée pour extraire une partie du mélange de conversion MC vers l'unité de filtration 30. Le circuit de dérivation 17 peut être mis en service au moyen d'une ou plusieurs vannes de dérivation 170. Alternativement ou en plus, la cuve de conversion 13 comporte une vidange permettant de collecter le mélange de conversion directement dans la cuve de conversion 13 pour le transférer dans l'unité de filtration 30.

[0048] Un dispositif de filtration 31 selon la présente invention peut comporter une ou plusieurs surfaces poreuses de filtration, dont la porosité peut être adaptée en fonction des besoins. Des surfaces de filtration de porosités différents peuvent être agencées en parallèle de sorte à adapter la nature du ou des résidus solides à obtenir. Alternativement, plusieurs surfaces de porosité décroissante peuvent être arrangées en série de sorte à filtrer au mieux l'intégralité des résidus solides. Le fluide vecteur FV peut ainsi être récupéré sans contamination ou avec une contamination minimale. La filtration du ou des résidus solides RS peut être effectuée à pression atmosphérique, par simple gravité. Alternativement, un système de pressurisation en amont et/ou de dépressurisation en aval de la ou des surfaces de filtration, peuvent être envisagés.

[0049] Selon un mode de réalisation, le fluide vecteur FV ou une portion du fluide vecteur issu de la filtration est renvoyé vers la boucle de circulation BC via une conduite adaptée 32. La filtration s'opère avantageusement en parallèle du processus de conversion de la biomasse dans l'unité de conversion 10.

[0050] Alternativement, le fluide vecteur FV issu de la filtration peut être stocké à part pour une utilisation ultérieure ou pour un traitement supplémentaire tel qu'un rinçage ou un nettoyage.

[0051] Selon un mode de réalisation, l'unité de filtration 30 comporte un ou plusieurs réservoirs de solvants 35, adaptés pour rincer le ou les résidus solides RS lors de la filtration. Le ou les solvants permettent en particulier de débarrasser les résidus solides RS des restes de fluide vecteur FV dans lequel la biomasse B était initialement suspendue. Le fluide vecteur FV potentiellement mélangé à un solvant peut être transféré dans un séparateur 36 de sorte à être récupéré propre dans un réservoir de fluide vecteur 37 avant d'être remis en circulation dans le procédé de conversion de la biomasse. Selon un mode de réalisation, plusieurs étapes successives peuvent être mises en œuvre dans la filtration. Par exemple, une première étape peut consister en la récupération du fluide vecteur FV, qui peut être directement remis en circulation pour le procédé de conversion. Une seconde étape peut comprendre un rinçage du résidu solide RS capté au moyen d'un ou plusieurs solvants et la récupération des fluides utilisés pour en séparer les restes de fluides vecteurs et les solvant.

[0052] L'installation comprend tous les moyens nécessaires au transit des matières telle que une ou plusieurs pompes 34, d'éventuels ventilateurs, turbines, vannes et autres accessoires.

[0053] L'installation 1 selon la présente invention comporte un système de thermorégulation, en particulier un système de chauffage permettant de mettre au moins le fluide vecteur FV à une température adéquate pour le procédé de conversion. Avantageusement, le système de thermorégulation permet de maintenir le mélange de conversion MC à la température adéquate durant tout le processus de conversion, et dans tout le circuit, en particulier la boucle de circulation BC et la cuve de conversion 13. Selon un mode de réalisation, le système de thermorégulation est associé à la cuve de conversion 13, de sorte que le fluide de conversion FV présent dans la cuve de conversion puisse être porté à une température adéquate avant le démarrage de la conversion. Lorsque la biomasse B est ajoutée dans la cuve de conversion 13 pour former le mélange de conversion MC, la température de la cuve de conversion 13 est maîtrisée par le système de thermorégulation.

[0054] Selon un mode de réalisation, la boucle de circulation BC, ou une partie de la boucle de circulation BC est associée au système de thermorégulation, de sorte à porter et maintenir le fluide vecteur FV à une température adéquate durant sa circulation.

[0055] Selon un mode de réalisation, différentes portions de l'installation peuvent être thermorégulées à des températures différentes. Par exemple, la boucle de circulation BC peut être portée à une température inférieure à celle de la cuve de conversion 13 de sorte que la conversion s'opère essentiellement au sein de la cuve de conversion 13.

[0056] Selon un mode de réalisation, la température de l'installation peut être modulée en fonction des conditions du procédé de conversion. Elle peut en l'occurrence être augmentée ou diminuée en fonction d'un programme préétabli et/ou en fonction de données recueillies en temps réel. Le système de thermorégulation est en particulier adapté pour chauffer le fluide vecteur FV et/ou le mélange de conversion à des températures comprises entre 200°C et 400°C.

[0057] Selon un mode de réalisation la température de conversion est constante et de l'ordre de 310°C.

[0058] Le système de thermorégulation peut par exemple comporter un ou plusieurs brûleurs, ou une ou plusieurs résistances électriques, ou leur combinaison, disposés de sorte à chauffer directement le fluide vecteur FV et/ou le mélange de conversion MC. Alternativement, le système de thermorégulation peut comporter un circuit primaire indépendant, utilisé pour chauffer le fluide vecteur FV et/ou le mélange de conversion. Une partie ou la totalité de l'énergie utilisée par le système de thermorégulation peut provenir des gaz issus du procédé de conversion et brûlés via le brûleur 23. Alternativement ou en plus, le chauffage peut être produit via une source électrique, ou une autre source minérale telle que du fuel ou une source d'énergie renouvelable.

[0059] Les figures 3a et 3b représentent un dispositif de mise en circulation 14 selon un mode de réalisation de la présente invention. Le dispositif de mise en circulation 14 peut comporter un ensemble d'entraînement 140 comprenant un rotor 141 et un stator 142. La rotation du rotor via son axe d'entraînement 143 permet d'aspirer les fluides du circuit et de les mettre en circulation. Le rotor comporte à cet effet une tête d'entraînement 144 imbriquée dans une partie du stator 142. Les fluides du circuit, incluant le fluide vecteur FV et le mélange de conversion MC, sont ainsi forcés de passer entre la tête d'entraînement 144 et le stator 142. Selon un mode de réalisation, la tête d'entraînement 144 et/ou le stator 142 est pourvu de moyens d'entraînement tels que des pales, ou des reliefs adaptés à entraîner les fluides. Par exemple, la tête d'entraînement 144 peut prendre la forme d'un cylindre, ou d'un demi-cylindre dont la paroi est échancrée d'une ou plusieurs encoches formant des canaux de rotor 145. Alternativement ou en plus, le stator 142 peut prendre la forme d'un cylindre disposé de manière concentrique à la tête d'entraînement, dont la paroi est échancrée d'une ou plusieurs encoches formant des canaux de stator 146. Le nombre, la forme et la disposition des canaux de stator et de rotor peuvent être adaptées en fonction des besoins. Ils peuvent par exemple être orientés parallèlement à l'axe d'entraînement 143.

[0060] Outre l'effet d'entraînement des fluides, le dispositif de mise en circulation 14 est adapté pour conditionner la biomasse B en circulation en éléments de taille déterminée, telle que inférieure à 10 cm ou inférieure à 5 cm ou inférieure à 1 cm selon les besoins. La biomasse B est ainsi broyée lors du procédé de conversion, alors qu'elle est suspendue dans le fluide vecteur FV et mise en circulation dans l'installation 1. Selon un mode de réalisation, la biomasse B peut être chargée dans la cuve de conversion 13 sans broyage significatif préalable, pour autant qu'elle puisse passer dans la boucle de circulation BC via son entrée 15. Le dispositif de mise en circulation 14 est adapté pour dimensionner les éléments de la biomasse B en circulation. Par exemple, les canaux de stator 146 et/ou de rotor 145 peuvent être dimensionnés en conséquence. Les plus gros éléments de la biomasse B se trouvent ainsi cisailés lors de leur entraînement. Alternativement ou en plus, un espace adéquat est ménagé entre la tête d'entraînement 144 et le stator 142.

[0061] Selon un mode de réalisation, plusieurs dispositifs de mise en circulation 14 sont disposés en série de sorte à morceler la biomasse en éléments de plus en plus fins. Selon un autre mode de réalisation, un dispositif de mise en circulation 14 selon la présente invention comporte plusieurs étages, c'est-à-dire plusieurs rotors et plusieurs stators permettant d'augmenter l'efficacité du broyage.

[0062] Les caractéristiques du ou des dispositifs de mise en circulation 14, telles que la distance d, la forme et les dimensions des canaux de rotor et de stator, peuvent être adaptées de sorte à moduler la taille des éléments de biomasse B en fonction de paramètres tels que la nature de la biomasse B, la nature et/ou la proportion du premier liquide L1, le cas échéant la nature et/ou la proportion du second liquide L2 à obtenir, la nature du fluide vecteur FV et la température du fluide vecteur FV.

[0063] Le ou les rotors 141 peuvent être entraînés au moyen de tout dispositif adéquat, en l'occurrence de moteur électriques pouvant être alimentés par le secteur ou via une génératrice, ou de moteurs thermiques autonomes.

[0064] Une quantité de fluide vecteur adaptée est mise en circulation dans l'installation. Le fluide vecteur FV peut être stocké dans un réservoir de fluide vecteur 37 et transféré dans le ou les circuit de conversion, incluant la cuve de conversion 13 et la ou les boucles de circulation BC. Les quantités de fluide vecteur FV mis en circulation peuvent ainsi être aisément adaptées en fonction des besoins.

[0065] Selon un mode de réalisation, plusieurs fluides vecteurs FV sont indépendamment stockés dans des réservoirs et utilisables en fonction des besoins.

[0066] Un fluide vecteur FV selon la présente description désigne tout fluide qui reste liquide, stable et non volatile aux températures du procédé mis en œuvre. De tels fluides vecteurs comprennent avantageusement des molécules de poids moléculaire élevé tout en restant suffisamment fluide pour être mis en circulation facilement dans les conditions du procédé. Les molécules comprises ou constituant de tels fluides vecteurs FV est typiquement compris entre 250 et 5000 Da. Leur viscosité est avantageusement comprise entre 1 et 1000 cp à 0°C. Leur température d'ébullition est de préférence supérieure à 350°C sous 1 bar. Les fluides vecteurs FV peuvent rester sous forme liquide ou prendre la forme d'un fluide supercritique dans les conditions du procédé. Les molécules des fluides vecteurs sont de préférence non réactives, en particulier non oxydables. Les fluides vecteurs FV peuvent être sélectionnés parmi une huile minérale comprenant un ou plusieurs hydrocarbures aliphatiques, un ou plusieurs hydrocarbures aromatiques ou leur combinaison, une huile silicone, un liquide ionique, un sel fondu, une huile végétale, une huile végétale chimiquement transformée, une huile synthétique, en particulier lorsqu'elle émane de précurseurs renouvelables, ou leur combinaison. Selon un mode de réalisation, le fluide vecteur FV peut comporter un ou plusieurs composés issus d'un processus de conversion de la biomasse tel que le procédé ici-décrit. Alternativement ou en plus, une partie ou la totalité des composés organiques du fluide vecteur FV résultent d'huiles végétales modifiées par des procédés de transformation durable basés par exemple sur des matières premières renouvelables ou issue du recyclage de déchets.

[0067] Selon un mode de réalisation les fluides vecteurs FV selon la présente invention comprennent ou consistent en un mélange d'alcanes linéaires ou ramifiés ayant un poids moléculaire compris entre 250 et 500 g/mol, un point d'ébullition initial supérieur à 350°C sous 1 atmosphère et une viscosité inférieure à 500 cp à 0°C.

[0068] De préférence, les fluides vecteurs sont dépourvus de catalyseur, d'aditif et de réactifs chimiques. De préférence, le procédé selon la présente invention est mis en œuvre sans l'ajout de tels additifs.

[0069] L'installation 1 selon la présente invention comprend en outre au moins un capteur, de préférence un ensemble de capteurs 210, 220, 130, 150, 300 permettant de suivre les conditions du procédé en temps réel. De tels capteurs peuvent être sélectionnés parmi un capteur de température, un capteur de pression, un débitmètre, un viscosimètre, ou d'autres capteurs jugés nécessaires. Par exemple, la cuve de conversion 13 peut être pourvue d'un ou plusieurs capteurs de pression et/ou un ou plusieurs capteurs de température. Les réservoirs de récupération des liquides peuvent être équipés de capteur de pH, ou de moyens permettant de déterminer un développement bactérien, ou des capteurs de turbidité ou de transparence. Les flux de gaz peuvent être analysés en ligne par exemple au moyen de spectromètres infrarouges ou d'autres moyens d'analyse en ligne. Les unités de condensations peuvent alternativement ou en plus être pourvues de capteurs de température et/ou de pression et/ou de capteurs de gaz. La boucle de circulation BC peut également être pourvue de viscosimètre, de capteur de pression interne au circuit et/ou de capteur de température. L'unité de filtration 30 peut alternativement ou en plus comprendre un capteur de pression au niveau du dispositif de filtration 31 si des pressions sont requises pour la filtration. Des jauges peuvent être prévues dans les différents réservoirs, notamment dans le ou les réservoirs de fluide vecteur FV, se sorte à déterminer leur quantité ou les quantités mises en œuvre dans le procédé. Les capteurs de pression peuvent être utilisés à des fins de pesée, par exemple pour déterminer les quantités de biomasse ou d'autres produits du procédé. Des capteurs de position de différents organes tels que des vannes, incluant la vanne de dératisation 170, des clapets, du ou des rotors peuvent en outre être envisagés. Les moyens de détection ici-décrits permettent en particulier de déterminer en temps réel la présence et/ou la qualité des produits impliqués dans, et résultant du procédé de conversion. Les paramètres du procédés peuvent alors être adaptés en conséquence durant la conversion de la biomasse. Cela n'exclut pas que d'autres moyens de caractérisation puissent être mis en œuvre, par exemple via l'échantillonnage des produits et leur analyse différée dans un laboratoire, par exemple à des fins de contrôle de qualité ou de recherche et développement.

[0070] L'installation 1 selon la présente invention comporte une unité de pilotage (non représentée) permettant de piloter au moins l'un des différents organes de l'installation parmi le ou les dispositifs de chargement 12, le dispositif de dosage 11, le ou les dispositifs de circulation 14, unité de filtration 30, la ou les pompes 34, la vanne de dérivation 17 et d'autres organes utiles. L'unité de pilotage peut permettre à un ou plusieurs agents de piloter l'installation. Alternativement ou en plus l'unité de pilotage peut être adaptée pour recevoir les données en temps réels d'un ou plusieurs capteurs intégrés à l'installation 1 et d'initier une ou plusieurs commandes de pilotages de manière automatique en réponse aux valeurs reçues. L'unité de pilotage selon la présente description peut prendre la forme d'un automate programmable industriel adéquat, couramment désigné par le terme de PLC (Programmable Logic Controller) comprenant les programmes de contrôle et interface d'utilisation dédiés.

[0071] Alternativement ou en plus, l'installation 1 est pourvue de moyens de communication permettant de transmettre à distance au moins une partie des informations relatives aux données mesurées par un ou plusieurs capteurs. L'installation peut être pilotée à distance sur la base des données reçues.

[0072] Selon un mode de réalisation, l'installation comprenant en outre un module d'intelligence artificielle et/ou de deep learning permettant de déterminer ou d'ajuster les paramètres de l'installation et/ou du procédé de conversion en fonction des besoins.

[0073] La présente description couvre en outre une méthode de conversion d'une biomasse B en un ou plusieurs des produits mentionnés plus haut. En l'occurrence la méthode comporte une étape E1 d'introduire une quantité d'un fluide vecteur FV dans une cuve de conversion 13 d'une installation de conversion telle que celle décrite plus haut. En particulier,

la cuve de conversion 13 est à pression atmosphérique et ne nécessite aucune pressurisation particulière. Les quantités de fluide vecteur FV peuvent être introduites depuis un réservoir de fluide vecteur 37 via une conduite adéquate. Le volume de fluide vecteur peut être prédéterminé en fonction des besoins et/ou ajusté lors du procédé de conversion. Le fluide vecteur peut circuler à travers une boucle de circulation BC ou bien être introduit directement dans la cuve de conversion 13. Selon un mode de réalisation, le fluide vecteur FV est introduit à température ambiante dans la cuve de conversion 13. Alternativement le fluide vecteur FV est porté à une température prédéterminée, correspondant à la température de conversion TC nécessaire à la conversion de la biomasse B ou à une température intermédiaire de préchauffage.

[0074] La méthode selon la présente invention comporte une étape E2 d'introduire de la biomasse B dans la cuve de conversion 13. Les conditions anaérobies sont maintenues de sorte éviter ou limiter la présence d'oxygène dans la cuve de conversion 13. La biomasse B peut être ajoutée dans la cuve vide, avant le transfert du fluide vecteur FV. Alternativement, le fluide vecteur FV est introduit dans la cuve de conversion 13 avant que la biomasse B y soit introduite. La biomasse B une fois mélangée au fluide vecteur FV produit un mélange de conversion MC. La quantité de biomasse B introduite dans la cuve de conversion 13 peut être calibrée en fonction des besoins, notamment au moins du dispositif de dosage 11. Selon un mode de réalisation, le chargement de la biomasse B dans la cuve de conversion 13 est séquentiel. Selon un autre mode de réalisation, le chargement de la biomasse B dans la cuve de conversion 13 est continu.

[0075] La présente méthode comporte une étape E3 de porter l'un ou plusieurs du mélange de conversion MC et du fluide vecteur FV à une température prédéterminée. Selon un mode de réalisation, le fluide vecteur est porté à une température de conversion TC ou à une température intermédiaire avant que la biomasse B ne soit introduite dans la cuve de conversion. Selon un autre mode de réalisation, la biomasse B est ajoutée dans le fluide vecteur de sorte à produire un mélange de conversion MC, lequel est porté à une température prédéterminée, pouvant être une température de conversion TC ou une température intermédiaire. Selon un mode de réalisation un profil de température en fonction du temps est appliqué de sorte à faire varier la température au cours du procédé de conversion. De préférence, la température de conversion TC est déterminée dans une plage comprise entre 200°C et 400°C.

[0076] La présente méthode comporte une étape E4 de mettre en circulation le mélange de conversion MC pendant une durée prédéterminée. La mise en circulation s'effectue au moyen d'un ou plusieurs dispositifs de mise en circulation 14 tels décrit plus haut. De préférence, la mise en circulation est accompagnée du broyage concomitant de la biomasse B en des éléments de taille calibrée comme décrit plus haut. La mise en circulation du mélange de conversion peut être effectué à une vitesse contrôlée de sorte à maîtriser les temps de résidence de la biomasse dans la cuve de conversion 13 et/ou la pression locale obtenue par l'éjection du mélange de conversion MC. Le mélange de conversion MC est mis en circulation dans au moins une boucle de circulation BC depuis une ou plusieurs entrées 15 jusqu'à une ou plusieurs sorties 16. Le mélange de conversion MC peut être mis en circulation pendant une durée de conversion DC prédéterminée ou évaluée en temps réel en fonction des conditions du procédé.

[0077] La présente méthode comporte une étape E5 de condenser au moins un des gaz issus de la cuve de conversion de sorte à obtenir un ou plusieurs liquides, comprenant au moins un premier liquide L1. La condensation du ou des gaz s'effectue de manière continue alors que le mélange de conversion circule dans la boucle de conversion et à travers la cuve de conversion 13. La condensation des gaz s'effectue dans les conditions de pression du procédé, c'est-à-dire sans pressurisation ni dépressurisation. Selon un mode de réalisation, un premier L1 et un second L2 liquides sont obtenus par condensation fractionnée des gaz issus de la cuve de conversion. Le second liquide L2 peut avoir une température d'évaporation inférieure au premier liquide L1. Les proportions et/ou les quantités des premiers L1 et second L2 liquides peuvent être déterminées en ajustant l'un ou plusieurs des paramètres parmi la température de conversion TC, la durée de conversion DC, la taille des éléments de la biomasse B, la nature du fluide vecteur FV, le débit du mélange de conversion MC et la nature de la biomasse B. D'autres paramètres peuvent être considérés selon les besoins.

[0078] La méthode selon la présente description comprend éventuellement une étape E6 de stopper l'introduction de biomasse dans la cuve de conversion 13 après la durée de conversion DC.

[0079] La présente méthode comprend une étape E7 d'extraire une partie ou l'intégralité du mélange de conversion MC de la boucle de circulation vers une unité de filtration 30. De la sorte les résidus solide en suspension dans le mélange de conversion MC peuvent être soustraits du procédé en cours. L'extraction du mélange de conversion peut se faire au moyen d'une ou plusieurs vannes de dérivation 17, avantageusement pilotée de manière automatisée et/ou à distance, mais pouvant alternativement ou en plus être actionnée manuellement. Les quantités de mélange de conversion ainsi prélevé de la boucle de circulation peuvent être déterminées sur la base de paramètres tels que la durée de résidence du mélange de conversion MC dans la boucle de circulation, la viscosité du mélange de conversion, une valeur de turbidité le cas échéant, la nature des gaz collectés ou des liquides condensés, déterminés par exemple via leur température de condensation ou tout autre paramètre jugé pertinent. Alternativement ou en plus, le prélèvement d'une partie du mélange de conversion peut être effectué après une durée de conversion DC prédéterminée.

[0080] Selon un mode de réalisation alternatif, le mélange de conversion peut être extrait directement de la cuve de conversion, par exemple depuis une partie inférieure propre à recueillir d'éventuels éléments sédimentés.

[0081] L'extraction du mélange de conversion MC par la ou les vannes de dérivation 17, ou par la cuve de conversion, peut nécessiter l'interruption du chargement de biomasse dans la cuve. Alternativement, la présente méthode peut être adaptée

pour maintenir le chargement de biomasse dans la cuve pendant l'extraction d'une partie du mélange de conversion, de sorte que l'intégralité du procédé puisse être opéré de manière continue.

[0082] La méthode comporte une étape E8 de filtrer le mélange de conversion MC dérivé. La filtration du mélange de conversion, ou certaines étapes de la filtration du mélange de conversion MC dérivé du circuit de conversion, telles que le rinçage des résidus solides RS, peuvent être opérées en parallèle du procédé de conversion décrit ci-dessus. Le fluide vecteur FV ou une partie du fluide vecteur est réintroduite dans la boucle de circulation, soit directement, soit après un traitement de régénération. L'étape de filtrer le mélange de conversion MC résulte en l'obtention d'au moins un résidu solide RS. La nature et/ou la composition du résidu solide peut être déterminée en fonction des conditions de filtrations, comprenant par exemple le nombre de cycles de filtration, la porosité des surfaces de filtration, l'usage ou non de solvant et leur nature, l'usage ou non de pressurisation ou de dépressurisation, etc...

[0083] Selon un mode de réalisation, le procédé mis en œuvre selon la présente description permet de collecter 4 ou plus de 4 liquides distincts, au moins un grade de charbon, au moins un grade d'huile végétale, au moins un grade d'acide pyroligneux, et un mélange de gaz non condensables, en particulier le dioxyde de carbone. Le nombre de produits récupérés dépend par exemple de la nature de la biomasse traitée.

[0084] Selon un mode de réalisation, 1kg de biomasse peut être convertie en au moins 400g de charbon, 150g d'huile végétale, 250 g d'acide pyroligneux, et 150g de gaz.

[0085] Le procédé ici décrit s'effectue de préférence de manière continue ou semi-continue. En particulier, une ou plusieurs des étapes E1 à E5 précédentes peuvent être répétées durant la filtration du mélange de conversion dérivé.

[0086] La méthode selon la présente description peut être mise en œuvre manuellement, par un ou plusieurs opérateurs localisés au niveau de l'installation 1. De préférence, une ou plusieurs des étapes mentionnées plus haut peuvent être mises en œuvre de manière automatisées ou partiellement automatisée. Selon un mode de réalisation, un ou plusieurs paramètres parmi la pression, la température, la viscosité, le débit, la masse, collectés au moyen de capteurs au cours du procédé de conversion, sont utilisés pour piloter l'installation en temps réel, soit manuellement, soit automatiquement, soit à distance, ou selon une combinaison de ces modes manuel, distanciel et automatisé. Selon un mode de réalisation un ou plusieurs des éléments de l'installation ici-décrit, notamment le dispositif de chargement 12, le dispositif de dosage 11, le dispositif de circulation 14, l'unité de filtration 30, la pompe 34, et la vanne de dérivation 17 sont pilotés en fonction des valeurs transmises par les capteurs, de manière au moins partiellement automatisée et/ou à distance.

[0087] Selon un mode de réalisation, une ou plusieurs des valeurs collectées par un ou plusieurs des capteurs sont stockées dans une ou plusieurs bases de données. Ces valeurs peuvent être consultées après la fin du procédé de conversion, pour des opérations de contrôle, de maintenance ou de développement. Avantagusement, les valeurs collectées peuvent être traitées selon des algorithmes spécifiques, par exemple relatifs à des programmes d'intelligence artificielle.

[0088] Les différents modes de réalisation ici décrits n'ont pas vocation à être mutuellement exclusifs. Ils peuvent être combinés ou dissociés dans les limites physiques de réalisation de la présente installation et de la présente méthode.

Numéros de référence employés sur les figures

[0089]

1	Installation de transformation de biomasse
10	Unité de conversion
11	Dispositif de dosage
12	Dispositif de chargement
13	Cuve de conversion
14	Dispositif de circulation
18	Collecteur de gaz
140	Ensemble d'entraînement
141	Rotor
142	Stator
143	Axe d'entraînement
144	Tête d'entraînement
145	Canaux de rotor
146	Canaux de stator
15, 16	Boucle de circulation
17	Dérivation
170	Vanne de dérivation
20	Unité récupération de liquides
21	Première unité de condensation
21a	Premier condenseur
21b	Premier collecteur
22	Seconde unité de condensation
22a	Second condenseur

22b	Second collecteur
23	Brûleur
30	Unité de filtration
31	Dispositif de filtration
32	Ligne de récupération
34	Pompe
35	Réservoir de solvant
36	Séparateur solvant / fluide vecteur
37	Réservoir de fluide vecteur
B	Biomasse
BC	Boucle de circulation
G	Gaz
FV	Fluide vecteur
L1, L2	Premier et second liquide
MC	Mélange de conversion
RS	Résidu solide
210, 220, 130, 150, 300	Capteurs

Revendications

1. Installation (1) de conversion de biomasse (B) en un ou plusieurs produits sélectionnés parmi un ou plusieurs liquides (L1, L2), un ou plusieurs gaz (G) et un résidu solide (RS), l'installation comprenant :
 - une unité de conversion (10), comprenant un dispositif de chargement (12) de la biomasse (B), une cuve de conversion (13) de la biomasse, et au moins un dispositif de circulation (14) adapté pour mettre en circulation un mélange de conversion (MC) dans une boucle de circulation,
 - une unité de récupération de liquides (20), disposée en aval de l'unité de conversion (10), comprenant au moins une unité de condensation (21, 22) adaptée à la condensation des gaz issus de la cuve de conversion (13) en au moins un premier liquide (L1),
 - une unité de filtration (30), disposée en aval de l'unité de conversion (10), comprenant au moins un dispositif de filtration (31) adapté à la récupération de résidus solides (RS), et
 - au moins un système de thermorégulation du mélange de conversion (MC),
 dans laquelle la cuve de conversion (13) reste à pression atmosphérique, le mélange de conversion (MC) comprend de la biomasse (B) mélangée à un fluide vecteur (FV), la boucle de circulation comprenant une alimentation (15) et une sortie (16) permettant de faire circuler le mélange de conversion (MC) à travers la cuve de conversion (13), de sorte à augmenter localement la pression du mélange de conversion (MC) d'un facteur de 1 à 50, de préférence de 3 à 50.
2. Installation selon la revendication 1, ledit dispositif de chargement (12) étant adapté à maintenir la biomasse (B) en conditions anaérobie et à limiter ou éviter l'introduction d'oxygène dans la cuve de conversion (CV).
3. Installation selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle ledit dispositif de chargement (12) comprend ou est associé à un dispositif de dosage (11) de la biomasse (B) introduite dans la cuve de conversion (13), ledit dispositif de dosage étant modulable de sorte à introduire une quantité variable de biomasse (B) comprise entre 1 Kg / heure et 10 tonne / heure.
4. Installation selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle ledit au moins un dispositif de circulation est en outre adapté à broyer la biomasse (B) en éléments de taille inférieure à 10 cm ou inférieure à 1 cm.
5. Installation selon la revendication 4, ledit au moins un dispositif de circulation étant modulable de sorte à adapter la taille des éléments de biomasse en fonction d'un ou plusieurs paramètres parmi la nature de la biomasse (B), la nature et/ou la proportion du premier liquide (L1), le cas échéant la nature et/ou la proportion du second liquide (L2) à obtenir, la nature du fluide vecteur (FV) et la température du fluide vecteur (FV).
6. Installation selon l'une des revendications 1 à 5, ledit au moins un dispositif de circulation comprenant un ensemble d'entraînement (140) comprenant un rotor (141) pourvu d'un axe d'entraînement (143) et d'une tête d'entraînement (144) comportant un ou plusieurs canaux de rotor (145), et un stator (142) comprenant un ou plusieurs canaux de stator (146) et disposé de manière concentrique à la tête d'entraînement, ladite tête d'entraînement (144) étant espacée dudit stator (142) d'une distance d adaptée à la taille des éléments de la biomasse à obtenir.
7. Installation selon l'une des revendications 1 à 6, ladite boucle de circulation comprenant au moins une dérivation (17), adaptée pour extraire une partie du mélange de conversion (MC) vers l'unité de filtration (30).
8. Installation selon la revendication 7, ladite au moins une dérivation (17) étant activable au moyen d'une ou plusieurs vannes de dérivation (170).
9. Installation selon l'une des revendications 1 à 8, ladite unité de filtration (30) comprenant une ligne de récupération (32) du fluide vecteur (FV) issu de la filtration.

10. Installation selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle ledit fluide vecteur (FV) comprend ou est constitué de molécules non volatiles dont le poids moléculaire est compris entre 250 et 5000 Da et/ou la température d'ébullition est supérieure à 350°C sous 1 bar, et/ou la viscosité est comprise entre 1 et 1000 cp à 0°C.
11. Installation selon la revendication 10, ledit fluide vecteur étant sélectionné parmi une huile minérale comprenant un ou plusieurs hydrocarbures aliphatiques, un ou plusieurs hydrocarbures aromatiques ou leur combinaison, une huile silicone, un liquide ionique, un sel fondu, une huile végétale, une huile végétale chimiquement modifiée, une huile synthétique résultant de ressources renouvelables, ou leur combinaison.
12. Installation selon l'une des revendications 10 et 11, dans lequel le mélange de conversion (MC) est exempt de catalyseur, d'aditif, et de réactifs chimique ajoutés.
13. Installation selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle la biomasse (B) est une biomasse lignocellulosique non comestible de seconde génération issue d'activités municipales, agricoles ou forestières.
14. Installation selon l'une des revendications 1 à 13, ledit au moins un système de thermorégulation du mélange de conversion (MC) étant adapté à maintenir ou faire varier la température du mélange de conversion à une température comprise entre 200°C et 400°C.
15. Installation selon l'une des revendications 1 à 14, l'unité de récupération des liquides (20) comprenant un ou plusieurs brûleurs (23) adaptés à la combustion des gaz non condensés et à la récupération de l'énergie correspondante.
16. Installation selon l'une des revendications 1 à 15, comprenant en outre au moins un capteur (210, 220, 130, 150, 300) sélectionné parmi un capteur de température, un capteur de pression, un débitmètre et un viscosimètre, et une unité de pilotage adaptée à la commande de l'un ou plusieurs des dispositif de chargement (12), dispositif de dosage (11), dispositif de circulation (14), unité de filtration (30), pompe (34) et vanne de dérivation (17), en fonction des données collectées par ledit au moins un capteur.
17. Installation selon l'une des revendications 1 à 16, comprenant en outre un module d'intelligence artificielle et/ou de deep learning.
18. Méthode de conversion d'une biomasse (B) en un ou plusieurs produits sélectionnés parmi un ou plusieurs liquides (L1, L2), un ou plusieurs gaz (G) et un résidu solide (RS), au moyen d'une installation selon l'une des revendications 1 à 17, comprenant les étapes de :
 - (E1) introduire une quantité d'un fluide vecteur (FV) dans une cuve de conversion (10) maintenue à pression atmosphérique,
 - (E2) introduire de la biomasse (B) dans la cuve de conversion (10) dans des conditions anaérobies, de sorte à former un mélange de conversion (MC) avec ledit fluide vecteur (FV),
 - (E3) porter le mélange de conversion (MC) et/ou le fluide vecteur (FV) à une température de conversion (TC) comprise entre 200°C et 400°C,
 - (E4) mettre en circulation pendant une durée de conversion (DC) le mélange de conversion (MC) à travers la cuve de conversion (10) au moyen d'un dispositif de circulation (14) formant une boucle de circulation ayant une alimentation (15) et une sortie (16) de sorte à augmenter localement la pression du mélange de conversion (MC) d'un facteur de 1 à 50, et
 - (E5) condenser les gaz issus de la cuve de conversion (10) en au moins un premier liquide (L1), où la condensation des gaz s'effectue en continue et à pression atmosphérique lors de la circulation du mélange de conversion (MC) dans la boucle de conversion.
19. Méthode selon la revendication 18, comprenant en outre les étapes de :
 - (E6) stopper l'introduction de biomasse dans la cuve de conversion (10),
 - (E7) extraire une partie du mélange de conversion (MC) de la boucle de circulation vers une unité de filtration (30), au moyen d'une vanne de dérivation (17) après la durée de conversion (DC),
 - (E8) filtrer le mélange de conversion (MC) dérivé de sorte à réintroduire le fluide vecteur (FV) dans la boucle de circulation et à récupérer les résidus solides (RS), et
 - réitérer les étapes (E1) à (E5) durant la filtration du mélange de conversion dérivé.
20. Méthode de conversion selon l'une des revendications 18 et 19, dans laquelle la mise en circulation du mélange de conversion (MC) s'accompagne du broyage de la biomasse (B) contenue dans le fluide vecteur (FV) en des éléments de taille inférieure à 10 cm ou inférieure à 1 cm.
21. Méthode selon l'une des revendications 18 à 20, dans laquelle un premier (L1) et un second (L2) liquides sont obtenus, le second liquide (L2) ayant une température d'évaporation inférieure au premier liquide (L1), et dans laquelle les proportions et/ou les quantités des premiers (L1) et second (L2) liquides sont déterminées grâce à l'ajustement de l'un ou plusieurs des paramètres parmi la température de conversion (TC), la durée de conversion (DC), la taille des éléments de la biomasse (B), la nature du fluide vecteur (FV), le débit du mélange de conversion (MC) et la nature de la biomasse (B).
22. Méthode selon la revendication 21, dans laquelle un ou plusieurs paramètres parmi la pression, la température, la viscosité, le débit, la masse, collectées au moyen de capteurs sont déterminés en cours de conversion, et où un ou

CH 720 792 A1

plusieurs des éléments parmi le dispositif de chargement (12), le dispositif de dosage (11), le dispositif de circulation (14), l'unité de filtration (30), la pompe (34), et la vanne de dérivation (17) sont pilotés en fonction desdites valeurs, de manière au moins partiellement automatisée et/ou à distance.

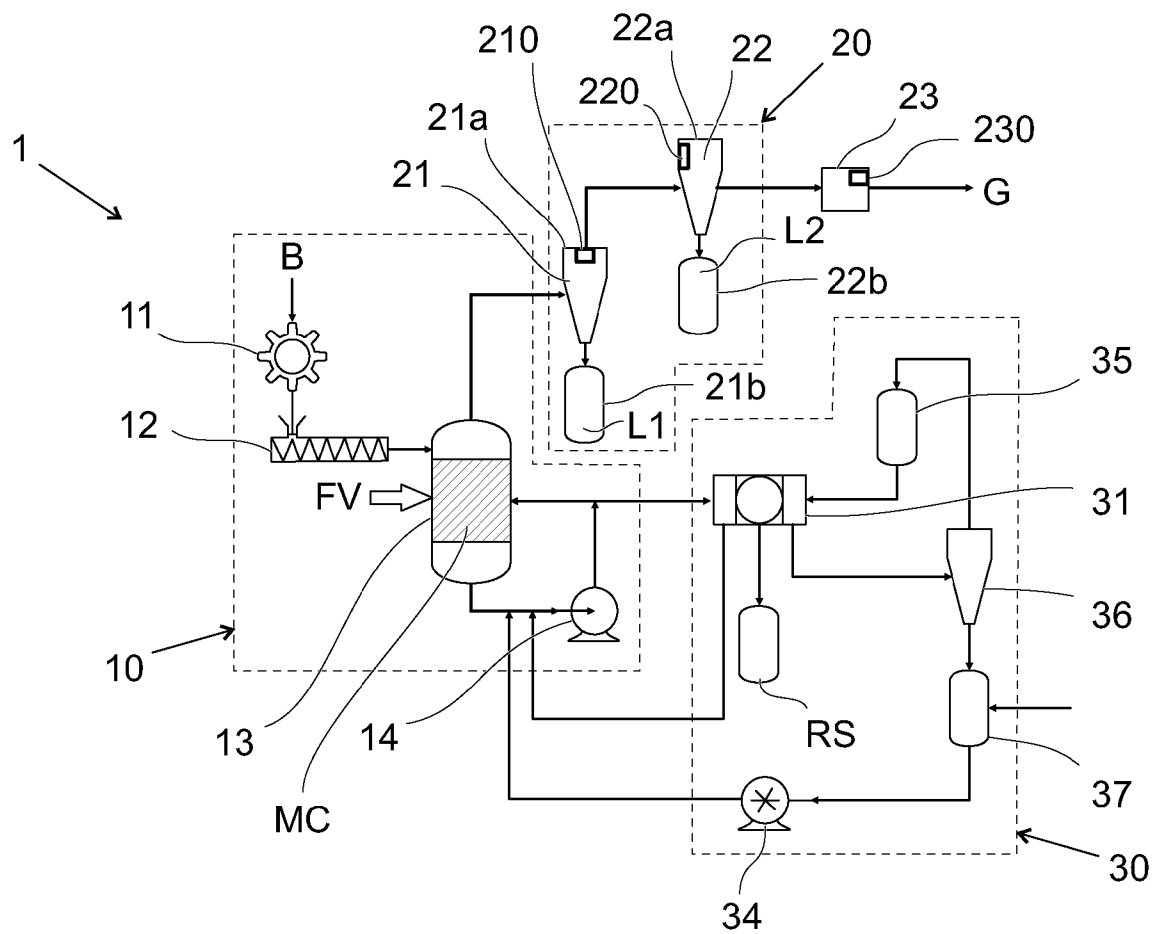


Fig. 1

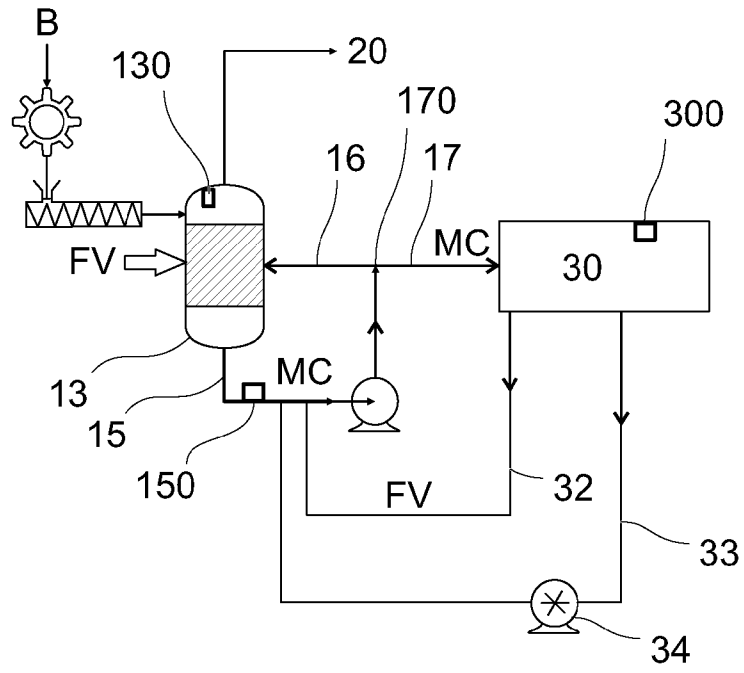


Fig. 2

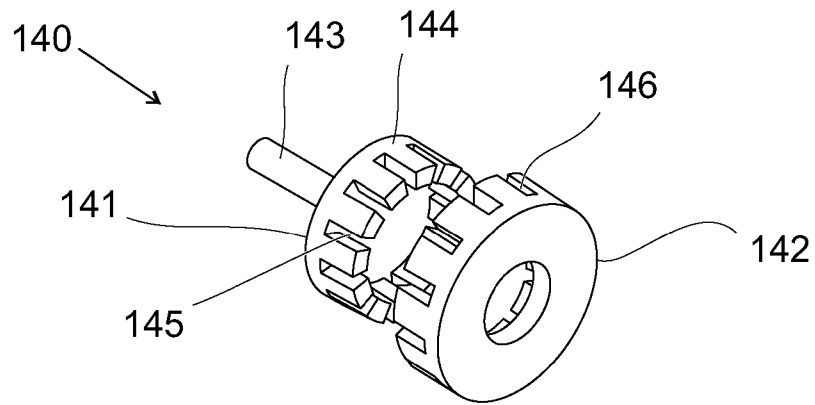


Fig. 3A

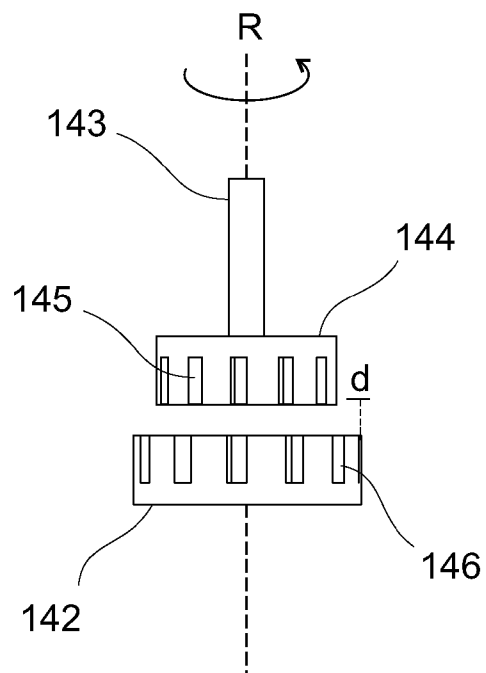


Fig. 3B

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE		COTE DU DOSSIER DU DEPOSANT OU DU MANDATAIRE QANALY-1-CH	
Demande nationale n° 5262023		Date du dépôt 17-05-2023	
Pays du dépôt CH		Date de priorité revendiquée	
Déposant (Nom) CarboRefine AG			
Date de la requête d'une recherche de type international 12-10-2023		Numéro donné par l'administration chargée de la recherche internationale à la requête d'une recherche de type international SN84881	
I. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE (en cas de plusieurs symboles de la classification, les indiquer tous)			
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB Voir rapport de recherche			
II. DOMAINES RECHERCHES			
Documentation minimale consultée			
Système de classification		Symboles de la classification	
IPC		Voir rapport de recherche	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents font partie des domaines consultés			
III. ☐ IL A ETE ESTIME QUE CERTAINES REVENDEICATIONS NE POUVAIENT FAIRE L'OBJET D'UNE RECHERCHE (Observations sur la feuille supplémentaire)			
IV. ☐ ABSENCE D'UNITE DE L'INVENTION (Observations sur la feuille supplémentaire)			

Form PCT/ISA 201 A (11/2000)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

CH 5262023

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE				
INV.	C12M1/00	C12M1/26	C12M1/34	C12M1/36
	C12P5/00	C10B47/00	C10B49/00	C10B51/00
ADD.				C12M1/33
				C10B53/02
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE				
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)				
C12M C12P C02F C10H C10B C10L C05F C01B				
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche				
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)				
EPO-Internal, WPI Data, BIOSIS				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents			no. des revendications visées
X	WO 2015/101713 A1 (UPM KYMMENE CORP [FI]) 9 juillet 2015 (2015-07-09) * page 9, lignes 9-21; revendications 1,7,8,2841; figure 1 *			1-22
X	GB 2 528 110 A (BREATHE AD LTD [GB]) 13 janvier 2016 (2016-01-13)			1-9,12, 13,17-22
A	* page 12, ligne 27; revendications 1,2 *			10,11,
	* page 20, lignes 18-23 *			14-16
	* page 10, lignes 31-33 *			
A	US 2021/285017 A1 (FELDMANN MARC [DE] ET AL) 16 septembre 2021 (2021-09-16) * revendication 1; figure 1 *			1-22
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe				
* Catégories spéciales de documents cités:				
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention		
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date		"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément		
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)		"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier		
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens		"G" document qui fait partie de la même famille de brevets		
"P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée				
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée		Date d'expédition du rapport de recherche de type international		
1 février 2024				
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale		Fonctionnaire autorisé		
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Jones, Laura		

Formulaire PCT/ISA/201 (deuxième feuille) (Janvier 2004)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n°

CH 5262023

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2015101713 A1	09-07-2015	AUCUN	
GB 2528110 A	13-01-2016	GB 2528110 A	13-01-2016
		WO 2016005770 A2	14-01-2016
US 2021285017 A1	16-09-2021	AU 2017339091 A1	02-05-2019
		BR 112019006885 A2	25-06-2019
		CA 3039567 A1	12-04-2018
		CN 110520510 A	29-11-2019
		DE 102017005627 A1	12-04-2018
		EP 3523403 A1	14-08-2019
		US 2021285017 A1	16-09-2021
		WO 2018065591 A1	12-04-2018